

2. Minőségi kémiai analízis

2.1. Kationok és anionok kimutatása kémcsőreakciókkal

2.1.1. Kationok kimutatása

Vizsgálatainkat vizes oldatokban, kémcsőreakciókkal végezzük. A minőségi analízist először a kationokra alkalmazzuk, mert az oldatban található kationok ismeretében az anionok már könnyebben meghatározhatók. Az ismeretlen összetételű oldatunkat először a kationok egy nagyobb csoportjára jellemző kémszerrel, osztályreagenssel vizsgáljuk.

A leggyakrabban előforduló kationokat szulfidjaik és karbonátjaik eltérő oldhatósága alapján öt osztályba soroljuk. Osztályreagens: kén-hidrogén, (sósav), ammónium-szulfid és ammónium-karbonát.

1. táblázat

A leggyakrabban előforduló kationok osztályozása

I. osztály	II. osztály	III. osztály	IV. osztály	V. osztály
H ₂ S-csoport		(NH ₄) ₂ S-csoport	Alkáli földfémek csoportja	Mg és alkáli fémek csoportja
a/ HCl-csoport Ag ⁺ Pb ²⁺ Hg ₂ ²⁺	As-csoport As ³⁺ As ⁵⁺ Sb ³⁺ Sb ⁵⁺ Sn ²⁺ Sn ⁴⁺	Co ²⁺ Ni ²⁺ Fe ²⁺ Fe ³⁺ Cr ³⁺ Al ³⁺ Zn ²⁺ Mn ²⁺	Ca ²⁺ Sr ²⁺ Ba ²⁺	Mg ²⁺ Na ⁺ K ⁺ (NH ₄) ⁺ Li ⁺ H ⁺
b/ Cu-csoport Hg ²⁺ Cu ²⁺ Bi ³⁺ Cd ²⁺				

Kationok 1. osztálya: savas közegből H_2S hatására szulfid csapadék válik le, mely $(\text{NH}_4)\text{S}$ -ben nem oldódik. Az osztály kationjait sósavoldattal történő reakciójuk alapján két alcsoportba soroljuk.

1.a. osztály: a kationok egy része (Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+}) Cl^- ionokkal csapadékot ad (sósav-csoport).

1.b. osztály: a kationok másik része (Hg^{2+} , Cu^{2+} , Bi^{3+} , Cd^{2+}) Cl^- ionokkal nem ad csapadékot (réz-csoport).

Kationok 2. osztálya: savas közegből H_2S hatására szintén szulfid csapadék válik le, mely $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -ben oldódik. (As^{3+} , As^{5+} , Sb^{3+} , Sb^{5+} , Sn^{2+} , Sn^{4+} .)

Kationok 3. osztálya: közegben H_2S hatására csapadék nem válik le. Semleges, vagy gyengén lúgos oldatban $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ hatására csapadék keletkezik. (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} , Al^{3+}).

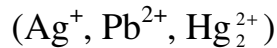
Kationok 4. osztálya: savas közegben H_2S hatására csapadék nem válik le, de semleges vagy gyengén lúgos oldatukban NH_4Cl jelenlétében $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -tal csapadék keletkezik. (Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+})

Kationok 5. osztálya: sem H_2S , sem $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, sem $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ hatására csapadék nem keletkezik. Ennek az osztálynak kationjai csak különleges kémszerekkel jellemezhetők. (Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Li^+ , H^+)

2.1.1.1. Kationok 1. osztálya (Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+} , Hg^{2+} , Cu^{2+} , Bi^{3+} , Cd^{2+})

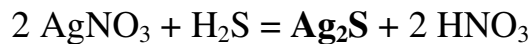
Osztályreakció: savanyú oldatból H_2S hatására csapadék válik le, mely $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -ben nem oldódik. A leváló szulfid csapadék fekete-sötétbarna, a CdS citromsárga.

