

## A kationok és az anionok csoportosítása

A kationok és anionok jellemző reakcióinak tanulmányozása és megismerése lehetőséget nyújt arra, hogy kémiai tudásunk alapján egyszerű kémiai reakciók felhasználásával azonosítsunk ismeretlen szerves anyagot. Az úgynevezett klasszikus szerves kémiai analízis során az anyagban lévő elemek azonosításával foglalkozunk oly módon, hogy leggyakrabban vizes oldatot készítünk az anyagból, majd kémiai reakciók és fizikai tulajdonságok alapján meghatározzuk, hogy milyen kationok és anionok találhatóak az oldatban.

Ha az anyag csupán csak egyetlen kationt és aniont tartalmaz, ezek azonosítása egyszerű feladat, két kation vagy anion megkülönböztetése, melyeknek hasonló kémiai tulajdonságuk van, már nem könnyű, és ez esetben a szokásosnál több kémiai kísérletet kell elvégezni, hogy az ionokat egyértelműen azonosítsuk. Ha az anyag több kationt és aniont tartalmaz, a helyzet jóval bonyolultabb, mivel a különböző ionok zavarhatják egymás kimutatását. Ezt a problémát úgy küszöbölhetjük ki, hogy a zavaró iont eltávolítjuk az oldatból, például csapadék formájában. Egy anyag ionjainak sikeres azonosítása azon alapszik, hogy a különböző ionokat szisztematikusan csapadékként elválasztjuk olyan kisebb ionscsoportokba, ahol az ionok már egymás reakcióit nem zavarják, azaz vannak olyan reakciók, melyekkel már egyértelműen azonosíthatók. Nyilvánvalóan sokkal könnyebb 2-3 ionnal dolgozni, mint tízzel vagy annál többel. A különböző ionok elválasztása általában azon alapszik, hogy hogyan képeznek vízben oldhatatlan csapadékot különböző vegyületekkel. Természetesen sokféle lehetőség kínálkozik arra, hogy a kationokat csapadékos reakcióik alapján kisebb csoportokba soroljuk, és mindig a kémiai probléma dönti el, hogy milyen elválasztási műveleteket alkalmazunk. Az általánosan használható módszerek közül az alábbiakban egyet ismertetünk.

Mindmáig az egyik legjobb és legelterjedtebb kation elválasztási és azonosítási rendszer az úgynevezett Fresenius-rendszer, amelynek többször módosított első változatát R. Fresenius 1841-ben írta le. Ebben a rendszerben a kationokat öt csoportba soroljuk annak megfelelően, hogy hogyan viselkednek néhány kiválasztott reagenssel, úgynevezett csoportreagenssel szemben. A csoportreagensek szisztematikus használatával eldönthetjük, hogy az anyagkeverék tartalmaz-e ionokat az adott kationcsoportból, valamint a csoportreagensek alkalmasak arra is, hogy az adott kationcsoport ionjait csapadék formájában leválasszuk, így a csoport kationjait eltávolítsuk az oldatból. A legfontosabb kationok azonosítására és elválasztására használt csoportreagensek a Fresenius-rendszerben a következők:

sósav, kénhidrogén, ammónium-szulfid és ammónium-karbonát.

A csoportosítás tehát azon alapszik, hogy az adott kation képez-e csapadékot ezekkel a reagensekkel, vagy sem. A Fresenius-rendszer a különböző kloridok, szulfidok és karbonátok vízben való oldhatósága közti különbséget használja fel az elválasztásra.

### A kationok csoportosítása \*

	<i>I. csoport</i>	<i>II. csoport</i>	<i>III. csoport</i>	<i>IV. csoport</i>	<i>V. csoport</i>
csoport-reagens	HCl	H <sub>2</sub> S savas közegben	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S lúgos közegben	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> Cl semleges k.	-----
	Ag <sup>+</sup> Pb <sup>2+</sup> Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	a.) Hg <sup>2+</sup> Cu <sup>2+</sup> Cd <sup>2+</sup> Bi <sup>3+</sup> ----- b.) As <sup>3+</sup> As <sup>5+</sup> Sb <sup>3+</sup> Sn <sup>2+</sup> Sn <sup>4+</sup>	Al <sup>3+</sup> Zn <sup>2+</sup> Cr <sup>3+</sup> Mn <sup>2+</sup> Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup> Co <sup>2+</sup> Ni <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> Sr <sup>2+</sup> Ba <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>

\* A jegyzetben ismertetett ritkábban előforduló kationokat, melyeket az elemzési feladatok során nem tárgyalunk, ugyancsak besorolhatjuk ebbe a rendszerbe: pl. Ti<sup>4+</sup> → III. csoport; Li<sup>+</sup> → V. csoport.

A **kationok öt csoportja** és a csoportok fő jellemzői az alábbiakban foglalhatók össze:

**I. csoport** Az ebbe a csoportba tartozó kationok csapadékot képeznek híg sósavval. A csoportba tartozó kationok: **ólom(II), higany(I) és ezüst(I)**.

**II. csoport** A csoport kationjai nem reagálnak sósavval, de csapadékot képeznek kénhidrogénnel híg ásványi savas közegben.

A csoportba tartozó kationokat két alcsoportba osztjuk aszerint, hogy szulfidjuk oldódik-e ammónium-poliszulfidban, vagy sem.

A **II.a csoportba** tartozó kationok szulfidjai nem oldódnak ammónium-poliszulfidban. Az ebbe az alcsoportba tartozó kationok: **higany(II), réz(II), bizmut(III), kadmium(II)**.

A **II.b csoportba** tartozó kationok szulfidjai oldódnak ammónium-poliszulfidban. Az ebbe az alcsoportba tartozó kationok: **ón(II), ón(IV), arzén(III), arzén(V) és antimon(III)**.

**III. csoport** A csoportba tartozó kationok nem reagálnak híg sósavval, vagy kénhidrogénnel híg ásványi savas közegben, de csapadékot adnak ammónium-szulfiddal semleges, vagy gyengén ammóniás közegben. A csoportba tartozó kationok: **vas(II), vas(III), kobalt(II), nikkel(II), mangán(II), króm(III), alumínium(III) és cink(II)**.

**IV. csoport** A csoportba tartozó kationok nem reagálnak az első három csoport csoportreagensével, de semleges közegben ammónium-klorid jelenlétében csapadékot adnak ammónium-karbonáttal. Az ebbe a csoportba tartozó kationok: **kalcium(II), stroncium(II) és bárium(II)**.

**V. csoport** Azok a fontosabb kationok, melyek nem tartoznak az előző csoportokba alkotják a kationok utolsó, ötödik csoportját. A csoportnak csoportreagensé nincsen. Ebbe a csoportba tartoznak: **magnézium(II)-, nátrium(I)-, kálium(I)- és ammónium(I)-ion**.

Az **anionok azonosítására** szolgáló módszerek közel sem olyan jók és szisztematikusak, mint a kationok esetén a Fresenius-rendszer. Mindaddig még nem találtak olyan általános azonosítási szisztémát, melyben az anionok elválaszthatók lennének egymástól, hasonlóan a kationokhoz, csoportreagensük segítségével. A kémiai problémától, illetve a jelenlévő anionoktól függően, azonban lehetőség van a legtöbb esetben arra, hogy az anionokat néhány lépésben elválasszuk és azonosítsuk.

Az anionok vizsgálatánál előnyös, illetve szükséges, hogy valamennyi nehézfémeltávolítsuk az oldatból, például oly módon, hogy a fémeket nátrium-karbonáttal karbonát formájában kicsapjuk. Ily módon az anionok az oldatban maradnak nátriumsó formájában és kimutatásukat a nehézfémionok nem zavarják.

A szódaoldat készítése a következő: az oldatot tömény nátrium-karbonát oldattal gyengén meglúgosítjuk, majd kb. öt percig enyhén forraljuk. A képződött csapadékot leszűrjük. A szódás oldat természetesen  $\text{CO}_3^{2-}$  ionok kimutatására nem alkalmas, azokat az eredeti oldatból kell azonosítani. A szódafőzetet anionokra való vizsgálat előtt pontosan kell közömbösíteni, vagy esetleg gyengén megsavanyítani és utána a széndioxidot kiforralni.

Az alábbiakban vázolunk egy anion azonosítási rendszert, mely igen jól használható a gyakorlatban annak ellenére, hogy az anionok egy részét (lásd I. csoport) nem lehet csapadékként leválasztani. Ebben a rendszerben az anionokat négy csoportba soroljuk annak alapján, hogy hogyan reagálnak sósavval és milyen a bárium- és ezüstsóik vízoldhatósága.

A **négy anionscsoport** és ezek jellemzői a következők:

**I. csoport** Híg sósavval látható változás, gázfejlődés és/vagy csapadék képződés történik. A csoportba tartozó ionok: **karbonát, szilikát, szulfid, szulfid és tioszulfát**.

**II. csoport** A csoportba tartozó anionok nem reagálnak sósavval, de csapadékot képeznek semleges közegben bárium-ionokkal. A csoportba tartozó anionok: **szulfát, foszfát, fluorid és borát**.

**III. csoport** A csoportba tartozó anionok nem reagálnak sósavval és báriumionokkal sem képeznek csapadékot semleges közegben, de csapadékot adnak ezüstionokkal híg salétromsavas közegben. A csoportba tartozó anionok: **klorid, bromid, jodid és tiocianát**.

**IV. csoport** Azok az anionok, melyek nem tartoznak az előző három csoportba alkotják az anionok negyedik csoportját. Az ide tartozó anionok: **nitrit, nitrát és klorát**.

### Az anionok csoportosítása

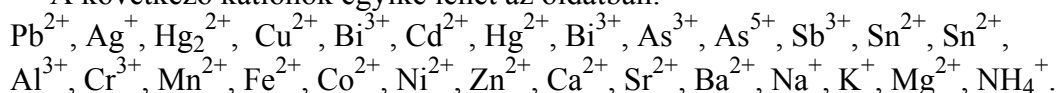
	I. csoport	II. csoport	III. csoport	IV. csoport	
	<b>reagál HCl-el</b> gázfejlődés, vagy csapadékképződés	<b>Ba<sup>2+</sup></b>  pH=7	<b>AgNO<sub>3</sub></b>  + HNO <sub>3</sub>	-----	
	csapadék Ag <sup>+</sup> ionokkal	csapadék Ba <sup>2+</sup> ionokkal			
nem reagál KI vagy I <sub>2</sub> oldattal	<b>CO<sub>3</sub><sup>2-</sup></b> <b>SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup></b>	<b>CO<sub>3</sub><sup>2-</sup></b> <b>SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup></b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b> <b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b> <b>F<sup>-</sup></b> <b>BO<sub>3</sub><sup>3-</sup></b>	<b>Cl<sup>-</sup></b> <b>Br<sup>-</sup></b> <b>I<sup>-</sup></b> <b>SCN<sup>-</sup></b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>
elszinteleníti az I <sub>2</sub> oldatot	<b>S<sup>2-</sup></b> <b>SO<sub>3</sub><sup>2-</sup></b> <b>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup></b>	<b>SO<sub>3</sub><sup>2-</sup></b> <b>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup></b>			
I <sub>2</sub> -t szabadít fel KI oldatból	<b>(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)</b>			<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>  <b>ClO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	

## Egyetlen kation azonosítása oldatban

Ha csupán egyetlen kation van az oldatban, azonosítása egyszerű, de jó azonosítási rendszer nélkül könnyen hibázhatunk, és túlságosan sok kísérletre van szükségünk ahhoz, hogy az iont azonosítsuk. (Ha minden ionra ismernénk egyértelmű azonosítási reakciót, amit más ion nem ad, szerencsés esetben egy, de kevésbé szerencsés esetben annyi reakciót kellene elvégeznünk, amennyi a lehetséges ionok száma.) Ahhoz, hogy a szükséges tesztek számát csökkentjük, fontos kidolgozni olyan azonosítási rendszert, ami a lehetséges ionok számát úgy csökkenti, hogy lépésenként mindig kisebb csoportra szűkíti le a lehetséges ionok körét. Sok lehetőség van ilyen rendszert kidolgozni, és mindenki tapasztalata és kémiai tudása alapján kifejlesztheti saját szisztémáját az oldatban lévő kation azonosítására. A kationok kisebb csoportokba sorolására természetesen a Fresenius-rendszerben használt csoportreagensek is alkalmasak, és az alábbiakban egy ezen alapuló kation azonosítási módszert ismertetünk. Egyenlőre feltételezzük, hogy ismeretlen oldattal dolgozunk, vagy szilárd minta esetén azt, hogy az anyag oldódik vízben, vagy híg salétromsavban.

*Természetesen, ha a kationt azonosítottuk, további, a kationra jellemző reakciókkal meg kell győződni feltételezésünk helyességéről.*

A következő kationok egyike lehet az oldatban:



### (1) I. csoport kationjai

Adjon az oldathoz híg sósavat feleslegben. Ha nincs változás, folytassa a (2a) pontnál.

A leváló fehér csapadék a következő valamelyik ion kloridja:  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ .

Szűrje le és mossa a csapadékot, majd adjon hozzá  $\text{NH}_3$  oldatot.

Ha a csapadék:

nem változik:	$\text{Pb}^{2+}$ -ion
megfeketedik:	$\text{Hg}_2^{2+}$ -ion
oldódik:	$\text{Ag}^+$ -ion volt az oldatban.

### (2a) IIa csoport kationjai

Savanyítsa meg az oldatot és vezessen bele  $\text{H}_2\text{S}$  gázt feleslegben. Ha nincs változás, folytassa a (3) pontnál.

Ha csapadék keletkezik, a következő ionok egyike volt az oldatban:

$\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{As}^{5+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ . (Figyelje meg a csapadék színét!)

Szűrje le a csapadékot, mossa híg sósavval, majd adjon hozzá ammónium-poliszulfidot,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$  feleslegben. Ha a csapadék feloldódik, folytassa a (2b)-nél.

Ha a nem oldódó csapadék:

sárga:	$\text{Cd}^{2+}$ volt az oldatban.
--------	------------------------------------

Vegyen friss mintát az eredeti oldatból és adjon hozzá híg NaOH oldatot. Ha a csapadék:

kék:	$\text{Cu}^{2+}$ -ion
sárga:	$\text{Hg}^{2+}$ -ion
fehér:	$\text{Bi}^{3+}$ -ion volt az oldatban.

**(2b) IIb csoport kationjai**

Adjon híg sósavat az  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$  -es szűrlethez feleslegben. A csapadék újra kiválik (a színe alapján az eredeti oldatban lévő ion oxidációfokára nem következtethetünk).

Vegyen friss mintát az eredeti oldatból, savanyítsa meg, és vezessen bele kénhidrogént. Vizsgálja meg a keletkezett csapadék színét.

A csapadék színe:

barna:	$\text{Sn}^{2+}$ -ion
narancs:	$\text{Sb}^{3+}$ -ion volt az oldatban.

sárga csapadék:	$\text{As}^{3+,5+}$ , vagy $\text{Sn}^{4+}$ -ion
vasszög teszt:	$\text{Sn}^{4+}$ -ion
Bettendorff próba:	$\text{As}^{3+}$ , vagy $\text{As}^{5+}$ -ion.

Az As oxidációfokának azonosításához vegyen friss mintát, savanyítsa meg tömény sósavval és adjon az oldathoz KI oldatot.

Nincs változás:	$\text{As}^{3+}$ -ion.
barna színeződés:	$\text{As}^{5+}$ -ion volt az oldatban.

**(3) III. Csoport kationjai**

Semlegesítse az eredeti oldatot  $\text{NH}_3$  oldattal, majd adjon hozzá ammónium-szulfidot,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  feleslegben. Ha nincs változás, folytassa a (4) pontnál.

Ha csapadék keletkezik, vizsgálja meg a színét.

Zöld csapadék  $\text{Cr}^{3+}$  ionokra utal. Adjon friss mintához NaOH oldatot:  
zöld csapadék, ami feloldódik a reagens feleslegében:  $\text{Cr}^{3+}$  -ion.

Rózsaszín (hússzínű) csapadék  $\text{Mn}^{2+}$  ionokra utal. Friss mintához adjon NaOH oldatot: piszkosfehér csapadék, ami állás közben megbarnul:  
 $\text{Mn}^{2+}$  -ion.

Fehér csapadék  $\text{Al}^{3+}$  és  $\text{Zn}^{2+}$  ionokra utal. Friss mintához adjon  $\text{NH}_3$  oldatot először cseppenként, majd feleslegben:

fehér csapadék, amely feleslegben oldódik:	$\text{Zn}^{2+}$ -ion.
fehér csapadék, amely a $\text{NH}_3$ feleslegében nem oldódik:	$\text{Al}^{3+}$ -ion.

Fekete csapadék keletkezik, ha  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  volt eredetileg az oldatban. Szűrje le a csapadékot és adjon hozzá 1:1 sósavat. Ha a csapadék feloldódik,  $\text{Fe}^{2+}$ , vagy  $\text{Fe}^{3+}$  volt az eredeti oldatban.



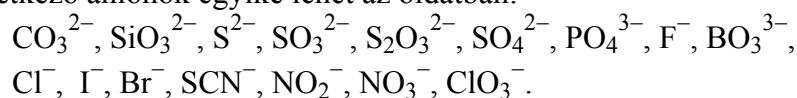
## Egyetlen anion azonosítása oldatban

Ha csak egyetlen anion van az oldatban, azonosítása egyszerű és mindenki kidolgozhatja kémiai tudása alapján saját azonosítási módszerét.

Az alábbiakban egy olyan módszert ismertetünk, ami az anionok 182. oldalán lévő csoportosításán alapszik. Az egyszerűség kedvéért itt feltételezzük, hogy nincs nehézfémion az oldatban, illetve eltávolítottuk a nehézfémeket, továbbá, hogy ismeretlen oldattal dolgozunk, vagy szilárd minta esetén azt, hogy az anyag oldódik vízben.

