

Kvalitatív szerves kémiai analitikai praktikum

Szerkesztette:
Pacsai Bálint

Tartalomjegyzék

1. Kationok.....	6
1.1. Az I. kationosztály.....	6
1.1.1. Réz(I), Cu^+	6
1.1.2. Ezüst, Ag^+	7
1.1.3. Higany(I), Hg_2^{2+}	8
1.1.4. Ólom(II), Pb^{2+}	8
1.1.5. Réz(II), Cu^{2+}	9
1.1.6. Kadmium, Cd^{2+}	10
1.1.7. Higany(II), Hg^{2+}	11
1.1.8. Bizmut(III), Bi^{3+}	11
1.2. A II. kationosztály.....	12
1.2.1. Arzén(III), As^{3+} , AsO_3^{3-}	12
1.2.2. Arzén(V), AsO_4^{3-}	13
1.2.3. Antimon(III), Sb^{3+}	13
1.2.4. Antimon(V), Sb^{5+}	14
1.2.5. Ón(II), Sn^{2+}	15
1.2.6. Ón(IV), Sn^{4+}	16
1.2.7. Szelén(IV), SeO_3^{2-}	16
1.2.8. Vanádium(V), VO_3^-	17
1.2.9. Molibdén(VI), MoO_4^{2-}	18
1.2.10. Volfrám(VI), WO_4^{2-}	19
1.3. A III. kationosztály.....	20
1.3.1. Alumínium, Al^{3+}	20
1.3.2. Cink, Zn^{2+}	20
1.3.3. Króm(III), Cr^{3+}	21
1.3.4. Mangán(II), Mn^{2+}	22
1.3.5. Vas(II), Fe^{2+}	22
1.3.6. Vas(III), Fe^{3+}	23
1.3.7. Kobalt(II), Co^{2+}	24

1.3.8. Nikkel(II), Ni^{2+}	25
1.3.9. Titán(IV), TiO^{2+}	26
1.3.10. Cérium(III), Ce^{3+}	26
1.3.11. Cérium(IV), Ce^{4+}	27
1.4. A IV. kationosztály	27
1.4.1. Kalcium, Ca^{2+}	28
1.4.2. Stroncium, Sr^{2+}	28
1.4.3. Bárium, Ba^{2+}	28
1.5. Az V. kationosztály.....	29
1.5.1. Magnézium, Mg^{2+}	29
1.5.2. Lítium, Li^{+}	29
1.5.3. Nátrium, Na^{+}	29
1.5.4. Kálium, K^{+}	30
1.5.5. Rubídium, Rb^{+}	30
1.5.6. Cézium, Cs^{+}	31
1.5.7. Ammónium, NH_4^{+}	31
1.5.8. Króm(VI), CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	32
1.5.9. Mangán(VII), MnO_4^{-}	32
2. Anionok.....	33
2.1. Az I. anionosztály.....	33
2.1.1. Karbonátok, CO_3^{2-} és HCO_3^{-}	33
2.1.2. Szilikátok, SiO_3^{2-}	34
2.1.3. Szulfidok, S^{2-} , HS^{2-}	34
2.1.4. Poliszulfidok, S_x^{2-} , HS_x^{-}	35
2.1.5. Szulfitok, SO_3^{2-} , HSO_3^{-} , $\text{S}_2\text{O}_5^{2-}$	35
2.1.6. Tioszulfátok, $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	36
2.1.7. Hipokloritok, OCl^{-}	37
2.1.8. Nitritek, NO_2^{-}	38
2.1.9. Cianátok, OCN^{-}	39
2.2. A II. anionosztály	39
2.2.1. Borátok, B(OH)_4^{-} , BO_2^{-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, BO_3^{3-}	40

2.2.2. Foszfátok, PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-	40
2.2.3. Pirofoszfátok, $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$	41
2.2.4. Szulfátok, SO_4^{2-} , HSO_4^-	41
2.2.5. Fluoridok, F^-	41
2.2.6. Bromátok, BrO_3^-	42
2.2.7. Jodátok, IO_3^-	42
2.2.8. Oxalátok, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, HC_2O_4^-	43
2.3. A III. anionosztály	43
2.3.1. Kloridok, Cl^-	43
2.3.2. Bromidok, Br^-	44
2.3.3. Jodidok, I^-	44
2.3.4. Cianidok, CN^-	44
2.3.5. Tiocianátok, SCN^-	45
2.3.6. Hipofoszfitek, H_2PO_2^-	46
2.4. A IV. anionosztály	46
2.4.1. Perklorátok, ClO_4^-	47
2.4.2. Klorátok, ClO_3^-	47
2.4.3. Peroxo-diszulfátok, $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$	48
2.4.4. Nitrátok, NO_3^-	48
2.4.5. Acetátok, CH_3COO^-	49
2.4.6. Formiátok, HCOO^-	50

Felhasznált irodalom

- Dr. Svehla Gyula: Vogel's Qualitative Inorganic Analysis 7. kiadás, Longman Singapore Publishers Ltd., Singapore, 1997
- Dr. Barcza Lajos, Dr. Buvári Ágnes: A minőségi kémiai analízis alapjai, Medicina könyvkiadó Rt., Budapest, 2001
- Владимир Николаевич Алексеев: Semimicroanalysis Químico Cualitativo (traducción al español), Мир, Moszkva, 1975
- Ronald L. Rich: Inorganic Reactions in Water, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2007
- Dr. Mázor László: Analitikai zsebkönyv, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1971
- Никольский Б.П., Григоров О.Н., Позин М.Е. и др., Справочник химика, 2. kötet, Госхимиздат, Leningrád, 1963
- F. Holleman, E. Wiberg, N. Wiberg: Lehrbuch der Anorganischen Chemie 102. kiadás, Walter De Gruyter, Berlin, 2007
- J. W. Mellor: A Comprehensive Treatise on Inorganic And Theoretical Chemistry, 1-16. kötet, Longmans, Green and Co., London 1922-1937
- J. Newton Friend: A Text-book of Inorganic Chemistry, 1-11. kötet, Charles Griffin and Co., London, 1917-1937
- Dobos Dezső: Elektrokémiai táblázatok, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1979
- Jean D'Ans, Ellen Lax: Taschenbuch für Chemiker und Physiker 3. kiadás, 1. kötet, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1967

Köszönettel tartozom Vörös Tamásnak a rendkívül alapos lektorálásért és Kiss Andreának a hasznos tanácsaiért a jegyzet stilisztikai és didaktikai szempontú fejlesztéséhez.

1. Kationok

1.1. Az I. kationosztály

Osztályreakció: Reagens (2M) salétromsavval megsavanyított oldatból kén-hidrogénes vízzel csapadék választható le, a képződött szulfid lúgokban nem oldható. A csoport tagjai: réz(I), réz(II), ezüst, kadmium, higany(I), higany(II), ólom(II) és bizmut(III).

a, alosztály

Reagens (2M) sósavval csapadékot adnak. Tagok: Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+} , Cu^+

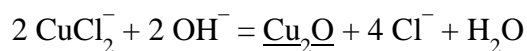
b, alosztály

Reagens (2M) sósavval nem adnak csapadékot. Tagok: Cu^{2+} , Bi^{3+} , Cd^{2+} , Hg^{2+}

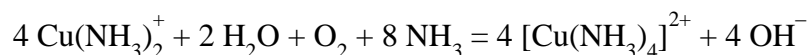
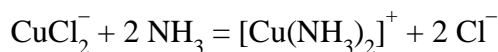
I.a, alosztály

1.1.1. Réz(I), Cu^+

Legtöbb vegyülete bomlékony, vízben oldható sói hamar hidrolizálnak (pl. réz(I)-acetát) vagy diszproporcionálódnak fémrézzé és réz(II)-sóvá (pl. réz(I)-szulfát). Vízben nem oldódó sói többnyire színtelenek, oxidációra nedvesség jelenlétében érzékenyek. Savas H_2S -nel sötétbarna Cu_2S csapadékot képez. NaOH-oldattal sárgásbarna Cu_2O képződik:

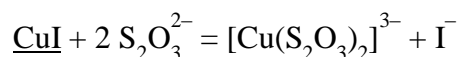


Reagens NH_3 -val színtelen diamminkomplexet képez, ami levegőn hamar sötétkék réz(II)-komplexxé oxidálódik:



Kloridja, bromidja, jodidja fehér színű, vízben nagyon rosszul oldódnak. A CuCl és CuBr oldódik híg sósavban vagy klorid- és bromidoldatok feleslegében $[\text{CuX}_2]^-$ képződése mellett, illetve ammóniaoldatban diamminkomplex képződése közben.

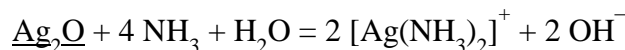
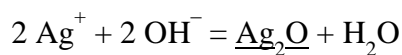
A réz(I)-jodid híg savakban, alkáli-halogenid-oldatokban és ammóniaoldatban nem, tioszulfátoldatban azonban oldódik:



Tetrajodo-merkurát(II)-oldattal piros Cu_2HgI_4 csapadékot ad, ami melegítéskor rácstípusát megváltoztatja, színe sötétedik. A réz(I)-vegyületek sósavas oldata a gázlángot általában élénk világoskékre festi.

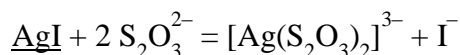
1.1.2. Ezüst, Ag^+

Kevés jól oldható vegyülettel rendelkezik (AgNO_3 , AgF , az Ag_2SO_4 , AgClO_3 és az CH_3COOAg is már csak kevésbé). Savas H_2S -nel fekete Ag_2S -ot ad. NaOH -dal sötétbarna Ag_2O választható le, melyet ammónia komplexképződés közben felold:

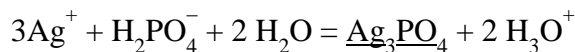


Ammónia magában is Ag_2O -ot választ le, ha csak keveset adunk hozzá.

Halogenidekkel csapadékot képez (kivételem F^-). Az AgCl fehér, ammóniában és tioszulfátoldatban könnyen oldható csapadék. Az AgBr sárgásfehér, ammóniaoldatban nehezebben, tioszulfátoldatban könnyen oldható. Az AgI világossárga, ammóniában nem, tioszulfátoldatban is csak nehezebben oldható:

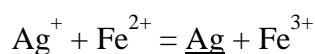


Az Ag_3PO_4 sárga csapadék, foszfátok savanyú oldatából is kiválik, a primer, szekunder és terciér foszfátok megkülönböztető ágense:



Nátrium-karbonáttal halvány sárgásfehér Ag_2CO_3 csapadék képződik, ami melegítéskor elbomlik barna Ag_2O -dá és CO_2 -dá.

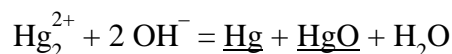
K_2CrO_4 -tal jellegzetes vörös Ag_2CrO_4 -ot ad. Vas(II)-szulfát oldata redukálja, világos barnásszürke ezüstkristályokat választ le AgNO_3 -oldatból:



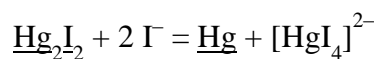
K_2HgI_4 -oldattal citromsárga Ag_2HgI_4 csapadékot ad, ennek színe a Cu_2HgI_4 -hoz hasonlóan melegítésre rácstípusváltozás miatt sötétedik, 40 °C környékén narancssárgává válik.

1.1.3. Higany(I), Hg_2^{2+}

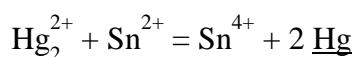
Vízben kevés vegyülete oldódik jól, változatos színű sókat alkot. Reakcióiban gyakran diszproporcionálódik (Hg^{2+} ionokat és fémhiganyt képez). Savas H_2S -nel diszproporció miatt fekete HgS -ot és elemi Hg csapadékot ad. NaOH hatására sárga HgO és a sötétszürke Hg együtt barna csapadékként jelentkeznek:



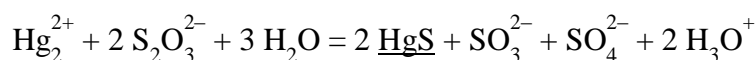
Reagens sósav fehér Hg_2Cl_2 csapadékot választ le. A Hg_2Br_2 fehér, a Hg_2I_2 zöld (teljesen tisztán citromsárga) csapadék, de mivel a Hg_2^{2+} nagyon kevés KI felesleggel $[\text{HgI}_4]^{2-}$ és Hg képződésével reagál, ezért nagyon nehéz tiszta Hg_2I_2 csapadékot leválasztani.



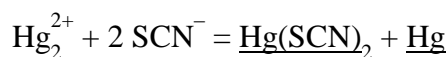
SnCl_2 oldata redukálja fémhigannyá:



$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ és K_2CrO_4 is narancsvörös Hg_2CrO_4 -ot választ le oldatából. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -oldattal azonnal fekete HgS csapadék képződik:

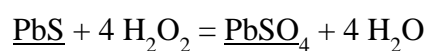


KSCN -oldattal először $\text{Hg}(\text{SCN})_2$ és Hg képződik, majd előbbi feloldódik a reagens feleslegében:



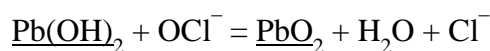
1.1.4. Ólom(II), Pb^{2+}

Vízben kevés vegyülete oldódik jól, ezek többségben fehér vagy színtelen sók. Savas H_2S -nel fekete PbS -csapadék képződik, ami melegítés mellett oxidálható H_2O_2 -dal PbSO_4 -tá (a képződő csapadék elvileg fehér, de a kevés képződő barna ólom-dioxid miatt a citromsárgánál világosabb árnyalat nehezen érhető el):



NaF -oldattal fehér, porszerű PbF_2 válik le. Az PbCl_2 fehér csapadék, ha nem túl sok, melegítve vízben feloldható és lehűtésekor ismét kiválik fehér, csillogó kristályokként. Az ólom(II)-bromid fehér, az ólom(II)-jodid aranysárga csapadék, ezeket is át lehet

kristályosítani forró vízből, előbbi ezüstfehér, utóbbi aransárga kristályokként válik ki oldatának lehűtéskor. NH_3 -val fehér $\text{Pb}(\text{OH})_2$ csapadékot ad, feleslege nem oldja. NaOH is $\text{Pb}(\text{OH})_2$ -ot választ le, ami a reagens feleslegében feloldható $[\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}$ formájában (igazából többféle komplex is képződik a pH-tól függően, például $[\text{Pb}(\text{OH})_3]^-$ és többmagvú komplexek, mint a $[\text{Pb}_4(\text{OH})_4]^{4+}$, vagy a $[\text{Pb}_3(\text{OH})_4]^{2+}$). Az ólom(II)-hidroxokomplexe NaOCl -tal főzve sötétbarna PbO_2 -dá alakul:

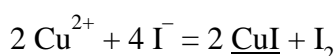


$\text{Pb}(\text{CN})_2$ és $\text{Pb}(\text{SCN})_2$ a megfelelő reagensek feleslegében nem oldható, fehér csapadékok. Az PbCrO_4 sárga csapadék, oldódik NaOH -ban és híg ásványi savakban egyaránt. Na_2HPO_4 -tal $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ válik le fehér csapadékként, savak és lúgok is oldják. Az PbSO_4 vízben nagyon rosszul oldódó fehér csapadék, de NaOH -oldatban feloldható. Kevés Cu^{2+} -iont is tartalmazó töményebb KNO_2 -oldatból fekete $\text{K}_2\text{PbCu}(\text{NO}_2)_6$ választható le. Ólomsók oldata a gázlángot barnás rózsaszínre festi.