Kationok 1. a osztálya



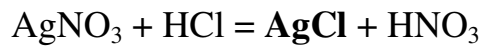
Ag⁺-ionok reakciói:

H₂S hatására fekete **Ag₂S** csapadék válik le:

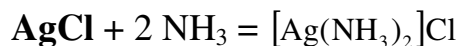


(NH₄)₂S hatására az **Ag₂S** csapadék nem oldódik.

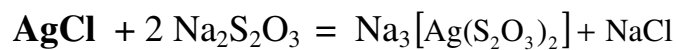
HCl-dal vagy Cl⁻-ionokat tartalmazó reagenssel **AgCl**, fehér csapadék keletkezik:



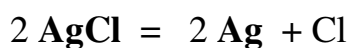
Az **AgCl** NH₃ – oldatban oldódik:



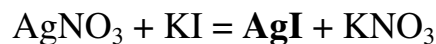
Az **AgCl** Na₂S₂O₃-oldatban is oldódik:



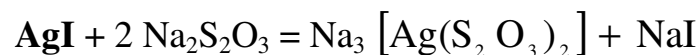
Az **AgCl** fény hatására rövid időn belül megszürkül, megfeketedik:



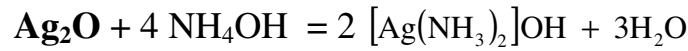
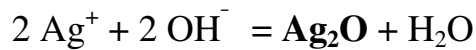
KI vagy I⁻- ionokat tartalmazó reagens hatására sárga színű csapadék keletkezik:



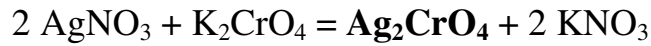
Az **AgI** Na₂S₂O₃ -ban (hasonlóan az **AgCl**-hoz) jól oldódik:



NH₃ híg vizes oldata fekete **Ag₂O**-t választ le, mely a kémszer feleslegében jól oldódik:

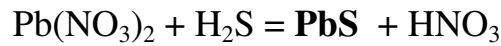


K_2CrO_4 hatására vörösbarna Ag_2CrO_4 csapadék keletkezik:

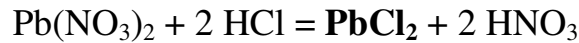


Pb²⁺ - ionok reakciói:

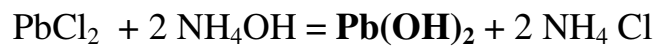
H_2S hatására fekete **PbS** csapadék válik le:



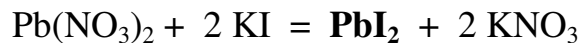
HCl hatására fehér **PbCl₂** csapadék keletkezik, mely forró vízben jól oldódik. Különbség az Ag^+ és Hg_2^{2+} ionoktól:



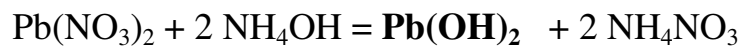
NH_3 -oldatban a **PbCl₂** szemmel nem észlelhető változáson megy át. Különbség az Ag^+ és Hg_2^{2+} ionoktól. A csapadék felületén fehér **Pb(OH)₂** védőréteg képződik:



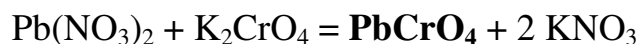
KI hatására sárga **PbI₂** csapadék keletkezik. A kémszer feleslegében csak kismértékű oldódás következik be:



NH_4OH hatására fehér **Pb(OH)₂** csapadék keletkezik, mely a kémszer feleslegében nem oldódik:

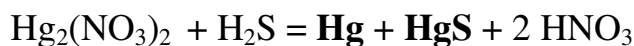


K_2CrO_4 hatására semleges oldatból sárga színű **PbCrO₄** csapadék válik le:

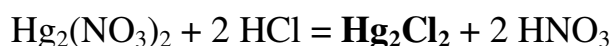


Hg²⁺ -ion reakciói

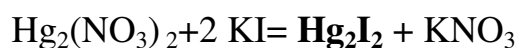
H₂S fekete (**Hg + HgS**) csapadékot választ le:



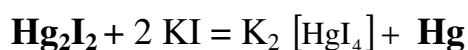
HCl hatására fehér **Hg₂Cl₂** (kalomel) csapadék keletkezik:



KJ hatására vörösbarna színű **Hg₂I₂** csapadék válik le:



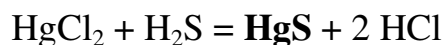
A keletkezett **Hg₂I₂** csapadék könnyen diszproporcionálódik HgI₂-ra és Hg-ra. A **Hg₂I₂** a KI feleslegében kálium-[tetrajodo-merkurá(II)] komplex alakban oldódik. A **Hg** szürkés színét láthatjuk:



Kationok 1. b. osztálya (Hg²⁺, Cu²⁺, Bi³⁺, Cd²⁺)

Hg²⁺ - ionok reakciói

H₂S savas közegből fekete **HgS**-ot választ le:

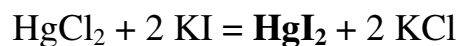


(NH₄)₂S hatására a csapadék nem oldódik.

NH₄OH fehér, higany(II)-amidokloridot választ le:



KI vörös színű **HgI₂**-t választ le:



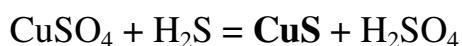
A **HgI₂** a kémszer feleslegében színtelen komplex sóvá oldódik:



A keletkezett kálium-tetraajodo-merkurát lúgos oldatban a Nessler reagens, mely az NH_4^+ -ionok kimutatására szolgál.

Cu²⁺-ionok

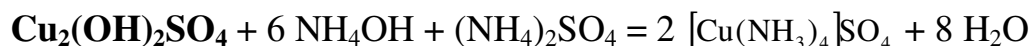
H₂S savanyú közegből barnás fekete **CuS**-t választ le:



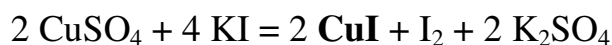
NH₄OH-tól a világoskék bázisos réz-szulfát válik le:



A kémszer feleslegében a csapadék intenzív kék színnel oldódik.



KI hatására fehér **CuI** válik le, azonban az egyidejűleg keletkező jód színe elfedi a fehér színt:



Ha az oldatból forralással vagy Na₂S₂O₃-tal eltávolítjuk a I₂-t, előtűnik a **CuI** fehér színe.

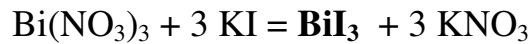
Bi³⁺-ionok reakciói

H₂S fekete **Bi₂S₃** csapadékot választ le:

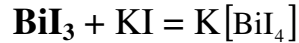


(NH₄)₂S a csapadékot nem oldja.

KI hatására fekete **BiI₃** csapadék válik le:

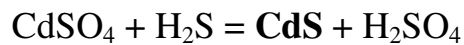


A kémszer feleslegében a BiI_3 narancsszínű komplexként oldódik:



Cd^{2+} - ionok reakciói

H_2S hatására az I. osztály többi ionjaitól eltérően sárga színű **CdS** keletkezik.



NH_4OH hatására fehér **$\text{Cd}(\text{OH})_2$** csapadék válik le:



A kémszer feleslegében a csapadék színtelen komplex vegyületté oldódik:



2.1.1.2. Kationok 2. osztálya (As^{3+} , As^{5+} , Sb^{3+} , Sb^{5+} , Sn^{2+} , Sn^{4+})

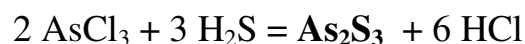
Osztályreakció: savanyú oldatból H_2S hatására csapadék válik le, mely $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -ban (az SnS csak $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ -ben) oldódik.

As^{3+} -ionok reakciói:

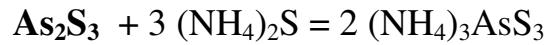
A három vegyértékű arzén As^{3+} kationt vagy AsO_3^{3-} aniont alkot az oldat pH-jától függően:



H_2S hatására HCl -dal megsavanyított oldatból tojássárga **As_2S_3** csapadék válik le:

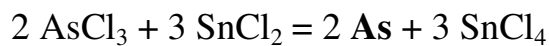


(NH₄)₂S-ban a csapadék (enyhe melegítés hatására) oldódik ammónium-tioarzenit képződése közben:



Híg HCl-oldatban az **As₂S₃** még forralással sem oldódik. Különbség az antimon- és ónionoktól.