*Természetesen, ha az aniont azonosítottuk, további, az anionra jellemző reakciókkal meg kell győződni feltételezésünk helyességéről.*

A következő anionok egyike lehet az oldatban:



### (1) I. csoport anionjai

Adjon az oldathoz híg sósavat feleslegben. Ha nincs látható változás, folytassa a (2) pontnál.

Ha fehér csapadék és/vagy gázfejlődés észlelhető, a következő ionok egyike lehet az oldatban:  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ .

Ha fehér, kocsonyás csapadék keletkezik gázfejlődés nélkül:  $\text{SiO}_3^{2-}$  ion

Fehér csapadék és  $\text{SO}_2$  gáz keletkezik. A gáz kimutatását kálium-jodáttal és keményítőoldattal megnedvesített szűrőpapírral végezhetjük.

A szűrőpapíron kék folt lesz:  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  -ion volt az oldatban.

Nincs csapadék, csak gázfejlődés.

Vizsgálja meg a fejlődő gázt ólom-acetátos szűrőpapírral.

fekete folt:  $\text{S}^{2-}$  -ion volt az oldatban

Vizsgálja meg a fejlődő gázt kálium-jodáttal és keményítőoldattal megnedvesített szűrőpapírral.

kék folt:  $\text{SO}_3^{2-}$  -ion

Vezesse a fejlődő gázt baritvízbe:

fehér csapadék:  $\text{CO}_3^{2-}$  -ion volt az oldatban.

### (2) II. csoport anionjai

Semlegesítse az oldatot és adjon hozzá  $\text{BaCl}_2$  oldatot. Ha nincs csapadék, folytassa a (3) pontnál.

Fehér csapadék keletkezik, ha  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{F}^-$ , vagy  $\text{BO}_3^{3-}$  ion volt az eredeti oldatban.

Szűrje le a csapadékot és adjon hozzá híg  $\text{HCl}$  oldatot:

a csapadék nem oldódik:  $\text{SO}_4^{2-}$  ion



Adjon tömény kénsavat a csapadékhoz vagy az eredeti szilárd mintához, és melegítse a kémcsövet:

a kémcső olyanná válik, mintha zsíros lenne és lepereg róla a kénsav:  $F^-$  -ion.

Adjon tömény kénsavat és etanolt a csapadékhoz, vagy az eredeti mintához egy porcelán tálban és gyújtsa meg:

zöld színű láng:  $BO_3^{3-}$  ion

Vegyen friss mintát és adjon hozzá friss ammónium-molibdát reagenst..

sárga, kristályos csapadék:  $PO_4^{3-}$  -ion

### (3) III. csoport anionjai

Savanyítsa meg az oldatot híg salétromsavval és adjon hozzá  $AgNO_3$  oldatot. Ha nincs csapadék, folytassa a (4)-es pontnál.

Vizsgálja meg a csapadék színét.

Sárga és sárgásfehér csapadék  $I^-$ , vagy  $Br^-$  -ion jelenlétére utal.

Egy friss mintához adjon 1-2 ml szén-tetrakloridot, majd klórosvizet cseppenként és rázza intenzíven a kémcsövet:

ibolya színű szerves fázis, amely elszintelenedik,

ha a klórosvizet feleslegben adjuk:  $I^-$  ion

vöröses-barna szerves fázis, amely sárga

lesz klórosvíz feleslegére:  $Br^-$  ion

Fehér csapadék  $Cl^-$ , vagy  $SCN^-$  jelenlétére utal.

Egy friss mintához adjon  $FeCl_3$  oldatot:

vörvörös színeződés:  $SCN^-$  ion

Végezze el a kromil-klorid tesztet:

pozitív teszt:  $Cl^-$  ion volt az oldatban.

### (4) IV. csoport anionjai

A következő ionok egyike lehet az oldatban:  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ , vagy  $ClO_3^-$ .

Savanyítson meg egy friss mintát ecetsavval, majd adjon hozzá szulfanilsav és  $\alpha$ -naftilamin reagenseket:

vörös színeződés:  $NO_2^-$  -ion

Savanyítson meg friss mintát ecetsavval, adjon hozzá szulfanilsav és  $\alpha$ -naftilamin reagenseket, majd cink darabkákat:

vörös színeződés:  $NO_3^-$  -ion

Adjon cink darabkákat friss mintához, néhány perc múlva szűrje le, savanyítsa meg híg salétromsavval vagy híg kénsavval és adjon  $AgNO_3$  oldatot a szűrlethez:

fehér csapadék:  $ClO_3^-$  -ion volt az oldatban.

## Kationok elválasztása és azonosítása

Azt a rendszert, melyet az alábbiakban ismertetünk R. Fresenius írta le először, ezért röviden Fresenius-rendszernek nevezzük. A kationok elválasztására illetve kisebb csoportokba sorolására azt a módszert használjuk, melyet a 179-180 oldalakon már ismertettünk.

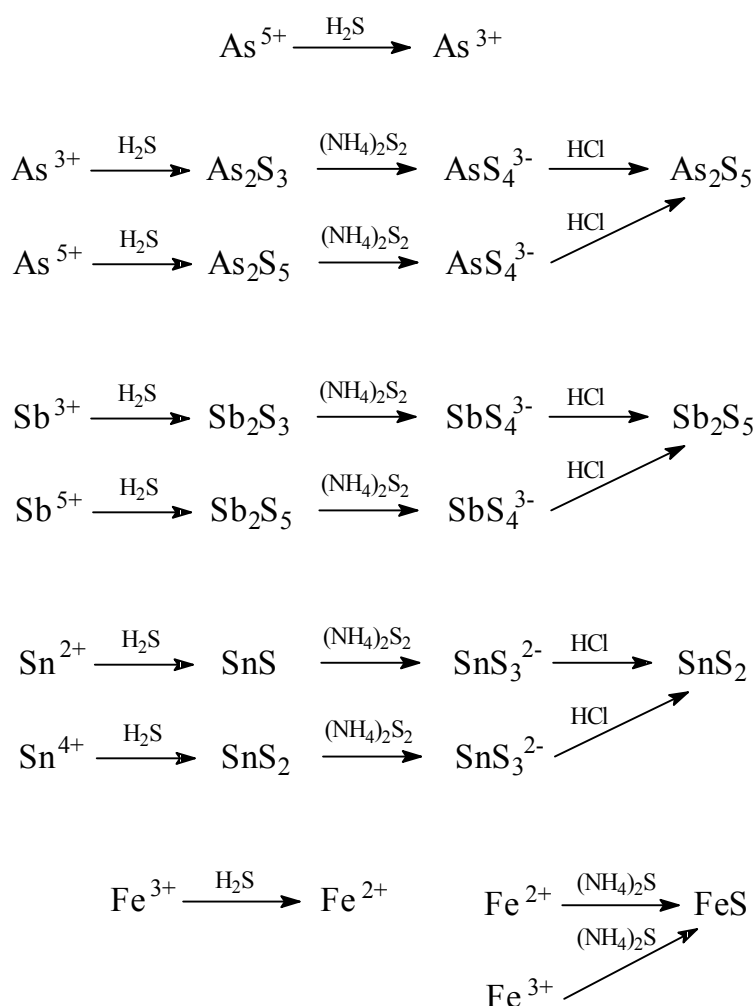
*Ha a kémiai reakciók alapján valamely kation jelenlétére következtetünk, fontos azt további reakciókkal is bizonyítani.*

A Fresenius-rendszer alábbi ismertetésénél azzal az egyszerűsítéssel élünk, hogy a szilárd anyag oldódik vízben vagy híg salétromsavban.

### A Fresenius-rendszer alkalmazásának következményei:

1. A kationok elválasztása során a csoportreagenseket ammóniumsók formájában adjuk a vizsgált oldathoz, így mire az V. kationosztályhoz érünk, az oldat jelentős mennyiségű ammóniumionot tartalmaz. Ammóniumionok,  $\text{NH}_4^+$  jelenlétére tehát csak az eredeti mintából következtethetünk.

2. Az analízis során megállapíthatjuk, hogy As-, Sb-, Sn-, és/vagy Fe- ionok voltak-e a mintában, de nem lehet eldönteni, hogy eredetileg milyen volt az oxidációfokuk. Erre csak az eredeti mintából következtethetünk.



## I. csoport

Ennek a csoportnak a kationjai **csapadékot képeznek** híg (2 M) HCl-el.

Csapadék: **AgCl, PbCl<sub>2</sub>, Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>**

Szűrlet: II-V. csoport kationjai

Szűrje le a csapadékot és mossa sósavas vízzel.

Tegye a csapadékot egy főzőpohárba és forralja 5-10 ml vízzel. Szűrje forrón az oldatot.

Maradék: **AgCl, Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>**

Szűrlet: **PbCl<sub>2</sub>**

Mossa a csapadékot forró vízzel, majd rázza össze NH<sub>3</sub> oldattal és szűrje.

Maradék: fekete csapadék

Oldat: Ag<sup>+</sup> komplex

Hűtse le az oldat egy részletét: fehér, kristályos PbCl<sub>2</sub> csap., ha Pb<sup>2+</sup> volt jelen.



Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Pb <sup>2+</sup>
-------------------------------	-----------------	------------------

További reakciók az azonosításhoz:

	<p>Ossza két részre a szűrletet:</p> <p>a.) savanyítsa meg híg HNO<sub>3</sub>-al. Fehér AgCl csapadék keletkezik.</p> <p>b.) Adjon néhány csepp KI oldatot. Halvány sárga AgI csapadék.</p> <p style="text-align: center;">Ag<sup>+</sup> -ion.</p>	<p>Ossza három részre a forró szűrletet:</p> <p>a.) Adjon hozzá K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> oldatot. Sárga PbCrO<sub>4</sub> csapadék, amely nem oldódik híg ecetsavban.</p> <p>b.) Adjon hozzá KI oldatot. Sárga PbI<sub>2</sub> csapadék, ami oldódik forró vízben szintelen oldat keletkezése közben, de csillogó sárga kristályok válnak ki belőle lehüléskor.</p> <p>c.) Adjon hozzá híg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oldatot. Fehér PbSO<sub>4</sub> csapadék keletkezik, amely oldódik ammónium-tartarát oldatban.</p> <p style="text-align: center;">Pb<sup>2+</sup> -ion.</p>
--	--	--

## II. csoport

---

Az ebbe a csoportba tartozó kationok **csapadékot képeznek  $H_2S$  gázzal**  
híg ásványi savas közegben  
(sósavval csapadékot nem képeznek)

Csapadék: (PbS), **HgS, CuS,  $Bi_2S_3$ , CdS,  $As_2S_3$ ,  $As_2S_5$ ,  $Sb_2S_3$ , SnS,  $SnS_2$**   
Szűrlet: III-V. csoport kationjai

Tegye a csapadékot porcelán tálba, adjon hozzá kb. 5 ml sárga ammónium-poliszulfid,  $(NH_4)_2S_x$  oldatot, melegítse 50-60 °C-ra és keverje ezen a hőfokon 3-4 percig, majd szűrje le.

---

**Maradék:** IIa csoport

A következő szulfidok lehetnek benne:  
PbS, HgS,  $Bi_2S_3$ , CuS és CdS.

Mossa kis mennyiségű híg (1:100)  
ammónium-szulfiddal.

---

**Szűrlet:** IIb csoport

A következő tiósók oldata lehet:  
 $(NH_4)_2AsS_4$ ,  $(NH_4)_2SbS_4$  és  
 $(NH_4)_2SnS_3$ .

Savanyítsa meg az oldatot, cseppenként  
tömény HCl oldattal, majd enyhén  
melegítse.

Ha sárga, vagy narancs színű  
csapadék válik ki, amely a  $As_2S_5$ ,  
 $Sb_2S_5$ , vagy  $SnS_2$  szulfidoktól  
származik, a IIb csoport ionjainak  
jelenlétére utal.

---

## IIa csoport

.....  
A csapadék a következő szulfidokból állhat: PbS, HgS, Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, CuS és CdS.

Az ólom kloridként nem választható le teljesen az I. csoportban, ezért válik le itt is, ólom-szulfidként.

Tegye a csapadékot egy főzőpohárba vagy porcelán tálba, adjon hozzá 5-10 ml híg HNO<sub>3</sub> oldatot és forralja óvatosan 2-3 percig, majd szűrje le és mossa a maradékot kevés vízzel.

<p><b>Maradék</b> Fekete: HgS</p> <p>Oldja fel a csapadékot 1 M NaOCl és híg HCl keverékében. Adjon hozzá híg HCl-t és forralással távolítsa el a Cl<sub>2</sub> feleslegét, majd hűtse le az oldatot.</p> <p style="text-align: center;"><u>vagy</u></p> <p>Oldja fel királyvízben (adjon hozzá kevés KCl-t is). Párolja el az oldószert, oldja fel a maradékot híg HCl-ben.</p> <p>Adjon az oldathoz SnCl<sub>2</sub> oldatot. Fehér csap., amely megfeketedik.</p> <p>Hg<sup>2+</sup> -ion.</p>	<p><b>Szűrlet</b> A következő elemek nitrátjait tartalmazhatja: Pb, Bi, Cu és Cd. Vizsgálja meg, hogy van-e Pb<sup>2+</sup> az oldatban, híg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-el. Fehér PbSO<sub>4</sub> ólomionokra utal. Ha Pb<sup>2+</sup> -ionok vannak jelen, adjon híg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> -et az oldathoz és párolja be sűrű, fehér SO<sub>3</sub> füst megjelenéséig (a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bomlásából). Hűtse le, adjon hozzá 10 ml vizet, keverje, hagyja állni 2-3 percet, majd szűrje le és mossa kevés vízzel.</p>	<p><b>Maradék</b> Fehér PbSO<sub>4</sub></p> <p>Öntsön át 2 ml 10%-os ammónium-acetát oldatot a szűrőn lévő csapadékon néhányszor, majd adjon a szűrlethez néhány csepp híg ecetsavat és K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> oldatot. Sárga PbCrO<sub>4</sub> csapadék:</p> <p>Pb<sup>2+</sup> -ion.</p>	<p><b>Szűrlet</b> A következő elemek nitrátját és szulfátját tartalmazza: Bi, Cu és Cd. Adjon tömény NH<sub>3</sub> oldatot a szűrlethez, lúgos kémhatásig, majd szűrje le a csapadékos oldatot.</p>	<p><b>Maradék</b> Fehér: lehet Bi(OH)<sub>3</sub>.</p> <p>Mossa a csapadékot, oldja a minimálisan szükséges híg sósavban, majd adjon hozzá feleslegben hideg nátrium-tetrahidroxosztannát(II) oldatot. Fekete csap.:</p> <p>Bi<sup>3+</sup> -ion.</p>	<p><b>Szűrlet</b> Tartalmazhat [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup> és [Cd(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup> ionokat.</p> <p>Ha az oldat mélykék színű, Cu<sup>2+</sup> ionok vannak jelen. A szűrlet kis részletét savanyítsa meg ecetsavval és adjon hozzá K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] oldatot. Vöröses-barna csapadék:</p> <p style="text-align: right;">Cu<sup>2+</sup> -ion.</p> <p>-----</p> <p>A szűrlet kis részletéhez adjon KCN oldatot cseppenként addig, míg elszintelenedik, majd még egy ml-t feleslegben. Vezessen bele H<sub>2</sub>S gázt fél percig. Sárga CdS csapadék:</p> <p style="text-align: right;">Cd<sup>2+</sup> -ion.</p>
Hg	Pb	Bi	Cu	Cd	

## IIb csoport

.....  
 Adjon keverés közben híg sósavat a II csoport szulfidjainak sárga ammónium-poliszulfidos extraktumához, amíg kissé savas kémhatásúvá válik, majd melegítse és keverje 1-2 percig.

A leváló és fel nem oldódó finom eloszlású fehér (vagy sárgás) csapadék csupán kén.

A sárga, vagy narancsszínű pelyhes csapadék As-, Sb- és/vagy Sn-ionok jelenlétére utal. Szűrje le és mossa a csapadékot kevés kénhidrogénes vízzel. A csapadék a következő szulfidokból állhat: **As<sub>2</sub>S<sub>5</sub>, (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>), Sb<sub>2</sub>S<sub>5</sub>, (Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>), SnS<sub>2</sub>**.

Tegye a csapadékot egy főzőpohárba vagy egy porcelán tálba, adjon hozzá 5-10 ml híg (1:1) sósavat, forralja óvatosan kb. 5 percig, majd szűrje le.

<p><b>Maradék:</b> tartalmazhat (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>), As<sub>2</sub>S<sub>5</sub> és S-t.</p> <p>Oldja fel a csapadékot híg NH<sub>3</sub> oldat és 3%-os H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oldat elegyében, néhány perces melegítés közben. Szűrje le az oldatot.</p>	<p><b>Szűrlet:</b> Sb<sup>3+</sup>- és/vagy Sn<sup>4+</sup> -ionokat tartalmazhat.</p> <p>Távolítsa el a H<sub>2</sub>S gázt forralással, semlegesítse az oldatot, adjon hozzá vasszőget, vagy vas darabkákat, majd melegítse vízfürdőn 10 percig.                  Hűtse le az oldatot és szűrje le.</p> <p>Csapadék: Sb (Fe)                      Szűrlet: Sn<sup>2+</sup> (Fe<sup>2+</sup>)</p>	
As	Sb	Sn

<i>Azonosítás</i>		
<p>Adjon az oldathoz néhány ml Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> reagenst, rázza össze és hagyja állni. Fehér Mg(NH<sub>4</sub>)AsO<sub>4</sub> csapadék válik le, ha arzenát van jelen. Szűrje le a csapadékot és öntsön rá AgNO<sub>3</sub> oldatot, amely néhány csepp 2M ecetsavat tartalmaz. Barnás-vörös Ag<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub> csapadék:                                    As<sup>5+</sup> -ion.</p> <p>A Bettendorff próba is használható az arzén azonosítására.</p>	<p>Oldja fel a csapadékot borkősav és híg salétromsav elegyében, vagy királyvízben.                  Adjon az oldathoz annyi NH<sub>3</sub> oldatot, hogy gyengén savas maradjon. (csak addig adja az oldathoz a lúgot, míg fehér csapadék nem válik le). Vezessen H<sub>2</sub>S gázt az oldatba.                  Narancsszínű Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub> csapadék válik le:                                    Sb<sup>3+</sup> -ion.</p>	<p>Adjon a szűrlethez HgCl<sub>2</sub> oldatot.                  Fehér Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> vagy szürke Hg csapadék válik le:                                    Sn<sup>2+</sup> -ion.</p> <p>Az ön azonosítására használja a lumineszcencia tesztet is.</p>

### III. csoport

Semlegesítse az oldatot  $\text{NH}_3$  oldattal és adjon hozzá  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  oldatot feleslegben.