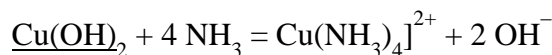
1.b, alosztály

1.1.5. Réz(II), Cu^{2+}

Sok jól oldható vegyülettel rendelkezik (leggyakoribbak: szulfát, nitrát, klorid, acetát), amik hidratálva rendszerint kék vagy kékeszöld színűek. Savas H_2S -nel fekete CuS csapadék képződik. Kloridjának és bromidjának tömény vizes oldata sötétbarna, fölös mennyiségű halogeniddel (sók, savak) neonzöld oldatot adnak $[\text{CuX}_4]^{2-}$ képződése miatt. KI -dal fehér CuI csapadékot és jódot ad, utóbbi apoláris oldószerekbe átoldható lila színnel:

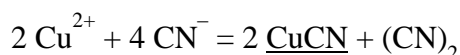


NaOH -oldattal kék $\text{Cu}(\text{OH})_2$ képződik, ami melegítés (enyhe forralás) hatására fekete CuO -dá alakul vízvesztéssel. A $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ammóniában oldható, ekkor sötétkék színű $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ komplex keletkezik:

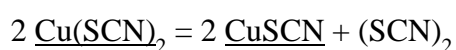
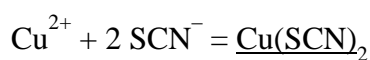


Az NH_3 kis koncentrációban maga is csak $\text{Cu}(\text{OH})_2$ -leválást eredményez. A tetraammin-komplex oldatából leválasztható tetrajodomerkurát(II) formájában halványkék csapadékként. Na_2CO_3 -tal türkizkék bázisos réz(II)-karbonát képződik, foszfátok hatására szintén türkizkék $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ válik le.

KCN-oldattal fehér csapadékot (CuCN) és dicianánt ad, előbbi a cianid feleslegében könnyen oldódik $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$ keletkezésével:



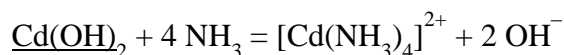
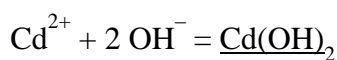
KSCN-tal híg oldatban csak sötétzöld színeződést, reagens koncentrációban viszont lassan kristályosodó, fekete $\text{Cu}(\text{SCN})_2$ -csapadékot eredményez. A képződött $\text{Cu}(\text{SCN})_2$ hosszabb állás során elbomlik CuSCN-tá és dirodánná:



Sárga vérlúgsóval $\text{K}_2\text{CuFe}(\text{CN})_6$, vagy (rézion-felesleg esetén) $\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ válik le vörösbarna csapadékként. $\text{K}_2\text{Hg}(\text{SCN})_4$ -tal barna $\text{CuHg}(\text{SCN})_4$ csapadékot ad, de a próba még érzékenyebb, ha híg réztartalmú minta pár cseppjét tartalmazó cinksók oldatához adunk $\text{K}_2\text{Hg}(\text{SCN})_4$ -ot. Ekkor az egyébként fehér színű $\text{ZnHg}(\text{SCN})_4$ intenzív lilára színeződve csapódik ki az oldatból. Kevés Pb^{2+} -iont is tartalmazó töményebb KNO_2 -oldattal fekete $\text{K}_2\text{PbCu}(\text{NO}_2)_6$ csapadékot képez. A réz(II)-sók sósavas oldatban erős smaragdzöld színűre festik a gázlángot.

1.1.6. Kadmium, Cd^{2+}

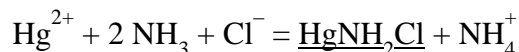
Vízben sok sója oldható, legtöbbjük színtelen. Savas H_2S -nel jellegzetes, citromsárga CdS-csapadék válik le. NaOH-dal fehér $\text{Cd}(\text{OH})_2$ válik le, amely az oldat feleslegében sem oldódik fel. Ammónia kis mennyiségének hatására először fehér $\text{Cd}(\text{OH})_2$ válik le, de a reagens feleslegében könnyen feloldódik $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ alakjában:



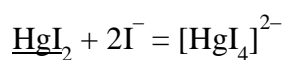
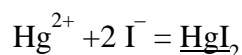
A kadmiumvegyületek tetrajodo-merkurát(II)-oldattal nem adnak csapadékot, csak ha a kadmium amminkomplekként van jelen az oldatban. Ekkor a vízben nagyon rosszul oldódó $\text{Cd}(\text{NH}_3)_4\text{HgI}_4$ válik le fehér csapadékként.

1.1.7. Higany(II), Hg^{2+}

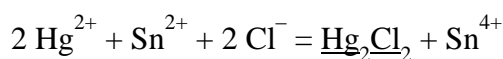
Nem sok vízben jól oldódó sóval rendelkezik, többségük színtelen. Savas H_2S -nel fekete HgS -ot ad. NaOH -dal sárga HgO válik le. Ammónia hatására fehér $[\text{HgNH}_2]^+$ -só válik le, utóbbi híg sósavban könnyen feloldható:



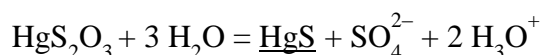
KI-oldattal először narancsvörös HgI_2 válik le, ami a reagens feleslegében $[\text{HgI}_4]^{2-}$ formájában, színtelenül nagyon könnyen oldódik:



Kevés SnCl_2 oldat fehér kalomelt (Hg_2Cl_2 -ot) választ le, feleslege fémhiganyig redukálja tovább a képződött Hg_2^{2+} ionokat:

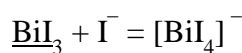
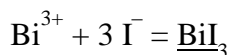


$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -oldattal először HgS_2O_3 és $[\text{Hg}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{2-}$ -komplex képződik, de ezek hamar elbomlanak, egyre sötétedő csapadék képződik, végül tisztán fekete HgS válik le:



1.1.8. Bizmut(III), Bi^{3+}

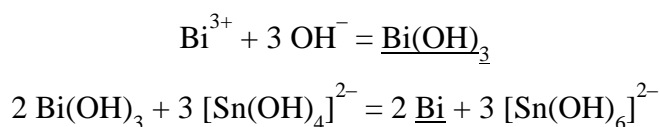
Sói többségében fehérek vagy színtelenek, vízben ritkán oldódnak jól, könnyen hidrolizálnak, oldatuk ezért savanyú kémhatású és opálos a képződő bázisos, vízben rosszul oldódó sók miatt. A hidrolízis csökkentése érdekében a reagens oldatokat jelentős mennyiségű megfelelő sav hozzáadásával szokás készíteni. Savas H_2S fekete Bi_2S_3 csapadékot eredményez. Ammónia és NaOH fehér bázisos sót, vagy $\text{Bi}(\text{OH})_3$ -ot választ le, mely a reagens feleslegében nem oldódik fel. Hígabb, nem túl savas oldatából alkáli-halogenidek oldataival BiOF , BiOCl és BiOBr válik le fehér csapadékként, reagens savakban a BiOF könnyen, a BiOCl és a BiOBr jóval nehezebben oldható fel. Kevés KI hatására fekete BiI_3 válik le, ami a KI nagyobb feleslegében (enyhén savas közegben könnyebben) narancssárga színnel, $[\text{BiI}_4]^-$ komplex képződése közben feloldódik, de az oldat hígításakor ismét kiválhat a BiI_3 :



A fekete BiI_3 semleges közegben melegítve hidrolízis miatt narancssárga bizmutil-jodiddá (BiOI) alakul:



Reagens Na_2SO_4 -oldat hatására $(\text{BiO})_2\text{SO}_4$ válik le fehér csapadékként, reagens savakban könnyen oldódik. Kálium-cianid is csak $\text{Bi}(\text{OH})_3$ csapadékot választ le Bi^{3+} -oldatokból. Tetrahydroxosztannát(II)-oldat fekete fémbizmuttá redukálja:



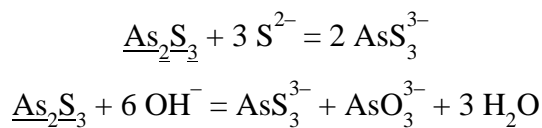
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ citromsárga $(\text{BiO})_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ csapadékot választ le még enyhén savas oldatából is.

1.2. A II. kationosztály

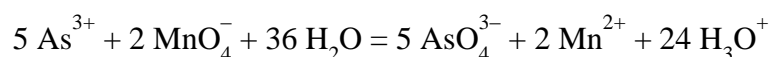
Osztályreakció: szulfidjuk (mindegy, hogy hogyan lehet előállítani!) vízben és híg savakban nem, de lúgokban, ammónium-szulfid- vagy ammónium-poliszulfid oldatban feloldható. A csoport tagjai: arzén(III), arzén(V), antimon(III), antimon(V), ón(II), ón(IV), szelén(IV), vanádium(V), molibdén(VI) és volfrám(VI).

1.2.1. Arzén(III), As^{3+} , AsO_3^{3-}

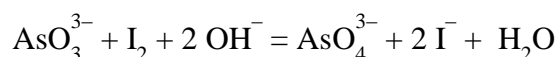
Savas közegben H_2S -es vízzel sárga As_2S_3 választható le. Fontos, hogy az oldat elég savas legyen, különben csak sárga kolloid képződik. Az As_2S_3 könnyedén oldódik $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ - vagy NaOH -oldatban halványsárga tioarzenitionokat (és arzenitionokat) képezve:



Semleges vagy gyengén lúgos oldatban AgNO_3 -oldattal sárga Ag_3AsO_3 csapadék válik le, ez könnyen oldható reagens salétromsavban és ammóniaoldatban is. Savas közegben a permanganationokat redukálja, az oldat elszíntelenedik:



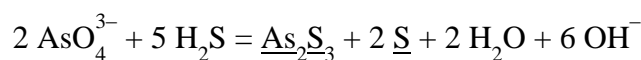
As³⁺-oldat a NaHCO₃-tartalmú jóddoldatot elszínteleníti:



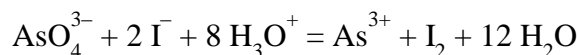
Savas közegben a reakció iránya megfordul, ezért szükséges a NaHCO₃ a reakció során képződő sav megkötésére.

1.2.2. Arzén(V), AsO₄³⁻

Savas közegben H₂S-nel szobahőmérsékleten észlelhető változás nem történik. Az oldatból sárga As₂S₃ és elemi kén választható le, de ehhez az oldatot melegíteni kell (~80 °C), mivel a reakció hidegen meglehetősen lassú:



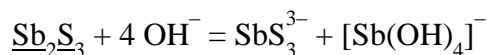
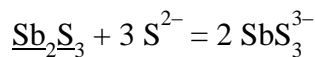
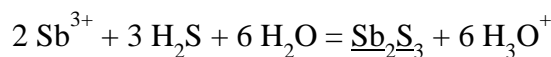
(NH₄)₂S-oldatban a csapadék nagy része (As₂S₃) feloldódik, de az eredetileg kivált kéntől az oldat opálos marad. AgNO₃-oldattal barna Ag₃AsO₄ választható le. A savas KMnO₄-oldatot nem redukálja (eltérés az As³⁺-tól). Sósavas közegben a jodidionokat jóddá oxidálja:



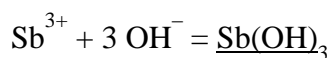
Lúgosításra a fenti reakció iránya megfordítható.

1.2.3. Antimon(III), Sb³⁺

A vízdoldható antimon(III)-vegyületek általában erősen hidrolizálnak, ezért belőlük reagens oldat csak jelentős mennyiségű erős sav hozzáadásával készíthető. Savas H₂S-nel narancssárga Sb₂S₃ válik le, ami (NH₄)₂S-ban és lúgokban is könnyen feloldható:



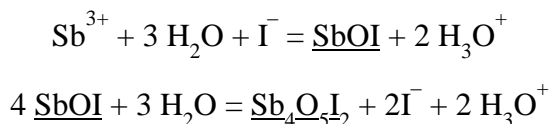
Reagens NaOH hatására először fehér Sb(OH)₃ válik le, ami a reagens feleslegében könnyen oldódik:



Az $[\text{Sb}(\text{OH})_4]^-$ -komplex kialakulásához már a reagens ammóniaoldat is elegendően nagy OH^- -koncentrációt biztosít, ezért NH_3 -oldat hozzáadásakor a kezdetben leváló $\text{Sb}(\text{OH})_3$ feloldható a reagens feleslegében. Savas közegben a permanganátió az Sb^{3+} -at oxidálja, a permanganát-oldat elszíntelenedik:



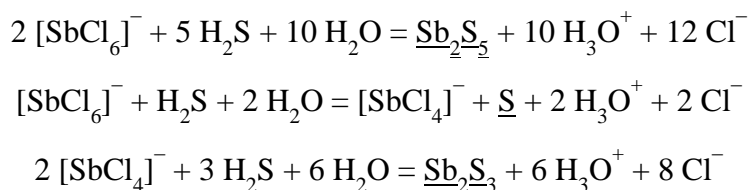
Jodidoldattal semleges vagy gyengén savas közegben fehér SbOI csapadékot ad, ami 3-5 perc állás után átalakul narancssárga $\text{Sb}_4\text{O}_5\text{I}_2$ -dá:



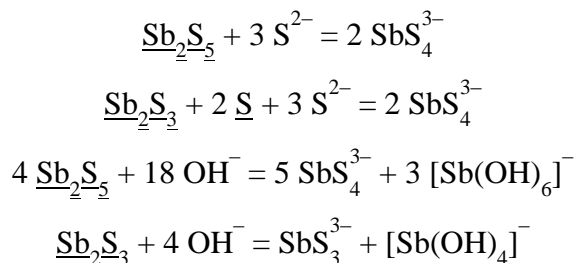
Reagens savak az SbOI -ot könnyen oldják, az $\text{Sb}_4\text{O}_5\text{I}_2$ -ot viszont csak nagyon nehezen. Antimonsók sósavas oldata a gázlángot intenzív fehér színűre festi.

1.2.4. Antimon(V), Sb^{5+}

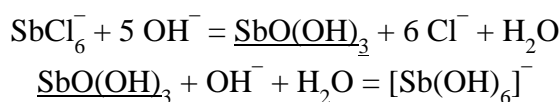
Vízben oldható vegyületei hidrolizálnak, ezért reagens készítésekor jelentős mennyiségű ásványi savat szükséges az oldathoz adni a csapadékképződés elkerülése végett. Savas H_2S Sb_2S_5 -ot, Sb_2S_3 -ot és kén választ le oldatából:



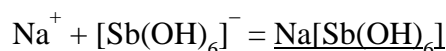
A kivált csapadék $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -oldatban és KOH -oldatban is könnyen oldódik, de az oldat általában opálos marad a fel nem oldódott kén miatt:



KOH -oldattal először fehér $\text{SbO}(\text{OH})_3$ válik ki az oldatból, ez a reagens feleslegében nehezen, de feloldható:



Az alkálilúgos oldáshoz nem NaOH-ot szokás alkalmazni, mivel antimon(V)-tel nátrium-hexahidroxo-antimonát(V)-ot ad, ami vízben meglehetősen rosszul oldódik:



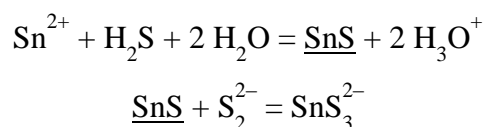
Ammóniaoldat is először $\text{SbO}(\text{OH})_3$ -ot választ le, a csapadék a reagens feleslegében nem jól oldódik. KI-oldatból savas közegben jódot szabadít fel:



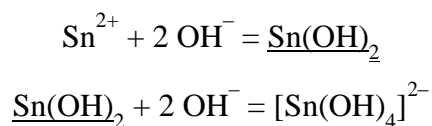
Antimonsók sósavas oldata a gázlángot intenzív fehér színűre festi.