Bettendorf próba: SnCl₂ tömény sósavas oldata az As³⁺-ionokat (az As⁵⁺-ionokat is) elemi arzéná redukálja:

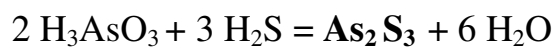
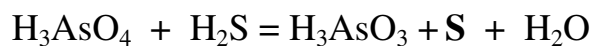


As⁵⁺-ionok reakciói

Az öt vegyértékű arzén As⁵⁺ kationt és AsO₄³⁻ aniont alkot az oldat pH-jától függően:

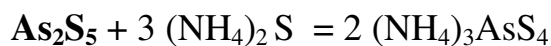
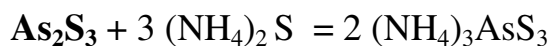


H₂S hatására gyengén megsavanyított oldatból hidegen nem válik le csapadék. Ha forralás közben kén-hidrogén gázt vezetünk az oldatba, lassan sárga csapadék alakjában **As₂S₃ + S** elegye keletkezik:



Erősen savanyú, lehűtött oldatból gyors H₂S-árammal sárga színű **As₂S₅** válik le.

(NH₄)₂S-ban mind az **As₂S₃**, mind az **As₂S₅** csapadék oldódik ammónium-tioarzenit és ammónium-tioarzenát képződése közben:



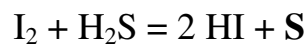
Híg HCl-oldatban az As_2S_5 és As_2S_3 még forralással sem oldódik.

Különbség az antimon- és ónionoktól.

KI+cc.HCl hatására I_2 válik ki, mely az oldatot barnára színezi.

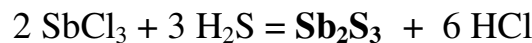
(Különbség az As^{3+} -ionoktól).

A H_2S az As^{5+} ionokat As^{3+} ionokra redukálja, mely reakciót savas közegben a jodid-ionok katalizálják az alábbiak szerint:

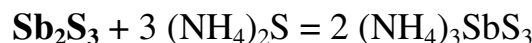


Sb^{3+} -ionok reakciói:

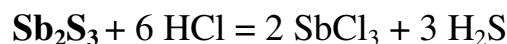
H_2S hatására savanyú közegből narancsszínű Sb_2S_3 válik le:



$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -ban a frissen leválasztott és dekantálva mosott csapadék oldódik ammóniumtioantimonit képződése közben:



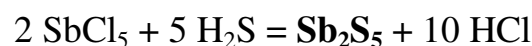
Híg HCl-oldatban az Sb_2S_3 csapadék oldódik:



Különbség az arzén-ionoktól.

Sb^{5+} -ionok reakciói:

H_2S hatására enyhén savas közegből narancsvörös Sb_2S_5 csapadék válik le:

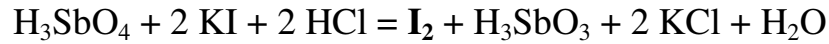


cc. HCl-oldatban az Sb_2S_5 csapadék oldódik:



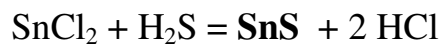
Különbség az arzén-ionoktól.

KI-hatására erősen savanyú közegből barna színű I_2 válik ki:

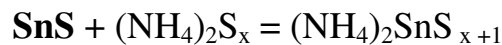


Sn^{2+} -ionok reakciói:

H_2S hatására gyengén savanyú oldatból barna színű **SnS** csapadék válik ki:



$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -ban az **SnS** nem oldódik, de oldódik az oxidáló hatású $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ ban (ammónium-poliszulfid).

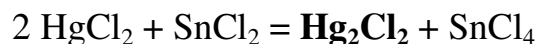


Jellemző reakció az Sn^{2+} vegyületekre.