**Csapadék:**  $\text{CoS}$ ,  $\text{NiS}$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{MnS}$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{ZnS}$

Mossa a kivált csapadékot kevés híg  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  oldattal. Tegye a csapadékot egy főzőpohárba, adjon hozzá 1 M  $\text{HCl}$ -t, jól keverje össze, hagyja állni 2-3 percig, majd szűrje le.

Szilárd <b>maradék:</b> $\text{CoS}$ , $\text{NiS}$		<b>Szűrlet:</b> $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Al}^{3+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ A $\text{H}_2\text{S}$ kiforralása után, adjon 30% $\text{NaOH}$ és 3% $\text{H}_2\text{O}_2$ (1:1) keverékét az oldathoz.	
Oldja fel a csapadékot ecetsav, $\text{CH}_3\text{COOH}$ és néhány csepp 30%-os $\text{H}_2\text{O}_2$ keverékében. A csapadék híg salétromsavban is oldódik melegítésre.		<b>Maradék:</b> $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , $\text{MnO}(\text{OH})_2$	<b>Szűrlet:</b> $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ , $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^-$ , $\text{CrO}_4^{2-}$ Forralja az oldatot szilárd $\text{NH}_4\text{Cl}$ -el
		<b>Csapadék:</b> $\text{Al}(\text{OH})_3$	<b>Szűrlet:</b> $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ , $\text{CrO}_4^{2-}$
<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>
		<i>Azonosítás</i>	
Ossza két egyforma részre az oldatot. a) Adjon 1 ml amilalkoholt, 2 g szilárd $\text{NH}_4\text{SCN}$ -t az egyik részhez és rázza össze. Az amilalkoholos fázis kék színű lesz. $\text{Co}^{2+}$ -ion van jelen. b) Adjon 2 ml $\text{NH}_4\text{Cl}$ oldatot és $\text{NH}_3$ oldatot lúgos kémhatásig, majd dimetil-glioxim reagenst feleslegben. Vörös csapadék: $\text{Ni}^{2+}$ -ion.		Ossza két részre a csapadékot. a) Oldja fel híg $\text{HCl}$ -ben. Adjon néhány csepp $\text{KSCN}$ oldatot (vérvörös szín) vagy adjon $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ oldatot. (kék csapadék): $\text{Fe}^{3+}$ -ion. b) Oldja tömény $\text{HNO}_3$ -ban, majd adjon $\text{PbO}_2$ -t az oldathoz. Forralja, majd hagyja a szilárd részt leülepedni. Lila $\text{MnO}_4^-$ oldat: $\text{Mn}^{2+}$ -ion van jelen.	Oldja fel a csapadékot ecetsavban és adjon hozzá morin reagenst. Jellegzetes fluoreszcencia.  $\text{Al}^{3+}$ -ion van jelen.
		Az oldat sárga színe $\text{Cr}^{3+}$ -ionokra utal. Ossza az oldatot két részre. a) Savanyítsa meg ecetsavval és adjon hozzá ólom-acetát oldatot. Sárga $\text{PbCrO}_4$ csapadék: $\text{Cr}^{3+}$ -ion van jelen. (Végezze el a $\text{CrO}_5$ tesztet is.) b) Savanyítsa meg ecetsavval és vezessen bele $\text{H}_2\text{S}$ gázt. Fehér $\text{ZnS}$ csapadék: $\text{Zn}^{2+}$ -ion. (Végezze el a ditizon tesztet is.)	
		<b>Zn</b>	
		<b>Cr</b>	

## IV. csoport

A III. csoport szulfid csapadékainak elválasztása után kapott szűrlethez adjon tömény sósavat, forralja az oldatot, hogy a szulfid,  $S^{2-}$ -ion kénhidrogénként eltávozzon, majd semlegesítse az oldatot  $NH_3$ -al. Forralja fel az oldatot és adjon hozzá  $(NH_4)_2CO_3$  oldatot feleslegben.

**Csapadék:** a fehér csapadék tartalmazhat: **BaCO<sub>3</sub>, SrCO<sub>3</sub>** és/vagy **CaCO<sub>3</sub>**.

Mossa a csapadékot kevés forró vízzel, majd oldja fel a csapadékot 2 M ecetsavban.

Adjon szilárd  $CH_3COONa$  -t az oldathoz, forralja fel, majd adjon hozzá  $K_2Cr_2O_7$  oldatot kis feleslegben (addig, míg az oldat kicsit megsárgul és csapadék már nem válik ki).

---

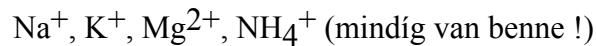
<b>Csapadék:</b> sárga $BaCrO_4$	<b>Szűrlet:</b> $Ca^{2+}$ , $Sr^{2+}$
-----	-----
Mossa a csapadékot forró vízzel, majd oldja fel kevés tömény $HCl$ -ben. Párolja csaknem szárazra az oldatot és végezzen vele lángfestést. Zöld (vagy sárgászöld) láng.	Adjon a szűrlethez négyszeres térfogatú telített $CaSO_4$ oldatot: ha lassan fehér csapadék keletkezik: $Sr^{2+}$ van jelen.
$Ba^{2+}$ -ion.	Lúgosítsa meg az oldatot $NH_3$ oldattal és adjon hozzá $(NH_4)_2(COO)_2$ oldatot: fehér csapadék $Ca^{2+}$ -ionra utal.
	Semlegesítse az oldatot és adjon hozzá $K_4[Fe(CN)_6]$ oldatot és kevés $NH_4Cl$ -t: fehér csapadék: $Ca^{2+}$ -ion.
	Ha a kettő közül csak az egyik ion van jelen, a lángfestés is segíthet az ion azonosításában: Kárminvörös láng: $Sr^{2+}$ -ion. Téglavörös láng: $Ca^{2+}$ -ion.

---



## V. csoport

A negyedik csoport karbonátjainak eltávolítása után kapott szűrlet tartalmazza az V. csoport kationjait:



A különböző kationok leválasztása során ammóniumsókat használunk csoportreagensként, pl.  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  és  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , ezért az analízis végére, mire az V. csoport ionjaihoz érünk, az oldatunk mindig tartalmaz ammóniumionokat, ezért  $\text{NH}_4^+$  -ionokra vizsgálni ebből az oldatból nem szabad. Az oldat tartalmaz továbbá igen kis mennyiségű le nem vált  $\text{Ca}^{2+}$  -iont.

---

A  $\text{Na}^+$  -ion vizsgálata: végezzen lángfestést. Intenzív sárga láng:  $\text{Na}^+$  ion van jelen.

A  $\text{Mg}^{2+}$  -ion vizsgálata: adjon az oldathoz  $\text{NaOH}$  oldatot, amíg lúgos kémhatású lesz. Ha fehér csapadék képződik, ossza két részre és az egyik részhez adjon titánsárga, a másikhoz magnezon reagenst. Titánsárgával piros magnezonnal kék színeződés keletkezik:

$\text{Mg}^{2+}$  -ion van jelen.

A  $\text{K}^+$  -ion vizsgálata: adjon az oldathoz  $\text{NaOH}$  oldatot és forralja addig, míg az  $\text{NH}_3$  teljesen eltűnik (vizsgálja az  $\text{NH}_3$  eltűnését nedves pH papírral). Szűrje le az oldatot, ha szükséges, majd adjon hozzá tömény  $\text{HClO}_4$  oldatot. Fehér, kristályos csapadék ( $\text{KClO}_4$ ):

$\text{K}^+$  -ion van az oldatban.

---

Az  $\text{NH}_4^+$  -ionok vizsgálata: használja az eredeti oldatot. Adjon hozzá  $\text{NaOH}$  oldatot és forralja. Vizsgálja meg a fejlődő gázt nedves indikátor papírral és/vagy higany(I)-nitrát oldattal megnedvesített szűrőpapírral.

**Az összetett kation elemzésnél előforduló elválasztási és kimutatási problémák összefoglalása**

Kation osztály	Kation	Megjegyzés
I.	Pb <sup>2+</sup>	Hígabb oldatból gyakran nem keletkezik Cl <sup>-</sup> ionnal csapadék, mert az ólom teljes egészében az IIa osztályban válik le, a Cl <sup>-</sup> ionos leválasztás alkalmával mindig kimutatható az ólom az IIa osztályban is.
IIa.	Pb	Az ólom leválasztása csak huzamos ideig tartó kénsavas elfüstöléssel végezhető el. A keletkezett csapadék könnyen összetéveszthető a bázikus bizmut-szulfáttal (BiOH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), de az oldatot óvatosan felhígítva, a bizmutsó feloldódik, az ólom-szulfát nem. Az ólomsók NaOH-ban oldódnak, a bizmut-vegyületek pedig nem.
	Cd	Tökéletlen elválasztás eredményeként a CdS gyakran barna színnel válik le. A hibát többnyire az Pb <sup>2+</sup> okozza. Ilyenkor H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -as oldást kell végezni, és az Pb <sup>2+</sup> iont H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -es elfüstöléssel kell eltávolítani.
	Bi	NH <sub>3</sub> -os leválasztáskor (gondatlan munka miatt) többnyire az ide került Sb <sup>3+</sup> leválása okoz zavart. A Bi-vegyületek hidrolíziséhez is hasonlít az Sb-vegyületek hidrolíziséhez.
	Cu	A Cu <sup>2+</sup> -ion jelenlétét ammóniás közegben a kék szín szinte mindig elárulja, kivételt gyakorlatilag csak a cianidos komplex jelent, melynek stabilitási állandója igen nagy, ekkor a Cu <sup>2+</sup> -ion szulfid ionokkal sem reagál.
IIb.	As	A Bettendorf-reakcióval igen híg vizes oldatból nem mutatható ki az As. A háromértékű As vegyületből is csak kb. fél órai állás után kémlélhetünk As-re, ezen vizsgálati módszernél.
III.	Co <sup>2+</sup>	A K <sub>3</sub> [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]-os reakciónál ügyelni kell, hogy csak igen enyhén legyen HNO <sub>3</sub> -as a közeg, továbbá arra, hogy szilárd NaNO <sub>2</sub> -et is kell adni az oldathoz. A reakciót az NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -sók is adják, ezért a reakció csak az ammónium-vegyületek gondos elfüstölése után végezhető el.
	Ni <sup>2+</sup>	A dimetil-glioximos reakciót a kétértékű fémek zavarják, pl. a Fe <sup>2+</sup> -sók piros, a Co <sup>2+</sup> -sók barna csapadékot adnak, a Fe <sup>2+</sup> zavaró hatását HNO <sub>3</sub> -as oxidációval szüntetjük meg. A Co <sup>2+</sup> zavaró hatásának kiküszöbölése: főlegben KCN adagolandó, majd H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> . Ekkor K <sub>2</sub> [Ni(CN) <sub>4</sub> ] és K <sub>3</sub> [Co(CN) <sub>6</sub> ] összetételű komplexek keletkeznek. Kevés formalinnal a Ni-komplex elbontható, a Co-komplex nem, így a Co <sup>2+</sup> dimetil-glioximmal nem tud reagálni.
	Fe <sup>3+</sup>	A rodanidos reakciót a vizsgálandó oldatnak legalább 5-szörös hígításával végezzük el, ekkor már nem zavarhat a Co <sup>2+</sup> -ion kék színreakciója. F <sup>-</sup> -ion hatására a vas szintelen komplexet ad, ekkor a vas már nem mutat rodaniddal színreakciót.
	Al <sup>3+</sup>	A morinos reakciót lúgok és erős savak is zavarják. A zavaró kationokat az oldat NaOH-os lúgosításával és a leváló csapadék szűrésével távolítjuk el. A vizsgálandó közeg ecetsavas kell, hogy legyen.
	Zn <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> S-nél csak CH <sub>3</sub> COONa-tal pufferolt közegben választhatjuk le a Zn <sup>2+</sup> -iont, mert a ZnS könnyen oldódik híg savakban. A leválasztást a CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -ion is zavarja, amelyet BaCl <sub>2</sub> -dal távolíthatunk el.

Kation osztály	Kation	Megjegyzés
IV.	Ca <sup>2+</sup> Sr <sup>2+</sup> Ba <sup>2+</sup>	Az azonosítási reakciók legtöbbször kölcsönösen zavarják egymást, a zavaró hatás az előírt aciditás pontos betartásával kerülhető el.
V.	Na <sup>+</sup>  K <sup>+</sup>  Mg <sup>2+</sup>  NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<p>A magnézium-uranil-acetátos reakciót a K<sup>+</sup> és NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-ionok is zavarják, de csak akkor, ha mennyiségük több, mint 2%. A reakciót tehát gyakorlatilag csak az NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-sók gondos elfüstölése után szabad elvégezni, és csakis akkor, ha az oldat K<sup>+</sup>-iont nem tartalmaz.</p> <p>A K<sub>3</sub>[Co(NO<sub>2</sub>)<sub>6</sub>]-os reakcióra vonatkozókat lásd a Co-nál! A HClO<sub>4</sub>-as reakciót az NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-ionok zavarják.</p> <p>A Mg-ion Ba(OH)<sub>2</sub> oldattal történő leválását az NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-sók zavarják, mert pufferoló hatásuk révén csökkentik az OH<sup>-</sup>-ionok koncentrációját. Az NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-sókat ezért vizsgálat előtt el kell füstölni, vagy ha Ca<sup>2+</sup>-ion nincs jelen, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>-tal kémleljünk Mg<sup>2+</sup>-ionra. A magnezonos és titánsárgás reakció csak bázikus közegben végezhető el.</p> <p>Eredeti oldatból kell az ionra vizsgálni, NaOH-os lúgosítással és nedves indikátorpapírral. Az NH<sub>3</sub> gyakorlatilag az egyedüli lúgos kémhatást mutató gáz. A reakciót semmi sem zavarja. A Nessler-reagenssel történő vizsgálatnál viszont sok lehet a zavaró körülmény.</p>

## Anyagismereti és elemzési feladatok

A laboratóriumi gyakorlatok során a hallgatóknak kémiai ismereteik tesztelésére anyagismereti és elemzési feladatokat kell megoldania. Az anyagismereti feladatok során egyetlen szilárd szervesetlen anyagról kell eldönteni kémiai reakciói és fizikai tulajdonságai alapján, hogy miből áll. Az elemzési feladatok során egy szervesetlen sókból álló anyagkeverék összetevőit kell meghatározni.

Az anyagismereti feladatok során, mivel csupán egyetlen szervesetlen anyagot vizsgálunk (ami lehet egyszerű szervesetlen só, oxid, vagy egy elem elemi formája) fontos információt nyerhetünk az anyag minőségére külső megjelenési formája (kristályos, porszerű, vagy színes) és vízben, savban való oldhatósága alapján. Az anyag minőségének meghatározása a következő lépésekből áll.

1. **Oldatkészítés.** Az oldás célja az, hogy az analízisre bocsátott anyag alkotórészei ionos formában legyenek jelen az oldatban, hogy azokat jellemző kémiai reakcióik alapján azonosíthassuk. Az oldásnál igen fontos, hogy szennyező, illetve a későbbi kimutatást zavaró ionokat ne vigyünk az oldatba, ezért ha lehet desztillált vízben oldjuk az anyagot. Ha az anyag vízben nem oldódik, savban, ha abban sem, savkeverékben vagy lúgban oldjuk. Az oxidáló savak használatát lehetőleg kerülni kell, mert az anyagot, vagy a későbbi kimutatás során a reagenst oxidálhatják, így a savas oldat kezelése nem könnyű. Az oldószerek, melyeket az anyag oldására használhatunk, az oldás sorrendiségének figyelembevételével a következők:

- víz
- ecetsav
- híg HCl oldat
- tömény HCl oldat
- víz és cc HNO<sub>3</sub> oldat 1:1 hígítású elegye
- királyvíz
- híg vagy 30%-os NaOH oldat

Az oldáspróbákat a fenti sorrend szerint végezzük a következőképpen:

Először az oldószerekkel külön-külön oldási próbákat végzünk, vizsgálatainkhoz mindig új mintát véve és a soron következő oldószerezrel először hidegen, majd melegítéssel kíséreljük meg az oldást. Huzamos forralással nincs értelme próbálkozni, hiszen 100 °C-on az oldhatóság csak alig nagyobb, mint 70-80 °C-on, és forralással az oldószert csak feleslegesen elpárologtatnánk. Ha szemmel jól látható változás (színváltozás, az anyag részleges, vagy teljes eltűnése) nem észlelhető, oldódás nem történt, így új mintából a soron következő oldószerezrel kell próbálkoznunk. Ügyeljünk arra, hogy az oldás nem pillanatszerű, legyen türelmünk megvárni amíg az anyag teljesen feloldódik.

Ha az anyagot savban oldjuk, előfordulhat, hogy olyan ionok (pl. Cl<sup>-</sup>) kerülnek az oldatba, melyekkel a fémion (pl. Pb<sup>2+</sup>) vízben és az adott savban oldhatatlan vegyületet képez. Az is előfordulhat, hogy olyan anyag keletkezik, amelyet sokkal nehezebben, pl. csak feltárással tehetünk ismét oldhatóvá (pl. BaSO<sub>4</sub>, ha a BaCO<sub>3</sub>-at híg kénsavban akarjuk oldani), ezért fontos, hogy az oldószereket a megfelelő sorrendben használjuk, vagy esetleg több oldószert próbáljunk ki, mielőtt a minta feloldására kiválasztjuk a megfelelőt. Ne feledkezzünk meg arról, hogy az oldás során bekerült ionok is zavarhatják a későbbi kimutatási reakciókat.