1.2.5. Ón(II), Sn^{2+}

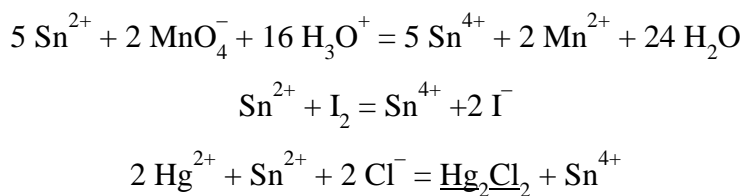
Vízben oldható sói általában hidrolízisre hajlamosak, ezért reagensoldatot a megfelelő sav hozzáadásával szokás készíteni a hidrolízis mértékének csökkentése céljából. Savas H_2S -nel barna SnS csapadékot ad, ami $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ - és reagens NaOH-oldatban nem oldható, csak ammónium poliszulfid-oldatban:



NaOH-oldattal először fehér $\text{Sn}(\text{OH})_2$ válik le, majd a reagens feleslegében a csapadék feloldódik:



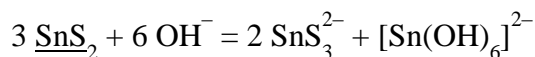
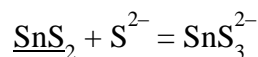
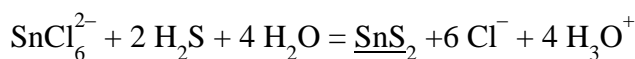
Ammóniaoldat szintén leválasztja az $\text{Sn}(\text{OH})_2$ -ot, de a csapadék a reagens feleslegében nem oldódik fel. Az Sn^{2+} -vegyületek erős redukáló jelleggel bírnak, savas oldatban elszíntelenítik a KMnO_4 -oldatot és a jódooldatot, Hg^{2+} -tartalmú oldatokból Cl^- jelenlétében kalomelt választanak le:



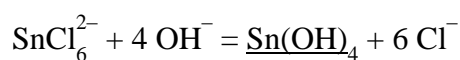
Az ónvegyületek nagyon gyengén, de halványkékre festik a gázlángot, aminek észlelhetőségét tovább csökkenti a hagyományos égők lángjának alapvetően kék színeződése.

1.2.6. Ón(IV), Sn⁴⁺

Vízoldható sói erősen hidrolizálnak, ezért reagens oldatát erős savanyítással szokás készíteni. Savas H₂S-nel sárga SnS₂ csapadékot képez, ez (NH₄)₂S- és NaOH-oldatban is feloldható:



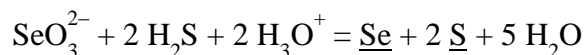
NaOH-dal először fehér Sn(OH)₄-csapadékot ad, ami a reagens feleslegében könnyen feloldható:



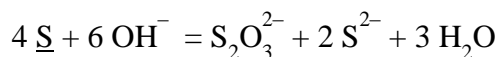
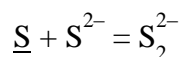
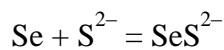
(Az ónvegyületek lángfestését ld. az ón(II)-nél)

1.2.7. Szelén(IV), SeO₃²⁻

Általában szelenitek alakjában vagy szelén-dioxidként használatosak. Savas H₂S-nel vörös (nagyobb hígítás esetén narancssárga) csapadék, kén és szelén keveréke válik le:

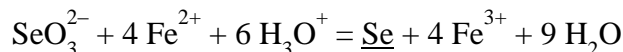
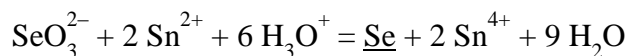
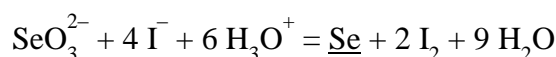


A kivált csapadék (NH₄)₂S- és NaOH-oldatban egyaránt lassan feloldható poliszulfid-, szulfid-, szelenid- és szelenitionok képződésével:



Semleges oldatban CuSO₄-oldattal zöldeskék CuSeO₃ válik le. Ba²⁺-ionokkal fehér BaSeO₃ csapadékot ad, ez még híg savakban is könnyen oldódik. Bi³⁺-ionokkal fehér, porszerű, vízben nagyon rosszul oldódó BiSeO₃ választható le.

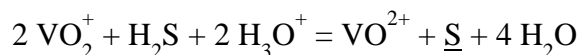
Redukálószer (HI, SnCl₂, FeSO₄) savas közegben elemi szelént választanak le oldatából:



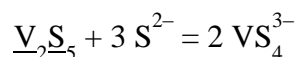
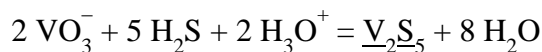
A szelénvegyületek jellemzően intenzív világoskék lángfestést mutatnak.

1.2.8. Vanádium(V), VO₃⁻

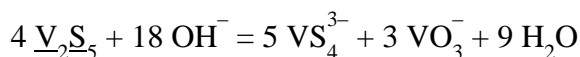
Vegyületei vízben nehezen oldódnak, általában savanyítással készül reagens oldata. Az oldatban nagyon változatos formákban lehet jelen, a kromátokhoz hasonlóan a pH függvényében változó összetételű polivanadát-ionok képződnek. Semleges és gyengén savas oldatokban a [V₁₀O₂₈]⁶⁻ a leggyakoribb, míg erősen savas közegben a VO₂⁺, enyhén lúgos közegben a VO₃⁻ jellemző, erősen lúgos oldatokban pedig a V₂O₇⁴⁻. A vanádium sokféle oxidációs állapotban képez stabil vegyületeket, ezzel is tovább színesítve a vanádium analitikai reakcióit. Kevés savas kén-hidrogén redukálja, ekkor kék VO²⁺-ionok és kén keletkeznek:



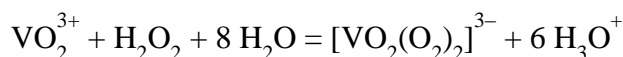
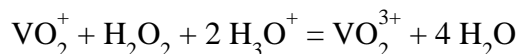
(NH₄)₂S-oldattal látható változás nem történik, de savanyításra az oldatból barna V₂S₅ válik le. A V₂S₅-ot savak nem oldják, de (NH₄)₂S-oldattal vörösbarna VS₄³⁻-oldat képződik:



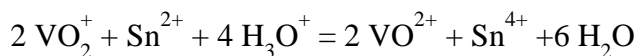
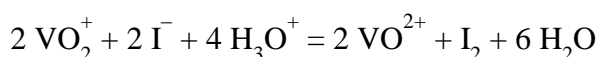
A V₂S₅ erős lúgokban és ammóniaoldatban is oldható:



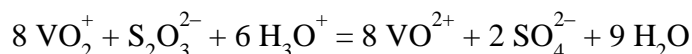
Savas oldata kevés H₂O₂-dal mélyvörös komplexet képez, s ez a peroxid feleslegével sárga diperoxo-komplexet eredményez, de mivel utóbbi képződése savas közegben nem kedvezményezett, ezért további H₂O₂ hozzáadásakor az eredeti vörös szín csak némileg halványul:



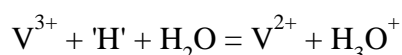
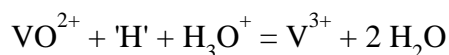
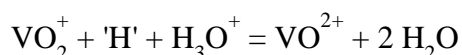
Savas közegben redukálódik jodidionok és Sn^{2+} -ionok által is VO^{2+} -ionokká:



A képződő kék VO^{2+} -ionok az Sn^{2+} és Sn^{4+} -ionok jelenlétében észlelhető könnyebben, a jodidionokból képződő jód sárgásbarna színe elfedi a változást. A képződött jód színe ugyan tioszulfátoldattal eltüntethető, de a tioszulfát-ionok maguk is redukálják a vanádium(V)-öt:

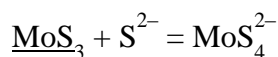
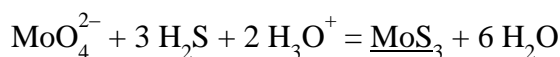


Sósavas közegben cinkkel több lépésben redukálható a vanádium(V) akár egészen vanádium(II)-ig. Először a sárga oldat bezöldül, majd tiszta kékké válik, ekkor az oldatban VO^{2+} -ionok vannak jelen. A redukción folytatva az oldat ismét bezöldül V^{3+} -ionok keletkezése folytán, végül levendulaszínű lesz a képződő V^{2+} -ionok miatt:



1.2.9. Molibdén(VI), MoO_4^{2-}

A molibdén(VI)-vegyületek általában a molibdénsavból (H_2MoO_4) levezethető, polimolibdát-ionokat (pl.: $[\text{Mo}_7\text{O}_{24}]^{7-}$) tartalmaznak, vízben többnyire nehezen oldódnak. Kevés savas H_2S -nel redukción következik be, az oldat megkékül, csapadékos lesz a keletkező molibdénkéktől (Mo(V)- és Mo(VI)-tartalmú, meglehetősen bonyolult összetételű molibdát-keverék). Több H_2S hatására sötétbarna Mo(V)- és Mo(VI)-szulfid képződik. A kapott MoS_3 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -oldatban feloldódik, ekkor narancssárga tiomolibdátoldatot kapunk:

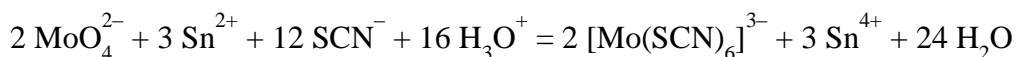


A tiomolibdátok oldatából savanyításra újra MoS_3 választható le, ami savakban nem, de lúgokban oldható:

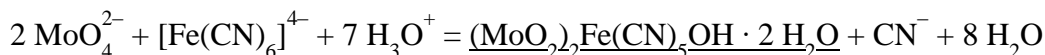


AgNO_3 -oldattal ammóniában és salétromsavban egyaránt oldható, sárgásfehér Ag_2MoO_4 csapadékot ad. Savas közegben az Sn^{2+} -ionok részben redukálják a molibdátionokat, az oldat

a képződő molibdénkékek miatt bekékekül. Sok KSCN jelenlétében az Sn^{2+} redukció, majd komplexképzés által nagyon erős színű vöröseslila molibdén(V)-tociánát-komplexet képez:



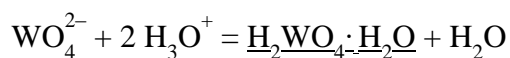
Molibdátok enyhén megsavanyított oldatából sárga vérlúgsóval vörösbarna csapadék válik le, ez lúgokban és ammóniaoldatban könnyen, de híg savakban nem oldható:



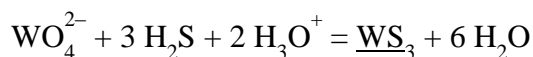
A molibdénvegyületek sósavas oldata intenzív barackszínűre festi a gázlángot.

1.2.10. Volfrám(VI), WO_4^{2-}

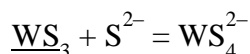
A volfrám(VI)-ionok vizes közegben a volfrámsavból (H_2WO_4) levezethető WO_4^{2-} , illetve polivolframát-ionokként vannak jelen. Lúgos közegben a WO_4^{2-} dominál, savanyításra a polivolframátok képződésének irányába tolódik el az egyensúly. Sóinak többsége vízben rosszul oldódik, kivételek ez alól az alkálifém- és ammónium-volframátok. Savanyításra oldatából lassan fehér, hidratált volfrámsav válik le:



Savas H_2S -nel nem reagál. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -oldattal látszólag nem változik, de ebből az oldatból savanyításra a barnásfehér WS_3 kiválik:



A kivált WS_3 -ot $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ oldja narancssárga színnel, ekkor tiovolframátok képződnek:



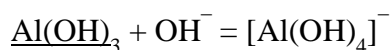
AgNO_3 -oldattal sárgásfehér Ag_2WO_4 válik le, ez ammóniaoldatban könnyen oldódik. Savanyításra a csapadék kifehéredik, átalakul hidratált volfrámsavvá. Sn^{2+} hatására sárga csapadék válik le. Szobahőmérsékleten, nem túl savas közegben az Sn^{2+} nem redukálja a WO_4^{2-} -ionokat számottevő sebességgel. Tömény sósavas közegben a redukció jóval gyorsabb (már szobahőmérsékleten elindul, de melegítéssel még könnyebben végbemegy), a csapadék megkékekül.

1.3. A III. kationosztály

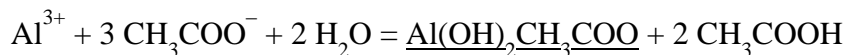
Osztályreakció: ammónium-szulfid oldattal szulfidcsapadékot adnak, de reagens (2M) salétromsavval megsavanyított oldataikból kén-hidrogénes vízzel csapadék nem választható le. A csoport tagjai: alumínium, cink, króm(III), mangán(II), vas(II), vas(III), kobalt(II), nikkel(II), titán(IV), cérium(III) és cérium(IV).

1.3.1. Alumínium, Al^{3+}

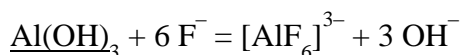
Sóinak többsége vízben jól oldódik, erős savakkal képzett sói kissé hidrolizálnak, ezért oldatuk savas. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -oldattal fehér $\text{Al}(\text{OH})_3$ -csapadékot képez, ami a reagens feleslegében nem oldódik. Ugyanígy viselkedik NH_3 -oldattal is, NaOH azonban a keletkezett $\text{Al}(\text{OH})_3$ -ot oldja tetrahidroxo-aluminátként:



Na_2CO_3 -tal szintén $\text{Al}(\text{OH})_3$ -ot képez, CH_3COONa -oldattal szobahőmérsékleten látható változást nem mutat, de melegítés hatására nagy mennyiségű bázisos alumínium-acetát válik ki az oldatból:



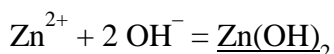
Az $\text{Al}(\text{OH})_3$ töményebb NaF-oldatban feloldható:



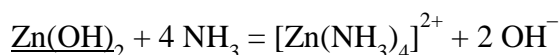
Na_2HPO_4 -oldattal fehér AlPO_4 csapadék válik le, ez feloldható savakban és NaOH-oldatban is.