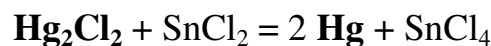
Híg HCl -ban az **SnS** csapadék oldódik. Különbség az arzén szulfidjaitól.

HgCl_2 hatására fehér **Hg_2Cl_2** -ből álló csapadék válik le:

Különbség a sztanno- és sztanni-vegyületek között:



A csapadék ón(II)-só fölöslegében Hg kiválás közben megszürkül (melegítéssel gyorsítható):

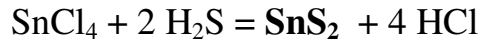


Jellemző reakció. Ez az úgynevezett „fordított” Bettendorf reakció.

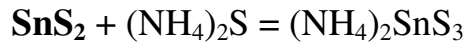
Különbség az ón(II)- és ón(IV)-vegyületek között.

Sn^{4+} -ionok reakciói:

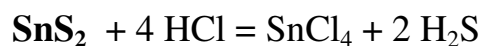
H₂S hatására a gyengén savanyú oldatból sárga színű **SnS₂** csapadék válik le:



(NH₄)₂S az **SnS₂** csapadékot tiosztannát-képződés közben oldja:



Híg HCl-ban az **SnS₂** csapadék oldódik. Különbség az arzén és antimon szulfidjaitól:



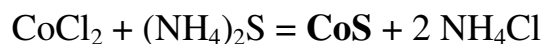
HgCl₂-dal változás nem észlelhető. Különbség az Sn²⁺-ionoktól.

2.1.1.3. Kationok 3. osztálya (Co²⁺, Ni²⁺, Fe²⁺, Fe³⁺, Cr³⁺, Al³⁺, Zn²⁺, Mn²⁺)

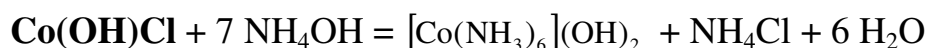
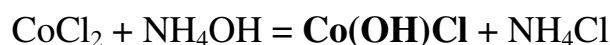
Osztályreakció: a 3. osztály kationjai savanyú oldatból H₂S-nel nem választhatók le: semleges vagy gyengén lúgos oldatban az (NH₄)₂S csapadékot választ le.

Co²⁺ - ionok reakciói:

(NH₄)₂S semleges vagy gyengén lúgos oldatból fekete **CoS** csapadékot választ le:

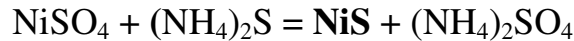


NH₄OH kék színű bázisos kobalt-kloridot választ le, mely a kémszer feleslegében piszkosságra színnel oldódik, [hexaamin-kobalt(II)]-komplexion keletkezése közben:

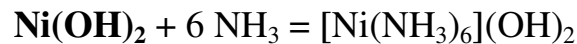
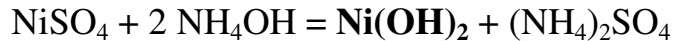


Ni²⁺ -ion reakciói:

$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ hatására fekete **NiS** csapadék válik le:

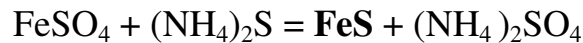


NH_4OH hatására kevés $\text{Ni}(\text{OH})_2$ válik ki zöld csapadék alakjában, mely a kémszer feleslegében [hexaamin-nikkel(II)]-komplexion képződése közben intenzív kék színnel oldódik.

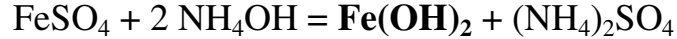


Fe²⁺-ion reakciói:

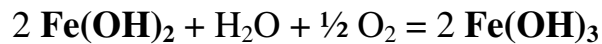
$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ semleges oldatból fekete **FeS** csapadékot választ le:



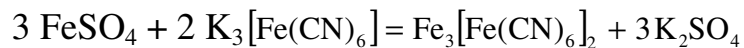
NH_4OH hatására „piszkoszöld” színű csapadék keletkezik:



A csapadék rövid állás után megbarnul:



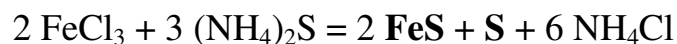
$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ kék (Turnbull-kék) $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ vas/II/-[hexaciano-ferrát] csapadékot választ le:



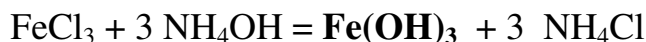
Jellemző és érzékeny reakció. Kevés Fe^{2+} sok Fe^{3+} mellett kimutatható.