Tömény savak oldatait nem használhatjuk fel közvetlenül az analízisre, különösen nem az oxidáló hatású salétromsavas vagy királyvízes oldatokat. Ezeket először szirupsűrűségűre

bepároljuk, majd a maradékot kevés sósavas vízzel felhígítjuk annyira, hogy az oldat hidrogénion koncentrációja kb. 2 M legyen.

Az oldás során fontos megfigyelni és feljegyezni az oldás során fellépő kémiai változásokat (gázfejlődés, színváltozás), mivel ezek fontos információt adnak az eredeti anyag kémiai összetételére. Ha az oldás során gáz fejlődik, azt azonosítani kell.

2. Kation meghatározása. Ha az oldatot elkészítettük, a kation meghatározását végezhetjük a 183. oldalon ismertetett módszer alapján.

3. Anion meghatározása. Az anion meghatározását végezhetjük az 186. oldalon ismertetett módszer alapján. Ügyeljünk arra, hogy ha az anyagunk nem oldódott vízben, a savas oldás során az I. csoport anionjait elröncsoljuk, így azokat az oldással párhuzamosan (a fejlődő gáz, vagy csapadék azonosításával) kell kimutatni.

4. Jegyzőkönyv elkészítése. Az anyagismereti feladat elvégzése során tapasztaltakat jegyzőkönyvben kell rögzíteni, hogy munkánkat és következtetéseink helyességét utólag is ellenőrizni tudjuk. A jegyzőkönyvnek tartalmaznia kell valamennyi megfigyelésünket, következtetésünket és összefoglalásként a pozitív reakciók esetén a feltételezett reakciót leíró reakcióegyenletet. A jegyzőkönyv elkészítéséhez segítséget nyújt a következő minta jegyzőkönyv:

Dátum: xxxx. xx. xx.

#### X. Anyagismereti feladat

Lehetséges ionok:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ .  
az anyag lehet szervesetlen só, oxid vagy fém.

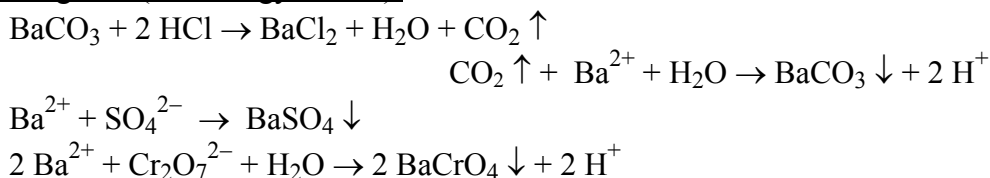
Az anyag megjelenési formája: fehér, porszerű anyag

Oldódás: vízben nem oldódik;  
gázfejlődés közben oldódik híg sósavban és ecetsavban is

#### Kémiai reakciók:

- a savban való oldás során keletkező gáz a kálium-jodátos keményítős papírt nem kékíti meg, de a fejlődő gázt baritvízbe vezetve fehér csapadék keletkezik
- az oldattal lángfestést végezve halványzöld szín észlelhető
- az oldathoz nagy feleslegben telített stroncium-szulfát oldatot adva fehér csapadék keletkezik
- ecetsavas közegben kálium-bikromát oldat hatására sárga csapadék válik le

#### Összefoglalás (reakcióegyenletek):



Tehát az anyag:  $\text{BaCO}_3$

=====

Az elemzési feladatok során egy szervesetlen sókból álló keverék összetevőit kell meghatározni. A gyakorlatok során az elemzési feladatok a kationok azonosítására (összetett kationelemzés) vagy az anionok azonosítására (összetett anionelemzés) irányulnak. A kationelemzések során a mintában szereplő kationok klorid, nitrát, szulfát, vagy karbonát alakjában vannak jelen. Az anionelemzéseknél az anionok mellett nátrium- vagy kálium-ionok találhatók.

Kationelemzés. A kationok egymás melletti kimutatását a Fresenius-rendszer alapján végezhetjük, mely elvben alkalmas akárhány kation egymás melletti kimutatására. Ha a lehetőségek száma korlátozott, a kimutatásra használt módszer is jelentősen egyszerűsödik. Az elemzés első lépése a szilárd minta feloldása, mely az anyagismereti feladatoknál ismertetett módon történhet. Mivel több szervesetlen só keverékéről van szó, itt különösen ügyelni kell arra, hogy oldás során is keletkezhet az oldószerben oldhatatlan anyag. Az anyag színe itt is segít az analízis során, ha a mintában csak egy színes ion van, de több színes anyag esetén a szín megtévesztő is lehet (pl. sárga és kék anyag homogenizálás után zöldnek látszhat). Igen fontos, hogy elővizsgálatokat végezzünk, mielőtt a szisztematikus kationkeresésnek nekiállunk a Fresenius-rendszer alapján. Elővizsgálatok alatt olyan reakciók elvégzését értjük, melyek szelektívek egy ionra, vagy néhány ionra, így azok hiánya vagy jelenléte már rögtön az analízis elején bizonyosnak vehető. Ilyen például a lumineszcencia próba, Marsh próba, lángfestés. Az ammóniumion kimutatását nátrium-hidroxidos elfüstöléssel is elővizsgálatként az eredeti mintából kell elvégezni. Ha szűkebb ioncsoporttal dolgozunk, a lehetséges szelektív reakciók száma megnő (kevesebb zavaró ion), így érdemes mindig az analízis megkezdése előtt végiggondolni az analízis menetét.

Anionelemzés. Mivel az anionelemzés során az anionok nátrium- és káliumsójának keverékét vizsgáljuk, a mintát egyszerűen feloldhatjuk vízben. A feladat azonban itt azért bonyolultabb, mert az anionokat nem lehet olyan jól elválasztani egymástól csoportreagensekkel, mint a kationokat a Fresenius-rendszerben, továbbá savas közegben számos oxidáló és redukáló anion reagál egymással gázfejlődés és/vagy csapadék keletkezése közben. Ezeket a reakciókat is figyelembe kell vennünk, amikor sósavval vizsgálunk az I. csoport anionjainak jelenlétére.

Az alábbiakban néhány elemzési feladat megoldását ismertetjük:

### **1. Elemzési feladat (kationelemzés)**

Lehetséges ionok:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  és  $\text{Ba}^{2+}$ .

#### Elővizsgálatok:

1. Adjunk az oldat 1ml-éhez gipszes vizet 3–4-szeres feleslegben.
  - Ha az oldatból azonnal fehér csapadék válik ki:  $\text{Ba}^{2+}$ ,
  - ha az oldat felforrálás után lassan megzavarosodik:  $\text{Sr}^{2+}$ .
2. Adjunk az oldat 1 ml-éhez NaOH-t.  $\text{NH}_4^+$ -ion jelenlétében a keletkező  $\text{NH}_3$  melegítésre eltávozik, és a kémcső fölé tartott desztillált vízzel megnedvesített pH papírral kimutatható.
3. Végezzünk lángfestési próbát.

### Az elemzés menete:

A vizes oldatot  $\text{NH}_3$ -dal meglúgosítjuk, majd késhegynyi szilárd  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -ot oldunk fel benne, hogy a  $\text{Mg}^{2+}$ -ion esetleges leválását megakadályozzuk.

A  $\text{Ca}^{2+}$ -,  $\text{Sr}^{2+}$ - és  $\text{Ba}^{2+}$ -ionok gyenge forralás mellett  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -tal porszerű csapadék formájában leválaszthatók. Az enyhe forralás a keletkező csapadék jó szűrhetőségén kívül azért is szükséges, hogy az ammónium-karbonátban esetleg jelenlévő hidrogén-karbonát is karbonáttá alakuljon. Kevés  $\text{Ca}^{2+}$  esetében, ha emellett túl sok  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -ot tartalmaz az oldat, előfordulhat az is, hogy a  $\text{Ca}^{2+}$  részben vagy teljes egészében az oldatban marad.

A  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$  és  $\text{BaCO}_3$  tartalmú csapadékot leszűrjük,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -os vízzel kimossuk, majd pedig forró híg ecetsavban feloldjuk. Az oldathoz  $\text{CH}_3\text{COONa}$ -ot és  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  oldatot adva sárgásfehér csapadék formájában válik le a  $\text{BaCrO}_4$ , amelyet leszűrünk és ecetsavas vízben kimossuk, majd híg  $\text{HCl}$ -ben feloldunk és lángfestéssel, illetve  $\text{SO}_4^{2-}$ -ionokkal azonosítjuk a  $\text{Ba}^{2+}$ -iont.

A  $\text{BaCrO}_4$ -ról leszűrt oldatot felhígítjuk és huzamosabb ideig forraljuk híg  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -val, leválasztjuk a  $\text{Sr}^{2+}$ -ot. A hígítás azért fontos, nehogy a  $\text{SrSO}_4$  mellett a  $\text{CaSO}_4$  is leváljék. A levált fehér színű, finom eloszlású  $\text{SrSO}_4$  azonosítása jellegzetes kristályformát mutató alakja alapján, mikroszkóppal végezhető el. A lángfestésből legfeljebb spektroszkóppal lehet biztosan következtetni.

A  $\text{SrSO}_4$ -ról leszűrt oldatot  $\text{NH}_3$ -al meglúgosítjuk, és ammónium-oxaláttal leválasztjuk a  $\text{Ca}^{2+}$ -ot. A  $\text{Ca}^{2+}$  azonosítása sem történhet pusztán lángfestéssel.

A karbonátokról leszűrt oldat tartalmazza a  $\text{Na}^+$ -,  $\text{K}^+$ - és  $\text{Mg}^{2+}$ -ionokat. A  $\text{CaCO}_3$  oldhatósága miatt előfordulhat, hogy a  $\text{Ca}^{2+}$ -ion egy része szintén megtalálható az oldatban. Az utóbbi körülménytől függően kell megválasztani a munka további menetét.

A  $\text{Ca}^{2+}$ - és  $\text{Mg}^{2+}$ -ion jelenlétéről elővizsgálattal tájékozódunk.

A  $\text{Ca}^{2+}$  jelenlétéről úgy győződhetünk meg, hogy az oldatnak kis részletéhez kevés  $\text{NH}_4\text{Cl}$  oldatot öntünk, majd a lúgos kémhatásig híg  $\text{NH}_3$  oldattal elegyítjük és  $(\text{NH}_4)_2(\text{COO})_2$  oldatot adva az elegyhez, felforraljuk. Ha azonnal, vagy rövid idő múlva fehér csapadék jelenik meg, akkor  $\text{Ca}^{2+}$ -ion van az oldatban. A  $\text{Ca}(\text{COO})_2$  ily módon történő leválasztása vízfürdőn kb. 30 perc alatt tökéletesen végbemegy.

A  $\text{Mg}^{2+}$  jelenlétéről úgy győződhetünk meg, hogy a  $\text{Ca}(\text{COO})_2$  leszűrése után a forró oldathoz 1–2 csepp  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -ot adunk. Ha fehér kristályos csapadék válik le, mely mikroszkóp alatt a jellemző  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ -os kristályalakot mutatja, biztosak lehetünk a  $\text{Mg}^{2+}$  jelenlétében. Ha az oldat alkáli fémeken kívül csak  $\text{Mg}^{2+}$ -iont tartalmaz, elegyítsük az oldatot  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  oldattal. Ekkor fehér pelyhes csapadék formájában leválik a  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

$\text{Mg}^{2+}$  ionra még titánsárgával és magnezonnal is vizsgálhatunk. (Vizsgálat előtt feltétlenül győződjünk meg az oldat erősen lúgos kémhatásáról.)

Ha az oldatban alkáli fémeken kívül csak  $\text{Ca}^{2+}$  van jelen, akkor úgy járunk el, hogy az oldatot  $\text{NH}_3$ -al gyengén lúgosítjuk, majd pedig  $(\text{NH}_4)_2(\text{COO})_2$  oldattal elegyítjük, és rövid ideig tartó forralással a fentiekhez hasonlóan leválasztjuk a  $\text{Ca}^{2+}$ -t.

Ha az oldat  $\text{Ca}^{2+}$ -ot és  $\text{Mg}^{2+}$ -ot is tartalmaz, akkor először a  $\text{Ca}^{2+}$ -ot választjuk le, majd pedig eltávolítjuk a szüredékből a felesleges oxalátot  $\text{BaCl}_2$ -dal (a forró oldatba  $\text{BaCl}_2$  oldatot csepegtetünk, amíg csapadékleválás már nem észlelhető). Ezután az oldatot forrásig hevítve  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -tal leválasztjuk a  $\text{Ba}^{2+}$ -iont is. Szűrés, mosás után az oldatot porcelán csészébe téve nyílt lángon, állandó keverés közben szárazra pároljuk, hogy elűzzük belőle az ammóniumvegyületet. Az ammóniumsók elfüstölését állandó kevergetés mellett

végezzük nagy óvatossággal, mert az anyag pattog. A fehér füst eltávozása után hagyjuk az anyagot lehűlni, adjunk hozzá pár ml vizet, és a lefüstölést többször megismételve tökéletesen izzuk el az ammónium-vegyületeket, hogy a kálium leválasztását ne zavarják.

Az alkáli fémek kimutatására is végezzünk ionreakciókat, a lángfestés csak a nátriumion kimutatására elegendő. A káliumiont cc  $\text{HClO}_4$ -es oldattal azonosíthatjuk.

$\text{NH}_4^+$ -ionra az eredeti vizes oldatból vizsgálunk  $\text{NaOH}$ -os lúgosítással és nedves indikátorpapírral, vagy Nessler-reagenssel.

## **2. Elemzési feladat (kationelemzés)**

Lehetséges ionok:  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{As}^{5+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ .

### Elővizsgálatok:

- 1 ml vizsgálandó oldatot  $\text{HCl}$ -el megsavanyítunk, fehér csapadék kiválása esetén:  $\text{Pb}^{2+}$ .
- 0,5 ml vizsgálandó oldatot erősen felhígítunk vízzel. Ha az oldat opalizál:  $\text{Bi}^{3+}$  vagy  $\text{Sb}^{3+}$ . Borkősavban az antimon-vegyületekből keletkező sók feloldódnak.
- $\text{Sn}^{2+}$ - és  $\text{Sn}^{4+}$ -ion jelenléte lumineszcencia próbával kimutatható. Ha a kémcső alján fémtükrö válik le, úgy  $\text{Sb}$  vagy  $\text{As}$  ionok jelenlétére számíthatunk.
- $\text{As}$  jelenlétére Bettendorf reagenssel vizsgálhatunk.

### Az elemzés menete:

Ha az elővizsgálatok ólom jelenlétére mutattak, akkor a mintához addig csepegtetünk  $\text{HCl}$ -t, amíg csapadékkiválást észlelünk. Ezután a csapadékos folyadékot vízcsap alatt jól lehűtjük és leszűrjük. A csapadékot kevés hideg vízzel mossuk. A mosófolyadékot a szűrlettel egyesítjük és eltesszük a további vizsgálatokhoz. A csapadékot forró vízben oldjuk és két részre osztjuk:

- az oldatból  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  hatására sárga csapadék válik ki, amely  $\text{NaOH}$ -ban oldódik és  $\text{CH}_3\text{COOH}$ -tól újra előáll ( $\text{PbCrO}_4$ ).
- Az oldatból  $\text{KI}$  sárga csapadékot választ le, amely forraláskor feloldódik és lehüléskor csillogó sárga lemezek formájában kiválik ( $\text{PbI}_2$ ).

### A továbbiakban a szűrletet dolgozzuk fel.

A híg sósavval megsavanyított oldatból  $\text{H}_2\text{S}$  gázzal híg savakban nem oldódó, szulfidokból álló csapadék keletkezik. Néhány perces gázbevezetés után már leválik a csapadék zöme. Célszerű azonban az oldatot forrásig melegíteni és kb. 20 percig, többszöri felmelegítés mellett tovább folytatni a  $\text{H}_2\text{S}$  bevezetését, hogy az V értékű  $\text{As}$  vegyületek III értékűvé redukálódhassanak. A későbbiek során levált csapadék már többnyire sárga színű ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ). Az itt levált csapadékot a korábban használt szűrőre víve egyesítjük a már levált szulfidokkal. A  $\text{H}_2\text{S}$  gáz bevezetését és az oldat ismételt felmelegítését mindaddig kell folytatni, míg az oldatból kivett kb. 1 ml-nyi háromszorosára hígított és forralásig hevített minta  $\text{H}_2\text{S}$  gázzal már nem mutat csapadékot.

A szűrleteket az  $\text{Al}^{3+}$  vizsgálathoz eltesszük.

A leszűrt csapadékot  $\text{H}_2\text{S}$ -es, pár csepp  $\text{HCl}$ -at tartalmazó vízzel mossuk, majd porcelán tálba téve  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ -dal vízfürdőn enyhén melegítjük. Ügyeljünk, hogy a hőmérséklet ne emelkedjék  $60\text{ }^\circ\text{C}$  fölé (erről úgy győződünk meg, hogy kézben még éppen



tartható legyen a porcelántál), kb. 5 perces melegítés hatására az As, Sb és Sn szulfidjai tiosók formájában feloldódnak.

Szűrés és sósavas  $\text{H}_2\text{S}$ -es vízzel való gondos kimosás után a csapadékot porcelántálba tesszük és 2 M  $\text{HNO}_3$  oldattal forrásig hevítve feloldjuk. Ha  $\text{HCl}$ -val  $\text{Pb}^{2+}$ -t mutattunk ki, akkor a  $\text{Pb}^{2+}$ -iont a  $\text{Bi}^{3+}$ -iontól el kell választani.

A  $\text{Pb}^{2+}$ -iont a  $\text{Bi}^{3+}$ -iontól úgy választhatjuk el, hogy az oldatot cc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -val elegyítjük és fülkében mindaddig hevítjük, amíg már huzamos ideig fejlődik a  $\text{H}_2\text{SO}_4$  bomlásából származó fehér füst, a  $\text{SO}_3$ . Lehűtés után óvatosan hígítsuk fel vízzel az elegyet és szűrjük le.

Az ólom-szulfát szüredékét  $\text{NH}_3$  oldattal elegyítve, fehér pelyhes csapadék alakjában leválasztható a  $\text{Bi}(\text{OH})_3$ . A csapadékot leszűrjük, kevés vízzel kimossuk és friss  $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_4]$  oldattal azonosítjuk a  $\text{Bi}^{3+}$ -iont.

Az ammónium-poliszulfidos oldat feldolgozása a következőképpen történik:

Az oldatot vízzel kb. kétszeresére hígítjuk, és híg sósavval (fülkében) folytonos keverés közben megsavanyítjuk. A sósav hatására  $\text{H}_2\text{S}$  felszabadulás közben csaknem tejfehérré válik az oldat a poliszulfidból keletkezett kénből, az arzén- antimon- és ón-szulfid pedig gyorsan ülepedő és összeálló színes pelyhekben jelenik meg. A kén annyira finom eloszlású, hogy szűrőpapíron szűrve azon keresztülmegy, úgy, hogy csak a szulfidok maradnak a szűrőn.

A csapadék feldolgozását 1:1 arányban hígított sósavas oldással folytatjuk tovább. A sósavban melegítés hatására oldódik az Sn és az Sb szulfidja. Szűrés, és híg sósavas vízzel történő mosás után az As szulfidjai  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ -os forralással feloldhatók. Az arzén azonosítása magnézia-mixturával vagy Bettendorf-reagenssel történik.

A sósavas szűrlethez, amely az Sn és Sb ionjait tartalmazza, fényes, zsirtalanított vasszőget adunk és kb. 10 percig melegítjük vízfürdőn. A vasszőgre rakódott Sb sötét színéről könnyen felismerhető. Azonosítását úgy is elvégezhetjük, hogy a csapadékot borkósavban kevés  $\text{HNO}_3$ -val leoldjuk, a nitrózus gázok elfőzése után  $\text{H}_2\text{S}$ -es vízzel reagáltatva narancssárga csapadékot kapunk.

Az Sn azonosítása  $\text{HgCl}_2$ -dal vagy lumineszcencia próbával történik.

A  $\text{H}_2\text{S}$ -es lecsapás utáni szűrletből morinnal vagy alizarin-szulfonsavas nátriummal  $\text{Al}^{3+}$ -ra vizsgálunk.

### **3. Elemzési feladat (anionelemzés)**

Lehetséges ionok:  $\text{SO}_3^{3-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{3-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ .

#### **Elővizsgálatok:**

1. Adjon az oldathoz híg sósavat és tartson a kémcső szájához ólom-acetát oldattal megnedvesített szűrőpapírt. Fekete folt  $\text{H}_2\text{S}$ , azaz  $\text{S}^{2-}$  ion jelenlétére utal.
2. Adjon az oldathoz híg sósavat és tartson a kémcső szájához nátrium-jodát és keményítő oldattal megnedvesített szűrőpapírt. Kék folt  $\text{SO}_2$  keletkezésére, azaz  $\text{SO}_3^{2-}$  és/vagy  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  jelenlétére utal.

Ha szulfid, szulfit, tioszulfát és szulfát egyszerre van az oldatban és az oldatot híg sósavval megsavanyítjuk, a szulfidból keletkező kénhidrogén és a szulfitból és tioszulfátból

keletkező kéndioxid egymással reagál és kén válik ki. Ez a kénkiválás természetesen lehetlenné teszi, hogy a tioszulfátból kiváló kén alapján a tioszulfátot azonosítsuk. Azt sem lehet a sósavas reakció és a fejlődő gázok tesztelése alapján eldönteni, hogy szulfid és tioszulfát közül csak az egyik vagy mindkettő jelen van-e az ismeretlen mintában. Ezen komplikációk miatt szükség van arra, hogy az ionokat csapadékos reakciók alapján elválasszuk egymástól. Az alábbiakban erre ismertetünk egy elválasztási módszert.

Rázza össze az oldatot frissen leválasztott  $\text{CdCO}_3$  csapadék feleslegével, hagyja rövid ideig állni, majd szűrje le.

<b>Maradék:</b> CdS és a $\text{CdCO}_3$ feleslege. Reagáltassa a csapadékot híg ecetsavval, a karbonát felesleg elbontására. A maradék sárga CdS csapadék szulfidra utal. Adjon a csapadékhoz híg sósavat, melegítse és vizsgáljon a fejlődő $\text{H}_2\text{S}$ gázra ólom-acetátos papírral. $\text{S}^{2-}$ -ion.	<b>Szűrlet:</b> Adjon az oldathoz $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ oldatot kis feleslegben, rázza össze, hagyja állni éjszakán át, majd szűrje le.
	<b>Maradék:</b> $\text{SrSO}_3$ és $\text{SrSO}_4$ csapadék. Mossa, adjon hozzá híg HCl-t, majd szűrje le.
	<b>Szűrlet</b> Vízben oldott $\text{SrS}_2\text{O}_3$ -at tartalmaz. Savanyítsa meg az oldatot híg HCl-el és forralja. $\text{SO}_2$ fejlődik és lassan S válik ki az oldatból.
	<b>Maradék:</b> Fehér $\text{SrSO}_4$ csapadék. $\text{SO}_4^{2-}$ -ion.
	<b>Szűrlet:</b> Az oldat kénes-savat (szulfidot) is tartalmaz. Adjon az oldathoz néhány csepp jódot oldatot. Elszintelenedik: $\text{SO}_3^{2-}$ -ion.
	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ -ion.

#### 4. Elemzési feladat (anionelemzés)

Lehetséges ionok:  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ .

##### Elővizsgálatok:

1. Reakció híg HCl-val. A vizsgálandó anyaghoz adjunk híg HCl-ot és tartsunk fölé Pb-acetátos papírt.  $\text{S}^{2-}$ -ion jelenléte esetén a szűrőpapír megfeketedik. (Ezt a reakciót a többi ion jelenléte nem zavarja.)

2. Adjunk a semleges kémhatású oldat 1 ml-éhez  $\text{BaCl}_2$  oldatot. A keletkezett fehér csapadék  $\text{F}^-$ -ion jelenlétére mutat.

3. Adjunk az oldat 1 ml-éhez  $\text{AgNO}_3$  oldatot. (Ha az 1. elővizsgálat  $\text{S}^{2-}$  jelenlétét mutatta, akkor ezt a reakciót csak a  $\text{S}^{2-}$ -ion oldatból való eltávolítása után használhatjuk.) A fehér vagy sárgásfehér csapadék  $\text{Cl}^-$ -,  $\text{Br}^-$ -,  $\text{I}^-$ -ion jelenlétére mutat.

##### Az elemzés menete:

1. A  $S^{2-}$ -iont már az elővizsgálatok során kimutattuk. Ezen kívül még semleges, vagy gyengén savas oldatból  $Cd^{2+}$ -ionnal sárga csapadékot képez. Azonosítható még nitroprusszidnátrium reagenssel.

2.  $F^-$ -ion nedvesítési próbával azonosítható.

3.  $Cl^-$ -ion  $Br^-$  és  $I^-$ -ionok melletti kimutatására többféle módszer ismeretes.

$Ag^+$ -ionnal mindhárom ion fehér, sárgásfehér, illetve sárgás színű csapadékot ad.  $NH_3$  oldat oldja az  $AgCl$ -ot, az  $AgBr$ -ot csak részben, az  $AgI$   $NH_3$ -ban gyakorlatilag oldhatatlan. (Vigyázat! A frissen leválasztott csapadék kismértékben oldódhat!)

a)  $Cl^-$ -ion kromil-kloridos reakcióval vagy a Berg-próbával mutatható ki. A  $Br^-$  és  $I^-$  ionok e reakciókat nem zavarják.

b)  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$  együttes előfordulásakor eljárhatunk úgy is, hogy a halogenid ionokat tartalmazó oldatot cc  $HNO_3$  oldattal elegyítve forraljuk, míg a folyadék kb. 2/3 része elpárolgott: ekkor az oldat már bróm- és jódmentes lesz. Kis mintából  $Cl_2$ -vízzel ellenőrizzük a  $Br_2$  és  $I_2$  hiányát, majd az oldatból  $Ag^+$ -ionnal kloridra vizsgálunk.

4. A  $Br^-$  és  $I^-$ -ionok egymás melletti kimutatása  $Cl_2$ -os vízzel történik  $CCl_4$ -os kirázás után. A  $I^-$ -ion emellett még  $Br_2$ -os vízzel is kimutatható  $CCl_4$ -os kirázás után.

## **5. Elemzési feladat (anionelemzés)**

Lehetséges ionok:  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $BO_3^{3-}$ .

### Elővizsgálatok:

1. Reakció híg  $HCl$ -val:  $CO_3^{2-}$ -ion jelenléte esetén  $CO_2$  keletkezik, amely baritvízbe bevezetve zavarodást okoz.

2. Adjunk a semleges oldat 1 ml-éhez  $BaCl_2$  oldatot: ha a keletkező csapadék sárgás színű, akkor  $PO_4^{3-}$ -ion jelenléte lehetséges. A  $CO_3^{2-}$  és  $BO_3^{3-}$  fehér csapadékot képez.

3.  $AgNO_3$  semleges oldatból a  $NO_2^-$ - és  $NO_3^-$ -ionok kivételével a többi ionból csapadékot választ le. (Az  $AgNO_2$  tömény oldatból kiválhat fehér csapadék alakjában.)

4. Adjunk a vizsgálandó oldat 1 ml-éhez  $I^-$ -iont tartalmazó oldatot és savanyítsuk meg.  $I_2$  kiválás a  $NO_2^-$ -ion jelenlétére mutat.

### Az elemzés menete:

1.  $CO_3^{2-}$  kimutatása: A sósav hatására keletkező  $CO_2$  a baritvizet megzavarosítja.

2.  $PO_4^{3-}$  kimutatása: cc  $HNO_3$  +  $(NH_4)_2MoO_4$ -tal lehetséges.  $PO_4^{3-}$  esetében sárga, kristályos ammónium-foszformolibdát csapadék válik le.

3.  $BO_3^{3-}$  kimutatása a metil-borát reakcióval a legjobb (oldat + cc  $H_2SO_4$  +  $CH_3OH$  meggyújtva).

4.  $NO_2^-$  kimutatása híg oldatból Griess-Ilosvay reagenssel történik, (töményebb oldat esetén az intenzív vörös szín nem észlelhető). A  $NO_2^-$ -ion még ecetsav jelenlétében  $FeSO_4$ -tal is kimutatható.

5.  $NO_3^-$  kimutatása előtt meg kell győződnünk a  $NO_2^-$ -ion jelenlétéről.  $NO_2^-$  mellett a  $NO_3^-$ -ionra a  $NO_2^-$ -ion elroncsolása után lehet csak vizsgálni. A roncsolást

NH<sub>4</sub>Cl főzéssel, vagy kénsavas közegben karbamiddal hidegen végezzük. Ha az oldatból kivett cseppminta negatív a Griess-Ilosvay reagensre, akkor savanyítsuk meg az oldatot ecetsavval és a NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-iont fém Zn-vel NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-ionná redukáljuk, amit ismét a Griess-Ilosvay reagenssel azonosíthatunk.

### **6. Elemzési feladat (anionelemzés)**

Lehetséges ionok: CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>, S<sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, BO<sub>3</sub><sup>3-</sup>, F<sup>-</sup>,  
Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

#### **Elővizsgálatok:**

1. Híg HCl hatására gázfejlődést vagy csapadékkiválást mutató anionok: CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> és S<sup>2-</sup>. Ezek az ionok az anionok I. csoportjába tartoznak.
2. Ba<sup>2+</sup>-ionnal semleges közegben csapadékot adnak: F<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, BO<sub>3</sub><sup>3-</sup>-továbbá az I. csoportba sorolt SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>- és CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-ionok.  
A F<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, BO<sub>3</sub><sup>3-</sup>-ionok alkotják az anionok II. csoportját.
3. Ag<sup>+</sup>-ionnal HNO<sub>3</sub>-as közegben csapadékot ad: Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>. Ezek az anionok III. csoportjába tartoznak.
4. Az előbbi, 1. 2. 3. pont alatt említett kémszerekkel változást nem mutató ionok: NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Ezek az anionok a IV. csoportba tartoznak.
5. KI-os I<sub>2</sub> oldatot elszínteleníti a S<sup>2-</sup>, S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-ion.
6. KI-ból I<sub>2</sub>-t választ ki a NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-ion.

Vizsgálataink során ügyeljünk arra, hogy a két legfontosabb reagens az Ag<sup>+</sup>-ion és a Ba<sup>2+</sup>-ion anionjait célszerűen válasszuk meg (pl. BaCl<sub>2</sub>-os oldatot már nem reagáltathatunk Ag<sup>+</sup>-ionnal, mert végül AgCl csapadék keletkezik, Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> használatakor viszont arra kell ügyelni, nehogy az oldatba vitt NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-ion zavarjon).

Az elővizsgálatok után a vizsgálat a 3-5. elemzés leírása szerint hajtható végre.

### **7. Elemzési feladat (kationelemzés)**

Lehetséges ionok: Pb<sup>2+</sup>, Ag<sup>+</sup>, Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Bi<sup>3+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>

#### **Elővizsgálatok:**

1. A vizsgálandó oldat 1 ml-éhez adjunk HCl-t. Fehér csapadék megjelenése Pb<sup>2+</sup>, Ag<sup>+</sup>, Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup>-ionra utal. Ha melegítve a csapadék feloldódik, akkor csak Pb<sup>2+</sup> van jelen.
2. A vizsgált oldat 1 ml-éhez adjunk nagy fölöslegben NH<sub>3</sub>-t és szűrjük le. Az oldat mélykék színe Cu<sup>2+</sup>-ion jelenlétére mutat.
3. Végezzünk lángfestést: zöld szín Cu<sup>2+</sup>-ion jelenlétére mutat.

### Az elemzés menete:

Ha az elővizsgálat  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ -ion jelenlétére mutat, akkor a próba főtömegéhez addig csepegtetünk HCl-at, míg a csapadék összeáll, és leülepedés után a folyadék tisztája 1 csepp HCl-val nem ad csapadékot. Ezután a csapadékos folyadékot vízcsap alatt rázogatás közben teljesen lehűtjük, szűrjük és a csapadékot kevés hideg vízzel kimossuk. A mosófolyadékot a szűrlettel egyesítjük és eltesszük a további vizsgálatokhoz.

A szűrőn levő csapadékot forró vízzel kimossuk, és a szűrletből a 2. elemzésben leírtak alapján  $\text{Pb}^{2+}$ -ra vizsgálunk. A forró vízzel jól kimosott csapadékot ezután  $\text{NH}_3$ -al mossuk. A megfeketedő csapadék  $\text{Hg}_2^{2+}$ -ionra utal. A szűrlethez  $\text{HNO}_3$ -t adunk (savas kémhatásig), és ha  $\text{Ag}^+$ -ion jelen van, fehér  $\text{AgCl}$  csapadék válik le.

A klorid csapadékokról leszűrt oldatból  $\text{H}_2\text{S}$ -dal választjuk le a többi iont. A leváló csapadék összetétele:  $\text{HgS}$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ ,  $\text{CdS}$  és  $\text{Pb}^{2+}$ -ion esetén kevés  $\text{PbS}$ . A leválasztást meleg oldatból huzamosabb gázbevezetéssel végezzük, és figyelemmel kell lennünk arra, hogy a sok csapadékleválás miatt az oldat aciditása erősen megnövekedhet, és ez akadályozza a  $\text{CdS}$  leválását, ezért célszerű a leválasztás közben többször felhigítani és felmelegíteni az oldatot.

A szűrletet  $\text{Zn}^{2+}$ -ion vizsgálatához félretesszük. A szulfid csapadékot ezután 20%-os  $\text{HNO}_3$ -ban oldjuk. A  $\text{HgS}$  kivételével a többi szulfid feloldódik. A csapadékot leszűrjük és mossuk. A szűrletet további vizsgálatokhoz félretesszük.

A  $\text{HgS}$  csapadékot kevés királyvízben oldjuk, majdnem szárazra pároljuk és a maradékot kevés HCl-val és vízzel felvesszük.  $\text{Hg}^{2+}$ -ionra  $\text{SnCl}_2$ -dal illetve KI-dal vizsgálunk.

A salétromsavas oldás szűrletét a következőképpen dolgozzuk fel:

Ha HCl-val  $\text{Pb}^{2+}$ -ion jelenlétét kimutattuk, akkor a  $\text{Pb}^{2+}$ -iont  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -dal a 2. elemzésben leírt módon eltávolítjuk. Ezután az oldathoz feleslegben  $\text{NH}_3$ -at adunk és leszűrjük. A  $\text{Bi}(\text{OH})_3$  csapadékot kevés vízzel kimossuk, és friss  $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_4]$  oldattal azonosítjuk a  $\text{Bi}^{3+}$ -iont. Az oldat kék színe már mutatja a  $\text{Cu}^{2+}$ -ion jelenlétét, de célszerű az oldat kis részletéből azonosítási reakciót is végezni. Enyhén ecetsavas közegben  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  hatására vörösbarna csapadék keletkezik. Az oldat nagyobb részét  $\text{Cd}^{2+}$  kimutatására használjuk fel.

Mivel a  $\text{Cu}^{2+}$ -ion zavarja a  $\text{Cd}^{2+}$ -ion kimutatását, a kék színű  $\text{NH}_3$ -ás oldathoz annyi KCN-ot adunk, hogy az oldat teljesen elszíntelenedjék (Vigyázat! Igen erős mérgező, sav hatására HCN gáz szabadul fel!). Ebből az oldatból  $\text{H}_2\text{S}$  gázzal sárga pelyhes csapadékként leválik a  $\text{CdS}$ . Sok réz esetében megtörténik, hogy KCN-os oldat a  $\text{H}_2\text{S}$  bevezetésekor megsárgul, esetleg kevés vörösbarna kristályos csapadék is leválik, a rubeán-hidrogén  $(\text{CSNH}_2)_2$  keletkezése miatt, amely azonban jól megkülönböztethető a  $\text{CdS}$  csapadék konzisztenciájától. A csapadék leszűrése és  $\text{H}_2\text{S}$ -es vízzel való kimutatása után feloldjuk a  $\text{CdS}$ -ot és ismét leválasztva azonosítjuk.

A  $\text{H}_2\text{S}$ -es leválasztás utáni szűrletből  $\text{Zn}^{2+}$ -re vizsgálunk. A  $\text{Zn}^{2+}$ -ion sósavas közegben nem ad csapadékot  $\text{S}^{2-}$ -ionnal és így a többi iontól egyszerűen elválasztható. Azonosítását ditizonnal vagy nátrium-acetátos-ecetsavas közegben  $\text{H}_2\text{S}$ -es leválasztással végezzük el. (Az oldat  $\text{NH}_4^+$ -iont tartalmaz és így eleve biztosított az ammónium-acetátos közeg.)

## **8. Elemzési feladat (kationelemzés)**

Lehetséges ionok:  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ .

### Elővizsgálatok:

A fenti ionok elemzés során jól elválaszthatók egymástól. Az ionokra jellemző reakciók azonban egymást zavarhatják, így elővizsgálatok végzése nem célszerű.

### Az elemzés menete:

Az ionok leválasztását  $\text{NH}_3$  oldattal enyhén meglúgosított közegből  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -dal végezzük.

A meleg, de nem forró oldathoz híg  $\text{NH}_3$ -t adunk gyengén lúgos kémhatásig, amit a kezdődő csapadékleválásból észlelhetünk. Ezután kisebb részletekben szintelen  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  oldatot adunk hozzá mindaddig, míg csapadék válik le. Ügyeljünk, mert csak igen kis feleslegben lehet jelen az  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , ellenkező esetben ugyanis a leváló  $\text{NiS}$  egy része barna színű kolloidot ad, mely csak igen nehezen (szerencsés esetben jégecetes forralással, rosszabb esetben pedig csak szárazra párolás és ismételt oldás útján) alakítható át szűrhető csapadékká. Itt említjük meg az  $\text{NH}_4^+$ -ion felesleg zavaró hatását is, mely a  $\text{Cr}^{3+}$ , esetleg a  $\text{Co}^{2+}$  vegyületek egy részét komplexbe viheti, amikor a szűrlet kék vagy rózsaszínű lesz.

A leválasztott csapadék hidroxidokból és szulfidokból áll:  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{MnS}$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{CoS}$ ,  $\text{NiS}$ . A csapadékot kevés  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -ot tartalmazó hideg vízzel kimossuk, majd 1 M  $\text{HCl}$ -val hidegen reagáltatva kioldjuk a  $\text{CoS}$  és  $\text{NiS}$  mellől a többi vegyületet, és azonnal leszűrjük.

A szűrletet a benne levő ionok kimutatása céljából a  $\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2$ -os módszer szerint dolgozzuk fel.

Először is forralással kiűzzük a  $\text{H}_2\text{S}$ -t, majd lehűtés után  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -tal közömbösítjük az oldatot kezdődő csapadék leválásig. Enyhe melegítés mellett a  $\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2$  reagenst hozzáöntjük az oldathoz. A reagenst azonos térfogatú 30%-os  $\text{NaOH}$ -ból és 3%-os  $\text{H}_2\text{O}_2$ -ból készítjük. A keletkező csapadékot, mely  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  és  $\text{MnO}(\text{OH})_2$  keveréke lehet, leszűrjük és forró vízzel kimossuk.

Az oldat sárga színe krómvegyülettől ( $\text{CrO}_4^{2-}$ -ion) származhat. (Ezért kell ügyelni arra, hogy a felhasznált  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  szintelen legyen!)

Az  $\text{Al}^{3+}$ -ot úgy mutathatjuk ki, hogy az oldatot szilárd  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -dal az  $\text{NH}_3$  szag eltűnéséig főzzük. A levált pelyhes fehér csapadék alumínium jelenlétére mutat. A csapadék sósavban oldódik.

Az alumínium azonosítására feltétlenül végezzük el a morinos vagy alizarin-szulfonsavas- $\text{Na}$ -os, a króm azonosítására pedig a peroxo-krómsavas reakciót.

A  $\text{NiS}$ ,  $\text{CoS}$  csapadékot  $\text{CH}_3\text{COOH}$  és néhány csepp 30%-os  $\text{H}_2\text{O}_2$  elegyében oldjuk, a kivált ként leszűrjük és a szűrletet néhány ml-re bepároljuk. A  $\text{Co}^{2+}$  azonosítását célszerű  $\text{NH}_4\text{SCN}$ -dal, amilalkoholos-éteres kirázással, a  $\text{Ni}^{2+}$  kimutatását pedig a dimetil-glioximos reakcióval elvégezni. A  $\text{Co}^{2+}$ -ion a  $\text{KNO}_2$ -es reakcióval is kimutatható és elválasztható a  $\text{Ni}^{2+}$ -iontól.

A  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  és  $\text{MnO}(\text{OH})_2$  csapadék egy részét cc.  $\text{HCl}$ -ban oldjuk. A  $\text{Fe}^{3+}$ -iont savas közegben  $\text{SCN}^-$ -ionnal mutatjuk ki. Ügyeljünk arra, hogy csak akkor fogadhatjuk el pozitívnak a reakciót, ha legalább ötszörös hígítás mellett is észlelhető a határozott piros színreakció. Ez az oldat a  $\text{Mn}^{2+}$  kimutatására nem használható, mert a  $\text{Cl}^-$ -ion zavarja a

$\text{Mn}^{2+}$ -ionok  $\text{MnO}_4^-$ -tá oxidálódását. Mangán kimutatásához a  $\text{MnO}(\text{OH})_2$  csapadékot nem sósavban, hanem 1:1 hígítású  $\text{HNO}_3$ -ban oldjuk és ezután  $\text{PbO}_2$ -vel  $\text{MnO}_4^-$ -ionná oxidáljuk. Az elegy leszűrése vagy leülepedése után az oldat lila színe jól észlelhető.

### **9. Elemzési feladat (kationelemzés)** (Összetett kation vizsgálat)

Lehetséges ionok:  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ,  
 $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{As}^{5+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  
 $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  
 $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ .

Elővizsgálatok:

#### a) A még fel nem oldott anyagból

Az anyag külső megjelenése (pl. színe) alapján is következtethetünk az összetételre. Pl. fehér anyag esetén a színes ionok ( $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  stb.) jelenléte kizárható. Vigyázzunk azonban arra, hogy az anyag színe tévútra is vezethet (pl. sárga és kék kristályok finom porítása zöld port eredményez.)

Ha a kapott anyag elfolyósodott, akkor higroszkópos vegyületnek (pl.  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) kell jelen lennie.

A következő vizsgálatokat célszerű elvégezni:

1. Lángfestési próba ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ )
2. Lumineszcencia próba ( $\text{Sn}^{2+}$  és  $\text{Sn}^{4+}$ )
3. Lúgos vizsgálat  $\text{NH}_4^+$ -ionra.

#### b) Az oldatból

Az elvégzett oldáspróbák is nyújthatnak felvilágosítást a kapott ionok minőségéről (pl. vízben oldhatatlan anyag esetén vízben rosszul oldódó karbonát, szulfát, vagy klorid lehet jelen).

1. Vizsgáljunk  $\text{HCl}$ -val az I. osztály ionjaira.
2. Hígítsuk fel erősen a vizsgálandó oldatot vízzel. Ha az oldat opalizál (hidrolizál)  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$  és/vagy  $\text{Sn}^{2+}$  jelenlétére számíthatunk.
3. Kevés oldathoz adjunk főlegben  $\text{NH}_3$  oldatot. Szűrés után az oldat mélykék színe  $\text{Cu}^{2+}$  és  $\text{Ni}^{2+}$  jelenlétére utal.

Az ismeretlen összetételű minta feloldása után a kationok kimutatását végezhetjük a Fresenius-rendszer alapján. Ez a módszer a kationok különböző anionokkal, úgymint klorid-, szulfid- és karbonát-ionokkal való csapadékképzésén, illetve a keletkező csapadékok különböző oldhatóságán alapszik. Mivel a fent említett anionok kémiai tulajdonsága különböző (pl.: redoxiviselkedés, bomlékonyság stb.), a kationok kimutatását is nagymértékben befolyásolhatja az oldás körülménye. Kerülni kell pl. az oxidáló hatású  $\text{NO}_3^-$ -ion jelenlétét, mely már az I. osztály leválasztásánál, erősen savas oldatban, a  $\text{H}_2\text{S}$  gáz bevezetésekor erős kénkiválást okozhat, ami a további munkát nehezzé teszi.

A vizsgálandó anyagnak vízben és savakban történt feloldása után vizes, híg sósavas, tömény sósavas, salétromsavas és királyvizes oldatunk lehet. Az oldatokat nem mindig használhatjuk fel közvetlenül elemzésre, mert a tömény és oxidáló hatású savak sok zavart okozhatnak, ezeket többnyire el kell távolítani.

A tömény sósavas oldatot a H<sub>2</sub>S gáz bevezetése előtt célszerű vízzel felhígítani. Ha a HCl-as oldat vízzel való hígítása közben csapadék képződik, úgy kell eljárunk, hogy az oldatot addig hígítjuk vízzel, amíg csapadék már nem keletkezik, majd a kivált csapadékot leszűrjük és kevés tömény sósavban feloldva, külön vizsgálatra félretesszük. A vízzel erősen hígított oldatot pedig kisebb térfogatra kell bepárolni.

Eljárhatunk azonban úgy is, hogy a tömény HCl-as oldatból kezdjük leválasztani H<sub>2</sub>S-nel az I. és II. osztályú ionokat, majd a 2 M HCl oldat kémhatásáig hígítunk vízzel, az oldatot forrásig melegítjük, majd tovább folytatjuk a H<sub>2</sub>S bevezetését. Az oldat többszöri felmelegítése és hígítása közben addig vezetünk az oldatba H<sub>2</sub>S-t, amíg az oldat tisztájából dekantált minta háromszoros hígítás és ismételt felmelegítés mellett sem ad már H<sub>2</sub>S gázzal csapadékot. Az oldat hígítása különösen a sok csapadékleválás esetében fontos, mert a leválasztott szulfid csapadékkal ekvivalens mennyiségű H<sup>+</sup>-ion jut az oldatba, amely az oldat savasságát jelentősen megnövelve a CdS leválást teljesen megakadályozhatja.

A királyviz és salétromsavas oldatot szárazra, esetleg csak szirupsűrűségig kell bepárolni, amit porcelán csészében vízfürdőn végzünk el. A bepárolt oldat maradékát vízben vagy kevés híg sósavban oldjuk.

A kationok kimutatása többnyire szétválasztásukkal kapcsolatos, ami különböző reagensekkel, ún. csoportreagensekkel való viselkedésükön alapszik.

#### I. csoport

Csoportreagens: savanyú vagy semleges közegben a Cl<sup>-</sup> ion. Cl<sup>-</sup>-ionokkal leválasztható csapadék: AgCl, PbCl<sub>2</sub> (csak részben), Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>.

#### Ia. csoport

Csoportreagens: 2 M HCl-as közegben: S<sup>2-</sup>-ion.

Sósavas közegben H<sub>2</sub>S gázzal leválasztható csapadék: HgS, (PbS), CuS, Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, CdS, As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, As<sub>2</sub>S<sub>5</sub>, Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, SnS, SnS<sub>2</sub>.

(Ügyelni kell arra, hogy ha az I. osztályban Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup>- és Pb<sup>2+</sup>-ion van jelen, akkor ezek az ionok az II. csoportban is kimutathatók. A Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup>-ion mellett ugyanis mindig van Hg<sup>2+</sup>-ion is. A Pb<sup>2+</sup>-ion viszont Cl<sup>-</sup>-ionnal nem választható le tökéletesen az I. osztályban. Még az is előfordulhat híg oldatnál, hogy a Pb<sup>2+</sup> az I. csoportban nem látható.)

#### Ib. osztály

Csoportreagens: (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>x</sub>-os melegítés hatására feloldódnak, és így a többiektől szűrővel elválaszthatók az As, Sb és Sn szulfidjai.

#### III. csoport

Csoportkémszer: NH<sub>3</sub>-tól gyengén lúgos közegben: S<sup>2-</sup>-ion.

Az Ia csoportról leszűrt oldatból a H<sub>2</sub>S gáz kiforrálása és semlegesítés után (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S hatására leválnak: FeS, CoS, NiS, MnS, Cr(OH)<sub>3</sub>, Al(OH)<sub>3</sub> és ZnS.

#### IV. csoport

Csoportkémszer a S<sup>2-</sup>-iontól mentes, semleges kémhatású közegben CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-ion. Az oldatnak NH<sub>4</sub>Cl-ot kell tartalmaznia. A leválasztást (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-tal végezzük. A csapadék összetétele lehet: CaCO<sub>3</sub>, SrCO<sub>3</sub> és BaCO<sub>3</sub>.

#### V. csoport

Csoportreagens nincs. Ide tartozik az I. II. III. IV. csoportban le nem vált Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> és Mg<sup>2+</sup>, esetleg Ca<sup>2+</sup>-ion.



Példa a jegyzőkönyv elkészítésére:

Dátum: xxxx. xx. xx.

X. Elemzési feladat (kation elemzés)

Lehetséges ionok:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ .  
 $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ .

Az anyag megjelenési formája: fehér, kristályos anyag

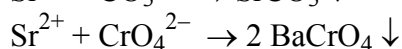
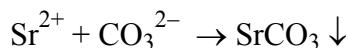
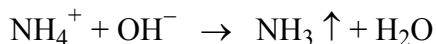
Oldódás: vízben oldódik

Kémiai reakciók:

Elővizsgálatok:

- lángfestés: intenzív sárga szín észlelhető →  $\text{Na}^+$
- az oldatot meglúgosítva és forralva, a kémcső szájához tartott nedves pH papír lúgos kémhatást mutat →  $\text{NH}_4^+$
- az oldathoz nátrium-karbonátot adva fehér csapadék válik le
- az oldathoz szilárd  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -ot adva, majd  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -ot adva fehér csapadék válik le. A csapadékot szűrtem.  
A csapadék híg ecetsavban oldódik.
  - az ecetsavas oldathoz nátrium-acetátot és  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  oldatot adva csapadék nem válik le (nincs  $\text{Ba}^{2+}$ )
  - az oldatot  $\text{NH}_3$  oldattal gyengén meglúgosítva, majd  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  oldatot adva hozzá lassan sárga csapadék válik le.
  - lángfestés: vörös szín észlelhető →  $\text{Sr}^{2+}$
  - az oldat semlegesítése után  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  oldattal csapadék nem válik le (nincs  $\text{Ca}^{2+}$ )
- A szűrlet vizsgálata.
  - az oldathoz  $\text{NaOH}$  oldatot adva csapadék nem válik le.
  - az oldathoz  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -et adva csapadék nem válik le (nincs  $\text{Mg}^{2+}$ )
  - az ammóniumionok elfüstölése után az oldathoz cc  $\text{HClO}_4$ -et adva csapadék nem keletkezik (nincs  $\text{K}^+$ )

Összefoglalás (reakcióegyenletek):



Talált kationok:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  és  $\text{Sr}^{2+}$ .

=====

## Preparatív és elemzési feladat:

### Kémiai tisztítás

A feladat célja: tiszta vegyület előállítása szennyezett anyagból.

#### A munka az alábbi részekre tagolható:

- A) Egy ismeretlen anyagkeverék főtömegének és szennyezőjének meghatározása.
- B) Egy megadott vegyület elkészítési és tisztítási módszerének kidolgozása.
- C) A vegyület elkészítése.
- D) A vegyület tisztaságának ellenőrzése.

#### A) A minta elemzése

Az ismeretlen anyag 10 g főtömegeből és 0,5-1 g szennyezésből tevődik össze, ezért rendkívül lényeges, hogy az elemzés előtt az anyagot jól elporítsuk, homogenizáljuk.

Az elemzés során meg kell határozni a minta főtömegét, valamint a szennyező anionokat és kationokat. Néhány kation anion formájában is előfordulhat (pl. króm  $\text{CrO}_4^{2-}$  formájában vagy arzén  $\text{AsO}_3^{3-}$  formájában).

Az anionok közül csak a 4 legfontosabb fordul elő:  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Az elemzés során rendkívül fontosak az elővizsgálatok. Nagyon lényeges megállapítani, hogy milyen ionok vannak vízdoldható és milyen ionok savoldható formában, mert az elválasztás szempontjából fontos lehet. Egyes kationok ismerete már eleve kizár bizonyos anionokat (pl. vízdoldható  $\text{Ag}^+$ -ion esetén nem lehet vízdoldható  $\text{Cl}^-$ , vagy  $\text{CO}_3^{2-}$  ion;  $\text{Ba}^{2+}$  ion mellett nem lehet  $\text{SO}_4^{2-}$  ion vízdoldható formában, de  $\text{BaCO}_3$  mellett lehet  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , mert oldással elválasztható).

Előfordulhat, hogy a vizsgálandó anyagban anion nem mutatható ki (fémek, oxidok és hidroxidok jelenléte esetén), de a főtömeg meghatározásánál fel kell tüntetni, hogy fém ill. -oxid, vagy -hidroxid van-e jelen.

Az elemzés az előző oldalakon leírtak alapján végezhető el. Az anion vizsgálathoz szódás főzetet (mivel csak a négy fontosabb anion fordul elő) csak speciális esetben kell készíteni.

A minta főtömegét úgy határozhatjuk meg, hogy az elemzés elvégzése után készítünk egy nagyon híg oldatot, és megnézzük, hogy melyik anion és kation ad még jól észlelhető reakciót. Nagyon fontos végiggondolni mennyire érzékeny az a reakció, amit az adott ion kimutatására használunk.

A jegyzőkönyv elkészítése az elemzéseknél megszokott módon történí, de külön kell megjelölni a főtömeget.

Pl. főtömeg:  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$

szennyezés:  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$

A beadott elemzés javításakor a javítók megadják, hogy milyen szervesetlen preparátumot kell az elemzett anyagból elkészíteni.

## B) Egy megadott vegyület elkészítési és tisztítási módszerének kidolgozása.

A kijavított elemzés, illetve a minta főtömegének és szennyezőinek ismeretében ki kell dolgozni egy elválasztási módszert, mellyel az anyag a szennyezőktől megtisztítható, majd a tiszta anyagból egy megadott szerves vegyületet elő kell állítani. Érdemes a tisztítási és preparatív feladatot egyszerre átgondolni, mivel előfordulhat, hogy a tisztítási művelet összeköthető a preparatív lépésekkel és nincs szükség az első tisztítási műveletre. Természetesen a preparatív lépések során bekerült szennyezők elválasztásáról is gondoskodni kell.

A tisztítási lépéseknél lényeges az anyag oldhatóságának ismerete, mert így sok anyag szétválasztható, pl. a fenti példában közölt ionok esetén a  $\text{ZnSO}_4$  vízzel kioldható a karbonát szennyezések mellől.

Az elválasztási módszer kidolgozásánál az elemek és vegyületeik általános kémiai tulajdonságait vegyük alapul, ne pedig az analitikai elválasztásukat (pl.  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  elegyből, ha az  $\text{Al}^{3+}$  ionra van szükség, úgy  $\text{NH}_3$ -al csak az  $\text{Al}(\text{OH})_3$  csapadék keletkezik, a  $\text{Cu}^{2+}$  és  $\text{Zn}^{2+}$  komplexet képez és az oldatban marad). A  $\text{H}_2\text{S}$ -es szulfidcsapadék leválasztását lehetőleg kerüljük.

A beadott munkamenetet az oktatók felülvizsgálják, minősítik, és ha nem megfelelő, visszaadják átdolgozni. Ha az átdolgozás sem sikerül, akkor az oktatók adják meg a helyes módszert.

## C) A vegyület elkészítése

A kívánt vegyület elkészítéséhez a szerves vegyületek előállításának általános szabályai a mérvadóak. A fellelhető különféle szerves kémiai praktikumok és könyvek is hasznos információt nyújtanak, esetleg egy konkrét előállítás meg is található valamelyik könyvben, vagy jegyzetben. Törekedjünk arra, hogy az előállítás lépései egyszerűek legyenek és az alkalmazott vegyszerek lehetőleg olcsók és a környezetet kevésbé károsítóak.

## D) A vegyület tisztaságának ellenőrzése

Az előállított szerves anyag tisztaságát ellenőrizni kell. Természetesen előnyösebb helyzetben vagyunk, mint egy ismeretlen anyag azonosításakor, hiszen ismerjük a kiindulási anyagot és szennyezőit, a preparatív munka során használt reagenseket, lecsapószerkeket, stb. Elegendő tehát azokra az anyagokra vizsgálnunk, amelyek az anyagunkban eredetileg benne voltak és amelyeket a munkánk során bevittünk. Megvizsgáljuk részben a csapadék mosásánál a mosófolyadékot, részben, ha az anyag oldható savban, akkor az anyagot is. A szennyező ionokon kívül a lecsapószer ionjaira is kiterjesztjük a vizsgálatot. A szennyezés vizsgálatot oktató jelenlétében is el kell végezni. A termék tisztaságát az oktató a füzetbe írt bejegyzésével minősíti.

A preparátumot ezután a szokott módon beadjuk. Kitermelési %-ot a 10 g kiindulási anyagra számoljuk.

## Függelék

### Néhány elem relatív atomtömege

Rend- szám	Név	Jel	Relatív atomtömeg	Rend- szám	Név	Jel	Relatív atomtömeg
13	Alumínium	Al	26,9815	25	Mangán	Mn	54,938
51	Antimon	Sb	121,75	42	Molibdén	Mo	95,94
79	Arany	Au	196,967	11	Nátrium	Na	22,9898
18	Argon	Ar	39,948	10	Neon	Ne	20,183
33	Arzén	As	74,9216	28	Nikkel	Ni	58,71
56	Bárium	Ba	137,34	7	Nitrogén	N	14,0067
4	Berillium	Be	9,0122	82	Ólom	Pb	207,19
83	Bizmut	Bi	208,980	50	Ón	Sn	118,69
5	Bór	B	10,811	76	Ozmium	Os	190,2
35	Bróm	Br	79,909	8	Oxigén	O	15,9994
58	Cérium	Ce	140,12	46	Palládium	Pd	106,396
55	Cézium	Cs	132,906	78	Platina	Pt	195,09
30	Cink	Zn	65,37	84	Polónium	Po	(210)
40	Cirkónium	Zr	91,22	88	Rádium	Ra	(226)
47	Ezüst	Ag	107,870	86	Radon	Rn	(222)
9	Fluor	F	18,9984	75	Rénium	Re	186,2
15	Foszfor	P	30,9738	29	Réz	Cu	63,54
31	Gallium	Ga	69,72	45	Ródium	Rh	102,905
32	Germánium	Ge	72,59	37	Rubídium	Rb	85,47
72	Hafnium	Hf	178,49	44	Ruténium	Ru	101,096
2	Hélium	He	4,0026	38	Stroncium	Sr	87,62
1	Hidrogén	H	1,00797	34	Szelén	Se	78,96
80	Higany	Hg	200,59	6	Szén	C	12,01115
49	Indium	In	114,82	14	Szilícium	Si	28,086
77	Iridium	Ir	192,2	21	Szkandium	Sc	44,956
53	Jód	I	126,904	81	Tallium	Tl	204,37
48	Kadmium	Cd	112,40	73	Tantál	Ta	180,948
20	Kalcium	Ca	40,08	43	Technécium	Tc	(99)
19	Kálium	K	39,102	52	Tellur	Te	127,60
16	Kén	S	32,064	65	Terbium	Tb	158,924
27	Kobalt	Co	58,933	22	Titán	Ti	47,90
17	Klór	Cl	35,453	90	Tórium	Th	232,038
24	Króm	Cr	51,996	92	Uránium	U	238,04
36	Kripton	Kr	83,80	23	Vanádium	V	50,942
57	Lantán	La	138,91	26	Vas	Fe	55,847
3	Lítium	Li	6,939	74	Volfrám	W	183,85
12	Magnézium	Mg	24,312	54	Xenon	Xe	131,30

Tömény sav- és lúgoldatok töménysége és sűrűsége 15 °C-on

Vegyület	töménység m/m%	töménység mol/dm <sup>3</sup>	sűrűség g/cm <sup>3</sup>
cc. HCl	38	12,5	1,19
cc. HNO <sub>3</sub>	64	14,0	1,40
cc. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	96	18,0	1,84
cc. NaOH	40	14,0	1,43
cc. NH <sub>3</sub>	30	15,0	0,89

HCl, HNO<sub>3</sub> és H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oldatok sűrűsége és tömegszázalékos koncentrációja  
15 °C-on

ρ <sub>15 °C</sub>	HCl m/m%	HNO <sub>3</sub> m/m%	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> m/m%	ρ <sub>15 °C</sub>	HNO <sub>3</sub> m/m%	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> m/m%
1,000	0,16	0,10	0,09	1,300	47,49	39,19
1,010	2,14	1,90	1,57	1,320	50,71	41,50
1,020	4,13	3,70	3,03	1,340	54,07	43,74
1,030	6,15	5,50	4,49	1,360	57,57	45,88
1,040	8,16	7,26	5,96	1,380	61,27	48,00
1,050	10,17	8,99	7,37	1,400	65,30	50,11
1,060	12,19	10,68	8,77	1,420	69,80	52,15
1,070	14,17	12,33	10,19	1,440	74,68	54,07
1,080	16,15	13,95	11,60	1,460	79,98	55,97
1,090	18,11	15,53	12,99	1,480	86,05	57,83
1,100	20,01	17,11	14,35	1,500	94,09	59,70
1,110	21,92	18,67	15,71	1,505	96,39	60,18
1,120	23,82	20,23	17,01	1,510	98,10	60,65
1,130	25,74	21,77	18,31	1,515	99,07	61,12
1,140	27,66	23,31	19,61	1,520	99,67	61,59
1,150	29,57	24,84	20,91	1,550	-	64,26
1,160	31,52	26,36	22,19	1,600	-	68,70
1,170	33,46	27,88	23,47	1,650	-	72,97
1,180	35,39	29,38	24,76	1,700	-	77,17
1,190	37,23	30,88	26,04	1,750	-	81,56
1,200	39,11	32,36	27,32	1,800	-	86,92
1,210	-	33,82	28,58	1,825	-	91,00
1,220	-	35,28	29,84	1,830	-	92,10
1,230	-	36,78	31,11	1,835	-	93,56
1,240	-	38,29	32,28	1,840	-	95,60
1,250	-	39,82	33,43	1,8420	-	98,20
1,260	-	41,34	34,57	1,8395	-	98,90
1,280	-	44,45	36,87	1,8385	-	99,31

NaOH és NH<sub>3</sub> oldatok sűrűsége és tömegszázalékos  
összetétele 15 °C-on

$\rho_{15\text{ °C}}$	NaOH m/m%	$\rho_{15\text{ °C}}$	NH <sub>4</sub> OH m/m%
1,007	0,59	1,000	0,00
1,029	2,50	0,994	1,37
1,051	4,40	0,986	3,30
1,075	6,58	0,974	6,30
1,099	8,71	0,966	8,33
1,125	11,06	0,960	9,91
1,152	13,50	0,952	12,17
1,180	16,00	0,946	13,88
1,210	18,71	0,940	15,63
1,241	21,55	0,934	17,42
1,274	24,48	0,926	19,87
1,308	27,65	0,914	23,68
1,345	31,20	0,906	26,31
1,384	35,11	0,900	28,33
1,425	39,16	0,892	31,05
1,468	43,58	0,886	33,25
1,530	50,10	0,882	34,95

Hidrogén-peroxid oldatok sűrűsége ( $\rho$ , g/cm<sup>3</sup>) és H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-tartalma  
(%, tömegszázalék) 20 °C-on

%	$\rho$	%	$\rho$	%	$\rho$
2	1,0055	14	1,0490	35	1,1315
4	1,0128	16	1,0565	40	1,1525
6	1,0200	18	1,0640	45	1,1735
8	1,0271	20	1,0717	50	1,1952
10	1,0344	25	1,0910	60	1,240
12	1,0417	30	1,1111	70	1,288

Néhány szervesetlen vegyület oldhatósági szorzata  
25 °C-on

Anyag	Képlet	Oldhatósági szorzat	Anyag	Képlet	Oldhatósági szorzat
Alumínium-foszfát	AlPO <sub>4</sub>	9,83.10 <sup>-21</sup>	Kadmium-hidroxid	Cd(OH) <sub>2</sub>	5,27.10 <sup>-15</sup>
Ezüst-acetát	AgC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1,94.10 <sup>-3</sup>	Kadmium-jodát	Cd(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2,49.10 <sup>-8</sup>
Ezüst-arsenát	Ag <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	1,03.10 <sup>-22</sup>	Kadmium-oxalát 3-hidrát	CdC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> . .3H <sub>2</sub> O	1,42.10 <sup>-8</sup>
Ezüst-bromát	AgBrO <sub>3</sub>	5,34.10 <sup>-5</sup>	Kadmium-foszfát	Cd <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	2,53.10 <sup>-33</sup>
Ezüst-bromid	AgBr	5,35.10 <sup>-13</sup>	Kadmium-szulfid	CdS	1,40.10 <sup>-29</sup>
Ezüst-karbonát	Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	8,45.10 <sup>-12</sup>	Kobalt-arsenát	Co <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	6,79.10 <sup>-29</sup>
Ezüst-klorid	AgCl	1,77.10 <sup>-10</sup>	Kobalt-hidroxid (rózsaszín)	Co(OH) <sub>2</sub>	1,09.10 <sup>-15</sup>
Ezüst-kromát	Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	1,12.10 <sup>-12</sup>	Kobalt-hidroxid (kék)	Co(OH) <sub>2</sub>	5,92.10 <sup>-15</sup>
Ezüst-cianid	AgCN	5,97.10 <sup>-17</sup>	Kobalt-jodát 2-hidrát	Co(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . .H <sub>2</sub> O	1,21.10 <sup>-2</sup>
Ezüst-jodát	AgIO <sub>3</sub>	3,17.10 <sup>-8</sup>	Kobalt-foszfát	Co <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	2,05.10 <sup>-35</sup>
Ezüst-jodid	AgI	8,51.10 <sup>-17</sup>	Réz(I)-bromid	CuBr	6,27.10 <sup>-9</sup>
Ezüst-oxalát	Ag <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	5,40.10 <sup>-12</sup>	Réz(I)-klorid	CuCl	1,72.10 <sup>-7</sup>
Ezüst-foszfát	Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	8,88.10 <sup>-17</sup>	Réz(I)-jodid	CuI	1,27.10 <sup>-12</sup>
Ezüst-szulfát	Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,20.10 <sup>-5</sup>	Réz(I)-szulfid	Cu <sub>2</sub> S	2,26.10 <sup>-48</sup>
Ezüst-szulfid (α)	Ag <sub>2</sub> S	6,69.10 <sup>-50</sup>	Réz(I)-tiocianát	CuSCN	1,77.10 <sup>-13</sup>
Ezüst-szulfid (β)	Ag <sub>2</sub> S	1,09.10 <sup>-49</sup>	Réz(II)-arsenát	Cu <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	7,93.10 <sup>-36</sup>
Ezüst-szulfít	AgSO <sub>3</sub>	1,49.10 <sup>-14</sup>	Réz(II)-jodát 1-hidrát	Cu(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . .H <sub>2</sub> O	6,94.10 <sup>-8</sup>
Ezüst-tiocianát	AgSCN	1,03.10 <sup>-12</sup>	Réz(II)-oxalát	CuC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	4,43.10 <sup>-10</sup>
Bárium-karbonát	BaCO <sub>3</sub>	2,58.10 <sup>-9</sup>	Réz(II)-foszfát	Cu <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	1,39.10 <sup>-37</sup>
Bárium-kromát	BaCrO <sub>4</sub>	1,17.10 <sup>-10</sup>	Réz(II)-szulfid	CuS	1,27.10 <sup>-36</sup>
Bárium-fluorid	BaF <sub>2</sub>	1,84.10 <sup>-7</sup>	Vas(II)-karbonát	FeCO <sub>3</sub>	3,07.10 <sup>-11</sup>
Bárium-hidroxid 8-hidrát	Ba(OH) <sub>2</sub> . .8H <sub>2</sub> O	2,55.10 <sup>-4</sup>	Vas(II)-fluorid	FeF <sub>2</sub>	2,36.10 <sup>-6</sup>
Bárium-jodát	Ba(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4,01.10 <sup>-9</sup>	Vas(II)-hidroxid	Fe(OH) <sub>2</sub>	4,87.10 <sup>-17</sup>
Bárium-jodát 1-hidrát	Ba(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O	1,67.10 <sup>-9</sup>	Vas(II)-szulfid	FeS	1,59.10 <sup>-19</sup>
Bárium-szulfát	BaSO <sub>4</sub>	1,07.10 <sup>-10</sup>	Vas(III)-hidroxid	Fe(OH) <sub>3</sub>	2,64.10 <sup>-39</sup>
Bizmut-arsenát	BiAsO <sub>4</sub>	4,43.10 <sup>-10</sup>	Vas(III)-foszfát 2-hidrát	FePO <sub>4</sub> . .2H <sub>2</sub> O	9,92.10 <sup>-29</sup>
Bizmut-szulfid	Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	1,82.10 <sup>-99</sup>	Higany(I)-bromid	Hg <sub>2</sub> Br <sub>2</sub>	6,41.10 <sup>-23</sup>
Kalcium-karbonát	CaCO <sub>3</sub>	4,96.10 <sup>-9</sup>	Higany(I)-karbonát	Hg <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3,67.10 <sup>-17</sup>
Kalcium-fluorid	CaF <sub>2</sub>	1,46.10 <sup>-10</sup>	Higany(I)-klorid	Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	1,45.10 <sup>-18</sup>
Kalcium-hidroxid	Ca(OH) <sub>2</sub>	4,86.10 <sup>-6</sup>	Higany(I)-fluorid	Hg <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	3,10.10 <sup>-6</sup>
Kalcium-jodát	Ca(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	6,47.10 <sup>-6</sup>	Higany(I)-jodid	Hg <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	5,33.10 <sup>-29</sup>
Kalcium-jodát 6-hidrát	Ca(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . .6H <sub>2</sub> O	7,54.10 <sup>-7</sup>	Higany(I)-oxalát	Hg <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1,75.10 <sup>-13</sup>
Kalcium-oxalát 1-hidrát	CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	2,34.10 <sup>-9</sup>	Higany(I)-szulfát	Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	7,99.10 <sup>-7</sup>
Kalcium-foszfát	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	2,07.10 <sup>-33</sup>	Higany(I)-tiocianát	Hg <sub>2</sub> (SCN) <sub>2</sub>	3,12.10 <sup>-20</sup>
Kalcium-szulfát	CaSO <sub>4</sub>	7,10.10 <sup>-5</sup>	Higany(II)-hidroxid	Hg(OH) <sub>2</sub>	3,13.10 <sup>-26</sup>
Kadmium-arsenát	Cd <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	2,17.10 <sup>-33</sup>	Higany(II)-jodid	HgI <sub>2</sub>	2,82.10 <sup>-29</sup>
Kadmium-karbonát	CdCO <sub>3</sub>	6,18.10 <sup>-12</sup>	Higany(II)-szulfid (fekete)	HgS	6,44.10 <sup>-53</sup>
Kadmium-fluorid	CdF <sub>2</sub>	6,44.10 <sup>-3</sup>	Higany(II)-szulfid (vörös)	HgS	2,00.10 <sup>-53</sup>

Anyag	Képlet	Oldhatósági szorzat	Anyag	Képlet	Oldhatósági szorzat
Kálium-klorát	KClO <sub>4</sub>	1,05.10 <sup>-2</sup>	Ólom-szulfát	PbSO <sub>4</sub>	1,82.10 <sup>-8</sup>
Lítium-karbonát	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	8,15.10 <sup>-4</sup>	Ólom-szulfid	PbS	9,04.10 <sup>-29</sup>
Magnézium-karbonát	MgCO <sub>3</sub>	6,82.10 <sup>-6</sup>	Ólom-tiocianát	Pb(SCN) <sub>2</sub>	2,11.10 <sup>-5</sup>
Magnézium-karbonát 3-hidrát	MgCO <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O	2,38.10 <sup>-6</sup>	Palládium-szulfid	PdS	2,03.10 <sup>-58</sup>
Magnézium-karbonát 5-hidrát	MgCO <sub>3</sub> .5H <sub>2</sub> O	3,79.10 <sup>-6</sup>	Palládium-tiocianát	Pd(SCN) <sub>2</sub>	4,38.10 <sup>-23</sup>
Magnézium-fluorid	MgF <sub>2</sub>	7,42.10 <sup>-11</sup>	Platina-szulfid	PtS	9,91.10 <sup>-74</sup>
Magnézium-hidroxid	Mg(OH) <sub>2</sub>	5,61.10 <sup>-12</sup>	Kálium-hexakloro-platinát(IV)	K <sub>2</sub> [PtCl <sub>6</sub> ]	7,48.10 <sup>-6</sup>
Magnézium-oxalát 2-hidrát	MgC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	4,83.10 <sup>-6</sup>	Stroncium-arzenát	Sr <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	4,29.10 <sup>-19</sup>
Magnézium-foszfát	Mg <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	9,86.10 <sup>-25</sup>	Stroncium-karbonát	SrCO <sub>3</sub>	5,60.10 <sup>-10</sup>
Mangán-karbonát	MnCO <sub>3</sub>	2,24.10 <sup>-11</sup>	Stroncium-fluorid	SrF <sub>2</sub>	4,33.10 <sup>-9</sup>
Mangán-hidroxid	Mn(OH) <sub>2</sub>	2,06.10 <sup>-13</sup>	Stroncium-jodát	Sr(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,14.10 <sup>-7</sup>
Mangán-jodát	Mn(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4,37.10 <sup>-7</sup>	Stroncium-jodát 1-hidrát	Sr(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O	3,58.10 <sup>-7</sup>
Mangán-oxalát 2-hidrát	MnC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	1,70.10 <sup>-7</sup>	Stroncium-jodát 6-hidrát	Sr(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	4,65.10 <sup>-7</sup>
Mangán-szulfid	MnS	4,65.10 <sup>-14</sup>	Stroncium-szulfát	SrSO <sub>4</sub>	3,44.10 <sup>-7</sup>
Nikkel-karbonát	NiCO <sub>3</sub>	1,42.10 <sup>-7</sup>	Ón-hidroxid	Sn(OH) <sub>2</sub>	5,45.10 <sup>-27</sup>
Nikkel-hidroxid	Ni(OH) <sub>2</sub>	5,47.10 <sup>-16</sup>	Ón-szulfid	SnS	3,25.10 <sup>-28</sup>
Nikkel-jodát	Ni(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4,71.10 <sup>-5</sup>	Cink-arzenát	Zn <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	3,12.10 <sup>-28</sup>
Nikkel-foszfát	Ni <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	4,73.10 <sup>-32</sup>	Cink-karbonát	ZnCO <sub>3</sub>	1,19.10 <sup>-10</sup>
Nikkel-szulfid	NiS	1,07.10 <sup>-21</sup>	Cink-karbonát 1-hidrát	ZnCO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	5,41.10 <sup>-11</sup>
Ólom-bromid	PbBr <sub>2</sub>	6,60.10 <sup>-6</sup>	Cink-fluorid	ZnF <sub>2</sub>	3,04.10 <sup>-2</sup>
Ólom-karbonát	PbCO <sub>3</sub>	1,46.10 <sup>-13</sup>	Cink-hidroxid (γ)	Zn(OH) <sub>2</sub>	6,86.10 <sup>-17</sup>
Ólom-klorid	PbCl <sub>2</sub>	1,17.10 <sup>-5</sup>	Cink-hidroxid (β)	Zn(OH) <sub>2</sub>	7,71.10 <sup>-17</sup>
Ólom-fluorid	PbF <sub>2</sub>	7,12.10 <sup>-7</sup>	Cink-hidroxid (ε)	Zn(OH) <sub>2</sub>	4,12.10 <sup>-17</sup>
Ólom-hidroxid	Pb(OH) <sub>2</sub>	1,42.10 <sup>-20</sup>	Cink-jodát	Zn(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4,29.10 <sup>-6</sup>
Ólom-jodát	Pb(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3,68.10 <sup>-13</sup>	Cink-oxalát 2-hidrát	ZnC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	1,37.10 <sup>-9</sup>
Ólom-jodid	PbI <sub>2</sub>	8,49.10 <sup>-9</sup>	Cink-szulfid	ZnS	2,93.10 <sup>-25</sup>
Ólom-oxalát	PbC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	8,51.10 <sup>-10</sup>			



## Standard redoxpotenciál értékek ( $\varepsilon^\circ$ )

298,15 K (25 °C) és 101,325 kPa (1 atm)

Redoxreakció	$\varepsilon^\circ$ , V
$\text{Ag}^+ + e = \text{Ag}$	0,7996
$\text{Ag}^{2+} + e = \text{Ag}^+$	1,980
$\text{Al}^{3+} + 3e = \text{Al}$	-1,662
$\text{AlF}_6^{3-} + 3e = \text{Al} + 6 \text{F}^-$	-2,069
$\text{H}_3\text{AsO}_3 + 3\text{H}^+ + 3e = \text{As} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,248
$\text{AsO}_3^{3-} + 3\text{H}_2\text{O} + 3e = \text{As} + 6 \text{OH}^-$	-0,68
$\text{Au}^+ + e = \text{Au}$	1,692
$\text{Au}^{3+} + 2e = \text{Au}^+$	1,401
$\text{Au}^{3+} + 3e = \text{Au}$	1,498
$\text{AuCl}_4^- + 3e = \text{Au} + 4\text{Cl}^-$	1,002
$\text{AuBr}_2^- + e = \text{Au} + 2\text{Br}^-$	0,959
$\text{AuBr}_4^- + 3e = \text{Au} + 4\text{Br}^-$	0,854
$\text{H}_2\text{BO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 3e = \text{B} + 4\text{OH}^-$	-1,79
$\text{H}_3\text{BO}_3 + 3\text{H}^+ + 3e = \text{B} + \text{H}_2\text{O}$	-0,8698
$\text{Ba}^{2+} + 2e = \text{Ba}$	-2,912
$\text{Be}^{2+} + 2e = \text{Be}$	-1,847
$\text{BiCl}_4^- + 3e = \text{Bi} + 4\text{Cl}^-$	0,16
$\text{Br}_2(\text{aq}) + 2e = 2 \text{Br}^-$	1,0873
$\text{BrO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Br}^- + 2\text{OH}^-$	0,761
$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5e = 1/2\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	1,482
$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e = \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,423
$\text{BrO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6e = \text{Br}^- + 6\text{OH}^-$	0,61
$\text{Ca}^+ + e = \text{Ca}$	-3,80
$\text{Ca}^{2+} + 2e = \text{Ca}$	-2,868
$\text{Cd}^{2+} + 2e = \text{Cd}$	-0,4030
$\text{Ce}^{3+} + 3e = \text{Ce}$	-2,483
$\text{Ce}^{4+} + e = \text{Ce}^{3+}$	1,61
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2e = 2\text{Cl}^-$	1,35827
$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	0,81
$\text{ClO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2e = \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	1,189
$\text{ClO}_4^- + 8\text{H}^+ + 7e = 1/2\text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	1,39
$\text{ClO}_4^- + 8\text{H}^+ + 8e = \text{Cl}^- + 4\text{H}_2\text{O}$	1,389
$(\text{CNS})_2 + 2e = 2\text{CNS}^-$	0,77
$\text{Co}^{2+} + 2e = \text{Co}$	-0,28
$\text{Co}^{3+} + e = \text{Co}^{2+}$ (2 mol/dm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1,83
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} + e = [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	0,108
$\text{Cr}^{2+} + 2e = \text{Cr}$	-0,913
$\text{Cr}^{3+} + e = \text{Cr}^{2+}$	-0,407
$\text{Cr}^{3+} + 3e = \text{Cr}$	-0,744
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	1,232
$\text{HCrO}_4^- + 7\text{H}^+ + 3e = \text{Cr}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,350
$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3e = \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^-$	-0,13
$\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3e = \text{Cr} + 3\text{OH}^-$	-1,48

Redoxreakció	$\varepsilon^0$ , V
$\text{Cs}^+ + e = \text{Cs}$	-2,92
$\text{Cu}^+ + e = \text{Cu}$	0,521
$\text{Cu}^{2+} + e = \text{Cu}^+$	0,153
$\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}$	0,3419
$\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}(\text{Hg})$	0,345
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{CN}^- + e = [\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$	1,103
$\text{CuI}_2^- + e = \text{Cu} + 2\text{I}^-$	0,00
$\text{F}_2 + 2e = 2\text{F}^-$	2,866
$\text{Fe}^{2+} + 2e = \text{Fe}$	-0,447
$\text{Fe}^{3+} + 3e = \text{Fe}$	-0,037
$\text{Fe}^{3+} + e = \text{Fe}^{2+}$	0,771
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + e = [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	0,358
$\text{Ge}^{2+} + 2e = \text{Ge}$	0,24
$\text{Ge}^{4+} + 4e = \text{Ge}$	0,124
$\text{Ge}^{4+} + 2e = \text{Ge}^{2+}$	0,00
$2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2$	0,00
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e = 2\text{H}_2\text{O}$	1,776
$\text{Hg}^{2+} + 2e = \text{Hg}$	0,851
$2\text{Hg}^{2+} + 2e = \text{Hg}_2^{2+}$	0,920
$\text{Hg}_2^{2+} + 2e = 2\text{Hg}$	0,7973
$\text{I}_2 + 2e = 2\text{I}^-$	0,5355
$\text{I}_3^- + 2e = 3\text{I}^-$	0,536
$\text{HIO} + \text{H}^+ + 2e = \text{I}^- + \text{H}_2\text{O}$	0,987
$\text{IO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{I}^- + 2\text{OH}^-$	0,485
$\text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6e = \text{I}^- + 4\text{OH}^-$	0,15
$2\text{IO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e = \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1,195
$\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e = \text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,085
$\text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6e = \text{I}^- + 6\text{OH}^-$	0,26
$\text{K}^+ + e = \text{K}$	-2,931
$\text{Li}^+ + e = \text{Li}$	-3,0401
$\text{Mg}^+ + e = \text{Mg}$	-2,70
$\text{Mg}^{2+} + 2e = \text{Mg}$	-2,372
$\text{Mn}^{2+} + 2e = \text{Mn}$	-1,185
$\text{Mn}^{3+} + e = \text{Mn}^{2+}$	1,5415
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,507
$\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + e = \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	0,983
$2\text{HNO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{N}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$	1,297
$\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 3e = \text{NO} + 2\text{OH}^-$	-0,46
$2\text{NO}_2^- + 3\text{H}_2\text{O} + 4e = \text{N}_2\text{O} + 6\text{OH}^-$	0,15
$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$	0,01
$2\text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{N}_2\text{O}_4 + 4\text{OH}^-$	-0,85
$\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2e = \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,934
$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3e = \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,957
$\text{Na}^+ + e = \text{Na}$	-2,71
$\text{Ni}^{2+} + 2e = \text{Ni}$	-0,257

Redoxreakció	$\varepsilon^0$ , V
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e} = \text{Pb}$	-0,1262
$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,455
$\text{Rb}^+ + \text{e} = \text{Rb}$	-2,98
$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\text{O}_2$	0,695
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = 2\text{H}_2\text{O}$	1,229
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,146
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = 4\text{OH}^-$	0,401
$\text{Pd}^{2+} + 2\text{e} = \text{Pd}$	0,951
$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e} = \text{Pt}$	1,118
$[\text{PtCl}_4]^{2-} + 2\text{e} = \text{Pt} + 4\text{Cl}^-$	0,755
$[\text{PtCl}_6]^{2-} + 2\text{e} = [\text{PtCl}_4]^{2-} + 2\text{Cl}^-$	0,68
$\text{S} + 2\text{e} = \text{S}^{2-}$	-0,47627
$\text{S} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\text{S}(\text{aq})$	0,142
$\text{S}_2\text{O}_6^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = 2\text{H}_2\text{SO}_3$	0,564
$\text{H}_2\text{SO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,449
$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0,172
$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$	-0,93
$\text{SiF}_6^{2-} + 4\text{e} = \text{Si} + 6\text{F}^-$	-1,24
$\text{SiO}_2(\text{kvarc}) + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Si} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,857
$\text{SiO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = \text{Si} + 6\text{OH}^-$	-1,697
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e} = \text{Sn}$	-0,1375
$\text{Sn}^{4+} + 2\text{e} = \text{Sn}^{2+}$	0,151
$\text{HSnO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{Sn} + 3\text{OH}^-$	-0,909
$\text{Sn}(\text{OH})_6^{2-} + 2\text{e} = \text{HSnO}_2^- + 3\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$	-0,93
$\text{Sr}^+ + \text{e} = \text{Sr}$	-4,10
$\text{Sr}^{2+} + 2\text{e} = \text{Sr}$	-2,89
$\text{Ti}^{2+} + 2\text{e} = \text{Ti}$	-1,630
$\text{Ti}^{3+} + \text{e} = \text{Ti}^{2+}$	-0,368
$\text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Ti}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,502
$\text{TiOH}^{3+} + \text{H}^+ + \text{e} = \text{Ti}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	-0,055
$\text{V}^{2+} + 2\text{e} = \text{V}$	-1,175
$\text{V}^{3+} + \text{e} = \text{V}^{2+}$	-0,255
$\text{VO}^{2+} + 2\text{H}^+ + \text{e} = \text{V}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	0,337
$\text{VO}_2^+ + 2\text{H}^+ + \text{e} = \text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	0,991
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e} = \text{Zn}$	-0,7618

## Preparatív feladatok jegyzéke

1.	Kálium-tetrafluoro-borát, $K[BF_4]$	34. oldal
2.	[Hexammino-nikkel(II)]-tetrafluoro-borát, $[Ni(NH_3)_6](BF_4)_2$	35
3.	Kálium-[trioxaláto-aluminát(III)], $K_3[Al(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$	36
4.	Nátrium-karbonát, $Na_2CO_3$	51
5.	Ólom(IV)-oxid, $PbO_2$	52
6.	Nátrium-[tetratio-antimonát(V)], $Na_3SbS_4 \cdot 9H_2O$	75
7.	Kéndioxid, $SO_2$	87
8.	Kálium-diszulfít, $K_2S_2O_5$	87
9.	Kálium-nitrozodiszulfonát, $K_2ON(SO_3)_2$	88
10.	Klórgáz, $Cl_2$	101
11.	Kálium-[trioxo-klorát(V)], $KClO_3$	103
12.	[Piridin-jód(I)]-klorid, $[I(NC_5H_5)]Cl$	104
13.	Higany(II)-tiocianát, $Hg(SCN)_2$	109
14.	Kálium-[tetrarodanáto-merkurát(II)], $K_2[Hg(SCN)_4]$	109
15.	Réz(I)-klorid, $CuCl$	121
16.	[Tetrakis(piridin)-ezüst(II)]-(peroxo-diszulfát), $[Ag(C_5H_5N)_4]S_2O_8$	122
17.	[Hexammin-króm(III)]-[pentakloro-kuprát(II)], $[Cr(NH_3)_6][CuCl_5]$	122
18.	Réz(I)-[tetrajodo-merkurát(II)], $Cu_2[HgI_4]$	138
19.	Ammónium-[oktaikozaoxo-dekavanadat(V)], $(NH_4)_6V_{10}O_{28} \cdot 6H_2O$	145
20.	Vanádium-pentoxid, $V_2O_5$	145
21.	[Oxo-bisz(pentán-2,4-dionáto)-vanádium(IV)], $[VO(H_3CC(O)CHC(O)CH_3)_2]$	146
22.	Kálium-dikromát, $K_2Cr_2O_7$	154
23.	[Hexakarbamido-króm(III)]-klorid, $[Cr(H_2NCONH_2)_6]Cl_3 \cdot 3H_2O$	154
24.	Kálium-[trioxaláto-manganát(III)], $K_3[Mn(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$	161
25.	Hoffmann-típusú nikkel-klatrát, $[Ni(CN)_2 \cdot NH_3] \cdot nC_6H_6$ ( $n \leq 1$ )	176
26.	[Hexammin-kobalt(III)]-klorid, $[Cr(NH_3)_6]Cl_3$	177
27.	Nátrium-[hexanitrito-kobaltát(III)], $Na_3[Co(NO_2)_6]$	178
28.	[Hexammin-nikkel(II)]-klorid, $[Ni(NH_3)_6]Cl_2$	178
29.	Kémiai tisztítás	212



THE CHYMISTS ARE A STRANGE CLASS OF MORTALS IMPELLED  
BY AN ALMOST INSANE IMPULSE TO SEEK THEIR PLEASURE  
AMONG SMOKE AND VAPOR, SOOT AND FLAME, POISONS AND  
POVERTY; YET AMONG ALL THESE EVILS I SEEM TO LIVE  
SO SWEETLY, THAT I MAY DIE IF I WOULD CHANGE PLACES  
WITH THE PERSIAN KING.

-- JOHANN JOACHIM BECHER, 1635-1682  
ACTA LABORATORII CHYMICA MONACENSIS, 1669

(Idézet a GAUSSIAN-94 kvantumkémiai programcsomagból.)