1.3.2. Cink, Zn^{2+}

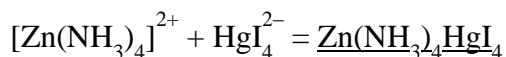
Legtöbb vegyülete színtelen, vízben általában jól oldódnak. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -oldattal fehér ZnS-csapadékot ad. NaOH-oldattal először fehér, kocsonyás állagú $\text{Zn}(\text{OH})_2$ képződik, majd ez a reagens feleslegében könnyen feloldódik:



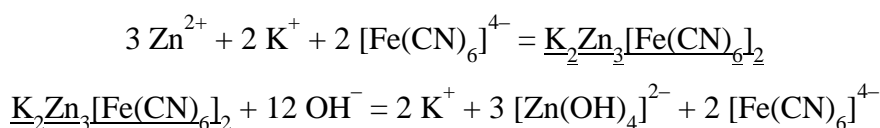
Ammóniaoldat is először Zn(OH)_2 -ot választ le, majd feleslege feloldja azt amminkompleként:



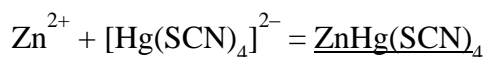
Az amminkomplex oldatához kálium-tetraiodo-merkurát(II)-ot adva sárgásfehér csapadék képződik:



Sárga vérlúgsóval fehér $\text{K}_2\text{Zn}_3[\text{Fe(CN)}_6]_2$ -csapadékot ad, ami híg savakban nem, de NaOH-oldatban könnyen oldódik:

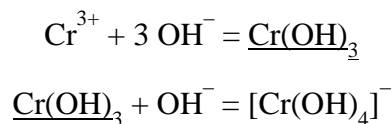


Tetratiocianáto-merkurát(II)-oldattal fehér csapadékot képez:

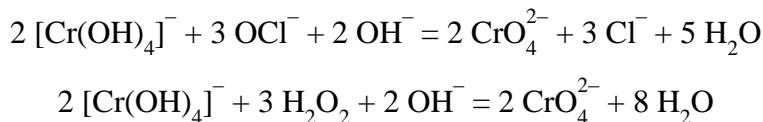


1.3.3. Króm(III), Cr^{3+}

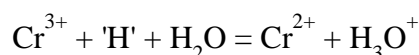
Vegyületei általában zöld vagy ibolyaszínűek, többségük vízben jól oldódik. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -oldattal Cr(OH)_3 válik le zöldre csapadékként, melyet a reagens feleslege nem old. Ugyanígy viselkedik Na_2CO_3 -oldattal és reagens ammóniaoldattal is. NaOH hatására először szintén Cr(OH)_3 válik le, majd a reagens feleslegében zöld színnel feloldódik:



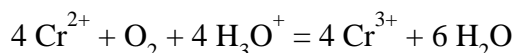
Oxidálószerekkel a zöld $[\text{Cr(OH)}_4]^-$ citromsárga kromátionokká alakítható:



Erősen sósavas közegben fémcinkkel (különösen levegő kizárása mellett) redukálható tengerkék Cr^{2+} -ionokká:

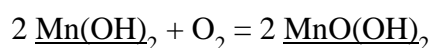
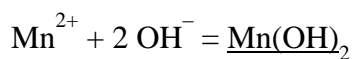


Levegőn viszont a Cr^{2+} -ionok hamar visszaoxidálódnak Cr^{3+} -ionokká:

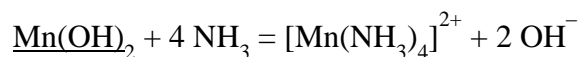


1.3.4. Mangán(II), Mn^{2+}

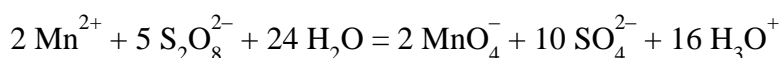
Vegyületei hidratálva általában világos rózsaszínűek, vízdoldható sóinak hígabb oldatai gyakorlatilag színtelenek. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -oldat jellegzetes, hússzínű MnS -csapadékot választ le oldatából. NaOH hatására fehér $\text{Mn}(\text{OH})_2$ válik le, ami a reagens feleslegében nem oldódik fel. A $\text{Mn}(\text{OH})_2$ levegőn hamar megbarnul $\text{MnO}(\text{OH})_2$ keletkezése folytán:



Reagens ammóniaoldat is $\text{Mn}(\text{OH})_2$ -ot választ le, s feleslegében a csapadék nem oldódik, csak tömény ammóniaoldatban, színtelen tetraamminkomplex formájában:



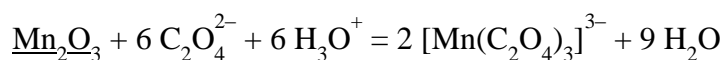
Az amminkomplex leválasztható tetrajodomerkurát(II)-ionokkal fehér csapadékként. Kevés kénsavval megsavanyított Mn^{2+} -oldathoz AgNO_3 -oldatot cseppentve, majd kevés szilárd $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ -ot adva, rövid forralás után az oldat ibolyaszínű lesz a keletkező permanganátionoktól:



Mn^{2+} -tartalmú oldathoz feleslegben oxalát-oldatot és kevés NaOH -oldatot (csapadék kiválásáig) adva, pár csepp híg H_2O_2 hatására vegyes mangán(II és IV)-oxid képződik:



Az oldatot kevés reagens ecetsavval megsavanyítva a Mn_2O_3 feloldódik vöröses narancssárga mangán(III)-oxalátkomplekként:

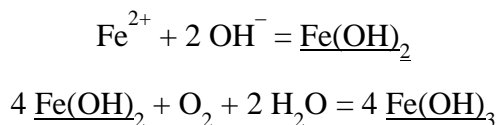


A mangánvegyületek sósavas oldata élénk sárgászöld színűre festi a színtelen vagy halványkék gázlángot.

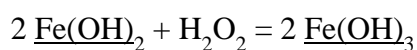
1.3.5. Vas(II), Fe^{2+}

Sok vízben jól oldható sóval rendelkezik, többségük hidratálva halvány kékeszöld színű vagy színtelen. Vegyületei oxidációra érzékenyek, különösen lúgos közegben. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -dal fekete FeS -ot képez, ez a reagens feleslegében sem oldódik fel, de sósavban könnyen oldható.

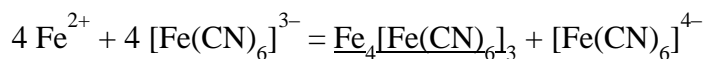
NaOH-dal sötét kékeszöld, Fe(III)-hidroxiddal szennyezett Fe(OH)_2 válik ki, ami levegőn lassan egészében rozsdabarna Fe(OH)_3 -dá alakul át:



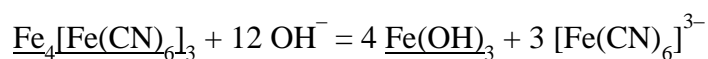
Kevés hidrogén-peroxiddal ez az oxidáció lényegesen gyorsabb:



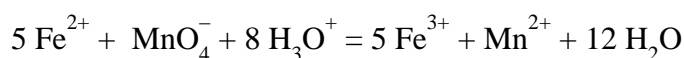
Tiszta állapotban a Fe(OH)_2 fehér színű, de ilyen állapotban csak oxigénmentesített reagensekkel és nitrogén atmoszféra alatt lehet leválasztani. Ammóniaoldat is Fe(OH)_2 -ot választ le és feleslege sem oldja fel a csapadékot. Na_2CO_3 -oldattal is Fe(III)-mal szennyezett FeCO_3 válik ki kékesszürke csapadékként, levegőn lassan (Na_2CO_3 -felesleg esetén gyorsabban) teljesen bekékül. A nagyon tiszta FeCO_3 a Fe(OH)_2 -hoz hasonlóan fehér színű. Na_2HPO_4 -tal nem, csak Na_3PO_4 -tal ad fehér foszfátcsapadékot, ami levegőn lassan megkékül oxidáció miatt. KSCN-oldattal nem ad vörös színeződést, ha az oldat teljesen mentes Fe^{3+} -ionoktól. A gyakorlatban azonban általában nem túl erős, de határozott piros színt ad, az oldat Fe^{3+} -tartalmából képződő kevés disszociálatlan Fe(SCN)_3 miatt. Ugyanezen ok miatt ad általában kék színeződést (de csapadékot nem) sárga vérlúgsóval a Fe^{2+} -oldat. Vörös vérlúgsóval intenzív sötétkék csapadék, ún. berlini kék vagy Turnbull-kék keletkezik:



A csapadékhoz NaOH- vagy NH_3 -oldatot adva annak színe vörösbarnává változik, Fe(OH)_3 leválása miatt:

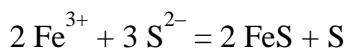


Fe^{2+} -tartalmú oldatok a megsavanyított KMnO_4 -oldatot elszíntelenítik:



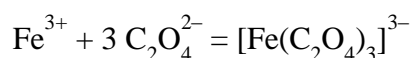
1.3.6. Vas(III), Fe^{3+}

Vegyületei hidratált állapotban többségében sárga színűek, vízzeloldható sóinak oldata hidrolízis folytán általában jelentős mértékben savas. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ hatására fekete FeS válik ki kénnel együtt:

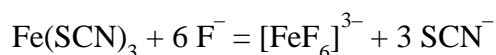


Sósavban a FeS könnyen oldható, de az oldat az előzetesen kivált kéntől opálos marad. NaOH, Na_2CO_3 és ammóniaoldat hatására egyaránt vörösesbarna Fe(OH)_3 válik ki, s a

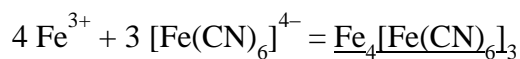
reagensek feleslege a csapadékot nem oldja fel. Na_2HPO_4 hatására enyhe opálosodás, sárgásfehér FePO_4 kiválás tapasztalható, a teljes leválasztáshoz azonban Na_3PO_4 szükséges. Oxalátokkal csapadék nem válik le, nagyon stabil, citromsárga oxalátkomplex képződik:



KSCN-tal mélyvörös színű oldat keletkezik már nagy hígításban is, az intenzív színt disszociálatlan $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ okozza. A vörös színt nagyobb mennyiségű fluoridionnal elhalványíthatjuk, mivel azoknak feleslegével meglehetősen stabil színtelen $[\text{FeF}_6]^{3-}$ képződik:



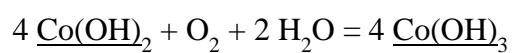
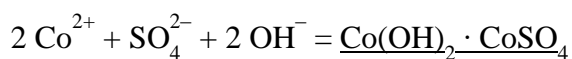
Oxalátionokkal a $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ színe még könnyebben eltüntethető, a már említett erős komplex képződése miatt. Vörös vérlúgsóval csapadékot nem képez, csupán sötétzöld oldatot. Sárga vérlúgsóval leválasztható a jellegzetes berlini kék:



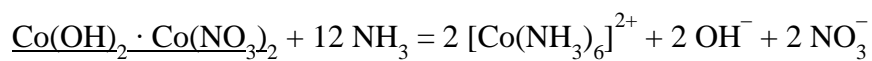
Nátrium-hidroxiddal és ammóniaoldattal a már a vas(II)-résznél említettek szerint reagál, s ebben a formában az egyébként az üveghez meglehetősen erősen tapadó berlini kéket jelentősen egyszerűbb kémcsövekből, lombikokból kimosni. Egy öblítés után az esetleg visszamaradt kevés $\text{Fe}(\text{OH})_3$ -ot már híg savakkal is könnyű eltávolítani. KI-oldat redukálja a Fe^{3+} -ionokat, jód és Fe^{2+} keletkezik. Az oldat színváltozása nagyobb hígításban nem mindig észlelhető jól, ezért a keletkezett jódot érdemes petroléterbe, vagy egyéb apoláris oldószerbe átrázni, a jód jellegzetes lila színét így könnyű észlelni.

1.3.7. Kobalt(II), Co^{2+}

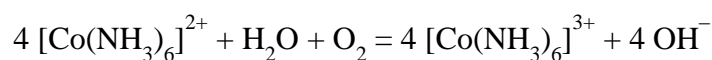
Vegyületeinek többsége hidratálva vörös vagy rózsaszínű, vízmentes állapotban többnyire kék színűek, általában vízben jól oldódnak. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -dal fekete CoS -csapadékot ad, ami sem híg savakban, sem lúgokban nem oldódhat fel. NaOH-oldat kis mennyiségével először kék bázisos só válik le, ez további NaOH-adagolásra rózsaszín $\text{Co}(\text{OH})_2$ -dá alakul, majd levegőn oxidáció miatt megbarnul ($\text{Co}(\text{OH})_3$ képződik), de a reagens feleslege a csapadékot nem oldja fel:



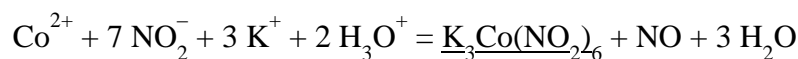
Nátrium-hipoklorittal vagy hidrogén-peroxiddal a Co(OH)_2 oxidációja jóval gyorsabb. Ammóniaoldattal is először a bázisos só képződik, ami a reagens feleslegében narancsvörös komplex képződésével nehezen oldódik (tömény NH_3 -oldat jóval könnyebben oldja):



A képződött Co(II)-komplex oldata levegőn állás során gyorsan sötétedik, oxidálódik a barnásvörös Co(III)-komplexszé:

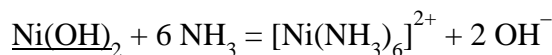
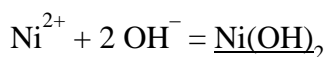


Ammóniaoldatban leválasztott és amminkomplekként még fel nem oldott Co(OH)_2 pár csepp híg H_2O_2 hatására feloldódik, mivel a képződő kobalt(III)-ionok amminkomplexe nagyságrendekkel stabilabb a kobalt(II)-amminkomplexénél, ezért jóval kevesebb ammónia hatására is feloldódik a Co(OH)_3 . A kobalt(II)- és a kobalt(III)-amminkomplex is leválasztható kálium tetrajodomerkurát(II)-tal, előbbi fehér, utóbbi világosbarna csapadékként. Na_2CO_3 -tal lila bázisos CoCO_3 -csapadék képződik. Na_2HPO_4 -tal kevés liláskék $\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2$ -csapadékot ad, a teljes leválasztáshoz Na_3PO_4 szükséges. KSCN-tal igen tömény oldatban sötétkék komplexet képez. Oxalátokkal lassan kristályosodó halvány rózsaszín $\text{CoC}_2\text{O}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ válik ki. Gyengén ecetsavas oldatban, töményebb KNO_2 -oldattal citromsárga csapadék képződik:



1.3.8. Nikkel(II), Ni^{2+}

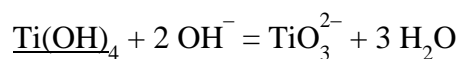
Vegyületeinek többsége vízben jól oldódik, hidratált vegyületei élénkzöld színűek. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -dal fekete, híg savakban és lúgokban nem oldható NiS -csapadékot képez. NaOH -dal almazöld Ni(OH)_2 -csapadékot képez, ez a reagens feleslegében nem oldódik fel. NH_3 -oldattal is először Ni(OH)_2 képződik, ami ammónia feleslegével sötétkék hexaamminkomplexet képez:



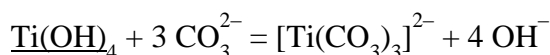
A hexaammin oldatából leválasztható tetrajodomerkurát(II)-tal fehér csapadékként. Na_2CO_3 -oldattal világoszöld NiCO_3 válik le. Na_2HPO_4 -tal kevés világoszöld $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2$ kezd leválni, de a teljes leválasztáshoz - a kobalthoz hasonlóan - Na_3PO_4 szükséges. Cianidokkal először zöld Ni(CN)_2 válik le, majd a reagens feleslegében a csapadék feloldódik $[\text{Ni(CN)}_4]^{2-}$ alakjában.