Fe³⁺-ionok reakciói:

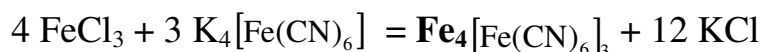
$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ semleges, vagy gyengén lúgos közegben fekete csapadék alakjában **FeS + S** keveréket választ le:



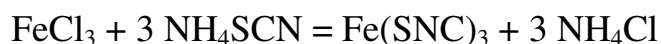
NH_4OH hatására vörösbarna, kocsonyás állományú $\text{Fe}(\text{OH})_3$ válik le, mely a kémszer feleslegében nem oldódik:



$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ kék színű (Berlini-kék) $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$, vas(III)-[hexaciano-ferrát] -csapadékot választ le:



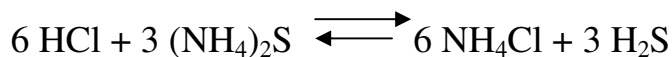
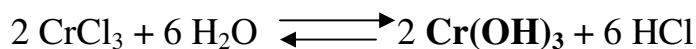
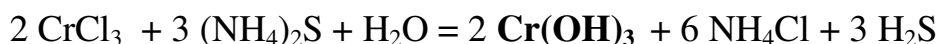
NH_4SCN gyengén savanyú oldatban vérvörös színeződést eredményez:



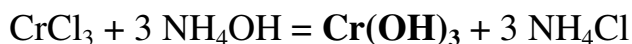
E jellemző reakciót a Fe^{2+} -ionok nem adják.

Cr^{3+} -ionok reakciói:

$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ hatására zöld színű, kocsonyás csapadék, $\text{Cr}(\text{OH})_3$ válik le. A vizes oldatban a hidrolízis során keletkező savat ugyanis a lúgos kémhatású $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ megköti és így a folyamat a felső nyíl irányába tolódik el:



NH_4OH hatására zöld színű $\text{Cr}(\text{OH})_3$ csapadék válik le:

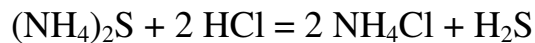
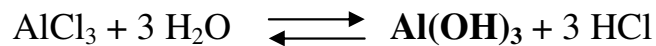


NH_4OH fölöslege ammóniumok jelenlétében csapadékot zöld színnel oldja:

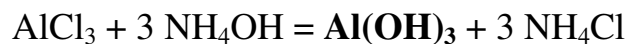


Al³⁺-ionok reakciói:

(NH₄)₂S hatására fehér, kocsonyás **Al(OH)₃** válik le. A gyengén lúgos kémhatású kémszer az alumínium-hidrolízise folytán keletkező erős savat megköti, ezért a hidrolízis teljessé válik.

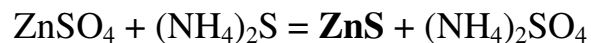


NH₄OH fehér **Al(OH)₃** csapadékot választ le, mely a kémszer feleslegében nem oldódik:



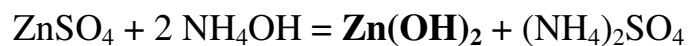
Zn²⁺-ionok reakciói:

(NH₄)₂S semleges vagy gyengén lúgos közegből fehér, kolloidális eloszlású **ZnS** csapadékot választ le:

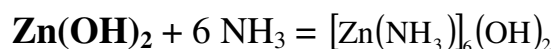


(Ez az egyetlen fehér színű fém-szulfid).