1.3.9. Titán(IV), TiO^{2+}

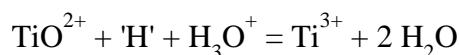
Vizes, nem tömény savas oldatban TiO^{2+} -ionok formájában van jelen, könnyen hidrolizál, ezért reagens oldatát is erős savanyítással szükséges készíteni. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -dal fehér $\text{Ti}(\text{OH})_4$ válik ki, a reagens feleslegében ez nem oldható fel. NaOH-dal és NH_3 -oldattal is hasonlóan viselkedik. Töményebb NaOH-oldatban a $\text{Ti}(\text{OH})_4$ feloldható:



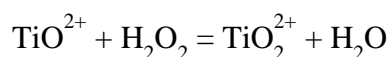
Töményebb karbonátoldatok is feloldják az eleinte képződött $\text{Ti}(\text{OH})_4$ -ot:



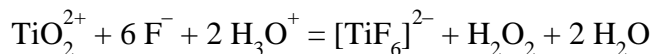
Na_2HPO_4 -tal savas oldatban is lassan fehér $\text{Ti}(\text{HPO}_4)_2$ válik le. Fémcinkkel sósavas közegben redukálható halványlila színű Ti^{3+} -ionokká:



H_2O_2 -dal élénk narancssárga színű peroxovegyület képződik:

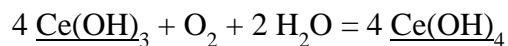


A kapott oldatot fluoridokkal el lehet halványítani:

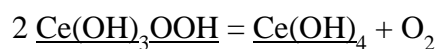
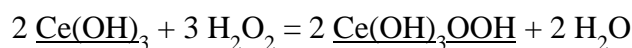


1.3.10. Cérium(III), Ce^{3+}

Sóinak többsége színtelen, vízben általában jól oldódnak. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -oldattal fehér $\text{Ce}(\text{OH})_3$ -csapadékot ad, a reagens feleslegében nem oldható fel. NaOH- és ammóniaoldat szintén leválasztja a hidroxidot. A $\text{Ce}(\text{OH})_3$ lúgos közegben levegőn állva lassan besárgul oxidáció miatt:



A $\text{Ce}(\text{OH})_3$ lúgos közegben hidrogén-peroxiddal vörösesbarna Ce(IV)-peroxid-hidroxidot képez, ami aztán oxigénvesztéssel sárga Ce(IV)-hidroxiddá alakul:

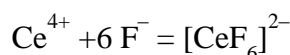


Na_2CO_3 -oldattal fehér $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ választható le, ami a reagens feleslegében nem oldható. NaF-oldattal fehér CeF_3 -csapadék képződik. KIO_3 -oldattal $\text{Ce}(\text{IO}_3)_3$ válik ki, amit

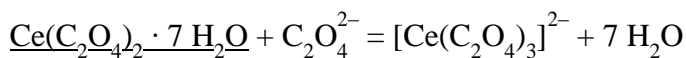
reagens salétromsavban könnyen fel lehet oldani. Oxalátokkal fehér, reagensfeleslegben nem oldható $\text{Ce}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ válik ki. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -oldattal csapadék nem választható le. K_2CrO_4 -tal sárga bázisos kromátcsapadékot képez.

1.3.11. Cérium(IV), Ce^{4+}

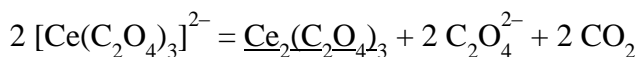
Sói általában vízben oldhatók, oldatuk hidrolízis miatt savanyú kémhatású, ezért reagens oldatok készítésénél kevés erős savat szükséges hozzájuk adni. Vegyületei többségében élénk citrom- vagy narancssárga színűek. A Ce^{4+} -ionok közepesen erős oxidáló tulajdonsággal bírnak, többek közt ez is megkülönbözteti őket a Ce^{3+} -ionoktól. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -, NaOH és NH_3 -oldattal sárga $\text{Ce}(\text{OH})_4$ választható le, az említett reagensok egyikének feleslegében sem oldható fel. NaF -oldattal a Ce^{4+} -oldatok sárga színe eltüntethető szintelen $[\text{CeF}_6]^{2-}$ keletkezése miatt:



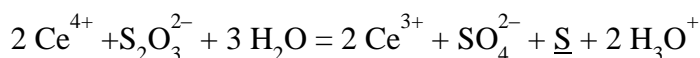
Oxalátokkal először narancssárga $\text{Ce}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ válik ki, de ez a reagens feleslegében könnyen feloldódik:



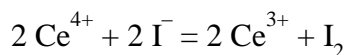
A kapott oldatból lassan redukció folytán fehér $\text{Ce}(\text{III})$ -oxalát csapadék válik le, melegítésre vagy savanyításra a redukció lényegesen felgyorsul:



KIO_3 -oldattal salétromsavban oldhatatlan, fehér $\text{Ce}(\text{IO}_3)_4$ válik le. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ redukálja a Ce^{4+} -ionokat kénkiválás közben:



A jodidionok is redukálják a Ce^{4+} -ionokat, a képződő jód kimutatható petroléteres átrázással vagy keményítőoldattal:



1.4. A IV. kationosztály

Osztályreakció: ammónium-kloridos ammónium-karbonáttal csapadékot képeznek, de savas kén-hidrogénnel és ammónium-szulfiddal látható változást nem eredményeznek. A csoport tagjai: kalcium, stroncium, bárium.

1.4.1. Kalcium, Ca^{2+}

Vízben sóinak túlnyomó többsége jól oldódik, színtelenek. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -oldattal fehér CaCO_3 válik le. NaOH-dal csak töményebb oldatban ad fehér, porszerű $\text{Ca}(\text{OH})_2$ csapadékot. NaF-oldattal fehér, kocsonyás CaF_2 válik le. Na_2SO_4 -oldattal, nem túl híg oldatokban fehér $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ csapadékot ad, melyet töményebb kénsavval fel lehet oldani. K_2CrO_4 -oldattal csapadékot nem képez, szemben az osztály többi tagjával. Foszfátokkal nem túl savas közegben CaHPO_4 , míg lúgosabb közegben $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ válik le. A kalciumvegyületek a gázlángot élénk téglavörösre színezik.

1.4.2. Stroncium, Sr^{2+}

Vízben általában jól oldódó sói színtelenek. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -oldattal fehér SrCO_3 válik le, savak könnyen oldják. NaOH-dal töményebb oldatban sem ad csapadékot. NaF-oldattal fehér SrF_2 válik le. Na_2SO_4 -oldattal SrSO_4 válik le hígabb oldatokból is, melyet töményebb erős savak sem oldanak fel. K_2CrO_4 -tal csak töményebb oldatban ad sárga SrCrO_4 -csapadékot, amit ecetsavval is fel lehet oldani. Foszfátokkal a kalciumhoz hasonlóan viselkedik. A stronciumsók nagyon intenzív, tiszta [sárga (Ca^{2+}) vagy lila (Li^+) árnyalatoktól mentes] piros színűre festik a gázlángot.

1.4.3. Bárium, Ba^{2+}

A bárium-sók nagy része színtelen és vízben jól oldódik, de sok nagyon nehezen oldható is akad köztük. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -tal fehér BaCO_3 válik le. NaOH-dal nem ad csapadékot. NaF-dal csak töményebb oldatban választható le BaF_2 , reagens oldatokkal általában csak fehér opálosodás észlelhető. Na_2SO_4 -oldattal fehér BaSO_4 -csapadékot képez, mely nem oldódik sem savakban, sem lúgokban. K_2CrO_4 -oldattal sárga BaCrO_4 -ot ad, ami ecetsavval és lúgokkal nem, csak erős savakkal oldható fel. A báriumvegyületek a gázlángot fakó zöldessárgára festik (nem túl intenzíven, de még könnyen észlelhetően).

1.5. Az V. kationosztály

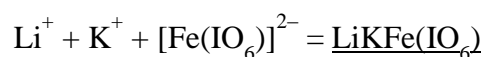
Kifejezett osztályreakcióval nem rendelkező csoport. Savas H_2S , ammónium-szulfid és ammónium-kloridos ammónium-karbonát sem ad csapadékot velük. A csoport tagjai: magnézium, lítium, nátrium, kálium, rubídium, cézium, króm(VI) és mangán(VII).

1.5.1. Magnézium, Mg^{2+}

Sóinak többsége vízben jól oldódik, általában színtelenek. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -oldattal ammónium-klorid jelenlétében nem ad csapadékot, de azok hiányában fehér MgCO_3 válik le. NaOH-dal és NH_3 -oldattal fehér $\text{Mg}(\text{OH})_2$ válik le, a reagensek feleslegében nem oldható. Na_2SO_4 -tal és K_2CrO_4 -tal csapadékot nem képez. NaF-dal nem túl híg oldatból fehér MgF_2 választható le. A magnéziumsók nem festik a színtelen gázlángot.

1.5.2. Lítium, Li^+

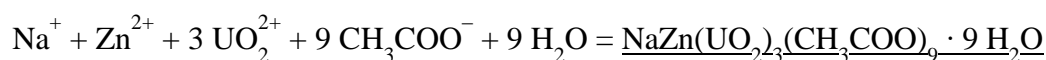
Általában vízben oldható sói színtelenek. NaOH-dal meglúgosított Na_3PO_4 - vagy Na_2HPO_4 fehér Li_3PO_4 csapadékot ad (különösen melegítés mellett, nem túl híg oldatban). Töményebb, kevés ammóniát is tartalmazó oldatából leválasztható NaF-dal fehér LiF csapadékként. KIO_4 -tal és FeCl_3 -dal lúgos közegben fekete csapadékot képez:



A lítiumsók a színtelen gázlángot intenzív kárminvörösre (liláspirosra) színezik. A stronciumvegyületek is hasonló lángfestést mutatnak, de azok színéből hiányzik a lila árnyalat.

1.5.3. Nátrium, Na^+

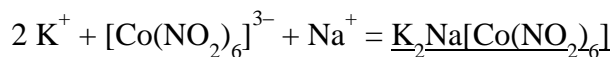
Nagyon kevés vegyülete oldódik rosszul vízben, túlnyomó többségük színtelen. Oldatából cink- és uranil-acetáttal választható le:



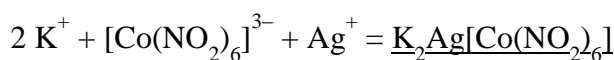
A nátriumvegyületek nagyon érzékeny kimutatási lehetősége sóinak intenzív sárga lángfestésén alapul.

1.5.4. Kálium, K⁺

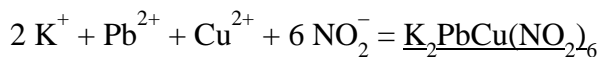
Szintelen sóinak túlnyomó többsége vízben jól oldódik. Gyengén ecetsavas közegben nátrium-hexanitro-kobaltát(III)-tal sárga csapadékot képez:



Tiszta, nátriumionokat nem tartalmazó csapadék csak káliumionok feleslegével kapható, de mivel általában azok jelenlétének vizsgálatára használatos a reagens, ritkán kerülnek a K⁺-ionok feleslegbe. A próba érzékenységét kevés AgNO₃-tal növelhetjük, de ekkor a mintának mentesnek kell lennie az ezüstionokkal csapadékot adó anionoktól (pl.: Cl⁻, Br⁻, I⁻, PO₄³⁻):



Nem túl híg oldata perklorátokkal vagy perklorásvval fehér KClO₄-csapadékot ad. Nátrium-hidrogén-tartaráttal a KClO₄-nál is rosszabbul oldódó kálium-hidrogén-tartarát válik le. Ólom(II)- és réz(II)-ionokat is tartalmazó töményebb NaNO₂-oldattal fekete csapadékot képez, ha az oldat mentes az ólom(II)-vel vagy a rézzel csapadékot adó ionoktól (pl.: Cl⁻, Br⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻):



A káliumsók a lángot halvány ibolyaszínűre színezik, de a rubídium és a cézium is nagyon hasonló lángfestést mutat. A kálium gyenge lángfestését a nátrium kis mennyisége is könnyen elnyomhatja, de a lángot kobalttüvegen keresztül nézve kiszűrhetjük a nátrium legintenzívebb (és ezáltal legzavaróbb) vonalait.

1.5.5. Rubídium, Rb⁺

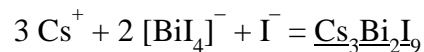
Vegyületei tulajdonságaikban nagyon hasonlítanak a megfelelő káliumsókra. Nátrium-hidrogén-tartaráttal csapadékot ad, a leváló rubídium-hidrogén-tartarát a hasonló káliumsónál valamivel rosszabbul oldható. Kevés Ca²⁺-iont tartalmazó K₄Fe(CN)₆-oldattal csapadékot képez (a káliummal ellentétben):



A rubídiumvegyületek enyhén vörösés ibolyaszínű lángfestése nagyon hasonlít a káliuméra és a céziuméra, ezért egyértelmű megkülönböztetésre nem alkalmas.

1.5.6. Cézium, Cs⁺

A céziumvegyületek nagyon hasonlítanak a megfelelő rubídium- illetve káliumsókra. A káliummal és rubídiummal csapadékot képező reagensek többnyire a céziummal is leválnak, csak kevés megkülönböztető reagens áll rendelkezésre. Ca²⁺-ionokat tartalmazó K₄Fe(CN)₆ oldattal a rubídiumhoz hasonlóan fehér Cs₂CaFe(CN)₆ csapadékot képez. A rubídiumionoktól való megkülönböztetésre legalkalmasabb reagens az enyhén ecetsavas kálium-tetraiodobizmutát(III), azaz a Dragendorff-reagens, ezzel nagyon híg Cs⁺-oldatból is élénkpiros, csillogó, hexagonális kristályok formájában válik le a komplex só:

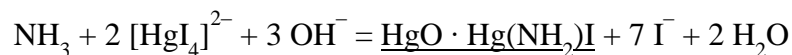


A rubídiumionok esetében Dragendorff-reagenssel csak meglehetősen tömény oldatból választható le csapadék.

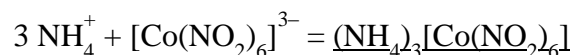
A céziumvegyületek kékesibolya lángfestése hasonlít a kálium- és rubídiumvegyületekére, ezért azoktól egyértelműen pusztán a lángfestés alapján nem különböztethető meg.

1.5.7. Ammónium, NH₄⁺

Sói szinte kivétel nélkül vízben jól oldódnak, színtelenek. Erős savakkal alkotott sói (pl.: (NH₄)₂SO₄, NH₄Cl) enyhén savas kémhatású oldatot képeznek. Vegyületeinek legjellemzőbb tulajdonsága, hogy NaOH-oldattal NH₃ szabadul fel oldatukból, amit megnedvesített pH-papírral könnyen ki lehet mutatni. Jóval érzékenyebb azonban a Nessler-reagenssel való kimutatás: NaOH-dal meglúgosított K₂HgI₄-oldat ammónia vagy ammóniumsók nyomainak hatására is barna csapadékot (nagyon híg minta esetén csak sötétbarna színeződést) eredményez:



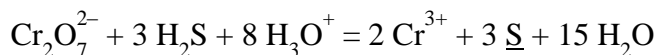
Az ammóniumsók nátrium-hexanitrokobaltát(III)-tal sárga csapadékot képeznek a káliumhoz hasonlóan:



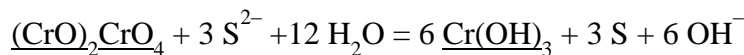
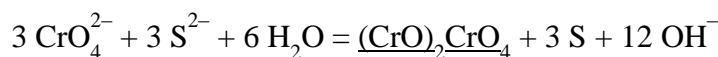
Nátrium-hidrogén-tartaráttal ammónium-hidrogén-tartarát csapadékot képez.

1.5.8. Króm(VI), CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

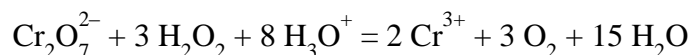
A króm(VI)-vegyületek többségében a króm kromátionok formájában van jelen (kivételesen a CrO_3 , a CrO_2Cl_2 és még néhány másik vegyület). A kromátionok hajlamosak polikromátok képzésére (főleg savasabb környezetben), a gyakrabban előforduló dikromátionok is gyakorlatilag ezek közé tartoznak. Jellemző rájuk az oxidáló tulajdonságuk, amit analitikai szempontból érdemes kihasználni. A kromátok többsége vízben rosszul oldódik, általában citromsárga színűek (kivételesen pl.: Ag_2CrO_4 , Hg_2CrO_4). A dikromátok vízben sokkal jobban oldhatók, illetve színük a kromátokhoz viszonyítva sötétebb. Kromátoldatok savanyítás hatására sötétebb (narancs) színűek lesznek dikromátionok képződése miatt. Savas közegben a kén-hidrogén kénkiválás mellett redukálja a kromátokat Cr^{3+} -ionokká, az oldat zölddé válik és opálosodás figyelhető meg benne:



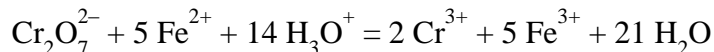
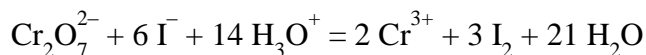
$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -oldattal először barna króm(III)-kromát válik le, majd a csapadék átalakul $\text{Cr}(\text{OH})_3$ -dá:



AgNO_3 -oldattal sötétvörös Ag_2CrO_4 válik le, míg $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ -tal és $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -tal citromsárga BaCrO_4 és PbCrO_4 . Savas oldatban hidrogén-peroxiddal először sötétkék, instabil CrO_5 keletkezik, ez éterbe át is oldható. Az oldat állás során bezöldül a lejátszódó redukció miatt:



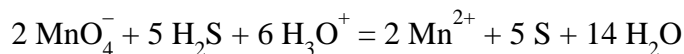
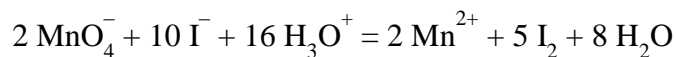
Savas oldatuk a jodidionokat jóddá, a Fe^{2+} -ionokat Fe^{3+} -ionokká oxidálja:



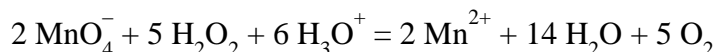
1.5.9. Mangán(VII), MnO_4^-

A mangán(VII) vegyületeinek többségében permanganátionként van jelen. A permanganátok többsége vízben oldható, sötétlila vagy fekete színű só. Erős oxidálószer, redukciójuk során oldatuk színe erősen változik, ez különösen analitikai szempontból értékes tulajdonságuk. Oldatuk savanyításra, AgNO_3 - vagy $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ -oldatok hatására sem változik.

Savas közegben a jodidionokat jóddá, a kénhidrogént pedig kénre oxidálja:



Hasonlóan, savas közegben a hidrogén-peroxid is Mn^{2+} -ionokig redukálja a permanganátokat:



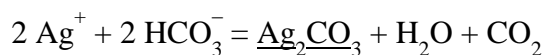
2. Anionok

2.1. Az I. anionsztály

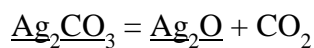
Osztályreakció: oldatukban reagens töménységű savval való savanyítás hatására észlelhető változás történik (gázfejlődés, csapadékleválás, színváltozás...stb.). A csoport tagjai: CO_3^{2-} és HCO_3^- , SiO_3^{2-} , S^{2-} , S_x^{2-} , SO_3^{2-} és HSO_3^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, OCI^- , NO_2^- , OCN^- .

2.1.1. Karbonátok, CO_3^{2-} és HCO_3^-

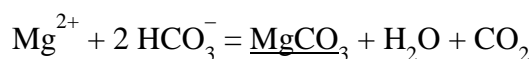
Nehézfémekkel és alkáliföldfémekkel rosszul oldható sókat képez, csak alkálifémekkel és ammóniumionokkal alkotott sói oldódnak vízben könnyebben. Vizes oldatuk lúgos kémhatású, a karbonátoké jobban, a hidrogén-karbonátoké kevésbé. Savanyítás hatására sóikból az igen kevésbé disszociáló szénsav szabadul fel, ami hamar el is bomlik CO_2 és víz képződésével, ezért az oldatban élénk pezsgés, gázfejlődés tapasztalható, a fejlődő gáz szagtalan. AgNO_3 -oldattal sárgásfehér Ag_2CO_3 válik le, hidrogén-karbonát oldatokból gázfejlődés mellett:



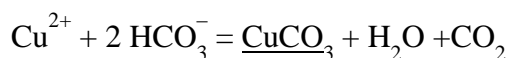
A kapott csapadék melegítve bomlás miatt megbarnul, a bomlás során gáz fejlődik:



$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ -oldattal fehér BaCO_3 -csapadék válik le, HCO_3^- -oldatokból csak kevés NaOH -oldat hozzáadására. Hidrogén-karbonátok oldatával a Mg^{2+} -ionok nem adnak csapadékot, de az oldatot megmelegítve a szénsav bomlása miatt a rendszer lúgosodik, végül MgCO_3 válik le:



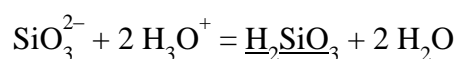
CuSO₄-oldattal nem túl híg HCO₃⁻-oldatokban élénk pezsgés indul meg, mivel a CuCO₃ oldhatósága olyan rossz, hogy még erősen szénsavas közegből is szobahőmérsékleten leválik:



Karbonátoldatokkal hasonló esetben pezsgés nem észlelhető, oldatukból bázisos réz(II)-karbonát válik le.

2.1.2. Szilikátok, SiO₃²⁻

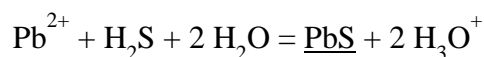
Alkálifémsói kivételével minden sója vízben rosszul oldódik, többnyire színtelenek, vagy az adott kationra jellemző (pl.: réz esetében kék, kobalt esetében lila) színűek. Vízben oldható sói lúgos kémhatást okoznak. Savanyítás hatására kocsonyás csapadék, kovasav válik ki oldatából:



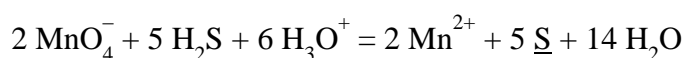
AgNO₃-oldattal a szilikátoldatok lúgossága miatt csak barna Ag₂O-csapadék képződik. Ba(NO₃)₂-oldattal fehér BaSiO₃ válik le, ez erős savakkal megbontható, de ekkor kovasav marad vissza feloldatlanul.

2.1.3. Szulfidok, S²⁻, HS²⁻

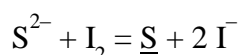
Kevés vízben oldható sóval rendelkeznek, ezeknek nagy része is erősen hidrolizál, ezért általában záptojásszagot árasztanak. Nehézfémekkel nagyon rosszul oldható, többségében fekete sókat alkot. Savanyítás hatására szemmel általában nem látható gázfejlődés indul meg, a képződő H₂S viszont nagyon intenzív záptojásszaga alapján könnyen felismerhető, de ólom-acetát-oldattal átitatott szűrőpapírral kimutatható, a képződő PbS fekete színe jól észlelhető:



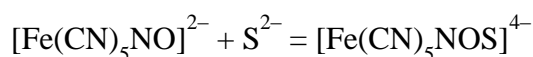
AgNO₃-oldattal fekete szulfid válik le. Ba(NO₃)₂-oldattal változás nem történik. Savas közegben a szulfidionok a MnO₄⁻-oldatot elszíntelenítik, közben kénkiválásból eredő enyhe opálosodás figyelhető meg:



Az enyhén savas jóoldatot elszíntelenítik:

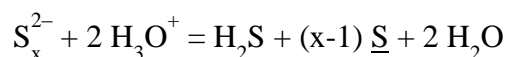


Nitroprusszid-nátriummal ibolyásvörös színű oldat képződik:

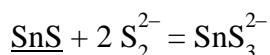


2.1.4. Poliszulfidok, S_x^{2-} , HS_x^-

Kevés ismert sóval rendelkezik, ezek többnyire ammónium- és alkálifémsók, színük a poliszulfidlánc hosszától függ, a citromsárgától a narancsvörösig változó. Nedves levegőn könnyen elbomlanak. Az általános gyakorlatban csak az ammónium-poliszulfid vizes oldata használatos. Reakcióikban a megfelelő szulfidokhoz hasonlóan viselkednek, csupán kénkiválás is lejátszódik esetükben. Savanyításra a poliszulfidok oldatából is a jellegzetes záptojásszagú H_2S fejlődik, de kénkiválás is tapasztalható:

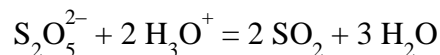
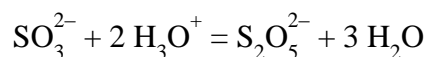


A szulfidionoktól enyhe oxidáló tulajdonságukban is különböznek. Az ón(II)-szulfid szulfidoldatok feleslegében nem oldható, csak poliszulfidoldatban, mivel ekkor az ón(II)-ionok oxidálódnak, a képződő ón(IV)-szulfid pedig már feloldható a reagens feleslegében:

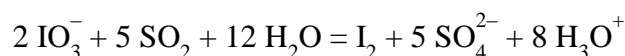


2.1.5. Szulfitok, SO_3^{2-} , HSO_3^- , $\text{S}_2\text{O}_5^{2-}$

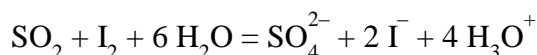
Sói általában bomlékonyak és/vagy oxidációra érzékenyek. Vízen alkáli-, ammónium- és alkáliföldfém-sói oldódnak jobban. Savanyítás hatására szemmel általában nem figyelhető meg gázfejlődés, de a keletkező SO_2 keserű, köhögésre ingerlő szaga alapján kevés gyakorlattal felismerhető:



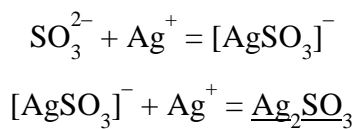
A fejlődő kén-dioxid kimutatható KIO_3 -os keményítőoldatba mártott szűrőpapírcsíkkal, amit a gáztérbe tartva a keményítő kék színnel jelzi a megjelenő jódot:



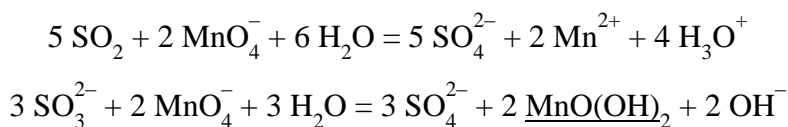
Ugyanígy jódos keményítőoldatba mártott papírral is kimutatható a kén-dioxid jelenléte (bár az előbbi módszernél kisebb az érzékenysége), ekkor a kék szín eltűnését tapasztalhatjuk:



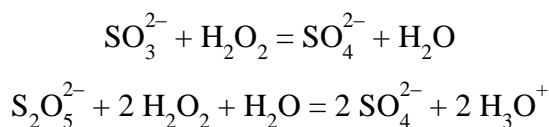
AgNO₃-oldattal csak az ezüstionok feleslegében képez csapadékot, az eleinte képződő komplex vízben jól oldódik:



Ba(NO₃)₂-oldattal fehér BaSO₃ válik le, a csapadékot savakban könnyen fel lehet oldani. A KMnO₄-oldatot elszínteleníti savas közegben, semleges vagy lúgos közegben barna MnO(OH)₂-ot választ le:



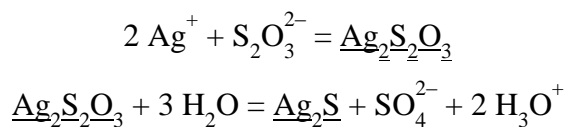
Normál szulfitek (SO₃²⁻) oldatához H₂O₂-ot adva az oldat semleges marad, de hidrogén-szulfitek esetén savassá válik, ezáltal megkülönböztethető a két ion:



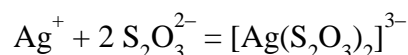
Kénsav fölé óvatosan tioszulfátionokat és ammónium-molibdenátot is tartalmazó oldatot rétegezve a két réteg között egy vékony kék gyűrű keletkezik, ami tulajdonképpen a tioszulfátionok által redukálódó molibdenátból képződő molibdénkék.

2.1.6. Tioszulfátok, S₂O₃²⁻

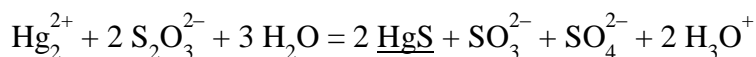
Sóinak többsége vízben oldódik, de jó részük bomlékony, oxidációra érzékeny. Alkálifémsói kevésbé érzékenyek, a mindennapi gyakorlatban csak ezek használatosak. Savanyítás hatására az oldat H₃O⁺ és S₂O₃²⁻-koncentrációjától függő sebességgel (általában 5-20 s) opálossá válik kénkiválás miatt, továbbá SO₂-fejlődés tapasztalható, utóbbi csak szaglással vagy kémiai kimutatással (ld. szulfitek) érzékelhető. AgNO₃-oldattal, ha a tioszulfát nincs feleslegben, először fehér Ag₂S₂O₃ válik ki, de pár másodperc alatt ez elbomlik (megbarnul, majd megfeketedik), Ag₂S képződik:



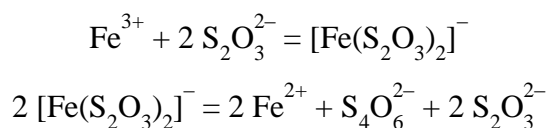
A tioszulfátionok feleslege (elég gyors adagolás) esetén csapadék nem képződik, színtelen oldatot kapunk:



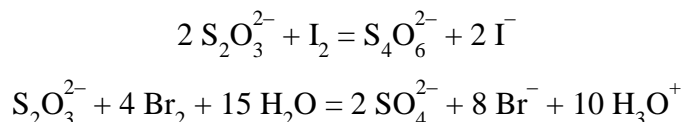
Higany(I)-nitrát oldathoz cseppentve azonnal fekete HgS képződik:



Ba(NO₃)₂-oldattal csapadékot nem képez, csak magas koncentrációban. FeCl₃-oldattal ibolyásvörös komplexet képez, de ez elbomlik, az oldat lassan elszíntelenedik (Cu²⁺-ionok nagyon erősen katalizálják a reakciót):

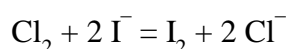


A kálium-jodidos jódoldatot és a brómosvizet is elszínteleníti:

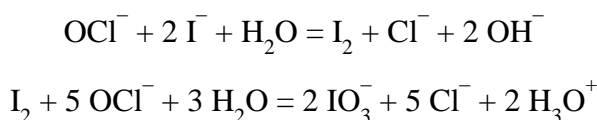


2.1.7. Hipokloritok, OCl⁻

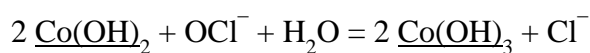
Sói nagyon instabilak, szobahőmérsékleten izolálható egyszerű sóját nem is ismerünk. Lúgos oldatban könnyebben elállnak, de ekkor sem nagyon sokáig. Vegyületei meglehetősen erős oxidálószeres. Oldatuk savanyításra klórgáz keletkezése miatt zöldessé válik, a fejlődő klór jellegzetes, szúrós szagáról könnyen felismerhető, de kálium-jodidos keményítőoldattal átitatott szűrőpapírral ki is mutatható:



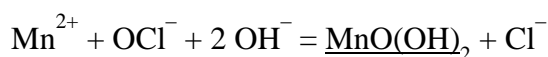
AgNO₃-oldattal az oldat alapvető Cl⁻-ion tartalma, vagy a OCl⁻-ionok bomlásából származó Cl⁻-ionok miatt fehér AgCl-csapadékot ad. Ba(NO₃)₂-oldattal csapadékot nem képez. Kálium-jodid-oldattal jódot képez, de a hipoklorit feleslegével a megbarnult oldat újra elszíntelenedik, jodátionok képződése miatt:



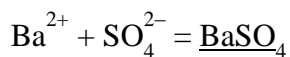
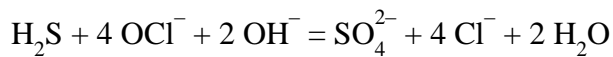
Frissen leválasztott rózsaszín Co(OH)₂-ot barna Co(OH)₃-dá oxidál:



Mn²⁺-oldatokból barna MnO(OH)₂-ot választ le:

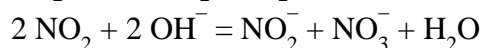
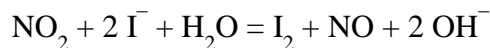
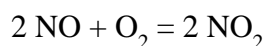
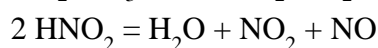
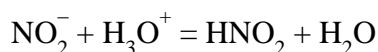


A kén-hidrogént oxidálja, a keletkező szulfátionokat Ba(NO₃)₂-oldattal kimutathatjuk:



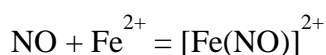
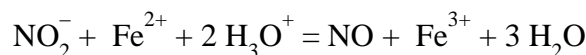
2.1.8. Nitritek, NO₂⁻

Sóinak többsége bomlékony, különösen nehézfémekkel alkotott vegyületei. A gyakorlatban leggyakrabban alkálifémsóit használjuk. Savanyítás hatására a felszabaduló bomlékony salétromossavból fejlődő barnászörös NO₂ savanyú szaga könnyen érezhető, de kálium-jodidos keményítőoldattal átítatott szűrőpapírral ki is lehet mutatni:



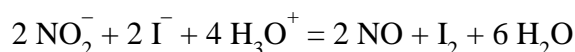
Töményebb minta esetén savanyításkor az oldat kékesre színeződik (különösen lehűtött mintánál észlelhető) a keletkező N₂O₃ miatt.