NH₄OH fehér **Zn(OH)₂** csapadékot választ le:

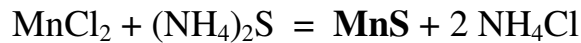


A kémszer feleslegében a csapadék [hexaammin-cink(II)]-hidroxid képződése mellett színtelenül oldódik:

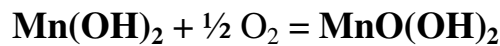
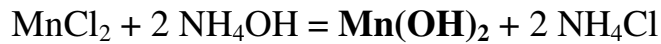


Mn²⁺-ionok reakciói:

$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ hatására hússzínű, pelyhes csapadék válik le:



NH_4OH hatására piszkosfehér $\text{Mn}(\text{OH})_2$ csapadék válik le, amely a levegőn barna színű $\text{MnO}(\text{OH})_2$ -dá oxidálódik:

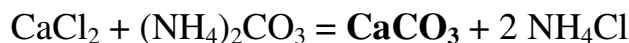


2.1.1.4. Kationok 4. osztálya (Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+})

Osztályreakció: a 4. osztály kationjainak oldatában sem H_2S , sem $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ nem okoz csapadékot. Semleges vagy gyengén lúgos oldatban $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ fehér csapadékot ad.

Ca^{2+} -ionok reakciói:

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ hatására semleges vagy NH_4OH -dal gyengén meglúgosított oldatból fehér CaCO_3 csapadék válik le:

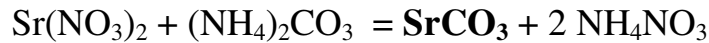


CaSO_4 (gipszes víz) telített oldata kalciumsók oldatából nem választ le csapadékot. Különbség a Sr^{2+} és Ba^{2+} ionoktól.

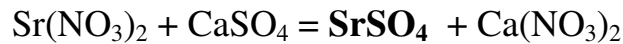
Lángfestési próba: a kalcium vegyületei a lángot téglavörösre festik. Jellemző a spektrum 622 nm-es vörös és az 554 nm-es zöld vonala.

Sr^{2+} -ionok reakciói:

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ semleges vagy gyengén lúgos oldatból fehér SrCO_3 csapadékot választ le:



CaSO_4 telített oldata hidegen lassan, forralás után néhány perc múlva fehér SrSO_4 csapadékot választ le:

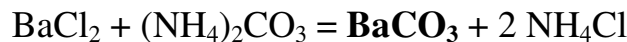


Különbség a Ca^{2+} és Ba^{2+} ionoktól.

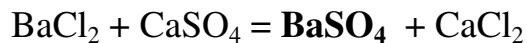
Lángfestési próba: a stroncium illékony vegyületei a nem világító lángot kárminvörösre festik. Legjellemzőbb a 605 nm hullámhosszúságú narancsszínű vonala.

Ba²⁺-ionok reakciói:

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ semleges vagy gyengén lúgos oldatból fehér BaCO_3 csapadékot választ le:



CaSO_4 telített oldata a BaSO_4 fehér csapadékot azonnal leválasztja:



Különbség a Sr^{2+} és Ca^{2+} ionoktól.

Lángfestési próba: a bárium illékony vegyületei a nem világító lángot faközöldre festik. Jellemző a spektrum 524 nm-es és 514 nm-es hullámhosszúságú zöld vonala.

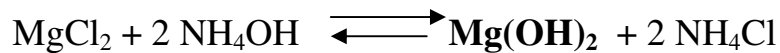
2.1.1.5. Kationok 5. osztálya (Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Li^+ , H^+)

Osztályreakció: az 5. osztály kationjai sem H_2S -nel, sem $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -dal, sem $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -tel nem adnak csapadékot. Az ide tartozó ionoknak tehát

általános kémszerük nincs. Azonosításuk egyedi reakciókkal, lángfestési próbával vagy más analitikai módszerrel történhet.

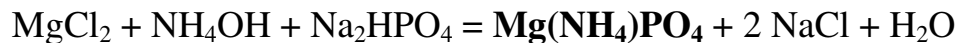
Mg²⁺-ionok reakciói:

NH₄OH hatására semleges közegből fehér **Mg(OH)₂** csapadék válik le:



NH₄Cl-ban a csapadék oldódik.

Na₂HPO₄ ammóniumsó tartalmú és NH₄OH-dal meglúgosított oldatból fehér kristályos **Mg(NH₄)PO₄** csapadékot választ le:

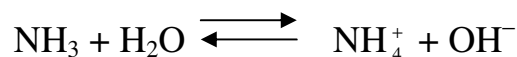


NH₄⁺-ionok reakciói:

Nessler reagens (K₂[HgI₄]lúgos oldata) sárgásbarna csapadékot választ le ammóniumsók oldatából:



E Nessler által kidolgozott módszer mind a mai napig használatos különféle eredetű vizek ammónia-tartalmának, ammónium-ion tartalmának kimutatására:



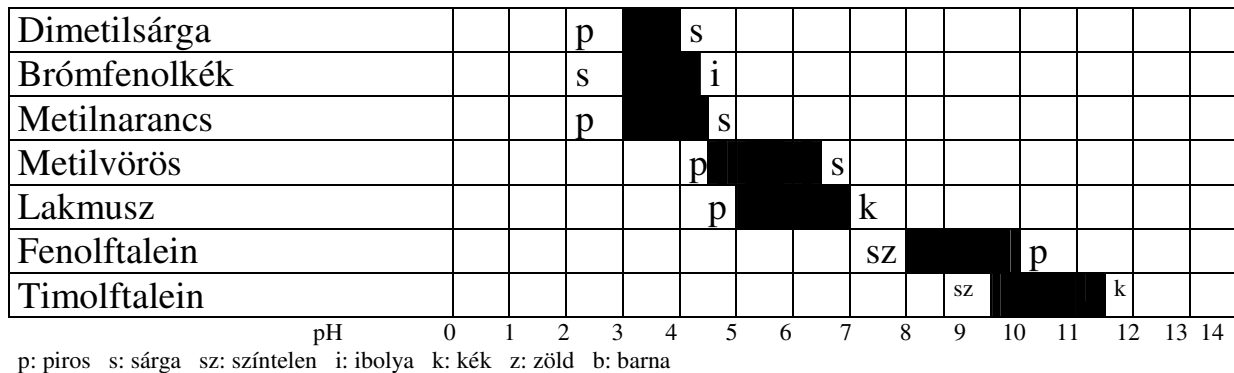
H⁺-ionok reakciói:

Sav-bázis indikátorok alkalmazásával következtethetünk a vizes oldatban jelenlévő H⁺-ionok mennyiségére. A tiszta víz is tartalmaz H⁺-ionokat ([H⁺] = 10⁻⁷ mol/dm³, 25 °C-on). Általában csak akkor beszélünk

hidrogén-ionok jelenlétéről, ha az oldat H^+ -ion koncentrációja meghaladja a víz H^+ -ion koncentrációját.

2. táblázat
Néhány sav-bázis indikátor színváltozása

Indikátor	Savas közegben	Lúgos közegben	Színátcsapási tartomány
Dimetilsárga	piros	sárga	2,9 – 4,0
Brómfenolkék	sárga	ibolya	3,0 – 4,6
Metilnarancs	piros	sárga	3,1 – 4,4
Metilvörös	piros	sárga	4,4 – 6,3
Lakmusz	piros	kék	6,0 – 8,0
Fenolftalein	színtelen	piros	8,2 – 10,0
Timolftalein	színtelen	kék	9,3 – 10,5



1. ábra
Néhány sav-bázis indikátor színátcsapási tartománya grafikusán

Li^+ -ionok, Na^+ -ionok és K^+ -ionok kimutatása

Ezen ionok kimutatása lángfestési próbákkal és spektroszkópiai vizsgálatokkal elvégezhető:

3. táblázat

A Li⁺-, Na⁺- és K⁺-ionok kimutatása

A vizsgált ion	Lángfestés	λ [nm]
Li ⁺	élénkvörös	vörös 671 vörössárga 610
Na ⁺	sárga	sárga 590 (D vonal) dublett
K ⁺	fakóibolya	vörös 770, 767 ibolya 404,5