A vizsgálandó anyag kis mintáját kevés vízben feloldva, majd legalább kétszeres térfogatú tömény kénsavval (óvatosan, lassan, hűtés mellett!) elegyítve, végül a kénsavas oldat fölé óvatosan FeSO₄-oldatot rétegezve a két oldat határán barnászöld gyűrű jelenik meg. Az intenzív színeződést a képződő nitrogén-monoxid Fe²⁺-ionokkal képzett nitrozokomplexe okozza:

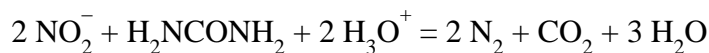


Ez a kimutatás a nitrátokkal is hasonlóképpen működik, illetve meglehetősen sok egyéb ion zavarja (Br⁻, I⁻, ClO₃⁻, SO₃²⁻, S₂O₃²⁻, Cr₂O₇²⁻, CN⁻, SCN⁻), ezért a minta utóbbi ionoktól való mentességéről a próba előtt meg kell győződni. Ugyanez a reakció ecetsavval megsavanyított FeSO₄-oldatban is észlelhető, ekkor a nitrátionoktól való megkülönböztetésre is alkalmas és ezt valamivel kevesebb ion zavarja (SO₃²⁻, ClO₃⁻, S₂O₃²⁻, SCN⁻), de ebben a formában a kimutatás érzékenysége jóval alacsonyabb.

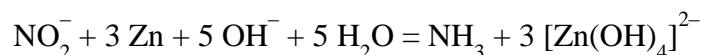
Enyhén savas közegben a jodidionokat jóddá oxidálja:



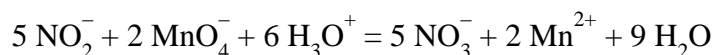
Gyengén savas oldata karbamiddal élénk gázfejlődés közben reagál:



Lúgos közegben cink ammóniáig redukálja, aminek jelenléte a gáztérben megnedvesített pH-papírral kimutatható:

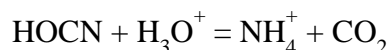
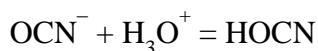


Savanyított KMnO_4 -oldat a nitritionokat nitráttá oxidálja, így azok a lila permanganátoldatot elszíntelenítik:



2.1.9. Cianátok, OCN^-

Sói többnyire színtelenek, többségük vízben oldható. A gyakorlatban csak alkálifémsói használatosak. Savanyítás hatására a felszabaduló ciánsav (HOCN) hamar elbomlik, ammóniumionok és szén-dioxid képződik, az oldatban ezért élénk gázfejlődés észlelhető:



$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ -oldattal csapadékot nem képez. AgNO_3 -oldattal fehér AgOCN válik le, s a reagens feleslegében nem oldható fel. Az AgOCN ammóniaoldatban és reagens salétromsavban is könnyedén feloldható. Pár csepp piridint is tartalmazó CuSO_4 -oldattal liláskék csapadékot képez, ami kloroformba átoldható:

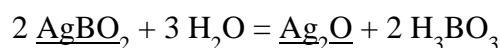


2.2. A II. anionosztály

Osztályreakció: semleges vagy gyengén lúgos közegben Ba^{2+} -ionokkal csapadékot képeznek, de egyébként savanyítás hatására oldataikban észlelhető változás nem tapasztalható. A csoport tagjai: BO_2^- , PO_4^{3-} és savanyú sói, $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$, SO_4^{2-} és HSO_4^- , F^- , BrO_3^- , IO_3^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ és HC_2O_4^-

2.2.1. Borátok, B(OH)_4^- , BO_2^- , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, BO_3^{3-}

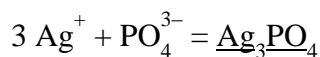
Sóinak túlnyomó többsége színtelen, csak alkálifémsói és ammóniumsói oldódnak vízben jól. Meglehetősen sokféle formában fordulnak elő sói, könnyen képez poliborátokat. Leggyakoribbak a metaborátok (BO_2^-), tetraborátok ($\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$) és a pentaborátok (B_5O_8^-). Vizes oldatuk kémhatása enyhén lúgos. $\text{Ba(NO}_3)_2$ -tal csak nem túl híg oldatban, gyengén ammóniás közegben képez fehér $\text{Ba(BO}_2)_2$ csapadékot. AgNO_3 -tal is csak töményebb oldatban ad fehér AgBO_2 -csapadékot, ez melegítve hidrolízis miatt megbarnul:



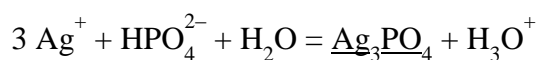
$\text{Pb(NO}_3)_2$ -tal még nagy hígításban is fehér csapadékot ad. Kevés mintához metanolt és pár csepp tömény kénsavat adagolva, majd az elegyet melegítve, a képződő gőz meggyújtva élénk zöld színnel ég a képződő trimetil-borát miatt. Borátok nem túl lúgos oldatához mannitot adagolva az oldat savanyodását tapasztalhatjuk, mivel a mannittal a bórsav és a borátok stabil félésztert alkotva egyértékű erős savat képeznek. A változást univerzál indikátorpapírral vagy brómtimolkékkel jól lehet követni.

2.2.2. Foszfátok, PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-

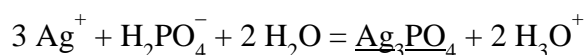
Nem színes kationokkal alkotott tercier sói (PO_4^{3-}) színtelenek, vízben csak az alkálifém- (de még innen is kivétel a Li_3PO_4) és ammóniumsói oldódnak jól. Szekunder sóinak (HPO_4^{2-}) oldhatósága a tercierekéhez hasonlítható, de primer sóinak (H_2PO_4^-) jó része vízben oldható. $\text{Ba(NO}_3)_2$ -tal nem túl lúgos közegben fehér BaHPO_4 csapadékot képez, a kivált anyag híg savakban, még ecetsavban is oldható. AgNO_3 -oldattal citromsárga Ag_3PO_4 válik le, ez ammóniaoldatban és reagens savakban feloldható. Az ezüst-foszfát nagyon rossz oldhatóságát ki lehet használni a tercier, szekunder és primer foszfátok megkülönböztetésére. A tercier foszfátok oldata hidrolízis folytán mindenképpen lúgos kémhatású, de kis AgNO_3 -felesleggel való kezelés által az oldatból a hidrolizáló foszfátionok eltűnnek, az oldat semlegessé válik:



Szekunder foszfátok gyengén lúgos oldatot képeznek, ezüst-nitráttal való kezelés után oldatuk enyhén savassá válik:

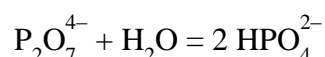


Primer foszfátok esetén a kiindulási oldat gyakorlatilag semleges, míg az AgNO_3 -oldattal való kezelés után erősebben savassá válik:

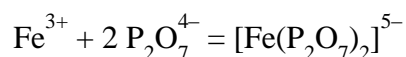


2.2.3. Pirofoszfátok, $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$

Sóinak többsége vízben rosszul oldódik, általában színtelenek. Oldatuk jellemzően lúgos kémhatású. A pirofoszfátionok hajlamosak komplexképzésre, ami az ortofoszfátokról (PO_4^{3-} és savanyú sói) nem mondható el. Állás közben, vagy savas forralás hatására a pirofoszfátok hidrolizálnak:



$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ -oldattal fehér $\text{Ba}_2\text{P}_2\text{O}_7$ válik le, ami ecetsavban nem oldható, de erősebb savakban igen. AgNO_3 -oldattal fehér $\text{Ag}_4\text{P}_2\text{O}_7$ válik le, ami ammóniaoldatban és híg salétrosavban feloldható. Kevés FeCl_3 -oldat hatására csapadék nem képződik az oldat lúgossága ellenére sem, mert a Fe^{3+} -ionok a pirofoszfátionokkal stabil komplexet képeznek:



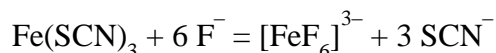
2.2.4. Szulfátok, SO_4^{2-} , HSO_4^-

Sóinak vízben való oldhatósága erősen változó, nem színes kationokkal képzett sói színtelenek. A szulfátok oldatának kémhatása általában semleges, ritkábban savas (pl.: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). A hidrogén-szulfátok vizes oldatának kémhatása többnyire erősen savas. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ -oldattal fehér, porszerű, vízben rendkívül rosszul oldódó BaSO_4 választható le, savak és lúgok nem oldják. AgNO_3 -tal nem túl tömény oldatban változás nem észlelhető. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -oldattal fehér PbSO_4 válik le, ami savakban nem, de NaOH -oldatban feloldható.

2.2.5. Fluoridok, F^-

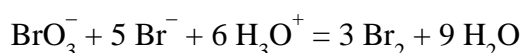
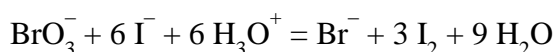
Sóinak többsége színtelen és vízben oldható. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ -tal csak töményebb oldatban képez fehér BaF_2 csapadékot. AgNO_3 -tal csapadékot nem képez. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -tal még nagyobb hígításban is csapadékot ad, ennek ellenére a levált fehér PbF_2 könnyen oldódik reagens salétromsavban (különbség a szulfátionoktól) és NaOH -ban is. CaCl_2 -oldattal vízben nagyon

rosszul oldható CaF_2 választható le. A sötétvörös $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ -oldat erős színe fluoridokkal elhalványítható a képződő stabilabb $[\text{FeF}_6]^{3-}$ képződése miatt:

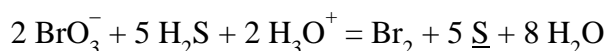


2.2.6. Bromátok, BrO_3^-

Általában színtelen sókat képez, többségük vízben nehezen oldódik. A bromátionokra jellemző az erős oxidáló sajátság, ez a tulajdonságuk kihasználható analitikai szempontból is. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ -oldattal csak töményebb oldatban képez csapadékot, ugyanígy AgNO_3 -tal is. Tömény kénsav hatására az először képződő brómsav bomlása folytán bróm és oxigén is képződik, a bróm ekkor könnyen felismerhető vörösbarna színéről. Savas közegben a jodidionokat jóddá oxidálják, illetve a bromidionokkal színproporcionálódnak:



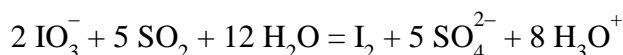
Savas oldatban kevés kén-hidrogén víz hozzáadására bróm keletkezik:



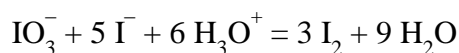
További kén-hidrogén víz hozzáadására a képződött narancssárga oldat újra elszíntelenedik, a bróm bromidionokká redukálódik. A bromátionok savas közegben cinkkel is redukálhatók bromidionokká, a redukció befejeztével az oldat AgNO_3 -tal AgBr -csapadékot ad.

2.2.7. Jodátok, IO_3^-

Általában színtelen sói vízben többnyire rosszul oldódnak. Tömény kénsavval a jodátok látszólag nem változnak, csak erősebb melegítésre képződik belőlük jód és oxigén. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ -oldattal fehér $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$ -csapadékot képez. AgNO_3 -oldattal is fehér jodátcsapadékot képez, a levált só ammóniaoldatban könnyen oldható. Enyhén savas oldata kevés szulfitoldattal jódot képez, ami kloroformba vagy petroléterbe átoldható lila színnel:

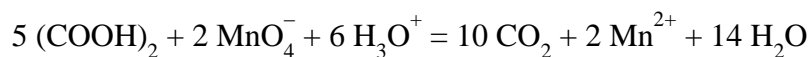


Jodidoldatokkal is savas közegben jódot képez:

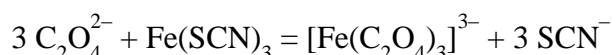


2.2.8. Oxalátok, $C_2O_4^{2-}$, $HC_2O_4^-$

Alkálifém- és ammóniumsóin kívül legtöbb sója vízben rosszul oldódik, általában színtelenek. $Ba(NO_3)_2$ -oldattal fehér, porszerű $BaC_2O_4 \cdot H_2O$ válik le, ami reagens savakban könnyen oldható. $AgNO_3$ -oldattal fehér $Ag_2C_2O_4$ választható le. Savas közegben a permanganátoldatot elszíntelenítik:



Komplekképzés által könnyedén elszínteleníti a sötétvörös $Fe(SCN)_3$ -oldatot:

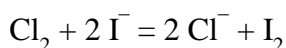
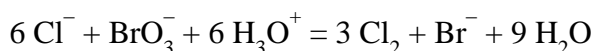


2.3. A III. anionosztály

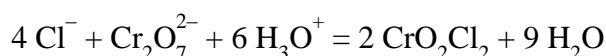
Osztályreakció: $AgNO_3$ -oldattal csapadékot képeznek, de egyébként savanyítás hatására oldataikban észlelhető változás nem történik és $Ba(NO_3)_2$ -oldattal sem adnak csapadékot. A csoport tagjai: Cl^- , Br^- , I^- , CN^- , SCN^- , $H_2PO_2^-$

2.3.1. Kloridok, Cl^-

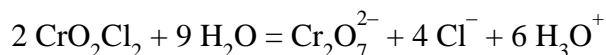
Sóinak többsége színtelen, vízben túlnyomó többségük jól oldható. $AgNO_3$ -oldattal fehér, ammóniaoldatban könnyen oldható $AgCl$ -ot választ le. $Pb(NO_3)_2$ -oldattal is fehér kloridcsapadék képződik. Töményebb savas $KBrO_3$ -oldattal klórgázt fejlesztenek, ami kálium-jodidos keményítőoldattal átitatott szűrőpapírral a gáztérből kimutatható (vagy ha a bromát hozzáadása előtt kémcsőben egy réteg petrolétert öntünk a mintára, akkor a petrolétert a fejlődő klór sárgászöldre színezi):



A kloridok szilárd mintája izzítótégelyben kálium-dikromáttal összekeverve és pár csepp tömény kénsavval megcseppentve óvatos melegítés mellett vörös kromil-kloridot fejleszt:



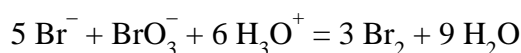
A kromil-kloridot a csésze fölé helyezett, alul kissé megnedvesített óraüveg segítségével kondenzálhatjuk, ahol az a vízben elhidrolizál és sárga oldat keletkezik:



A kapott sárga oldat egy részét kémcsőbe mosva és kevés NaOH-oldatot adva hozzá, az oldat nem színtelenedik el, csupán halványabb citromsárgává válik (különbség a bromidionoktól, ahol a hasonló körülmények között képzett bróm narancssárga színe eltűnik lúgok hatására).

2.3.2. Bromidok, Br^-

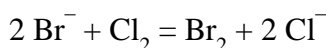
Sóinak nagy része vízben jól oldható, többségük színtelen. AgNO_3 -oldattal sárgásfehér, ammóniaoldatban nehezebben oldható AgBr választható le. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -oldattal fehér PbBr_2 -csapadék képződik. Töményebb savas bromátoldattal bróm képződik, amit az oldatra rétegezett petroléter narancsbarna színe elárul:



A kloridionoknál leírt dikromátos-kénsavas módszert bromidokra alkalmazva bróm fejlődik (nem CrO_2Br_2), ami a kémcsőbe mosás után meglúgosítva elszíntelenedik:

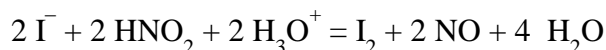


Klóros vízzel a bromidionok brómmá oxidálódnak, petroléterbe való átrázással a képződött Br_2 jellegzetes színe alapján észlelhető:



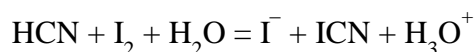
2.3.3. Jodidok, I^-

Sóinak többsége vízben oldható, némelyikük meglehetősen bomlékony vagy oxidációra érzékeny, gyakran erősen színesek (pl.: Hg_2I_2 , HgI_2 , SnI_2 , PbI_2 , BiI_3). AgNO_3 -oldattal sárga AgI -csapadékot képez, ami ammóniaoldatban nem, csak tioszulfát- vagy cianidoldatban oldható fel. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -oldattal citromsárga PbI_2 válik le. $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ -oldattal fekete BiI_3 válik le, ami a jodidionok feleslegével narancssárga $[\text{BiI}_4]^-$ -komplekként feloldódik. FeCl_3 -oldattal jódot képez, amit petroléterbe való átrázással lila színe alapján mutathatunk ki. A jodidionok brómos vagy klóros vízzel is jóddá oxidálódnak. Nitritionok savas közegben szintén jódot szabadítanak fel:

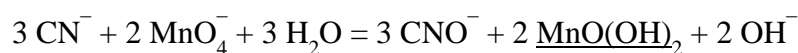


2.3.4. Cianidok, CN^-

Sóinak nagyobb része vízben oldható, de sok nagyon rosszul oldható vegyülete is akad. Leggyakrabban használatos alkálifémsóinak vizes oldata hidrolízis miatt erősen lúgos kémhatású. A cianidok és a hidrogén-cianid nagyon erősen mérgezőek, ezért ismeretlen mintákkal való munka elején szükséges a cianidionok jelenlétének vizsgálata. A cianid-esélyes minta kémhatását enyhén lúgosra beállítva, feleslegben vett FeSO_4 -oldattal a CN^- -ionokat stabil komplexbe vihetjük. A kapott oldatot enyhén (és óvatosan, fülke alatt) megsavanyítjuk, majd FeCl_3 -oldat pár cseppjét adjuk a mintához. Sötétkék színeződés vagy csapadék képződése esetén a minta tartalmazott CN^- -ionokat. A cianidok AgNO_3 -oldattal fehér AgCN -csapadékot képeznek, de a CN^- -ionok feleslegében az AgCN komplex képződése közben feloldódik. Az oldathoz jodidionokat adva sem választható le ekkor AgI , mivel az $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ komplex nagyon stabil. A cianidok a jóddoldatot semleges közegben elszíntelenítik:

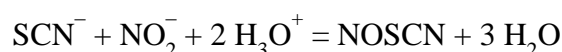


KMnO_4 -oldattal lúgos és savas közegben is reagálnak, előbbi esetben $\text{MnO}(\text{OH})_2$, utóbbi esetben főleg Mn^{2+} , de kevés $\text{MnO}(\text{OH})_2$ is képződik, közben a cianidok cianátokká oxidálódnak:

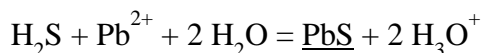


2.3.5. Tiocianátok, SCN^-

Vízben többségében jól oldható sókat képez, ezek nagy része színtelen. AgNO_3 -oldattal fehér AgSCN -csapadékot képez, ami reagens salétromsavban nem, ammóniaoldatban is csak nehezen oldható fel. Tioszulfát- vagy cianidoldatok könnyen oldják. FeCl_3 -oldattal nagyon intenzív vörös színű oldat képződik, az erős színt a disszociálatlan $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ okozza. Az oldat vörös színét oxalátok könnyedén eltűntetik egy stabilabb komplex képződésével. CuSO_4 -oldattal alacsony koncentrációban élénkzöld oldat, nagyobb koncentrációban élénkzöld oldat és fekete $\text{Cu}(\text{SCN})_2$ csapadék képződik. Gyengén savanyú tiocianátoldattal nitritionok mélyvörös színű nitrozil-tiocianátot képeznek:



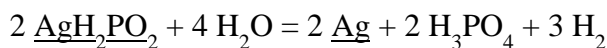
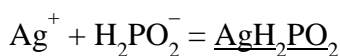
A nitrozil-tiocianát instabil vegyület, állás során vagy melegítésre elbomlik, az oldat elszíntelenedik. Savas oldatban cinkkel kén-hidrogén és hidrogén-cianid fejlődik, előbbi ólom(II)-acetát-oldattal megnedvesített szűrőpapírral kimutatható (szaglással is érzékelhető a H₂S, de a szintén képződő HCN miatt ez kerülendő):



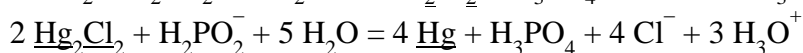
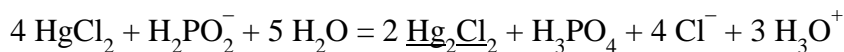
Higany(II)- és kobalt(II)-ionokat is tartalmazó oldatból SCN⁻-ionok feleslegében lassan (1-3 perc) kristályosodó királykék CoHg(SCN)₄ csapadék válik le.

2.3.6. Hipofoszfitek, H₂PO₂⁻

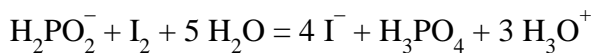
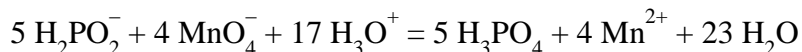
A hipofoszforsavnak nem ismerjük túl sok sóját, leginkább az ion bomlékonysága és erős redukáló tulajdonsága miatt. A leggyakrabban használt sói az alkálifém- és alkáliföldfém-sói, ezek színtelenek, oldatuk semleges kémhatású. AgNO₃-oldattal először fehér hipofoszfít válik le, majd ez lassan fémezüstté és foszforsavvá alakul:



HgCl₂-oldattal fehér kalomelt ad, de melegítésre a redukció továbbmegy és fémhigany is keletkezik:



Savas KMnO₄-oldatot és a jóddoldatot is elszínteleníti:

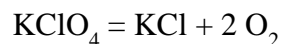


2.4. A IV. anionosztály

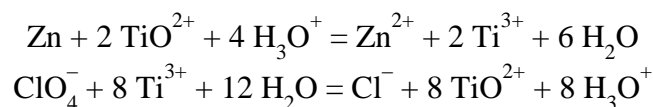
Kifejezett osztályreakcióval nem rendelkező csoport. Savanyítás hatására oldataikban észlelhető változás nem játszódik le és nem adnak csapadékot sem Ba(NO₃)₂-, sem AgNO₃-oldattal. A csoport tagjai: ClO₄⁻, ClO₃⁻, S₂O₈²⁻, NO₃⁻, CH₃COO⁻ és HCOO⁻.

2.4.1. Perklorátok, ClO_4^-

Sóinak többsége színtelen, nagy részük vízben jól oldódik. A perklorátionok annak ellenére, hogy halogén-oxisav sói, nagyon nehezen redukálódnak, csapadékot nem sok ionnal képeznek, ezért kimutatásuk kissé nehézkes. Töményebb KCl-oldatból leválasztható a vízben rosszul oldódó KClO_4 . Tömény ammóniaoldatban oldott CdSO_4 -tal fehér $\text{Cd}(\text{NH}_3)_4(\text{ClO}_4)_2$ csapadék válhat le. Szilárd minta erősebb hevítésekor a perklorátokból oxigén szabadul fel és kloridok maradnak hátra (kivételesen az ammónium-perklorát, ami fehér fényteljes mértékben elég):



A maradék sóból a kloridionok jelenléte AgNO_3 -oldattal kimutatható. Cink és kénsav magában nem képes redukálni a perklorátionokat, kevés titanil-szulfát hozzáadásával véghezvihető a redukció, mivel ekkor a képződő Ti^{3+} -ionok végzik a redukciót:



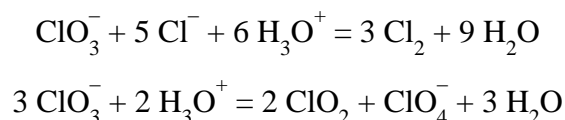
Az oldatból a redukció végeztével a kloridionok kimutatásával lehet a perklorátionok jelenlétére visszakövetkeztetni.

2.4.2. Klorátok, ClO_3^-

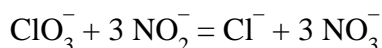
A legtöbb klorát vízben jól oldható, színtelen só. Erős és aktív oxidálószer, ezért a velük való munka általában nem veszélytelen. Ismeretlen minta analízisének elején ajánlott a cianidionok után klorátionok esetleges jelenlétére is megvizsgálni a mintát. Ezt legkönnyebben nagyon kevés mintának tömény kénsavval való reakciója során figyelhetjük meg kémcsőben. A kénsav narancssárgává válik, illetve sárgászöld klór-dioxid fejlődik, ha a minta klorátot is tartalmaz:



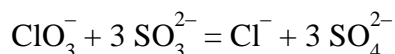
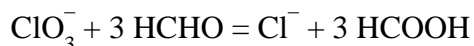
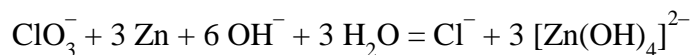
Mivel a fejlődő ClO_2 igen bomlékony, melegíteni a kémcsövet nem ajánlott. Ennek ellenére is a ClO_2 akár mikor felrobbanhat, ezért a próbakémcső száját veszélytelen terület felé érdemes irányítani. Sósavas savanyításra klór és klór-dioxid is képződik:



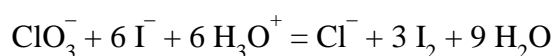
Nitritekkel melegítve kloridionokká redukálható, amiket AgNO_3 -oldattal utána ki lehet mutatni:



NaOH és cink, formaldehid-oldat és szulfitok oldata is redukálja a klorátokat kloridokká:

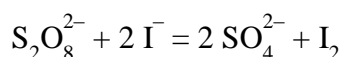


Jodidokkal savas közegben jódot képez:

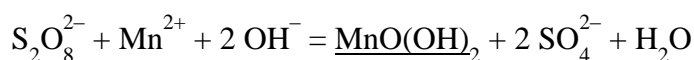


2.4.3. Peroxo-diszulfátok, $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$

Kevés stabil peroxo-diszulfátot ismerünk, ezek nagy része vízben oldható, színtelen só. Az általános gyakorlatban leginkább kálium- és ammóniumsói használatosak. Töményebb oldatban AgNO_3 -tal fekete Ag_2O_2 válhat le. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ -oldattal frissen készült oldata csapadékot nem ad, azonban idővel a bomlásából származó szulfátionokkal csapadékot adhat. Ilyen BaSO_4 -os csapadékot leszűrve, majd a szűrletet megmelegítve ismét zavarosodást, majd csapadékleválást észlelünk, mivel melegítésre a peroxo-diszulfátok bomlása erősen felgyorsul. Enyhén savas oldatban a jodidionokat jóddá oxidálja:



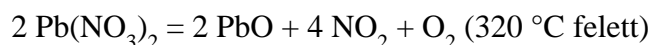
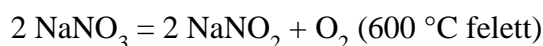
Semleges vagy lúgos Mn^{2+} -oldatból sötétbarna $\text{MnO}(\text{OH})_2$ -ot választ le:



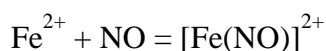
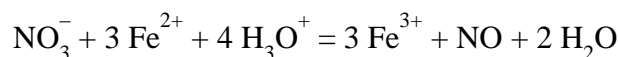
Savas KMnO_4 - és TiOSO_4 -oldatokkal nem reagál, ellentétben az egyszerű peroxidokkal.

2.4.4. Nitrátok, NO_3^-

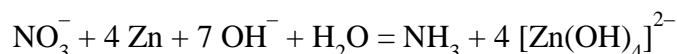
Vízben minden ismert egyszerű, ionos nitrát jól oldódik, többségük színtelen. Mivel csapadékokat szerves anyagokkal egyszerű körülmények között nem képez, ezért kimutatásához redoxireakcióit szükséges használni. A nitrátok szilárd mintáinak hevítése során azok elbomlanak, kationtól függően nitritek vagy oxidok, ritkábban fémek képződnek:



A nitritionoknál ismertetett módon (ld. 38. oldal) elvégezve a kénsavas- FeSO_4 -os próbát a nitrátok esetében is tapasztalhatjuk a barna gyűrű megjelenését az oldatok határán:



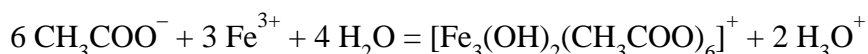
A jodidionokat (a nitritekkel ellentétben) csak tömény savas közegben oxidálja. Lúgos közegben cinkkel a nitrátok ammóniává redukálhatók:



A keletkezett ammóniát a gáztérben pH-papírral kényelmesen ki lehet mutatni.

2.4.5. Acetátok, CH_3COO^-

Az acetátok szinte kivétel nélkül vízben jól oldódnak, többségük színtelen. Töményebb minta erősebb savanyításra a felszabaduló sav miatt erősen ecetszagú lesz, különösen az oldatot melegítve lehet könnyen érzékelni az ecetsavat. Vas(III)-sók oldatát acetátok vörösre színezik:

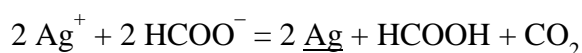


Savas KMnO_4 -oldatot az acetátok ne színtelenítik el. Szilárd Nagyon érzékeny a lantán-nitrát-teszt: az acetátot tartalmazó mintához egyenlő térfogatú $\text{La(NO}_3)_3$ -oldatot, majd jóddoldatot, végül pár csepp híg ammóniát adunk. Az oldatot ekkor forrásig melegítjük, acetátok jelenlétében kék szín keletkezik. A reakciót szulfátionok és foszfátok zavarják, ezeknek távollétéről meg kell előzetesen győződni. Kevés szilárd mintát még kevesebb vízmentes Na_2CO_3 -tal és morzsányi As_2O_3 -dal összekeverve, hevítés során undorító szagú (és mérgező!) kakodil-oxid képződik:

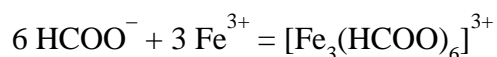


2.4.6. Formiátok, HCOO^-

A hangyasav sói az acetátokhoz hasonlóan nagyrészt színtelenek, vízben jól oldódnak. Savanyítás hatására az ecetsavhoz hasonló, annál kissé szúrósabb szagú hangyasav szabadul fel, különösen melegítve könnyű érzékelni a hangyasav jelenlétét. AgNO_3 -oldattal melegítve fémezüst keletkezik:



Vas(III)-sók oldata formiátok hatására - az acetátokhoz hasonlóan - vörösre színeződik:



Savas oldata a brómos vizet és a KMnO_4 -oldatot elszínteleníti, a higany(II)-klorid oldatot redukálja:

