

BÁRÁNY ZSOLT BÉLA

Vegyipari ismeretek 2.

oktatási segédanyag

Debreceni Vegyipari Szakközépiskola
2014.

Összeállította és szerkesztette: Bárány Zsolt Béla

Lektorálták: Volosinovszki Sándor
11. évfolyamos tanulók

Ez a képzési segédanyag a 2013-ban elfogadott, a Debreceni Vegyipari Szakközépiskola 54 524 02-es számú „Vegyipari technikus” szakképesítésének helyi tantervében megjelenő 10098-12-es azonosító számú „Vegyipari műszaki alapeladatok” megnevezésű szakmai követelménymodulhoz tartozó „Vegyipari ismeretek” tantárgy követelményeinek megfelelően készült.

Jelen segédanyag közoktatási célokra korlátozás nélkül felhasználható, részleges vagy teljes másolat – a forrás megjelenítése mellett – korlátlan számban készíthető.

Minden más jellegű felhasználás, módosítás csak a szerző hozzájárulásával lehetséges.

© Bárány Zsolt Béla, 2014.

A segédanyag formátuma: A/4
Terjedelme: 83 oldal
Ábrák száma: 62 darab

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	3
1. A laboratóriumi műveletek elméleti alapjai	6
1.1. Hőátadási műveletek	6
1.1.1. Melegítés	6
1.1.2. A hűtés.....	7
1.1.3. A szárítás	8
1.1.4. Az izzítás	9
1.1.5. Számítási feladatok.....	10
1.2. Fizikai elválasztó műveletek	11
1.2.1. A dekantálás	11
1.2.2. A centrifugálás	12
1.2.3. A szűrés	12
1.2.3.1. Szűrés légköri nyomáson.....	12
1.2.3.2. Szűrés alacsony nyomáson	14
1.2.4. A kristályosítás és átkristályosítás.....	15
1.2.5. A derítés	17
1.2.6. A szublimálás	17
1.2.7. A desztillálás	17
1.2.7.1. A légköri desztillálás	18
1.2.7.2. A vákuumdesztillálás	18
1.2.7.3. A vízgőz-desztillálás	20
1.2.8. Számítási feladatok.....	21
1.3. A kémiai elválasztás.....	25
1.3.1. A csapadék tulajdonságait meghatározó tényezők	25
1.3.2. A lecsapás kivitelezése	26
1.3.3. Vegyületek vízdoldhatósága.....	27
1.3.4. A lecsapás teljességének ellenőrzése.....	28
1.3.5. A kisózás	28
1.3.6. Elméleti és számítási feladatok	28
1.4. Ellenőrző kérdések, feladatok	30
2. A szervesetlen preparátumok készítésének elvi alapjai	31
2.1. A preparatív munka általános szabályai	31
2.2. A preparatív munka jegyzőkönyve.....	31
2.2.1. A kitermelés	32

Vegyipari ismeretek 2.

2.3. A felhasznált vegyszerek veszélyessége, a használatukra vonatkozó előírások.....	32
2.4. A kísérletek hulladékainak gyűjtése és tárolása	33
2.5. Néhány szervesetlen preparátum előállításának reakcióegyenlete	36
2.6. Számítási feladatok.....	36
2.7. Ellenőrző kérdések, feladatok	40
3. A szervesetlen minőségi analízis alapjai	41
3.1. A hagyományos minőségi analízis alapjai	41
3.1.1. A kationok osztályba sorolása	42
3.1.2. Az anionok osztályba sorolása	43
3.2. Az elővizsgálatok	43
3.3. A kationok vizsgálata	44
3.3.1. Az oldható csoport.....	44
3.3.2. Az ammónium-karbonát-csoport.....	45
3.3.3. Az ammónium-szulfid-csoport.....	47
3.3.4. A kén-hidrogén-csoport.....	54
3.3.5. A sósav-csoport	57
3.4. Az anionok vizsgálata	59
3.5. Ellenőrző kérdések, feladatok	61
4. A gázok és gázelegyek	63
4.1. A gáztörvények.....	63
4.1.1. Az egyszerű gáztörvények.....	63
4.1.2. Az egyesített gáztörvény	63
4.1.3. A tökéletes gázok állapotegyenlete	64
4.1.4. A gázok sűrűsége.....	64
4.2. A gáztörvények alkalmazása számítási feladatokban.....	65
4.2.1. Az egyszerű gáztörvények.....	65
4.2.2. Az egyesített gáztörvény	65
4.2.3. Tökéletes gázok állapotegyenlete.....	66
4.2.4. Az abszolút sűrűség.....	67
4.3. A gázelegyek összetétele.....	67
4.3.1. Gázelegyekkel kapcsolatos számítási feladatok	68
5. A kémiai egyensúlyokkal kapcsolatos számítások.....	69
6. Számítási feladatok az elektrokémia témaköréből	71
6.1. Galvánelemek.....	71
6.2. A redoxireakciók iránya	71
6.3. Az elektrolízis mennyiségi törvényeinek alkalmazása	72

6.4. Standardpotenciál-értékek táblázata	73
7. Megoldások	74
7.1. Útmutató	74
7.2. Számítási feladatok (1.1.5. fejezet)	74
7.3. Számítási feladatok (1.2.8. fejezet)	74
7.4. Elméleti és számítási feladatok (1.3.6. fejezet)	75
7.5. Számítási feladatok (2.6. fejezet)	76
7.6. A gáztörvények alkalmazása számítási feladatokban (4.2. fejezet)	77
7.7. Gázelegyekkel kapcsolatos számítási feladatok (4.3.1. fejezet)	78
7.8. A kémiai egyensúlyokkal kapcsolatos számítások (5. fejezet)	79
7.9. Számítási feladatok az elektrokémia témaköréből (6. fejezet)	79
8. Irodalomjegyzék	81
9. Periódusos rendszer	83

A laboratóriumi gyakorlatban a legelterjedtebb közvetett fűtési eszközök a különböző fürdők. Fürdőnek nevezzük a melegítendő edényt körülvevő hőkövetítőt. A követítő anyag minőségétől függően megkülönböztetünk lég-, gőz-, víz-, olaj-, só-, fém- és homokfürdőket.



4. ábra - Légfürdő Bunsen-égő és drótháló felhasználásával



5. ábra - Elektromos légfürdő (fűtőkosár)



6. ábra - Elektromos vízfürdő



7. ábra - Elektromos olajfürdő



8. ábra - Elektromos fémfürdő



9. ábra - Elektromos homokfürdő

1.1.2. A hűtés

A hűtés a melegítéssel ellentétes művelet. Laboratóriumi és üzemi munka során éppoly gyakori, mint a melegítés.

Megkülönböztetünk *közvetlen* és *közvetett* hűtést.

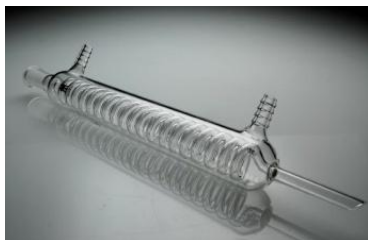
Közvetlen hűtésről akkor beszélünk, ha a hűtendő anyagba közvetlenül beletesszük a hűtőanyagot. A közvetlen hűtés előnye, hogy jobb a hőátadás, gyorsabb a lehűlés. Hátránya az, hogy a hűtőközeg hígíthatja, szennyezheti a hűtendő anyagot, így nem mindig alkalmazható. Közvetlen hűtőközegként alkalmazhatjuk például a szilárd szén-dioxidot (szárazjeget). Ennek előnye, hogy szublimációra képes, a szublimációs hője pedig nagy. Felmelegedésekor gázhalmazállapotú termék keletkezik, amely a hűtendő térből eltávozik, és nem szennyezi azt. Élelmiszerek hűtésére is kiválóan alkalmas, mert a párologáskor keletkező szén-dioxid-gáz a levegőnél nehezebb, így a hűtött térből kiszorítja a levegőt. Az oxigénmentes térben a mikroorganizmusok, amelyek az élelmiszer romlását előidéznek, működésképtelenné válnak. A szárászjég hátránya, hogy vízben kissé oldódik, így a vizes oldat pH-ja valamelyest csökken.

A közvetett hűtés a legelterjedtebben alkalmazott hűtési mód. Itt a hűtőközeg közvetve, például egy falon keresztül érintkezik a hűtendő anyaggal. A közvetett hűtés előnye, hogy vele a hűtést folyamatossá tehetjük, illetve nem szennyezzük a hűtendő anyagot a hűtőközeggel. Hátránya a rosszabb hőátadás és a lassabb hűtés.

A *légűtés* a közvetett hűtési mód legegyszerűbb formája. A szoba levegője minden, a szoba hőfokánál magasabb hőmérsékletű tárgyra hűtőhatást fejt ki. Ezt a hatást a levegő áramoltatásával fokozhatjuk. A folyadékok közvetett hűtése mindig gyorsul, ha az anyagot keverjük. Intenzívebb hűtést érhetünk el a háztartási és ipari hűtőgépekkel.

A léghűtésnél is gyakrabban használt hűtési mód a hideg *vízzel való hűtés*. A hűtést végezhetjük álló és áramló vízzel egyaránt. Állóvizes hűtést legegyszerűbben úgy valósíthatjuk meg, hogy egy edényt feltöltünk hideg vízzel és ebbe mártjuk bele a hűtendő anyagot. Hatékonyabb a hűtés, ha jeges vizet, vagy jeget használunk hűtőközegként.

Áramló vízzel való hűtést valósíthatunk meg a laboratóriumi hűtőkkel (Liebig-hűtő, golyós hűtő, spirálhűtő).



10. ábra - Spirálhűtő



11. ábra - Liebig-hűtő



12. ábra - Golyós hűtő

A közvetett hűtés egyik formája a só-jég hűtőkeverék alkalmazása. Ennek a hőmérséklete az alkalmazott só függvénye, így szabályozható a hűtés mértéke.

1.1.3. A szárítás



Azt a műveletet, amelynek során valamely anyagból a nedvességet (vagyis az oldószert) eltávolítjuk, szárításnak nevezzük.

A száradás csak akkor következik be, ha a száradó anyagból a nedvesség képes kilépni a környezetbe.

A szárítási folyamat több szakaszból áll:

- az első szakaszban, amikor még nagy az anyag nedvességtartalma, a száradó anyagra az állandó nedves felület a jellemző. A felületről a nedvesség állandó sebességgel távozik, viszont az anyag belsejéből ennél sokkal gyorsabban diffundál az oldószert a felületre;
- a második szakaszban a felület nedvességtartalma csökken, esetenként már száraz foltok is találhatók;
- a harmadik szakaszban a felület eredeti nedvességtartalma eltávozott, sőt az anyag belső nedvességtartalmának egy része gőz alakjában kezd kidiffundálni a felszínre.

Az anyagok nedvességtartalma lehet: fizikailag kötött (adszorbeált, illetve abszorbeált) nedvesség, kristályvíztartalom, illetve kémiai kötött nedvességtartalom. A szakközépiskolai laboratóriumi gyakorlatban a szárítandó anyagok rendszerint vizet tartalmaznak.

A fizikailag megkötött vizet lehet a legkönnyebben eltávolítani az anyagokból. Az eltávolítás történhet teljes mértékben vagy légszáraz állapot eléréséig. A légszáraz állapotban lévő anyag tovább már nem szárad az adott körülmények között.

Ha a szárítandó anyagból a teljes nedvességtartalmát eltávolítjuk – beleértve a kristályvíztartalmat is –, abszolút száraz anyaghoz jutunk.

A kémiai kötött vizet szárítással nem tudjuk eltávolítani. A kémiai kötött víz eltávolítása megváltoztatja a szárított anyag szerkezetét.

A szárítás történhet a nedvességtartalom elpárologtatásával, higroszkópos anyaggal, illetve kifagyasztással. A szerves laboratóriumi gyakorlatban főleg a szilárd anyagok szárításával foglalkozunk.

A szabad levegőnek kitett nedves anyagok nedvességtartalma gyakran külső beavatkozás nélkül, párolgással csökken. Szellőztetéssel, légárammal a párolgást elősegíthetjük. Máskor az anyagot exsikkátorba tesszük. Az exsikkátorban szárítóanyag van, ez a párolgó nedvességet megkötí. A leggyakrabban használt szárítóanyagok a vízmentes kalcium-klorid, a kiizzított szilikagél, a foszfor(V)-oxid, a nátrium-hidroxid és a tömény kénsav.



13. ábra - Az exsikkátor



14. ábra - Szárítószekrény

Gyorsabban elérjük a célunkat, ha a szilárd anyagot magasabb hőmérsékleten szárítjuk. Ehhez elektromos árammal fűtött szárítószekrényt használunk. A szekrény hőmérséklete beállítható. 105 és 120 °C között az anyag felületén kötött nedvesség gyorsan párolog, s a legtöbb anyagnak ez a hőmérséklet nem árt. A kristályvíztartalmú anyagok viszont ezen a hőmérsékleten kristályvizüket részben vagy egészben elvesztik, tehát így nem száríthatók. Ha az anyagot légritkított térben (vákuumban) helyezzük el, például a szárítószekrényt vízsugárszivattyúhoz kapcsoljuk, az anyag kisebb nyomás alatt van, s a nedvességtartalmát könnyebben adja le.

A nedvszívó (higroszkópos) anyagokat szárítás után légmentesen el kell zárni, mert a szabad levegőn újra nedvességet vesznek fel.

1.1.4. Az izzítás

A szilárd anyagok nedvességtartalmának eltávolítására gyakran alkalmazzák a szárításon kívül az izzítást is. Az izzítási hőmérséklettől függően ezek a berendezések csak kis mértékben térnek el egymástól.

Mind laboratóriumi, mind ipari szinten alkalmazzák a tokos és a csőkemencét.



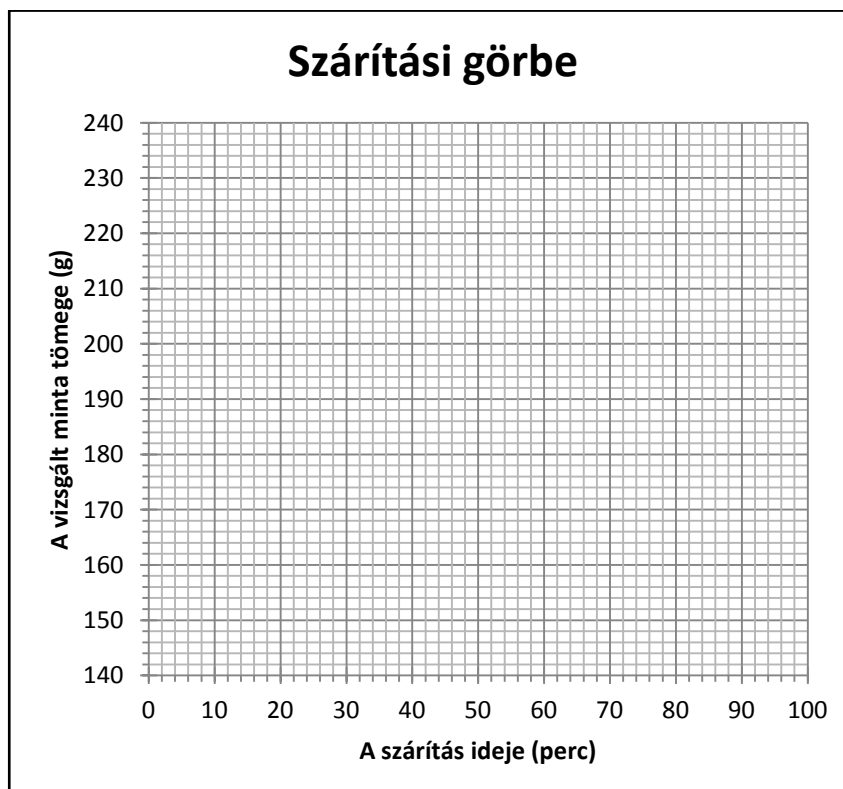
15. ábra - Tokos kemence



16. ábra - Csőkemence

1.1.5. Számítási feladatok

1. Egy laboratóriumi előállítás során keletkezett termék kiválása és szűrése után a tömege 93,28 g. A preparátumot 3 órán át 105 °C-ra felmelegített szárítószekrénybe tettük. A szárítás során a minta tömege 24,21 g-mal csökkent. Hány % nedvességet tartalmazott a kivált és leszűrt minta?
2. Egy nedves szilárd anyag tömege 356,0 g. Hány g száraz anyagot tartalmaz, ha tudjuk, hogy a szárítás során a minta tömege 22,11 %-kal csökkent?
3. Mekkora tömegű nedves anyagot szárítottunk, ha a szárítás során a vizsgált anyag tömege 31,45 %-kal csökkent, a végső tömeg pedig 120,0 g lett?
4. Egy 200,0 g tömegű nedves mintát szárítottunk szárítószekrényben. Hány százalék nedvesség volt eredetileg a mintában, ha a szárítást követően 176,5 g minta maradt?
5. 85,00 g nedves homokot szárítottunk 4 napon át. Hány százalék nedvességet tartalmazott a homok, ha a folyamat végén mért tömeg 72,25 g volt?
6. Egy 230,50 g tömegű nedves anyagot kezdtünk el szárítani. A folyamatot a következő lépésekben végeztük:
 - a) 15 percre 105 °C-ra melegített szárítószekrénybe helyeztük a mintát, majd kivettük, hagytuk kihűlni és újból megmértük a tömeget. A mérlegről 196,25 g volt leolvasható.
 - b) Újabb 15 percre betettük a mintát a szárítószekrénybe, majd kivettük, hagytuk lehűlni és megmértük a tömeget. Ekkor 173,85 g-ot kaptunk.
 - c) Újabb 15 percnyi melegítés, majd hűtést követően a mérleg 158,26 g-ot jelzett.
 - d) További 15 perc melegítés, majd hűtés után a tömeg 151,12 g volt.
 - e) Megismételve a 15 perces melegítést, majd a hűtést, 149,88 g-hoz értünk.
 - f) Újabb vizsgálatot követően a mérlegen nem volt változás megfigyelhető.Hány % nedvességet tartalmazott az eredeti minta?
Hány g vizet sikerült elpárologtatni az eredeti mintából?
Rajzolja meg a szárítási görbét!



7. Nedves kálium-kloridot tömegállandóságig szárítottunk. A kezdeti 145,45 g-os tömeg 111,27 g-ra csökkent. Hány w% volt a minta nedvességtartalma?
8. 500,00 g kristályvizes réz(II)-szulfátot ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$) izzítottunk. Hány g víz távozott, ha feltételezzük, hogy a folyamat végén teljesen vízmentes réz(II)-szulfát marad vissza?
9. 420,00 g kristályvizes kalcium-kloridot ($\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) izzítottunk. Hány g víz távozott, ha feltételezzük, hogy a folyamat végén teljesen vízmentes só marad vissza?
10. 85,50 g kristályvizes kobalt(II)-kloridot ($\text{CoCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) izzítottunk. Hány g víz távozott, ha feltételezzük, hogy a folyamat végén teljesen vízmentes kobalt(II)-klorid marad vissza?
11. 162,00 g gipszet ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) izzítottunk. Hány g víz távozott, ha feltételezzük, hogy a folyamat végén égetett gipsz ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) marad vissza?
12. Kristályvizes kalcium-kloridot ($\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) izzítottunk tömegállandóságig. Mekkora tömegű kristályvizes sót izzítottunk, ha a teljesen vízmentes maradék 449,41 g tömegű?
13. Gipszet ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) izzítottunk tömegállandóságig. Mekkora tömegű kristályvizes sót izzítottunk, ha az agyonégetett gipsz (CaSO_4) 816,90 g tömegű?
14. Rézgálicot ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$) izzítottunk tömegállandóságig. Mekkora tömegű kristályvizes sót izzítottunk, ha a folyamat végén 458,96 g tömegű teljesen vízmentes réz(II)-szulfát marad vissza?
15. Trisót ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$) izzítottunk tömegállandóságig. Mekkora tömegű kristályvizes sót izzítottunk, ha a teljesen vízmentes maradék 52,63 g tömegű?
16. Mekkora tömegű $\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ -ot izzítottunk, ha a tökéletesen vízmentes maradék 166,55 g tömegű?
17. Mekkora tömegű kristályos $\text{MgSO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ -ot izzítottunk tömegállandóságig, ha közben a minta tömege 50,00 g-mal csökkent?
18. Hány g timsót ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$) izzítottunk tömegállandóságig, ha közben 34,75 g víz távozott?
19. Zöldgálicot ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) hevítettünk tömegállandóságig. Mekkora tömegű mintából távozható 84,10 g tömegű kristályvíz?
20. Mekkora tömegű kristályvizes nikkel(II)-szulfátból ($\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) távozik 65,00 g tömegű kristályvíz tömegállandóságig való hevítés során?

1.2. Fizikai elválasztó műveletek

A fizikai, illetve a kémiai elválasztó alpműveleteknek több célja is lehet, így például a kívánt anyag oldatból való leválasztása, az oldószerek tisztítása vagy akár szilárd halmazállapotú anyagok szennyeződésektől való megtisztítása.

1.2.1. A dekantálás

Folyadékban lévő szilárd részeket dekantálással, centrifugálással vagy szűréssel különíthetünk el.

Könnyen ülepedő szilárd részek elválasztására alkalmas a dekantálás. Dekantáláskor a leülepedett csapadékról a folyadékot óvatosan leöntjük, majd tiszta mosófolyadékkal a csapadékot felkeverjük, ülepedni hagyjuk, és ezt a műveletet többször megismételjük. Az edény alján a tiszta csapadék kevés tiszta mosófolyadékkal marad vissza.



17. ábra - Dekantálás

1.2.2. A centrifugálás



18. ábra - A kézi centrifuga álló helyzetben (balra) és működés közben (jobbra)

Kevés vagy nehezen szűrhető csapadék elkülönítésére centrifugálást alkalmazhatunk. A kis laboratóriumi centrifuga tengelyre erősített két vagy több, de páros számú fémtokból áll. A fémtokba helyezzük az üvegből készült centrifugacsövet, amely az elválasztandó csapadékos folyadékot tartalmazza. A többi csövet vagy legalább az átellenes csövet vízzel töltjük meg úgy, hogy a csövek tömege lehetőleg azonos legyen. Erről különösen a nagyobb fordulatszámú centrifuga esetében célszerű mérlegeléssel meggyőződni. Amennyiben a gondos tömegkiegyenlítést elmulasztjuk, a centrifuga rezgésbe jöhet, és a tengelye gyorsan tönkremegy. A centrifuga tengelyét villanymotorral vagy kézzel hozzuk forgásba. Ilyenkor a csövek vízszintes helyzetbe lendülnek, és a csapadék a cső aljára tapad.

A csapadék mosását ugyanúgy végezzük el, mint dekantáláskor, vagyis a centrifugacső aljára tapadt csapadékról leöntjük a folyadékot, majd tiszta mosófolyadékot öntünk rá, és üvegbottal felkeverjük, ismét centrifugáljuk és így tovább. Az elkeskenyedő centrifugacső végében lévő csapadékot vékonyra kihúzott végű üvegbottal keverjük fel.

Nagyobb térfogatú folyadék centrifugálására legtöbbször szögcentrifugát használunk. Ennél a vastag üvegből készült poharakat a forgó tengelyhez kb. 30 °-kal hajló poháralakú bemélyedésbe helyezük. E pohártartók rögzítettek, hajlásszögük forgás közben nem változik.

1.2.3. A szűrés

1.2.3.1. Szűrés légköri nyomáson

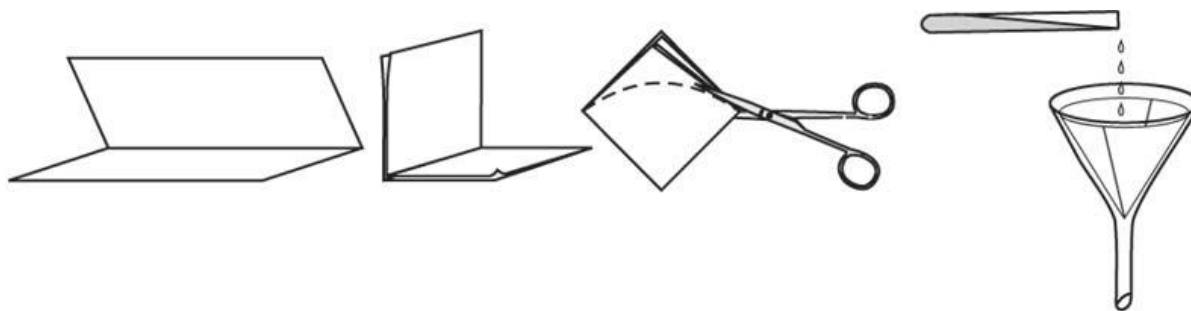
A szűrést leggyakrabban szűrőpapíron végezzük. A szűrőpapír enyvezetlen, majdnem tiszta cellulózból áll.

A szűrőpapírokat többféle szempont szerint csoportosíthatjuk. Felhasználás szerint lehetnek kvalitatív és kvantitatív minőségűek. A mennyiségi analízisre használt ún. kvantitatív szűrőpapírt az ásványi anyagoktól előzetesen megtisztítják.

A szűrőpapírokat főleg pórusméret szerint csoportosítják: minél kisebb pórusúak, annál finomabb csapadékot tudnak visszatartani, a szűrés sebessége viszont annál kisebb. Ezért csak akkor válasszunk finom pórusú szűrőpapírt, ha arra valóban szükség van.

Szűréskor üvegtölcsérbe szűrőpapírból készült szűrőt helyezünk. Sima szűrőt akkor használunk, ha a csapadékok (a szűrőn visszamaradó szilárd anyagra) van szükségünk, mert a csapadékot a kisebb felületről könnyebben szedhetjük le. Redős szűrőt akkor alkalmazunk, ha a szűrőn átmenő folyadékok (szűrlet, szüredék) van szükségünk, mert a folyadék a nagyobb felületen át gyorsabban szűrődik.

Sima szűrőpapír készítésekor a négyzet alakú szűrőpapírt négyrét hajtjuk, és körkörös alakúra vágjuk. A négyrét hajtott papír egyik lapját különvesszük, és tölcseért képezve, az üvegtölcsérbe helyezzük.



19. ábra - A sima szűrőpapír készítése

A száraz állapotban a tölcsérbe helyezett, jól illeszkedő szűrőpapírt az egyik ujjunkkal a tölcsér aljába benyomva tartjuk, miközben egy nagyon kevés desztillált vízzel megnedvesítjük. A nedves szűrőpapírt óvatosan az ujjunkkal a tölcsér falához simítjuk, ügyelve arra, hogy légsatornák és légbuborékok ne maradjanak alatta. A légsatornákon ugyanis a tölcsérszár könnyen levegőt kaphat, és így nem tud benne összefüggő vízoszlop kialakulni. Az összefüggő vízoszlop ugyanis szívó hatású, meggyorsítja a szűrést.

A sima szűrőpapír esetében fontos, hogy a papír legyen a tölcsérnél 5-10 mm-rel kisebb.

Kisebbszűrés tölcsért kémcsőbe vagy lombikba, nagyobb tölcsért szűrőkarikára, vaskarikára vagy fogóba helyezünk, majd üvegbot vezetésével az oldatot a leülepedett csapadékról a szűrő falára (nem a szűrő csúcsára) csorgatjuk, miközben az üvegbotot gyengéden a szűrőpapírhoz érintjük. A papírt nem töltjük meg teljesen, a folyadék felülete a szűrőpapír pereme alatt 5-15 mm-re legyen, nehogy csapadék kerüljön a papír felső szélére.



20. ábra - Szűrés sima szűrőpapíron

Szűrés közben a tölcsér szarát érintsük hozzá a szűrletgyűjtő-edény falához, mert a keletkezett összefüggő hosszabb folyadékoszlop szívó hatású, másrészt ezáltal a szűrlet kifröccsenését is elkerüljük.

A csapadék szűrése és mosása gyorsabban végezhető el, ha dekantálással kötjük össze. Egyrészt a csapadékmentes szűrőpapíron gyorsabban folyik át a folyadék, másrészt a csapadék mosása az edényben tökéletesebben végezhető el. A végén a csapadékot a mosófolyadékkal együtt a szűrőre visszük. Ilyenkor csak egész kevés folyadékot öntünk a csapadékra, és a poharat (edényt) teljesen megdöntve, az üvegbottal is segítve, hajtjuk ki a csapadékot a szűrőre. A szűrőn lévő csapadék mosásakor csak akkor öntsünk fel újabb mosófolyadékot, ha az előbbi teljesen lefolyt, és csak annyit, hogy a csapadékot ellepje. Adott mennyiségű mosófolyadék eredményesebb mosást biztosít, ha nem egyszerre, hanem több kisebb részletben öntjük rá a csapadékra.

Szűréskor gyakran előfordul, hogy a szűrlet első részlete zavaros, mert a finom eloszlású csapadék a szűrőpapír nagyobb pórusain átmegy. Ilyenkor a zavaros szűrletet újra a szűrőpapírra visszük mindaddig, amíg a likacsok betömődnek, és tiszta szűrletet kapunk. Néha az is segít, ha a csapadékos folyadékot egy ideig főzzük, mert akkor a csapadék koagulálás útján nagyobb részecskékké áll össze és már nem megy át a szűrőn. Nagyon finom eloszlású csapadék esetén ez a módszer sem vezet eredményre. Ilyenkor finomabb szűrőpapírt kell alkalmazni.

Különösen nagyobb mennyiségű csapadék szűrésekor fordul elő, hogy a szűrőpapír vége (csúcsa) kiszakad. Ennek elkerülésére a szűrés megkezdése előtt a szűrő csúcsa alá kisebb papírt helyezhetünk.

A szűrés befejezésekor a sima szűrőn lévő csapadékot úgy vesszük le, hogy a csapadékkal telt szűrőpapírt a tölcsérből kiemeljük, óvatosan szétnyitjuk, majd a csapadékos oldalával lefelé egy porcelántálba, vagy egy óraüvegre borítjuk. A szűrőpapírra egy másik, száraz szűrőpapírt helyezünk és a nedvességet jól leitatjuk. Ezt friss szűrőpapírral addig ismételjük, amíg ujjal rányomva a papír többé nem nedvesedik át. Ilyenkor a szűréshez használt papír a csapadékról már könnyen leemelhető. A csapadék a szűrőpapírról szárítószekrényben való szárítás után még tökéletesebben távolítható el.

Amennyiben a szűrés után a csapadékot fel akarjuk oldani, azt lehet közvetlenül a szűrőn is úgy, hogy az oldószert a csapadékra öntjük, és az oldatot felfogjuk.

Redős szűrőpapír készítésekor a négyrészt hajtott és körcikk alakúra vágott szűrőpapírt további hajtogatásnak kell alávetni. A teljesen összehajtott szűrőt kinyitjuk és a tölcsérbe helyezzük. A folyadék beöntésekor a papírt gyengén benyomjuk a tölcsér aljára. A redős szűrő is kisebb kell legyen, mint a tölcsér.



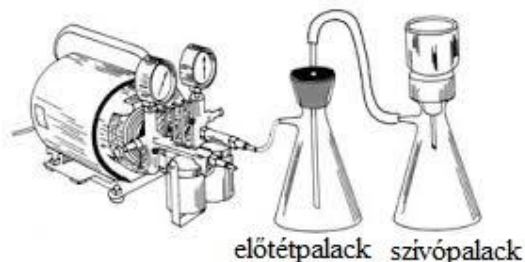
21. ábra - A redős szűrőpapír hajtogatása

1.2.3.2. Szűrés alacsony nyomáson

Gyorsabban szűrhetünk és a csapadékból tökéletesebben távolíthatjuk el a folyadékot, ha a tölcsér alatt a nyomást csökkentjük. Ilyenkor szívótölcséren (Büchner-tölcsér, nuccs) vagy Witt-lemezen szűrünk. Az esetleges visszaszívás elkerülése érdekében a szivattyú és a szívópalack közé ún. előtétpalackot (biztosítópalackot, csapdát) iktatunk. Az előtétpalacknak a szűrőhöz kapcsolt csőve a palack fenekéig kell érjen, hogy az esetlegesen visszaszívott oldószer a szivattyúba ne juthasson.



22. ábra - A vákuumszűrés



23. ábra - Az előtétpalack alkalmazása

Ha a Büchner-tölcséren lévő csapadékot ki akarjuk mosni, nem szabad az anyalúgot erősen leszívattunk, mert akkor a csapadék megrepedezik. Amint leszívódott az oldat a csapadék felületéről, a csapot kinyitjuk, és felöntjük a mosófolyadékot. Csak akkor szívattuk le az oldatot az utolsó cseppig, amikor már befejeztük a mosást. Preparatív munkánál a Büchner-tölcséren lévő apró kristályos vastag csapadékrétegből az anyalúgot egy üveg dugó lapos fejével való nyomkodással szokták kipréselni. Ez megakadályozza a repedések keletkezését, így a folyadék tökéletesebben távolítható el.

1.2.4. A kristályosítás és átkristályosítás

A reakciók jelentős része nem eredményez egységesen tiszta anyagokat, hanem csak nyers-termékeket. A főreakciót kísérő melléreakciók és a változatlanul maradt kiindulási anyagok jelenléte miatt a reakcióelegyben vegyületek keveréke lesz jelen. A szerves vegyületek állás-, hő-, fény- stb. hatására részlegesen elbomolhatnak és a keletkezett bomlástermékek is szennyezhetik az anyagot. A jelen lévő anyagok lehetnek szilárdak, folyadékok, néha gázok és a különböző halmazállapotú anyagok keverékei is.

A reakcióelegyből ki kell nyerni a főterméket, és ha a kinyert termék nem tiszta, a szennyezéstől meg kell tisztítani.

Ha a fő- és melléktermékek különböző halmazállapotúak, akkor szűréssel, kristályosítással vagy egyéb fizikai műveletekkel elkülöníthetők.

Az elválasztás és a tisztítás akkor sem nehéz, ha az elválasztandó anyagok ugyan azonos halmazállapotúak, de sajátságaikban – például *oldhatóság*, *sűrűség*, *forráspont* stb. – élesen különböznek egymástól.

A tisztítás legfontosabb műveletei:

- kristályosítás;
- szublimálás;
- desztillálás;
- adszorbeálás;
- extrahálás.

Kristályosítással és szublimálással szilárd anyagokat, desztillálással elsősorban folyadékokat tisztítunk. Az adszorbeálást és extrahálást mindkét halmazállapotú anyagok tisztítására és szétválasztására alkalmazhatjuk. Az adszorbeálás alkalmas gázok szétválasztására és tisztítására is.

Bonyolultabb az elválasztás és tisztítás akkor, ha a tisztítandó anyagok kémiai és fizikai tulajdonságai hasonlóak, például homológ sor tagjainál. A szokásos módszerekkel ilyenkor csak részleges elválasztás, tisztítás érhető el. Az alpműveletek többszöri ismétlésével, vagy különleges elválasztó műveletek alkalmazásával – például azeotróp desztilláció, kémiai módszerek stb. – ezekben az esetekben is nyerhetünk tiszta anyagokat.



Kristályosításon értjük bármely halmazállapotú anyagnak szilárd kristályos szerkezetűvé való alakítását.

Kristályokat nyerhetünk anyagok oldatából és olvadékából.

A kristályosítás a szilárd anyagok kinyerésére és más halmazállapotú anyagoktól való elkülönítésére alkalmas, az **átkristályosítás** nyers-termékek tisztítására szolgáló igen hatásos művelet. A kristályos anyagok – kevés kivételtől eltekintve – stabilabbak, mint az amorf anyagok, és határozott olvadáspontjuk miatt könnyen azonosíthatók.

Átkristályosításkor a tisztítandó szilárd nyers-terméket megfelelő oldószerben melegen oldjuk, a nem oldódó anyagrészeket szűréssel eltávolítjuk. A tiszta kristályokat a telített oldat hűtésével kapjuk. A kísérő szennyeződések vagy fel sem oldódnak az oldószerben, vagy nagyobb oldhatóságuk miatt az anyalúgban maradnak. Előfordul olyan eset is, hogy az oldatból először a szennyezés válik ki.

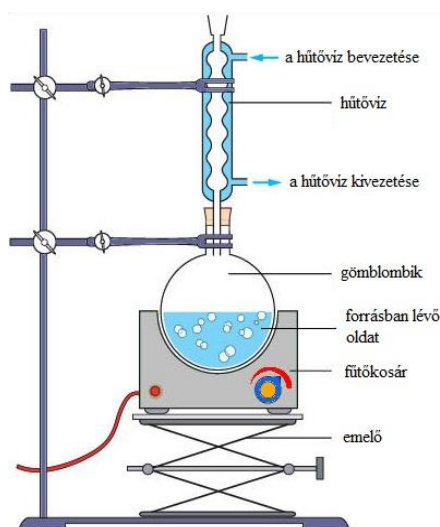
Az átkristályosítás a következő műveletekre bontható:

- oldás,
- derítés,

- szűrés,
- hűtés,
- ismételt szűrés,
- a kristályok mosása és
- szárítása.

Az oldószer helyes kiválasztása az átkristályosítás egyik fontos feltétele. Az alkalmas oldószernek a következő tulajdonságokkal kell rendelkeznie:

- sokkal rosszabbul vagy sokkal jobban oldja a kísérő szennyezőket, mint a tiszta anyagot;
- jól oldja az anyagot magasabb hőmérsékleten, és csak igen gyengén oldja alacsonyabb hőmérsékleten;
- ne lépjen reakcióba sem az anyaggal, sem a szennyeződéssel, és forraláskor ne bomoljon el benne az anyag;
- tiszta, szennyeződésektől (például víztől) mentes legyen;
- eléggé illékonynak kell lennie.



24. ábra - Átkristályosítás

Az átkristályosítás során leggyakrabban alkalmazott oldószerek: víz, etanol, metanol, jégacet, aceton, éter, etil-acetát, benzol, petroléter. Nehezen oldható anyagok oldószerül nitrobenzolt, piridint és szén-tetrakloridot használhatunk.

Az oldószerrel az anyagból telített oldatot készítünk úgy, hogy a finoman porított szilárd anyagot gömbblombikba helyezünk és annyi oldószert adagolunk hozzá, hogy az oldószer forráspontja körül az anyag teljes oldódása bekövetkezzon. A túlhevülés megakadályozására és az egyenletes forrás biztosítására a még hideg oldatba forrkövet teszünk. A lombik mérete olyan legyen, hogy az oldat a térfogatának maximum 2/3-ad részét töltse meg. Vízből való átkristályosításhoz Erlenmeyer-lombikot is használhatunk, amit dróthálón melegíthetünk.

Gyúlékony és/vagy illékony oldószerből végzett átkristályosításhoz visszafolyó hűtővel ellátott gömbblombikot alkalmazunk. A melegítés módját az alkalmazott oldószer forráspontja határozza meg.

Gyakori eset, hogy valamely anyag kristályosításakor egyetlen oldószer alkalmazása sem vezet eredményre, mert a vegyület az egyik oldószerben túlságosan jól, a másikban pedig túlságosan rosszul oldódik. Ilyenkor két egymással elegyedő oldószer megfelelő arányú elegyével végezzük az átkristályosítást. A leggyakrabban alkalmazott oldószerpárok:

- metanol, etanol, jégacet, aceton vízzel;
- metanol, etanol, etil-acetát, aceton éterrel;
- éter, aceton, benzol, kloroform petroléterrel;
- víz, éter, alkohol piridinnel elegyítve.

Az anyagból a jobban oldó oldószerrel koncentrált meleg oldatot készítünk, szűrjük, majd a kisebb oldóképességű oldószert addig adjuk az oldathoz, amíg zavarosodást nem észlelünk. Az így elkészített oldatot óvatosan tisztulásig melegítjük és lassan lehűtjük.

1.2.5. A derítés

Az oldatban lévő színes szennyezéseket adszorpciós úton, aktív szénrel főzve távolítjuk el. A **derítés**hez a feloldott anyag 1/20-ad részének megfelelő mennyiségű aktív szenet használunk, mert a feleslegben alkalmazott adszorbens az oldott anyagot is megkötöheti.

Adszorbensként használhatunk az aktív szénen kívül kovaföldet, cellulózt és szilikagélt is. Az adszorbenst óvatosan adagoljuk az oldathoz, mert a felületén megkötött levegő hatására a forráspontja közelében lévő folyadék hirtelen felforr és kifut. Ajánlatos az oldatot az aktív szén hozzáadása előtt kissé lehűteni, majd a derítőszer hozzáadása után az oldatot ismét felforraljuk és melegen szűrjük.

A meleg derített oldatot redős szűrőpapíron vagy nuccsszűrőn leszűrjük. A szűrőpapíron való kristálykiválás elkerülésére a szűréshez rövidszárú tölcseért alkalmazunk, amit meleg vízzel telt fémköpeny vesz körül. Amennyiben a melegítés ellenére a szűrő jelentős anyagmennyiség válik ki vagy a szűrő eltömődik, a szűrést abba hagyjuk, az eltömődött szűrőpapírt Erlenmeyer-lombikban friss oldószerezrel főzzük. A kapott oldatot az eredetivel egyesítve leszűrjük. Üvegcsűrőt ne alkalmazzunk az aktív szenes oldat szűrésére, mert a pórusokban lerakódott szén szemcséket nehéz eltávolítani.



25. ábra - Meleg vizes szűrés

1.2.6. A szublimálás



Szublimáció az a jelenség, melynek során egy szilárd anyag melegítés hatására gőzzé alakul úgy, hogy közben nem olvad meg.

Az ilyen gőzök hűtésre szilárd alakban kondenzálnak (deszublimálnak). Ezt a folyamatot fel lehet használni egyes reagensek és reakciótermékek tisztítására. Előnye, hogy már kis anyagmennyiség is kis veszteséggel tisztítható ezzel az eljárással és nagy tisztaság érhető el.

A szerves anyagok közül jól szublimál például a kén, a foszfor(V)-oxid, az arzén(III)-oxid, a vas(III)-klorid, a higany(II)-klorid (szublimát), a szilárd szén-dioxid (szárazjég), míg a szerves anyagok közül a naftalin, a mentol, a kámfor.

1.2.7. A desztillálás



A desztillálás az a fizikai művelet, amely során a folyadékot forráspontján gőzzé alakítjuk, a gőzöket külön térbe elvezetve kondenzáltatjuk.

Desztilláláskor tehát a folyadékot vagy a folyadékelegyet részben vagy egészben gőzzé alakítjuk. A desztillálás műveletét alkalmazhatjuk a folyadékok és az alacsony olvadáspontú szilárd anyagok tisztítására, illetve az egymástól elegendően eltérő forráspontú komponensekből álló folyadékelegyek szétválasztására.

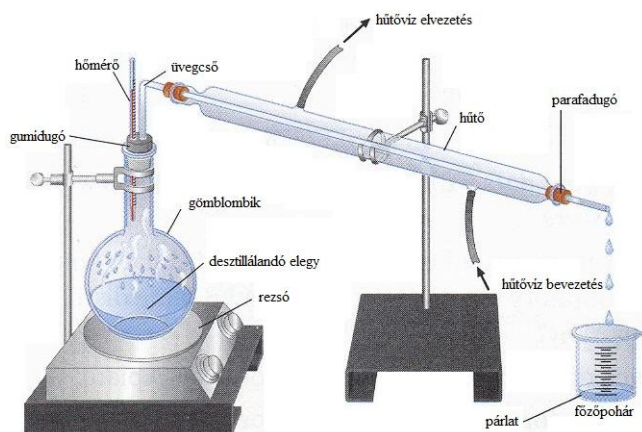
Az *atmoszférikus desztilláció* (más néven: légköri desztilláció) alkalmazása bizonyos mértékig korlátozott, mivel az anyagok egy része a magas hőmérséklet és a levegővel való érintkezés hatására bomlik. Az ilyen anyagok csak kíméletes körülmények között desztillálhatók kémiai változás nélkül. A kíméletes desztillációt úgy valósíthatjuk meg, hogy vagy a folyadék feletti nyomást csökkentjük, vagy a folyadék belsejében lévő nyomást – inert anyag bevezetésével – megnöveljük. Az előző esetben *vákuumdesztillációt* végzünk. Az utóbbi esetben, ha

inert anyagként vízgőzt alkalmazunk, amelynek a nyomása hozzáadódik az anyag gőznyomásához, *vízgőz-desztillációt* alkalmazunk.

Ritkábban alkalmazott műveletek: a frakcionált, az azeotróp és a molekuláris desztilláció.

1.2.7.1. A légköri desztillálás

A légköri desztillálás alkalmas valamely folyadéknak a nem illékony-, vagy jelentős mértékben eltérő forráspontú illékony szennyeződésektől való tisztítására. A folyadékot frakcionáló lombikból párologtatjuk el, amely egy oldalcsővel ellátott hosszúnyakú gömblombik. A frakcionáló lombikot helyettesíthetjük egy olyan gömblombikkal, melynek a szájába gumidugón keresztül üvegcső csatlakozik. Az oldalcső a nehezen illó anyagoknál távolabb van a lombik gömbölyű részétől. Az alkalmazott lombik nagyságát a desztillálandó folyadék mennyisége határozza meg. *Ha lombikot jobban megtöltjük, a forrásban lévő anyag is átkerülhet a szedőbe!* A lombik nyakába dugó segítségével a desztillálandó anyag forráspontjának megfelelő méréstartományú hőmérőt helyezünk úgy, hogy a hőmérő higanytartálya a lombik oldalcsővével azonos magasságba kerüljön.



26. ábra - Atmoszferikus desztilláció

A fűtés módja a desztillálandó anyag forráspontjához és tűzveszélyességéhez igazodik. A lombik fürdővel való melegítése egyenletes forrást biztosít. A fürdő hőmérséklete megfelelő, ha kb. 20 °C-kal meghaladja az anyag forráspontját. Az egyenletes melegítés olyan legyen, hogy másodpercenként két-három csepp desztillátumnál több ne jusson a szedőbe.

A lombik oldalcsővét egyfuratú parafa dugó segítségével Liebig-hűtővel kötjük össze. A 120 °C-ig fejlődő gőzöket, a hűtőben ellenáramban haladó víz hűtőhatása kondenzálja. A párlat összegyűjtését a hűtő végéhez szerelt golyóorr segítheti elő.

Alacsony forráspontú folyadékok desztillálását csiszolatos készülékben is végrehajthatjuk. A desztillációt ilyenkor gömblombikból végezzük, amelyet csiszolatos desztilláló feltét (például Claisen-feltét) köt össze a hűtővel. A kondenzátum elpárolgását a párlatgyűjtő edény jéggel vagy hűtőkeverékkel való hűtésével akadályozhatjuk meg.

A 150 °C felett forró anyagok desztillációjakor a gőzök és a hűtővíz nagy hőmérséklet különbsége miatt a hűtő elrepedne, ezért léghűtést alkalmazunk.

A desztilláló készüléket mindig üresen szereljük össze, azután öntjük bele a folyadékot, és még hidegen beletesszük a forrkövet.

1.2.7.2. A vákuumdesztillálás

Azokat az anyagokat, amelyek közös nyomáson bomlás veszélye nélkül nem desztillálhatunk, kíméletes körülmények között desztilláljuk. Egyik kíméletes desztillálási mód a vákuumdesztillálás.

A folyadék fölötti tér nyomásának csökkentésével a forráspontot 100-200 °C-kal is leszállíthatjuk. A vákuumban várható forráspont kb. 15 °C-kal csökken, ha a nyomás értékét a felére csökkentjük. Így a légköri nyomáson 200 °C-on forró folyadék forráspontja 0,5 atm nyomáson kb. 185 °C, 0,125 atm nyomáson kb. 155 °C.

A vákuumdesztillációhoz leggyakrabban Claisen-feltéttel ellátott lombikot használunk, amelynek egyik nyakába kapillárist, a másik nyakába hőmérőt helyezünk. A kapillárist és a hőmérőt jól záró dugóval erősítjük a lombik nyakába.

Ha az oldószergőzök a dugóval érintkezve szennyezik az oldatot, akkor csiszolatos készülékkel dolgozunk. Az egyenletes forrás biztosítására a lombikba benyúló kapillárison keresztül levegő kerül a folyadékba. A desztillátum hűtését a forráspontjától függően különböző hűtőkkel végezzük. A párlatokat gömblombikba szedjük. A hűtő és a lombik közé szívócsonkot iktatunk, amelyhez a vákuumvezeték csatlakoztatjuk.

Vákuumot laboratóriumban vízsugár- vagy olajgyűrűs szivattyúval állítunk elő. A kialakult vákuum mérésére a szivattyú és a készülék közé valamilyen nyomásmérőt csatlakoztatunk. Vigyázni kell arra, hogy az anyag gőzei ne kerüljenek a nyomásmérőbe. A vákuumszivattyú és a desztillálókészülék közé – a vákuumszűréshez hasonlóan – minden esetben teszünk egy előtétpalackot is, amelyet csappal látunk el. A rendszerben lévő vákuumot a csap megnyitásával szüntethetjük meg. Az előtétpalack (vagy más néven csapda) megakadályozza a desztilláló anyag szivattyúba jutását.

Vákuum létesítéséhez erősebb falú gumicsövek, ép dugók, jól záró csiszolatok és csapok szükségesek. A vákuumdesztilláció közben a védőszemüveg használata kötelező!

A desztillálás megkezdése előtt a tömítéseket az összeszerelt készülék vákuum alá helyezésével ellenőrizzük. A lombikot félig töltjük desztilláló folyadékkal, bekapcsoljuk a szivattyút és a megszívott anyagot víz- vagy olajfürdőben, ritkábban rezsóval melegítjük. Az alacsony forráspontú anyagok túlhevülésének elkerülésére a desztillálólombik melegítését csak a vákuum beállítása után kezdjük meg. A melegítő fürdő hőmérséklete 20 °C-kal legyen magasabb az anyag vákuumban várható forráspontjánál. A melegítő folyadék felszíne magasabban legyen, mint az elpárolgatatandó folyadéké.

A desztillálás befejezésekor először megszüntetjük a fűtést, majd a desztillációs maradék lehűlése után kikapcsoljuk a vákuumot.

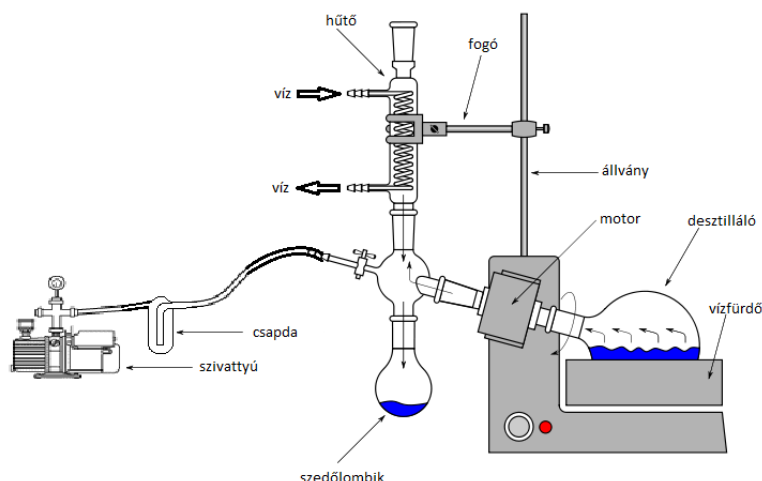
Vákuumbepárlásra igen jól alkalmazható a rotációs készülék („rotadeszt”). A bepárlandó folyadék kis részletét ferdén elhelyezett gömblombikba tesszük, amely melegítő fürdőbe merül. A lombikot motorral lassan forgatjuk, miközben a lombik falán nagy felületű folyadékfilm keletkezik, amely vákuumban forrás nélkül is gyorsan desztillál.



27. ábra - A vákuumdesztillálás berendezése



28. ábra - A rotációs vákuumbepárló



29. ábra - A rotációs vákuumbepárló

Folyadékelegyek szétválasztására is alkalmas a vákuumdesztilláció, ha a komponensek különböző forráspontjainál meg tudjuk oldani a szedőcserét. Megfelelő előtétek alkalmazásával a szedőcserét a vákuum megszüntetése nélkül is biztosíthatjuk. Az előtét csiszolattal csatlakozik a párlatgyűjtőhöz és több elágazású, amelyhez külön-külön szedőlombik csatlakozik. Az előtét megfelelő időben való elfordításával a következő frakció a másik szedőedénybe kerül.



30. ábra - Több frakció gyűjtésére szolgáló előtét golyaorral



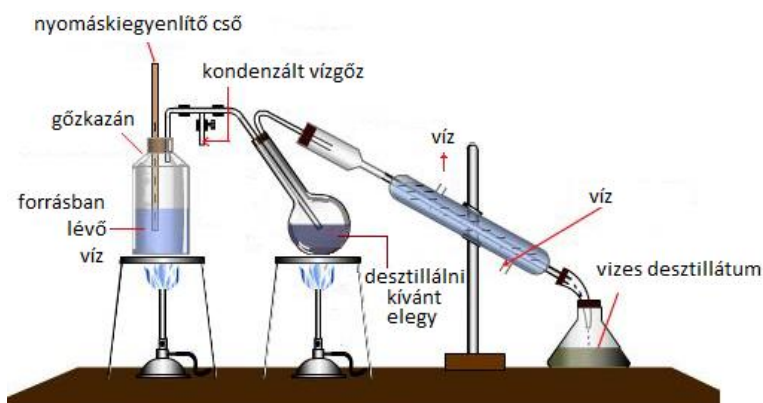
31. ábra - Több frakció gyűjtésére szolgáló előtét



32. ábra - Több frakció gyűjtésére szolgáló előtét palackokkal

1.2.7.3. A vízgőz-desztillálás

Magasabb hőmérsékleten forró, hőérzékeny, vízgőzzel illó, vízzel nem, vagy csak kevésbé elegyedő anyagok kíméletes desztillációját vízgőz-desztillációval is megvalósíthatjuk. A desztillálendő folyadék belsejébe



33. ábra - A vízgőz-desztillálás berendezése

vezetett vízgőz nyomása hozzáadódik az anyag gőznyomásához, vagyis növeli a folyadék belsejében lévő gőznyomást.

Az elegy forráspontja alacsonyabb lesz, mint bármelyik komponensé és mindaddig állandó, amíg valamelyik komponens el nem párolog.

Ha a vízgőzzel illékony anyag alacsony hőmérsékleten vízben

nem oldódik, akkor a gőzök kondenzálódása után az anyag elválk a víztől. A vízben gyengén oldódó anyagokat kisózással nyerhetjük ki a kondenzátumból.

A vízgőz-desztilláció egyszerűbb eszközökkel valósítható meg, mint a vákuumdesztilláció, de energia szükséglete igen nagy. A vízgőz-desztilláló készülék gőzfejlesztő kazánból, gőzbevezető és elvezető csövekből, hosszú nyakú lombikból, hűtőből és szedőből áll.

A vaslemezről készült, vízszintmutatóval ellátott kazánt kétharmadáig töltjük vízzel, s melegítjük. A majdnem a kazán aljáig érő nyomáskiegyenlítő cső biztosítja a szükséges túlnyomást, és a gőz útjának esetleges eltömődésekor megakadályozza a készülék robbanását. Nagy nyomás fellépésekor a kazánban lévő víz a nyomáskiegyenlítő csövön keresztül távozik. A kazán és a lombik között kondenzvíz leeresztő csap van, amelyet csak akkor zárunk el, ha a kazánban lévő víz forr. A desztilláció során a kazánt vasháromlábba állítjuk.

A kazánból eltávozó vízgőz a hosszú nyakú lombik aljára jutva átbuborékol a lombikban elhelyezett desztillálandó anyagon. Vigyázni kell, hogy a desztillálandó folyadék ne legyen több a lombik térfogatának 1/3-ánál, mert egyébként áthabzás történhet. A gőzbevezetés előtt az anyagot közel 100 °C-ra melegítjük, hogy a lombikban a vízgőz kondenzálását megakadályozzuk.

A vízgőz a folyadékból magával ragadja az illékony vegyületeket és az elegy a hűtőben kondenzál. A párlatot Erlenmeyer-lombikban fogjuk fel. A desztillálást addig folytatjuk, amíg a hűtőből már csak tiszta víz csepeg ki. Ha a hűtőben kikristályosodik az anyag, akkor rövid időre elzárjuk, majd leengedjük a hűtővizet. A gőz megolvasztja a kristályokat és az anyag a szedőben gyűlik össze.

A desztillálás befejezésekor először a kondenzvíz leeresztő csapját nyitjuk ki, és csak ezek után oltjuk el a kazán alatt lévő gázégőt. Ellenkező esetben a lehűlt kazánban fellépő vákuum a lombik tartalmát beszívhatja a kazánba. Az így gőztelenített (és lehűlt) készüléket szétszerelhetjük.

1.2.8. Számítási feladatok

1. Egy átkristályosítás során 100 g szilárd kálium-nitrátot szeretnénk kinyerni. Mennyi szennyezett KNO_3 -ból kell kiindulni?
Az oldhatóság: 20 °C-on: 31,6 g só/100 g víz,
100 °C-on: 110,0 g só/100 g víz.
2. Kálium-klorátot átkristályosítással kívánunk megtisztítani. Mekkora tömegű szennyezett mintát kell vízben oldani ahhoz, hogy 32,5 g tiszta anyagot kapjunk?
Az oldhatóság: 20 °C-on: 6,5 g só/100 g víz,
80 °C-on: 40,0 g só/100 g víz.
3. Egy szilárd anyag tisztítását átkristályosítással kívánjuk megvalósítani. Mennyi szilárd anyagot kell metanolban feloldani, ha 25 g megtisztított szilárd anyagra van szükségünk?
Az oldhatóság: 0 °C-on: 10,0 g vegyület/100 g metanol,
50 °C-on: 80,0 g vegyület/100 g metanol.
4. Mekkora tömegű szennyezett mintát kell feloldani etanolban, ha az átkristályosítást követően 67,0 g tömegű tiszta anyagra van szükség?
Az oldhatóság: 20 °C-on: 6,75 g vegyület/100 g etanol,
60 °C-on: 93,50 g vegyület/100 g etanol.
5. Szennyezett timsót – $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ – kívánunk átkristályosítással megtisztítani. Mekkora tömegű szennyezett anyagból kell kiindulni, ha azt szeretnénk, hogy 210 g timsó váljon ki?
Az oldhatóság: 20 °C-on: 5,9 g vízmentes só/100 g víz,
80 °C-on: 71,0 g vízmentes só/100 g víz.

6. Hány g szennyezett szódát ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) kell felhasználnunk ahhoz, hogy átkristályosítással 12,5 g tiszta szódát nyerjünk ki?
Az oldhatóság: 20 °C-on: 22,0 g vízmentes só/100 g víz,
40 °C-on: 49,0 g vízmentes só/100 g víz.
7. Mekkora tömegű szennyezett kristályos vas(II)-szulfátból ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) kell kiindulni ahhoz, hogy az átkristályosítás után 35,0 g megtisztított anyagot kapjunk?
Az oldhatóság: 20 °C-on: 26,5 g vízmentes só/100 g víz,
80 °C-on: 43,6 g vízmentes só/100 g víz.
8. 55,0 g tiszta $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ -ra van szükségünk. Mekkora tömegű szennyezett kristályvizes sót kell ehhez átkristályosítani?
Az oldhatóság: 0 °C-on: 41,9 g vízmentes só/100 g víz,
80 °C-on: 86,6 g vízmentes só/100 g víz.
9. Mekkora tömegű oldószer szükséges 120 g kálium-klorid feloldásához?
Az oldhatóság: 80 °C-on: 51,1 g KCl/100 g víz.
10. Hány g éter szükséges 45,5 g szerves anyag feloldásához?
Az oldhatóság: 50 °C-on: 28,6 g vegyület/100 g éter.
11. Mennyi toluolt kell felhasználni 74,5 g szerves anyag feloldásához?
Az oldhatóság: 45 °C-on: 69,4 g vegyület/100 g toluol.
12. Mekkora tömegű víz szükséges 83,6 g kristályvizes mangán(II)-szulfát ($\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$) feloldásához?
Az oldhatóság: 80 °C-on: 72,6 g vízmentes só/100 g víz.
13. 60 g kristályvizes nátrium-acetátot ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$) kívánunk vízben oldani. Hány g oldószer szükséges a feladathoz?
Az oldhatóság: 60 °C-on: 98,0 g vízmentes só/100 g víz.
14. 20 g rézgálicot – $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ – kell vízben oldanunk. Mekkora tömegű oldószert szükséges felhasználnunk?
A készítendő 100 °C-os oldat vízmentes sóra nézve 42,8 w%-os.
15. 120 g 25 w%-os oldatot bepárlással 34 w%-osra töményítettünk. Mekkora tömegű oldószert pároltunk le?
16. 37,3 g 56 tömegszázalékos oldatot pároltunk be 77,8 tömegszázalékosra. Mennyi oldószert távolítottunk el a rendszerből?
17. 324 g 26 w%-os oldatot szárazra pároltunk. Mekkora tömegű szilárd anyaghoz jutottunk?
18. 82,6 g 11 tömegszázalékos etanolos fehérjeoldatot szárazra pároolunk. Mekkora tömegű fehérjét kapunk közben?
19. 62,1 g 7 w%-os kobalt(II)-klorid-oldatból óvatosan elpárooljuk az oldószert. Mekkora tömegű $\text{CoCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ -ot fogunk a végén kapni?
20. 416 g 23,3 w%-os nikkell(II)-szulfát-oldatot óvatosan bepároolunk. Mekkora tömegű kristályvizes só ($\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) fog visszamaradni?
21. Mekkora tömegű $\text{MgSO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ fog visszamaradni, ha 59 g 32 w%-os oldatot óvatosan szárazra pároolunk?
22. 80 g 10 w%-os oldatot kezdtünk el bepároolni. A folyamat végén 2 g vízmentes só is kivált. Mennyi vizet párooltunk el az oldatból, ha a folyamat végén 8 tömegszázalékos oldatot kaptunk?
23. 200 g 22 w%-os etanolos oldatból az oldószert fokozatosan elpároolva 10,5 g kristályvízmentes vegyület is kivált. Mekkora tömegű etil-alkoholt párooltunk el az oldatból, ha 19 w%-os oldat maradt vissza?
24. Mennyi metanolt párooltunk el abból a 130 g tömegű, 7,2 tömegszázalékos oldatból, melyből az oldószer elpárolgása mellett 3,0 g kristályvízmentes vegyület is kivált, s a visszamaradó oldat 5,2 w%-os az oldott anyagra nézve?

25. Mekkora tömegű vizet kell a 300 g tömegű, 20 °C-on telített kálium-klorid-oldatból elpárolni, hogy a visszahűtést követően 4 g KCl kiváljon?
Az oldhatóság: 20 °C-on: 34,0 g só/100 g víz.
26. Mekkora tömegű vizet kell a 125 g tömegű, 20 °C-on telített magnézium-szulfát-oldatból elpárologtatni ahhoz, hogy a visszahűtést követően 1,2 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ váljon ki?
Az oldhatóság: 20 °C-on: 10,0 g vízmentes só/100 g víz.
27. 212 g 0 °C hőmérsékleten telített cink-szulfát-oldatot kezdtünk el bepárolni egészen addig, amíg a visszahűtést követően 4,3 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ki nem vált. Mekkora tömegű oldószert párologtunk el az oldatból?
Az oldhatóság: 0 °C-on: 41,9 g vízmentes só/100 g víz.
28. 146 g 20 °C-on telített timsóoldatot melegítve, majd az eredeti hőmérsékletre visszahűtve 8,6 g timsó – $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ – válik ki. Mekkora tömegű víz került elpárolásra?
Az oldhatóság: 20 °C-on: 5,9 g vízmentes só/100 g víz.
29. Mekkora az átkristályosítás hatásfoka, ha a forrón telített oldat elkészítéséhez 80 g szennyezett sót használtunk, a visszahűtést követően pedig 15,8 g szilárd anyag vált ki?
30. Mekkora hatásfokkal lehet 100 g szennyezett kálium-kloridot átkristályosítással megtisztítani?
Az oldhatóság: 20 °C-on: 34,0 g só/100 g víz,
80 °C-on: 51,1 g só/100 g víz.
31. Mekkora hatásfokkal lehet 45 g szennyezett kálium-klorátot átkristályosítással megtisztítani?
Az oldhatóság: 20 °C-on: 6,5 g só/100 g víz,
80 °C-on: 40,0 g só/100 g víz.
32. Mekkora hatásfokkal lehet egy szennyezett vegyületet metanolos átkristályosítással megtisztítani?
Az oldhatóság: 10 °C-on: 20,0 g vegyület/100 g metanol,
50 °C-on: 71,4 g vegyület/100 g metanol.
33. Az oldhatóság ismeretében határozzuk meg az éteres átkristályosítás hatásfokát!
Az oldhatóság: 0 °C-on: 4,0 g vegyület/100 g éter,
45 °C-on: 66,8 g vegyület/100 g éter.
34. Határozzuk meg a timsó – $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ – átkristályosításának a hatásfokát!
Az oldhatóság: 20 °C-on: 5,9 g vízmentes só/100 g víz,
80 °C-on: 71,0 g vízmentes só/100 g víz.
35. Határozzuk meg a vasgálic – $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ – átkristályosításának hatásfokát!
Az oldhatóság: 20 °C-on: 26,5 g vízmentes só/100 g víz,
80 °C-on: 43,6 g vízmentes só/100 g víz.
36. Milyen hatásfokkal kristályosítható át a kristályos mangán(II)-szulfát ($\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$)?
Az oldhatóság: 50 °C-on: 64,5 g vízmentes só/100 g víz,
80 °C-on: 72,6 g vízmentes só/100 g víz.

Tömegszázalék	Sűrűség (g/cm ³)	Tömegszázalék	Sűrűség (g/cm ³)	Tömegszázalék	Sűrűség (g/cm ³)
5	0,989	40	0,935	75	0,856
10	0,982	45	0,925	80	0,843
15	0,975	50	0,914	85	0,831
20	0,967	55	0,903	90	0,818
25	0,962	60	0,891	95	0,804
30	0,954	65	0,880	97	0,799
35	0,945	70	0,868	99	0,792

1. táblázat - Etanol-víz elegy sűrűsége és etanoltartalma 20 °C hőmérsékleten

37. Összeöntünk 100 cm^3 vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) és 50 cm^3 $0,792\text{ g/cm}^3$ sűrűségű abszolút metanolt. Az alkoholra nézve hány w%-os elegyet kaptunk?
38. 225 cm^3 vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) és 965 cm^3 abszolút alkoholt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) elegyítünk. Hány tömegszázalékos lesz az így kapott elegy az alkoholra nézve?
39. Hány tömegszázalékos lesz alkoholra nézve az az elegy, melyet úgy készítünk, hogy 12 cm^3 vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) és 13 cm^3 tiszta metanolt ($\rho = 0,792\text{ g/cm}^3$) öntünk össze?
40. Adja meg annak az elegynek a tömegszázalékos savtartalmát, melyet úgy készítettünk, hogy 85 cm^3 vízmentes ecetsavat ($\rho = 1,049\text{ g/cm}^3$) és 94 cm^3 $1,000\text{ g/cm}^3$ sűrűségű vizet elegyítettünk!
41. Milyen sűrűségű elegyet kapunk, ha 35 cm^3 vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) és 65 cm^3 abszolút etanolt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) öntünk össze? A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!
42. Milyen sűrűségű elegyet kapunk, ha 58 cm^3 vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) és 173 cm^3 abszolút etanolt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) öntünk össze? A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!
43. 456 cm^3 abszolút alkoholt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) és 234 cm^3 vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) elegyítünk. Mennyi lesz az így kapott elegy sűrűsége? A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!
44. Milyen sűrűségű elegyet kapunk, ha 32 cm^3 abszolút etanolt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) és 66 cm^3 vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) öntünk össze? A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!
45. $67,8\text{ cm}^3$ vízmentes alkoholt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) és $56,9\text{ cm}^3$ vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) elegyítünk. Mennyi lesz az így kapott elegy sűrűsége? A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!
46. Mekkora térfogatú elegyet kapunk, ha 210 cm^3 vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) és 120 cm^3 tiszta alkoholt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) elegyítünk? A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!
47. Hány cm^3 elegyet kapunk, ha 40 cm^3 abszolút alkoholt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) 160 cm^3 vízzel ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) elegyítünk? A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!
48. 20 cm^3 vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) és 30 cm^3 tiszta alkoholt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) elegyítünk. Milyen térfogatú elegyet kapunk így? A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!
49. Mekkora térfogatú elegyet kapunk, ha 85 cm^3 vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) és 52 cm^3 tiszta alkoholt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) elegyítünk? A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!
50. 54 cm^3 vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) és 200 cm^3 vízmentes alkoholt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) elegyítünk. Milyen térfogatú elegyet kapunk így? A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!
51. Hány dm^3 elegyet kapunk, ha 870 cm^3 abszolút alkoholt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) 450 cm^3 vízzel ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) elegyítünk? A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!
52. Adja meg annak az elegynek a térfogat-százalékos alkoholtartalmát, amelyet úgy készítettünk, hogy összeöntöttünk 232 cm^3 vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) és 563 cm^3 abszolút alkoholt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$)! A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!
53. Hány $\varphi\%$ etanolt tartalmaz az az elegy, melynek elkészítéséhez 55 cm^3 vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) és 25 cm^3 abszolút alkoholt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) használtunk? A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!
54. Hány $\varphi\%$ vizet tartalmaz az az elegy, melynek elkészítéséhez 126 cm^3 vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) és 884 cm^3 abszolút alkoholt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) használtunk? A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!
55. Egy átkristályosításhoz szükséges elegy készítésekor 341 cm^3 vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) és 112 cm^3 vízmentes etanolt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) öntünk össze. Adja meg az elegy $\varphi\%$ -os etanoltartalmát! A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!
56. Egy átkristályosításhoz szükséges elegy készítésekor $26,5\text{ cm}^3$ vizet ($\rho = 1,000\text{ g/cm}^3$) és $78,3\text{ cm}^3$ vízmentes etanolt ($\rho = 0,789\text{ g/cm}^3$) öntünk össze. Adja meg az elegy $\varphi\%$ -os víztartalmát! A megoldáshoz használja az *1. táblázat* adatait!

1.3. A kémiai elválasztás

Gyakran előfordul, hogy valamely oldatból fizikai módszerekkel célszerűen nem tudjuk azt az anyagot kinyerni, amelyre szükségünk van, vagy nem tudjuk eltávolítani azt az anyagot, amelyre nincs a rendszerben szükségünk. Ilyen esetben **kémiai módszerhez** folyamodunk. Keresünk egy olyan vegyszert, amely a kinyerni kívánt anyaggal (vagy éppen az eltávolítandóval) az adott rendszerben oldhatatlan anyagot, ún. **csapadékot** képez.



Csapadéknak nevezzük a vizsgált oldatból valamilyen vegyszer hatására kiváló, az adott oldószerben gyakorlatilag oldhatatlan anyagot.

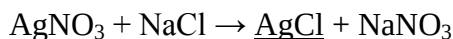


Azt a vegyszert, amely hatására az oldatból a kinyerni kívánt anyag csapadék formájában kiválik, lecsapószernek nevezzük.

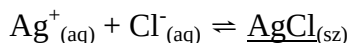


Leccsapáson olyan kémiai elválasztást értünk, amelynek során egy oldatból a lecsapószer hatására a számunkra szükséges anyag csapadék formájában kiválik.

Ha például az ezüst(I)-nitrát és a nátrium-klorid vizes oldatát egymással reagáltatjuk, fehér színű ezüst(I)-klorid csapadék keletkezik.



A reakció lényege az ionegyenletből jobban látható:



Elvileg minden reakció egyensúlyra vezet. Az egyensúly a fenti reakcióban akkor áll be, amikor gyakorlatilag csak ezüst(I)-klorid mutatható ki a rendszerben, az oldatfázisból látszólag elfogynak az ezüst(I)-, illetve a kloridionok. Valójában az ezüst(I)-klorid csapadékkal érintkező oldat a csapadékból annyit old fel, amennyi az adott oldatot telítetté teszi, vagyis a csapadékkal érintkező oldatban igen kis mennyiségben még maradnak ezüst(I)- és kloridionok.

Ahhoz, hogy gyakorlatilag valamennyi ezüst(I)-iont a csapadékfázisba tudjuk vinni, a rendszerben meg kell növelni a kloridionok koncentrációját újabb mennyiségű konyhasó bevitelével. A leccsapást tehát közel tökéletessé tehetjük, ha a csapadék saját ionjának valamelyikét feleslegben adagoljuk a rendszerhez.

1.3.1. A csapadék tulajdonságait meghatározó tényezők

A csapadékok legfontosabb tulajdonságai az *oldhatóságuk*, a *tisztaságuk* és a *kezelhetőségük*. A leccsapáskor arra kell törekednünk, hogy jól kezelhető, azaz jól szűrhető és mosható, kis oldhatóságú, tiszta, idegen anyagokkal nem szennyezett csapadékot nyerjünk.

A csapadék tulajdonságainak kialakításában döntő jelentősége van a lecsapószer helyes megválasztásának. Olyan lecsapószerrel kell választani, amely az adott körülmények között a lehető legkisebb oldhatóságú csapadékot képez a leválasztandó ionnal.

A lecsapószer minősége hatással lehet a csapadékok kristályszerkezetére, és ez befolyásolja a csapadékok kezelhetőségét. Ismerünk:

- túrós,
- porszerű,
- kocsonyás,
- pelyhes, valamint
- kristályos csapadékokat.

A túl nagy felületű pelyhes csapadékok a felületükön könnyen megkötnek idegen anyagokat. Ez az adszorbeált szennyezés igen nehezen távolítható el a csapadék felületéről. Szűrni is igen nehéz a pelyhes csapadékokat.

Hasonló problémát okoz a finom, porszerű csapadékok szűrése is, ugyanis ezek a szűrők pórusait eltömítik, ami által a szűrés lehetetlenné válhat.

A túrós csapadékok hajlamosak arra, hogy a leválasztáskor az anyalúgból (a csapadék feletti oldatból) idegen szennyező ionokat zárjanak magukba. Ezek a zárványok a csapadék mosásával sem távolíthatók el.

A legelőnyösebb, ha a csapadék leválása szemcsés, kristályos formában következik be. Lehetőség szerint olyan lecsapószerrel kell választani, amellyel a leválasztandó ion ilyen szerkezetű csapadékot képez.

A megfelelő szerkezetű csapadék kialakulását a lecsapás körülményeinek megválasztásával is befolyásolhatjuk. Kedvező kristályszerkezet alakul ki általában, ha a lecsapást nem túl tömény oldatból végezzük. Nem kedvez az alacsony hőmérséklet a jól szűrhető, megfelelően szemcsés csapadék kialakulásának. Ezért a lecsapást – ha ez az oldhatóságra nincs jelentős hatással – lehetőleg melegen kell végrehajtani.

Ügyeljünk arra, hogy feleslegesen idegen ionok ne szennyezzék a rendszerünket, mert ezek a csapadék leválását akadályozzák, sőt a csapadékkal együtt leválva szennyezik azt. A lecsapást gyakorlatilag teljesen elvégezhetjük, ha a lecsapószerrel megfelelően, és kis feleslegben adagoljuk a rendszerhez.

1.3.2. A lecsapás kivitelezése

A csapadék leválása – néhány kivételtől eltekintve – akkor teljes, ha a lecsapószerrel 5-10 %-os feleslegben alkalmazzuk.

Általában, ha a lecsapószerrel melegen, kis részletekben, lassan adagolva, állandó kevergetés közben választjuk le a csapadékot, akkor durva szemcsés, jól szűrhető csapadékot kapunk. Keverés nélkül a lecsapószer az anyagban nem oszlik el egyenletesen, míg a hirtelen hozzáöntött lecsapószer hatására összecsomósodott, ragacsos anyag válhat ki. Csomósodásra vagy ragacsosodásra hajlamos anyagok lecsapásakor jó eredmény érhető el azáltal, hogy először kémcsőben, kivett mintával végezzük el a lecsapást, majd az ott kapott kristályos anyaggal beoltjuk az oldatot.

Sok esetben szükség lehet arra, hogy ne a lecsapószerrel adagoljuk az oldathoz, hanem az oldatot a lecsapószerhez.

A csapadékos oldatot a további feldolgozás előtt – például a szűrés előtt – vízfürdőn vagy szobahőmérsékleten célszerű néhány órán át állni hagyni. Ilyenkor a finom csapadékszémcsék nagyobb szemcsékké állnak össze, és ez a szűrési műveletet jelentősen meggyorsítja. A szűrést is általában melegen végezzük, mert így gyorsabb a szűrés. Amennyiben azonban a csapadék oldhatósága magasabb hőmérsékleten jelentősen megnő, akkor a csapadékos rendszer teljes lehűlése, esetleg jeges hűtése után szabad szűrni.

1.3.3. Vegyületek vízzoldhatósága

	AsO ₄ ³⁻	Br ⁻	CH ₃ COO ⁻	Cl ⁻	ClO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	(COO) ²⁻	CrO ₄ ²⁻	F ⁻	I ⁻	NO ₃ ⁻	O ²⁻	OH ⁻	PO ₄ ³⁻	S ²⁻	SO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻
Ag ⁺	no	no	no	no	o	no	no	no	o	no	o	no		no	no	no	ko
Al ³⁺	no	o	o	o	o		no		o	o	o	no	no	no			o
As ³⁺		o		o			no			ko	o	o	o	no	o	no	no
Ba ²⁺	no	o	o	o	o	no	no	no	ko	ko	o	o	ko	no	o	no	no
Bi ³⁺	ko	ko		ko		no	no	no	o	no	o	no	no	no	no		o
Ca ²⁺	no	o	o	o	o	no	no	no	ko	o	o	ko	ko	no	o	ko	ko
Cd ²⁺	no	o	o	o	o	no	no		o	o	o	ko	no	no	no	o	o
Co ²⁺	no	o	o	o	o	no	no	no	o	o	o	no	no	no	no	no	o
Cr ³⁺		o	o	o	o		ko		o	o	o	no	no	no	no	o	o
Cu ²⁺	no	o	o	o	o	no	no	no	ko	o	o	no	no	no	no	o	o
Fe ²⁺	no	o	o	o		no	no		ko	o	o	no	no	no	no	ko	o
Fe ³⁺	no	o		o			no		ko	o	o	no	no	no	no		o
H ⁺	o	o	o	o	o		o	o	o	o	o			o	o		o
Hg ²⁺	ko	o	o	o	o	no	no	ko		no	o	no	no	no	no		o
Hg ₂ ²⁺	no	no	ko	no	o	no	no	ko		no	o	no	no	no	no		ko
K ⁺	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Mg ²⁺		o		o	o	no	no	o	ko	o	o	ko	no	no	no	ko	o
Mn ²⁺	ko	o	o	o		no	ko		no	o	o	no	no	ko	no		o
Na ⁺	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
NH ₄ ⁺	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		o	o	o	o	o
Ni ²⁺	no	o	o	o		no			ko	o	o	no	no	no	no	no	o
Pb ²⁺	no	o	o	no	no	ko	o	no	ko	no	ko	no	no	no	no	no	no
Sb ³⁺	no	ko		o					o	ko		no	ko		no		
Sn ²⁺		o		o	o		no	no	o	o		no	no	no	no		o
Sn ⁴⁺		o	o	o				o	o			no	ko		no		o
Sr ²⁺	ko	o	o	o	o	no	ko	ko	ko	o	o	no	ko	no	o		ko
Zn ²⁺	no	o	o	o	o	no	no		ko	o	o	no	no	no	no	ko	o

2. táblázat - Vegyületek vízzoldhatósága

(o = oldódik; ko = kis mértékben oldódik; no = nem oldódik; üres cella = nem létezik vagy vízben bomlik)

Az oldhatósággal kapcsolatosan néhány általános megállapítás is tehető:

- Az ammónium-, hidrogén-, nátrium- és káliumvegyületek általában jól oldódnak vízben.
- Az acetát-, klorát- és nitrát-vegyületek általában jól oldódnak vízben.
- A kloridok – az ezüst(I)-, higany(I)- és ólom(II)-klorid kivételével – jól oldódnak vízben.
- A szulfátok közül a kalcium-, a stroncium- és az ezüst(I)-szulfát kis mértékben oldódik vízben, míg a többi – a bárium és ólom(II)-szulfát kivételével – jól oldódik vízben.
- A karbonátok, foszfátok, oxidok, szulfidok és szulfítok – az ammónium-, nátrium- és káliumvegyületek kivételével – vízben rosszul oldódnak.
- A bárium-, kalcium- és stroncium-hidroxid kis mértékben, a kálium- és nátrium-hidroxid jól oldódik vízben. A többi hidroxid nem oldódik vízben.

1.3.4. A lecsapás teljességének ellenőrzése

Munkánk során arra kell törekednünk, hogy a lecsapás tökéletes legyen, azaz a leválasztott alkotórész gyakorlatilag teljesen hiányozzon a csapadék feletti folyadékfázisból.

A lecsapás teljességéről a következőképpen győződhetünk meg: a lecsapószerzert eleinte nagyobb részletekben, üvegbot mellett engedjük az oldatba, később cseppenként. Ülepedés után a csapadékos oldat tisztájához újabb csepp vegyszert adunk. Ha még mindig észlelünk csapadékleválást vagy zavarosodást, akkor a lecsapás nem volt teljes. A lecsapószer adagolását addig folytassuk, amíg az anyalúg már nem változik.

Amennyiben a csapadék nehezen ülepedik, a reakció teljes végbemeneteléről úgy győződhetünk meg, hogy a csapadékos oldatból néhány cseppnyit – nagyobb mennyiségből 1-2 cm³-nyit – leveszünk és leszűrjük. A szűrőről lecsepegtető szűrletből végezzük el a leírt ellenőrzést.

1.3.5. A kisózás

Ha telített nátrium-klorid-oldathoz sósavat csepegtetünk, az oldatból az adagolt sósavval arányos mennyiségű szilárd konyhasó válik ki.

A kiindulási konyhasó-oldatban annyi nátrium- és kloridion van, amennyi az oldatot telítette teszi. A sósav adagolásával tulajdonképpen oxónium- és kloridionokat juttatunk a rendszerbe. Az oldat ezáltal a kloridionra nézve túltelítetté válik: az újonnan belépő kloridionok az oldat nátriumionjaihoz kapcsolódva kristályos formában kiválnak. Ahányszorosára növeltük a sósav adagolásával a kloridion-koncentrációt, a nátriumion-koncentráció a kristályképződés miatt annyiad részére csökken. A kivált kristályok felett az anyalúgban az egyensúly ismét visszaáll.



Valamely oldatból a saját ion hatására bekövetkező kristálykiválást kisózásnak nevezzük.

1.3.6. Elméleti és számítási feladatok

- Egészítse ki és rendezze az alábbi reakciók egyenleteit! Jelölje aláhúzással a csapadékot!
 - $\text{AgNO}_3 + \text{KBr} \rightarrow$
 - $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow$
 - $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{MgCl}_2 \rightarrow$
 - $\text{CoCl}_2 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow$
 - $\text{SnBr}_2 + \text{KOH} \rightarrow$
- Írja fel és rendezze az alábbi reakciók egyenleteit! Jelölje aláhúzással a keletkező csapadékot!
 - bárium-nitrát-oldat + réz(II)-szulfát-oldat $\rightarrow$
 - vas(III)-klorid-oldat + nátrium-hidroxid-oldat $\rightarrow$
 - nátrium-foszfát-oldat + magnézium-klorid-oldat $\rightarrow$
 - kadmium-jodid-oldat + ólom(II)-nitrát-oldat $\rightarrow$
 - kalcium-szulfid-oldat + króm(III)-acetát-oldat $\rightarrow$
- Írja fel és rendezze az alábbi oldatreakciók ionegyenleteit! Jelölje az egyes részecskék állapotát (aq, sz, f, g)!
 - nátrium-szulfid-oldat + bizmut(III)-nitrát-oldat $\rightarrow$
 - higany(II)-klorid-oldat + kevés kálium-jodid-oldat $\rightarrow$
 - ólom(II)-nitrát-oldat + ammónium-szulfát-oldat $\rightarrow$
 - nikkel(II)-szulfát-oldat + nátrium-hidroxid-oldat $\rightarrow$

4. Mekkora tömegű csapadék választható le – maximális hatékonyságot feltételezve – 200 g 15 w%-os nátrium-szulfát-oldatból bárium-klorid felesleget alkalmazva?
5. Hány g csapadék keletkezik elméletileg, ha 35 g 22 w%-os kálium-jodid-oldathoz ólom(II)-nitrát-oldatot öntünk nagy feleslegben?
6. Nagy mennyiségű, híg ón(II)-klorid-oldathoz 14 g tömegű, 5 tömegszázalékos nátrium-hidroxid-oldatot öntünk. Számítsa ki, mennyi csapadék keletkezhet elméletileg!
7. 140 cm³ térfogatú, 1,023 g/cm³ sűrűségű, 6 w% magnézium-kloridot tartalmazó oldathoz nagy feleslegben ezüst(I)-nitrát-oldatot adtunk. Mekkora tömegű csapadékot lehet elviekben leválasztani?
8. Maximálisan mekkora tömegű csapadék választható le 55 cm³ térfogatú, 1,005 g/cm³ sűrűségű, 20 w%-os kalcium-klorid-oldatból fölös mennyiségű kálium-foszfát-oldattal?
9. Számítsa ki, mekkora tömegű csapadék válik ki teljes lecsapódást feltételezve, amikor 38 cm³ térfogatú, 1,010 g/cm³ sűrűségű, 25 tömegszázalékos nátrium-szulfát-oldathoz nagy mennyiségű arzén(III)-klorid-oldatot adagolunk!
10. 250 cm³ 0,5 mol/dm³ koncentrációjú réz(II)-jodid-oldathoz nagy mennyiségű kálium-karbonát-oldatot öntöttünk. Hány g csapadék kiválása valósulhat meg 100 %-os hatékonyságot feltételezve?
11. 175 cm³ 1,2 mol/dm³ molaritású mangán(II)-szulfát-oldathoz feleslegben kobalt(II)-fluorid-oldatot adagoltunk. Számítsa ki, maximálisan mekkora tömegű csapadék képződése következhet be!
12. Mekkora tömegű csapadék válhat ki elviekben, ha 65 cm³ 2,0 mol/dm³ koncentrációjú higany(I)-nitrát-oldathoz nagy feleslegben vas(II)-bromid-oldatot öntünk?
13. Mekkora tömegű 10 w%-os nátrium-szulfid-oldatot szükséges 130 g 16 w%-os kadmium-nitrát-oldathoz adagolni, hogy az összes kadmium-tartalom lecsapásra kerüljön?
14. Hány g 32 w%-os kálium-foszfát-oldatot kell felhasználni, ha egy 432 g tömegű 22 w%-os stroncium-jodid-oldatból az összes Sr²⁺-iont szeretnénk lecsapni?
15. Számítsa ki, mennyi 15 w%-os kénsav-oldat szükséges 75 g 18 w%-os bárium-klorid-oldathoz, hogy a csapadékleválás teljes legyen!
16. Hány g 2,5 w%-os magnézium-klorid-oldatot szükséges 120 cm³ 0,01 mol/dm³ koncentrációjú ezüst(I)-nitrát-oldathoz adagolni ahhoz, hogy az összes csapadék leváljon?
17. Mekkora tömegű 3 w%-os kalcium-jodid-oldatot szükséges 200 cm³ 0,15 mol/dm³ koncentrációjú ólom(II)-nitrát-oldathoz önteni ahhoz, hogy az összes csapadék leváljon?
18. Mennyi 8 w%-os stroncium-szulfid-oldat szükséges 145 cm³ 0,5 mol/dm³ koncentrációjú kálium-karbonát-oldathoz, hogy az összes karbonát-tartalom lecsapásra kerüljön?
19. Mekkora térfogatú 1,00 mol/dm³ koncentrációjú nátrium-oxalát-oldat szükséges 250 cm³ térfogatú, 1,20 mol/dm³ koncentrációjú vas(III)-klorid-oldathoz, hogy az összes Fe³⁺-tartalmat lecsapjuk az oldatból?
20. Hány cm³ 0,25 mol/dm³ koncentrációjú nátrium-szulfid-oldat szükséges 30 cm³ térfogatú, 1,65 mol/dm³ koncentrációjú cink-klorid-oldathoz, hogy az összes cink-tartalmat lecsapjuk az oldatból?
21. Számítsa ki, mekkora térfogatú 0,45 mol/dm³ koncentrációjú kén-hidrogén-oldatot kell 85 cm³ 2,05 mol/dm³ koncentrációjú bizmut(III)-nitrát-oldathoz adni ahhoz, hogy az összes bizmut-tartalom leválasztásra kerüljön!
22. Hány cm³ 0,35 mol/dm³ koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldat szükséges 60 cm³ térfogatú, 2,00 mol/dm³ koncentrációjú vas(II)-klorid-oldathoz, hogy a vas(II)-tartalom 80 %-át lecsapjuk?
23. Mekkora térfogatú 1,10 mol/dm³ koncentrációjú kálium-foszfát-oldat szükséges 260 cm³ térfogatú, 0,95 mol/dm³ koncentrációjú higany(II)-klorid-oldathoz, hogy az oldat Hg²⁺-tartalmának felét leválasszuk?

1.4. Ellenőrző kérdések, feladatok

1. Mikor célszerű/kell hőátadáshoz fürdőt alkalmazni?
2. Milyen esetben nem használhatunk hatékonyan vízfürdőt?
3. Milyen anyagot helyezhetünk el az exszikkátorok alsó részében? Milyen közös tulajdonsággal bírnak ezek az anyagok?
4. Mikor alkalmazunk sima és mikor redős szűrőpapírt?
5. Mi a célja az átkristályosításnak?
6. Hogyan végezhető el az átkristályosítás?
7. Mikor célszerű vákuumdesztillálást végezni?
8. Mit nevezünk lecsapásnak?
9. Egy főzőpohárban bárium-klorid-oldat található. Milyen lecsapószer alkalmazhatunk a bárium-ionok lecsapásához? Legalább három példát adjon meg válaszként!
10. Egy főzőpohárban szintelen oldat található. Az oldatban a következő ionok vannak: Al^{3+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , NO_3^- és Pb^{2+} . Milyen reagenst lenne célszerű az oldathoz adni, hogy csak az ólom-ionokat távolítsuk el az oldatból?
11. Egy oldatban Na^+ -, K^+ -, Mg^{2+} - és Sr^{2+} -ionok vannak.
 - a) Milyen reagenst célszerű alkalmazni a magnézium-ionok lecsapásához?
 - b) Milyen reagenst lehetne használni, ha a Mg^{2+} - és Sr^{2+} -ionokat egyszerre szeretnénk lecsapni?
12. Egy oldatban nitrát-, hidroxid-, szulfát- és kloridionok vannak.
 - a) Milyen reagenst lenne célszerű alkalmazni, ha az oldatból az összes szulfátiont le szeretnénk csapni?
 - b) Milyen reagenst lenne célszerű alkalmazni akkor, ha az oldatból az összes hidroxidiont le szeretnénk csapni?

2. A szervetlen preparátumok készítésének elvi alapjai

2.1. A preparatív munka általános szabályai

A preparatív laboratórium veszélyes munkahely. Ez a megállapítás különösen érvényes a középiskolai laboratóriumokra, ahol a munkát végző tanulók még csak ismerkednek az egyes részlépések kivitelezésével. A biztonságos és eredményes munkavégzés érdekében feltétlenül tartasuk be az alábbi szabályokat:

- Készületlenül ne kezdjük a kísérlet elvégzéséhez! A gyakorlat előtt ismételjük át az elméleti anyagot, tanulmányozzuk át a kísérlet leírását, tudjunk magyarázatot adni minden egyes reakciólépés és munkafolyamat szükségességére. Ismernünk kell a felhasznált anyagok, illetve az alkalmazott műveletek veszélyeit, tudnunk kell, hogyan védekezzünk a balesetek ellen, illetve azt is, hogy miképpen háríthatjuk el az esetleges baleset következményeit.
- A munkát kezdjük egy ún. munkaterv elkészítésével! Ez tartalmazza a szükséges felszerelést (eszközigényt), a vegyszerigényt, a munka menetét az elvégzendő munka sorrendjében és az egyes műveletekre fordítható időt.
- Pontosan tartasuk be az egyes recepteket (anyagmennyiség, lépések sorrendje, körülmények stb.), mivel ez a reakció sikerét döntően meghatározza!
- Mivel a receptek jellemzően csak az egyik kiindulási anyag mennyiségét tartalmazzák, előzetesen végezzük el a másik (esetleg harmadik) komponens mennyiségére vonatkozó számításokat!
- Mindig száraz, tiszta és sértetlen edényben dolgozzunk, a laborasztalon – ha az megoldható – ne tartsunk füzetet, könyvet, jegyzetet!
- Csak felcímkézett edényben tároljunk vegyszert, illetve preparátumot!
- A kísérletek, mérések eredményét, valamint a megfigyeléseket azonnal vezessük be a jegyzőkönyvbe!
- A jegyzőkönyv csak a termelési százalék megadásával, esetleg a tisztasági fok meghatározásával válik teljessé.

2.2. A preparatív munka jegyzőkönyve

A laboratóriumi munkának fontos velejárója a jegyzőkönyv vezetése. A jegyzőkönyv alapján meg kell tudni ismételni a végzett kísérleteket. Ez a követelmény arra kell ösztönözzön mindenkit, hogy a reakcióval kapcsolatos minden megfigyelést rögzítsen.

A laboratóriumi jegyzőkönyvnek a következő részei vannak:

- fejléc, mely tartalmazza:
 - a munka végzésének idejét;
 - a munka címét;
 - a preparátum készítőjének nevét és osztályát;
- 1. fejezet, melyben feltüntetjük:
 - a munkavégzés célját;
 - a munkavégzéshez kapcsolható fontosabb, újonnan megismert fogalma(ka)t;
- 2. fejezet, mely tartalmazza:
 - a felhasznált kiindulási anyagokat és azok mennyiségeit (g-ban, illetve cm³-ben);

- 3. fejezet, mely tartalmazza:
 - a felhasznált eszközöket (sajátságok megadásával, mint például a térfogatuk stb.);
- 4. fejezet, melyben feltüntetjük:
 - a balesetvédelmi előírásokat;
 - a H- és P-mondatokat, a GHS-piktogramokat;
- 5. fejezet, mely tartalmazza:
 - a receptet;
 - a reakcióegyenlet(ek)et (szerves preparátum esetében lehetőség szerint szerkezeti képletekkel);
- 6. fejezet, mely tartalmazza:
 - a készülék vázlatos rajzát;
 - a tapasztalatokat (színváltozás, gázfejlődés, felmelegedés/lehűlés, csapadék kiválása, oldódás stb.);
 - a kinyerési és tisztítási eljárásokkal kapcsolatos információkat;
 - a számításokat;
 - 2-3 soros magyarázatot a tapasztaltakkal kapcsolatban.

A jegyzőkönyvet általában otthon előre el kell készíteni, a gyakorlaton már csak a méréseket és tapasztalatokat kell abba feljegyezni. A preparátum beadása csak kész jegyzőkönyvvel lehetséges. Az otthoni előkészítés része az előzetesen elvégezhető számítások teljesítése.

2.2.1. A kitermelés

A kémiai reakciók gyakran járnak veszteségekkel. A megfordítható folyamatoknál nincs teljes átalakulás, máskor pedig a párhuzamosan lejátszódó mellékreakciók miatt képződő melléktermékkel kell számolnunk, de veszteségként jelentkezik a berendezés falán megtapadó, illetve az esetlegesen elillanó anyag is. A ténylegesen kinyert ($m_{gyakorlati}$) és az elméletileg várt ($m_{elméleti}$) anyag mennyisége közti arányt a termelési százalékkal (η) adjuk meg:

$$\eta = \frac{m_{gyakorlati}}{m_{elméleti}} \cdot 100$$

2.3. A felhasznált vegyszerek veszélyessége, a használatukra vonatkozó előírások

A vegyi anyagok kémiai tulajdonságuk folytán a szakszerűtlen tárolás, szállítás vagy felhasználás során közvetlen balesetet, súlyosabb esetben tüzet vagy robbanást idézhetnek elő.

Az anyagokat terjedelmük, fajtájuk, kémiai tulajdonságuk figyelembevételével, egymásra hatásuk ismeretében kell tárolni.

A felhasználandó vegyszereket külön, erre a célra alkalmas vegyszerraktárban, vegyszerszekrényben vagy polcon tároljuk. A munkavégzés helyén – lehetőség szerint – vegyi anyagból egyszerre csak az adott feladathoz szükséges mennyiségű anyag legyen.

A vegyszert tartalmazó edényen fel kell tüntetni az anyag pontos nevét, kémiai összetételét, egészségkárosító hatását, a folyékony halmazállapotú anyagoknak a lobbanáspontját, illetve a tűzveszélyességét.

A munkavégzés helyén tárolt vegyi anyagokat tartalmazó üvegeket, egyéb tároló edényeket szintén fel kell címkézni, azonosító felirattal kell ellátni, még a legkisebb tárolt mennyiség esetében is. A feliratozásnak maradandónak kell lennie.

Minden vegyi anyaghoz biztonsági adatlap szükséges, amely az előzőekben leírt adatokon kívül tartalmazza az esetleg a használatához szükséges védőeszközt, és azt, hogy ha az emberi szervezettel érintkezésbe kerülne, akkor milyen gyors elsősegélynyújtásra van szükség a komolyabb következmények, baleset, egészségkárosodás megelőzésére.

Az olyan anyagokat, amelyek *a levegő nedvességtartalmával vagy vízzel reakcióba lépnek* és ezáltal bárki biztonságát vagy egészségét veszélyeztethetik, csak légmenetesen zárt göngyölegben tárolhatók és szállíthatók.

A *tűz- és robbanásveszélyes* vegyszereket elkülönítve, fémszekrényekben kell tárolni, minimális mennyiségben. A vegyi anyag-tárolókban, vegyszerraktárakban a különböző tűzveszélyességi osztályba tartozó vegyi anyagokat egymástól szintén elkülönítve kell tárolni.

Az olyan vegyi anyagokat, amelyek *egymással hevesen reagálva tűz-, esetleg robbanásveszélyt idézhetnek elő*, egymástól jól elkülönítve kell tárolni.

Maró vagy mérgező hatású folyadékot csak az erre a célra alkalmas, ép, lezárt, törés ellen védett edényzetben, fajtánként csoportosítva és elkülönítve, tartalmukat a már ismertetett módon maradandóan megjelölve, elzárható helyen szabad tárolni.

A *nagyon mérgező hatású* anyagokat erősfalú és biztonsági zárral ellátott mérge szekrényben, az erre a célra szolgáló helyiségben vagy elzárhatóan körülkerített rakterületen (például föld alatti tárolókban, tartálykocsiban) anyagonként elkülönítve és jelölve kell tárolni. A helyiséget minden oldalról fallal kell körülzárni és a megfelelő szellőztetés és megvilágítás mellett biztonsági zárral kell ellátni.

A méregtároló ajtajának külső falát szembetűnő módon, szabványos *Méreg!* felirattal és *halálfej* jelzéssel kell ellátni. Ha a tárolt anyagok között maró vagy rákkeltő anyag van a méregtároló ajtaján *Maró!* és a *Rákkeltő!* feliratot, illetve jelzést is el kell helyezni. A méregtárolót mindig zárva kell tartani! A biztonsági kulcsot a munkahelyi vezető vagy megbízottja őrzi. A jellegénél fogva nem zárható méregtárolót őrízni kell. A méregtárolóba csak a felelős vezető vagy a veszélyes anyagok kezelésével megbízott szakképzett személy léphet be, és a takarítást is csak a kioktatott személy végezheti.



34. ábra - Méregtároló ajtaján feltüntetendő felirat

A mérgező hatású veszélyes anyagokon kívül a méregtárolóban más árut elhelyezni, illetve tárolni tilos! A méregtároló közvetlen közelében élelmiszer, italt, takarmányt, gyógyszert stb. elhelyezni nem szabad! A méregtároló helyiségben étkezni és dohányozni tilos, és azt állandóan tisztán kell tartani!

A veszélyes anyagot csak olyan csomagolóanyagban szabad tárolni, amely véd a szétszóródástól. Mindig ügyelni kell, hogy a veszélyes anyagok más anyagokkal ne keveredhessenek össze! Ártalmas veszélyes anyagok tárolását az előállítási, gyártási helyen úgy kell megszervezni, hogy kigőzölgésük, porzásuk vagy az elsodrásuk ne következhesen be! A munkafolyamatban biztosítani kell a biztonságos munkavégzést a megfelelő egyéni védőfelszerelés használatával. Meg kell akadályozni, hogy környezetszennyezés következhesen be.

2.4. A kísérletek hulladékainak gyűjtése és tárolása

Bármennyire gondosan tervezzük meg és végezzük el a preparatív folyamatokat, az esetek többségében képződnek olyan anyagok, amelyeket nem dobhatunk a szemetes kosárba, illetve nem önthetünk a lefolyóba. Természetesen, a gyakorlatokon képződő szennyező anyagok mennyisége eltörpül az ipari hulladékok tömege mellett, de ettől még nem elhanyagolható mennyiségű végtermékkel kell számolnunk.

- Vannak olyan anyagok, amelyek közvetlenül vagy hígítva a lefolyóba önthetők. Ilyen, a vizet nem veszélyeztető anyagok a következők: etanol, hidrogén-peroxid, kalcium-karbonát, kalcium-klorid, kalcium-szulfát, kálium-klorid, kálium-szulfát, magnézium-karbonát, magnézium-klorid, magnézium-szulfát, nátrium-klorid, nátrium-szulfát.
- A vizet gyengén veszélyeztető anyagok a következők: acetaldehid, alifás szénhidrogének, dietil-éter, hígított ecetsav, fluoridok, etil-acetát, foszfátok, hangyasav, hígított hidroxidok, jodidok, nitrátok, hígított szerves savak, szulfidok.
- A vizet és az élővilágot veszélyeztető anyagok: ammónia, anilin, fenol, formaldehid, klór, klorátok, naftalin, nikkell-vegyületek, nitritek.
- A vizet és az élővilágot különösen veszélyeztető anyagok: benzol, cianidok, ezüst(I)-nitrát, higany, higany-vegyületek, oldódó kadmium-vegyületek, kromátok, széntetraklorid.

Ha lehetséges, akkor a gyakorlat végén a veszélyes hulladék ártalmasságát csökkenteni kell. Például az oldható bárium-vegyületeket oldhatatlan bárium-szulfáttá kell alakítani. A savakat és lúgokat hígítani kell, vagy egy edényben gyűjteni, és így semlegesítik egymást.

Amennyiben a veszélyes hulladékot a helyszínen ártalmatlanítani nem lehet, akkor gyűjtő-edénybe kell elhelyezni, és elegendő mennyiség esetén el kell juttatni szakszerű hulladékkezelő intézményekbe. Az anyagok gyűjtését feliratozott és megfelelően elhelyezett edényekben végezzük. A tapasztalatok alapján négy gyűjtőedényt célszerű alkalmazni.

1. tartály: A savak és lúgok gyűjtésére szolgál. Ez lehet műanyag tárolóedény.
2. tartály: Mérgező szerves anyagok gyűjtése. Az edény lehet polietilénből.
3. tartály: Halogénmentes szerves anyagok gyűjtésére. Az esetleges oldódás elkerülése miatt célszerű üvegedényt használni, de a törésveszély miatt az üvegből készült edényt tartsuk műanyag vödörben.
4. tartály: Halogéntartalmú szerves anyagok gyűjtésére szolgál. Ez is lehet üvegedény műanyagvödörben.

1. SAVAK ÉS LÚGOK OLDATAI	2. MÉRGEZŐ SZERVETLEN ANYAGOK
 H314 Súlyos égési sérülést és szemkárosodást okoz. P262 Szembe, bőrre vagy ruhára nem kerülhet. P281 Az előírt egyéni védőfelszerelés használata kötelező. P305+P351+P338 SZEMBE KERÜLÉS ESETÉN: óvatos öblítés vízzel több percen keresztül, azonnal orvosi ellátást kell kérni.	 H301+H311+H331 Lenyelve, bőrrel érintkezve, belélegezve mérgező. EUH031 Savval érintkezve mérgező gázok keletkeznek. P302+P352 HA BŐRRE KERÜL: a bőrt le kell öblíteni vízzel/zuhanyozás. P314+P101 Rosszullét esetén orvosi ellátást kell kérni, orvosi tanácsadás esetén tartsa kéznél a termék edényét vagy címkéjét.

3. HALOGÉNMENTES SZERVES ANYAGOK	4. HALOGÉNEZETT SZERVES ANYAGOK
	
H242 Hő hatására meggyulladhat. H301+H311+H331 Lenyelve, bőrrel érintkezve, belélegezve mérgező. H350 Rákot okozhat <meg kell adni az expozíciós útvonalat, ha meggyőzően bizonyított, hogy más expozíciós útvonal nem okozza a veszélyt>. P403+P235+P410 Jól szellőző, hűvös helyen tartandó. Napfénytől védendő. P210 Hőtől/szikrától/nyílt lángtól/.../forró felületektől távol tartandó. Tilos a dohányzás. P314+P101 Rosszullét esetén orvosi ellátást kell kérni, orvosi tanácsadás esetén tartsa kéznél a termék edényét vagy címkéjét.	H242 Hő hatására meggyulladhat. H301+H311+H331 Lenyelve, bőrrel érintkezve, belélegezve mérgező. H350 Rákot okozhat <meg kell adni az expozíciós útvonalat, ha meggyőzően bizonyított, hogy más expozíciós útvonal nem okozza a veszélyt>. P403+P235+P410 Jól szellőző, hűvös helyen tartandó. Napfénytől védendő. P210 Hőtől/szikrától/nyílt lángtól/.../forró felületektől távol tartandó. Tilos a dohányzás. P314+P101 Rosszullét esetén orvosi ellátást kell kérni, orvosi tanácsadás esetén tartsa kéznél a termék edényét vagy címkéjét.

3. táblázat - A hulladéktárolók felirata

Az 1. számú tartályból a semlegesített anyag a pH ellenőrzése után a lefolyóba önthető. A 2. tartály mérgező anyagait ártalmatlanítani kell, közvetlenül a csatornába önteni tilos!

Néhány javaslat a veszélyes hulladékok ártalmatlanítására:

- A vízben oldódó aldehidek tömény nátrium-hidrogén-szulfid-oldattal vízben rosszul oldódó aldehyd-biszulfidá alakíthatók. Az így kapott aldehyd-biszulfid vizes elegy a 3. számú tartályba önthető.
- A klór és bróm lúgos oldatban tioszulfáttal kloridokká, illetve bromidokká alakítható, ezek az oldatok hígítva a lefolyóba önthetők.
- A kromát- és dikromát-oldatokat 2-es pH-ig savanyítjuk, majd nátrium-hidrogén-szulfidtal redukáljuk. A redukció végét a zöld szín kialakulása jelzi. Az így kapott oldatot lúg hozzáadásával kezeljük, a levált csapadékot a 2. számú tartályba helyezzük.
- A fluoridokat kalcium-hidroxiddal lecsapjuk, a csapadékot a 2. számú tartályba tesszük.
- A maradék nátriumot és káliumot alkohollal reagáltatjuk, majd a maradékot az 1. számú gyűjtőbe öntjük.
- A nitriteket kálium-permanganáttal nitráttá oxidáljuk, majd hígítva a lefolyóba öntjük.
- A higanyhulladékot, ha üvegben felfogható, akkor koncentrált salétromsavban feloldjuk, majd közömbösítés után szulfiddá alakítjuk, végül a 2. számú tartályba öntjük a csapadékos oldatot. Ha a higany szétgurul, akkor kénport szórunk rá, és célszerű a helyiségben egy kevés jódot szublimáltatni a légtérbe.

Mind környezetvédelmi, mind gazdaságossági szempontból fontos a különböző termékek további feldolgozása, illetve bizonyos vegyszerek visszanyerése. Ilyen például az ezüst(I)-

nitrát, mely egy igen drága vegyszer (2014. július 27-én 500 g ezüst(I)-nitrát az egyik Magyarországon is forgalmazó cégnél bruttó 403 369,11 Ft-ba került szállítási költség nélkül!), érdemes időt fordítani a kinyerésére. Ezt a következőképpen végezhetjük: az összegyűjtött ezüst(I)-sók zavaros elegyéhez adjunk kevés salétromsavat, majd ammónia-oldatot, amíg tiszta oldatot nem kapunk. Az oldatot 2 V egyenfeszültséggel grafitelektródok között elektrolizáljuk. A katód környékén megjelenő „ezüsfát” időnként szűrőpapírra gyűjtjük, desztillált vízzel mossuk. A kapott ezüstöt golyóvá olvasztjuk, majd kb. 30 w%-os salétromsavban feloldjuk, végül az oldatot bepároljuk.

Hasonló módon elektrolízissal a réz(II)-sók oldataiból a fémréz kinyerhető.

2.5. Néhány szervesetlen preparátum előállításának reakcióegyenlete

Preparátum neve	Az előállítás egyenlete(i)
ammónium-cink-szulfát	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{Zn}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
bárium-nitrát	$\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{NaNO}_3 \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NaCl} + 2 \text{H}_2\text{O}$
bázisos cink-karbonát	$2 \text{ZnSO}_4 + 2 \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ZnCO}_3 \cdot \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2 \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2$
bázisos réz(II)-karbonát	$2 \text{CuSO}_4 + 4 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2 \text{Na}_2\text{SO}_4 + 3 \text{CO}_2$
bórsav	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{HCl} \rightarrow 4 \text{H}_3\text{BO}_3 + 2 \text{NaCl} + 5 \text{H}_2\text{O}$
cink-szulfát	$\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$
kalcium-karbonát	$\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2 \text{NaCl}$
kalcium-klorid	$\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
kalcium-peroxid	$\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{NH}_3 \rightarrow \text{CaO}_2 + 2 \text{NH}_4\text{Cl}$
kalcium-szulfát	$\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{HCl}$
kálium-trijodo-plumbát(II)	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 3 \text{KI} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}[\text{PbI}_3] \cdot 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{KNO}_3$
krómsárga (ólom(II)-kromát)	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2 \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$ $2 \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{CrO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4 \rightarrow 2 \text{PbCrO}_4 + 2 \text{KNO}_3 + 2 \text{NH}_4\text{NO}_3$
krómvörös (bázisos ólom(II)-kromát)	$2 \text{PbCrO}_4 + 2 \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbO} + \text{H}_2\text{O}$
Mohr-só	$\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$ $\text{FeSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$
réz(II)-oxid	$\text{CuSO}_4 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$
Rinmann-zöld	$2 \text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O} + \text{CoSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CoO} \cdot 2 \text{ZnO} + 3 \text{SO}_3 + 21 \text{H}_2\text{O}$
tetranátrium-difoszfát	$2 \text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + 5 \text{H}_2\text{O}$
Thénárd-kék (kobaltkék)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O} + \text{CoSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CoO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 4 \text{SO}_3 + 25 \text{H}_2\text{O}$
tímsó	$\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 24 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$
vanádium-oxid	$2 \text{NH}_4\text{VO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{V}_2\text{O}_5 + 2 \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$
vas(II)-szulfát	$\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2$

4. táblázat - Néhány szervesetlen preparátum előállítása

2.6. Számítási feladatok

- Hány dm³ standardállapotú hidrogéngáz fejlődik 12,5 g cink sósavfelesleggel való reakciója során?
- 33,1 g nátrium-karbonátot híg kénsavban teljesen feloldunk. Mekkora térfogatú szobahőmérsékletű gáz szabadul fel?
- 20,0 g 12,0 w% kalcium-karbonátot tartalmazó égetett meszet sósavval reagáltattunk. Mekkora térfogatú normálállapotú gáz képződik?
- Mekkora térfogatú standardállapotú kén-dioxid fejlődik egy 35,8 g tömegű 75,1 w%-os tisztaságú kendarab égetése során, ha tudjuk, hogy a szennyeződés égése során szilárd anyag képződik?

5. 548 g tömegű 67,5 w% tisztaságú piritport pörköltünk. Mekkora a képződött gáz térfogata standardállapotban, ha tudjuk, hogy a szennyeződés éghetetlen?
6. 231,1 g 88,88 w% tisztaságú mészkövet égetünk ki. Mekkora a fejlődő gáz térfogata szobahőmérsékleten, ha a szennyeződés átalakulásával nem kell számolnunk?
7. Egy barnaszén széntartalmának a meghatározására 6,25 g szénmintát fölös mennyiségű oxigéngázban elégetünk, majd a keletkező szén-dioxid-gázt fölös mennyiségű nátrium-hidroxid-oldatba vezetjük. A nátrium-hidroxid-oldat a szén-dioxidot teljes mértékben megköti, az oldat tömegnövekedése 15,5 g. Hány tömegszázalék szenet tartalmazott a barnaszén?
8. 3,34 kg ammónium-karbonátot hevítettünk. Számítsa ki, mekkora térfogatú 20 °C hőmérsékletű, standard nyomású ammónia- és szén-dioxid-gáz keletkezik, ha az átalakulás 90,0 %-os!
9. Mekkora térfogatú normálállapotú kén-dioxid-gázt szükséges 2,3 dm³ azonos állapotú oxigéngázhoz keverni, ha azt 10 % feleslegben kell alkalmaznunk?
10. Hány dm³ H₂S-gáz oxidációjához elegendő 32,1 dm³ azonos állapotú oxigéngáz, ha tudjuk, hogy az átalakulásban az oxigénnek csak 96,3 %-a hasznosul?
11. 20 dm³ standardállapotú SO₂-gázhoz mekkora térfogatú azonos állapotú H₂S-gáz szükséges? Mennyi a keletkező kén tömege, ha tudjuk, hogy a termelés 88 %-os hatékonyságú?
12. 25,0 g fémzüstöt tömény salétromsavban oldunk fel, majd a kapott oldatot szárazra pároljuk. Mekkora tömegű a kivált ezüst(I)-nitrát, ha az átalakulás 83,4 %-os?
13. Mekkora tömegű mészkövet kell hevíteni ahhoz, hogy 80,0 %-os átalakulás mellett 45,2 g égetett meszet kapjunk?
14. Hány dm³ hidrogént szükséges 100 dm³ azonos állapotú 25,5 % szennyeződést tartalmazó klórgázhoz keverni, ha a teljes klórtartalmat el szeretnénk reagáltatni és tudjuk, hogy a szennyeződés nem reagál a hidrogénnel? Mekkora térfogatú termék keletkezik, ha a termelést 85,0 %-osnak mérjük?
15. 2,50 g alumíniumhoz 10 % feleslegben jódot adtunk. Mekkora tömegű alumínium-jodid keletkezik, ha az átalakulás 88,5 %-os?
16. Mekkora tömegű csapadék válik le 45,23 g kálium-jodid fölös mennyiségű ólom(II)-nitrát-oldattal való reakciója során, ha tudjuk, hogy az átalakulás 90,00 %-os?
17. 5,20 g MgCO₃ híg sósavban való oldásakor 450 cm³ standardállapotú gáz keletkezik. Mekkora volt az átalakulás?
18. 10,0 g konyhasót fölös mennyiségű tömény kénsavval reagáltattunk el. Mekkora volt az átalakulás hatásfoka, ha a reakció során 3,22 dm³ szobahőmérsékletű gáz keletkezett?
19. 30,0 w% rezet tartalmazó réz–cink ötvözet 10,0 g-ját feleslegben vett sósavval reagáltatjuk. Mekkora térfogatú standardállapotú gáz fejlődik?
20. 25,0 tömegszázalék kalcium-karbonátot tartalmazó CaCO₃–CaO keverék 25,6 g-ját fölös mennyiségű HCl-oldattal reagáltatjuk. Mekkora térfogatú normálállapotú gáz fejlődik?
21. Mekkora térfogatú standardállapotú gáz fejlődését érhetjük el egy 20,0 x% rezet tartalmazó réz–kalcium ötvözet 15,4 g-ját fölös mennyiségű vízzel reagáltatva?
22. Egy 22,0 g tömegű magnézium–alumínium porkeverék 10,0 mólszázalék magnéziumot tartalmaz. Számítsa ki, mekkora térfogatú normálállapotú hidrogéngáz fejlődik feleslegben alkalmazott nátrium-hidroxid hatására!
23. Cinket és ólmot 2:3 anyagmennyiség-arányban tartalmazó ötvözet 25,0 g-ját fölös mennyiségű NaOH-oldatban való oldásával mekkora térfogatú szobahőmérsékletű gáz fejlődik?
24. Mekkora térfogatú standardállapotú gáz képződik egy vas–réz ötvözet 32,8 g-jának tömény salétromsavval való reakciója során? Az ötvözet a vasat és a rezet 1:4 anyagmennyiség-arányban tartalmazza.

25. Cink–réz ötvözet (sárgarézt) 3,50 g-ját sósav feleslegben oldjuk. Hány tömegszázalék rézet tartalmazott a sárgarézt, ha 500 cm^3 $25\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű, 0,1 MPa nyomású gáz fejlődött közben?
26. Hány w% szódát tartalmaz az a NaNO_3 – Na_2CO_3 porkeverék, melynek 33,7 g-ja sósavval $1,00\text{ dm}^3$ térfogatú szobahőmérsékletű szén-dioxidot fejleszt?
27. Hány w%-os tisztaságú az a részben oxidálódott kalcium, amelynek 6,0 g-ja vízzel való reakció során $3,1\text{ dm}^3$ normálállapotú gázt fejleszt?
28. Rézet is tartalmazó ezüst 12,52 g-ját tömény salétromsavban oldottuk fel. Az így kapott oldathoz feles mennyiségű sósavat adva 10,25 g ezüst(I)-klorid csapadék vált le. Hány tömegszázalék rézet tartalmazott a minta?
29. Egy 10,0 g alumínium–magnézium porkeverékre feleslegben nátrium-hidroxid-oldatot csepegtetünk. A reakció során $7,00\text{ dm}^3$ szobahőmérsékletű gáz fejlődött. Hány w% alumínium volt a mintában?
30. Egy főzőpohárban lévő, vasat és rézet tartalmazó 35,8 g tömegű porkeverékre óvatosan tömény salétromsavat csöpögtetünk. A fejlődő vörösbarna színű gázt felfogva, majd légköri nyomáson $20\text{ }^\circ\text{C}$ -ra lehűtve azt $3,75\text{ dm}^3$ térfogatúnak mérjük. Számítsa ki, hány tömegszázalék vasat tartalmazott a minta!
31. Egy 13,4 g tömegű sárgarézt darabra feleslegben sósavat csöpögtetünk. A reakció során $1,05\text{ dm}^3$ térfogatú standardállapotú gáz fejlődik. Hány x% rézet tartalmazott a minta?
32. Hány w% és hány x% magnézium-karbonátot tartalmaz az a 67,5 g tömegű magnézium-karbonát–magnézium-nitrát porkeverék, mely sósavval $2,50\text{ dm}^3$ szobahőmérsékletű gázt fejleszt?
33. Egy réz–alumínium ötvözet 5,23 g-os, elporított részletét sósavval reagáltatva $6,00\text{ dm}^3$ standardállapotú hidrogéngáz fejlődik. Számítsa ki a minta réztartalmát: a réz tömegét, valamint az ötvözet w%- és x%-os összetételét!
34. Egy alumínium–magnézium ötvözet 63,4 g-ja nátrium-hidroxid-oldat feleslegben vett mennyiségében oldva $31,6\text{ dm}^3$ szobahőmérsékletű hidrogéngázt fejleszt. Számítsa ki az ötvözet tömeg- és anyagmennyiség-százalékos összetételét!
35. Nátrium-kloriddal szennyezett nátrium-nitrát 2,00 g-jából oldatot készítünk, majd feleslegben vett ezüst(I)-nitráttal 100 mg csapadékot választunk le. Adja meg a porkeverék tömeg- és mólszázalékos összetételét!
36. Nátrium-szulfáttal szennyezett nátrium-nitrát 13,2 g-jából vizes oldatot készítettünk. Az így kapott oldathoz a reakció teljes végbemenetelig adagolva a bárium-nitrátot, 0,850 g csapadék vált le. Számítsa ki, hány w% és hány x% szennyeződést tartalmazott a porkeverék!
37. Nátrium-szulfiddal szennyezett nátrium-klorid 23,0 g-jából híg vizes oldatot készítettünk, majd ehhez az oldathoz lassan kadmium-nitrát-oldatot csepegtetünk a csapadékképződés teljes végbemenetelig. A csapadékot leszűrve, majd megszárítva azt 1,21 g tömegűnek mértük. Határozza meg a minta w%- és x%-os nátrium-szulfid-tartalmát!
38. Részben karbonátosodott égetett mészt 2,85 g-ját fölös mennyiségű sósavval reagáltatva 400 cm^3 $25\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű, 101 kPa nyomású gáz fejlődött. Határozza meg a minta w%- és x%-os összetételét! A kalcium-oxid hány százaléka karbonátosodott?
39. 50,00 g kálium-szulfiddal szennyezett kálium-nitrátból oldatot készítünk, majd az oldatot nagy mennyiségű ólom(II)-nitrát-oldathoz adagoljuk. 10,25 g sötét színű csapadék leválását figyelhetjük meg. Mi a minta tömeg- és mólszázalékos összetétele?
40. Egy porüvegre ragasztott címkén a „Nátrium-nitrát” feliratot olvashatjuk. A vegyszer neve alatt azonban szerepel egy figyelmeztetés is: „Kis mennyiségben nátrium-szulfidot tartalmaz!”. Számítsa ki a fehér porkeverék w%- és x%-os összetételét, ha tudjuk, hogy a vizsgálathoz 62,2 g tömegű mintát nagy mennyiségű vízben feloldottuk, majd az így kapott oldatot fölös mennyiségű ólom(II)-nitrát-oldatba csöpögtetve 20,0 g csapadék vált le!

41. Hány w% és x% a bárium-nitrát-tartalma annak a 35,9 g tömegű porkeveréknek, amely mintát vízben oldva, majd kénsavhoz adagolva összesen 9,47 g fehér színű csapadék leválását figyelhettük meg? A számítások során vegyük figyelembe, hogy a minta bárium-nitrát mellett kálium-nitrátot tartalmazott!
42. Cinket és alumíniumot 3:2 tömegarányban tartalmazó ötvözet 10,0 g-ját fölös mennyiségű nátrium-hidroxid-oldattal reagáltattuk. Mekkora térfogatú szobahőmérsékletű gáz fejlődése figyelhető várható?
43. Vasat és magnéziumot 4:7 tömegarányban tartalmazó porkeverék 22,0 g-nyi mennyiségét fölös mennyiségű sósavban oldottunk. Számítsa ki, mekkora térfogatú standardállapotú hidrogéngáz fejlődése következik be!
44. Hány dm^3 normálállapotú gáz keletkezik 25 w% kalcium-karbonátot tartalmazó CaCO_3 – MgCO_3 keverék 3,0 g-jának nagy mennyiségű sósavval való reakciójában?
45. Mekkora térfogatú normálállapotú gáz keletkezik 20,5 x% magnézium-karbonátot tartalmazó MgCO_3 – CaCO_3 keverék 30,0 g-nyi mennyiségének fölös mennyiségű sósavval való reakciója során?
46. 15,0 x% nátriumot tartalmazó nátrium–kálium ötvözet 8,00 g-ját vízzel teljesen elreagáltatjuk. Mekkora térfogatú szobahőmérsékletű hidrogéngáz keletkezik a reakciókban?
47. 20 x% kalciumot tartalmazó kalcium–magnézium porkeverék 1,8 g-ját forró vízzel teljesen elreagáltatjuk. Mekkora térfogatú 25 °C-os, légköri nyomású gáz fejlődik?
48. Egy CaCO_3 -ból és MgCO_3 -ból álló porkeverék 6,19 g-ját híg sósavban teljesen feloldva 1,59 dm^3 térfogatú standardállapotú gáz fejlődik. Határozza meg a porkeverék tömeg- és anyagmennyiség-százalékos összetételét!
49. Szódabikarbónából és szódából álló keverék 1,74 g-ját nagyon híg kénsavval reagáltatva 428 cm^3 szobahőmérsékletű gáz fejlődik. Mi a porkeverék w%- és x%-os összetétele?
50. 200,0 g tömegű Ca–Mg elporított keveréket elégetve a szilárd anyag tömege 293,4 g lesz. Számítsa ki a porkeverék tömeg- és mólszázalékos összetételét!
51. Kalcium-kloridot és magnézium-kloridot tartalmazó porkeverék 4,22 g-ját vízben teljesen feloldjuk. Ehhez az oldathoz feleslegben adagolva a reagens ezüst(I)-nitrát-oldatot 12,10 g csapadék válik le. Adja meg a porkeverék w%- és x%-os összetételét!
52. Nátrium–kalcium keverék 0,2500 g-ját vízben oldva 132,8 cm^3 térfogatú normálállapotú gáz fejlődik. Hány w% és hány x% nátriumot tartalmazott a keverék?
53. Adja meg annak az alumínium–cink ötvözetnek a tömeg- és mólszázalékos összetételét, melynek 2,75 g-ja fölös mennyiségű sósavból 1,48 dm^3 normálállapotú gázt fejleszt!
54. NaCl-ot és KCl-ot tartalmazó porkeverék 9,18 g-ját hideg tömény kénsavval reagáltatva 10,7 g fém-szulfát-keveréket kapunk. Mi a kezdeti porkeverék w%- és x%-os összetétele?
55. 17,50 g vasat és rezet tartalmazó keverék teljes klórozásához 8,925 dm^3 standardállapotú klórgáz szükséges. Határozza meg a keverék tömeg- és anyagmennyiség-százalékos összetételét!
56. 15,00 g cinket és sziksót tartalmazó porkeverékre sósavat csepegtetve 3,969 dm^3 térfogatú normálállapotú gáz keletkezik. Mi a porkeverék w%- és x%-os összetétele?
57. Egy oldat összesen 5,000 g nátrium-kloridot és kálium-kloridot tartalmaz. Az összes sónak hány w%-a és x%-a konyhasó, ha ezüst(I)-nitrát-oldat hatására 10,79 g csapadék válik le?
58. 10,00 g tömegű vas és cink keverék feleslegben vett sósavból 4,206 dm^3 térfogatú standardállapotú hidrogéngázt fejleszt. Adja meg a keverék w%- és x%-os összetételét!
59. 30,00 g cink–magnézium porkeverék 187,5 g 38 w%-os sósavval reagál el teljes mértékben. Mi a porkeverék tömeg- és anyagmennyiség-százalékos összetétele?
60. 200,0 g szóda–mészkeverék 385,7 g 37 w%-os sósavval reagál el teljesen. Határozza meg a porkeverék tömeg- és mólszázalékos összetételét!

2.7. Ellenőrző kérdések, feladatok

1. Soroljon fel legalább három, a preparatív munkához kapcsolható általános szabályt!
2. Mi célt szolgál a jegyzőkönyv vezetése?
3. Mit kell tartalmaznia egy jegyzőkönyv fejlécének?
4. Milyen tartalmi elemek kell, hogy megjelenjenek egy preparátum elkészítését dokumentáló jegyzőkönyvben?
5. Milyen veszélyeket hordozhatnak a felhasznált vegyszerek?
6. Honnan szerezhetünk tudomást arról, hogy az általunk használt vegyszerrel való munkavégzés milyen veszélyeket hordoz magában?
7. Miért szükséges a szelektív hulladékgyűjtést megvalósítani?
8. Adottak a következő veszélyes hulladékok: híg nátrium-hidroxid-oldat, híg réz(II)-szulfát-oldat, híg ólom(II)-nitrát-oldat. Melyik hulladékot melyik gyűjtőbe célszerű önteni?

3. A szervetlen minőségi analízis alapjai

A kémiai analízis (elemzés) az anyagok alkotórészeit vizsgálja.

Felosztása történhet célja, feladata, teljessége, módja, mérete vagy bonyolultsága szerint.

- a) Célja szerint beszélünk:
 - *kvalitatív analízisről* (minőségi elemzés), ahol az anyagok alkotórészeinek felismerése a cél;
 - *kvantitatív analízisről* (mennyiségi elemzés), ahol az alkotórészek mennyiségének, illetve mennyiségi viszonyainak a meghatározása a cél.
- b) Feladata szerint megkülönböztetünk:
 - *tudományos elemzést* (a kutatásokra jellemző, nagy pontosság és időigény jellemzi);
 - *technikai elemzést* (üzemi vizsgálatokra jellemző, kevésbé pontos, de gyors).
- c) Teljessége szerint lehet:
 - *részleges analízis* (csak bizonyos alkotórészt vagy részeket határozzuk meg);
 - *teljes analízis* (minden alkotórész meghatározásra kerül).
- d) Módja szerint lehet:
 - *hagyományos* (klasszikus) *kémiai elemzés*;
 - *műszeres elemzés* (fizikai és/vagy kémiai jellemzők mérése).
- e) Mérete szerint beszélünk:
 - *makro-*;
 - *félmikro-* és
 - *mikro analízisről*.
- f) Bonyolultsága alapján megkülönböztetünk:
 - *egyszerű elemzést* (ilyenkor egy anyag van jelen);
 - *összetett elemzést* (amikor keverékek vagy elegyek vizsgálatát végezzük).

3.1. A hagyományos minőségi analízis alapjai

Minőségi elemzéssel (kvalitatív analízissel) állapíthatjuk meg, hogy a vizsgált anyag milyen elemekből vagy atomcsoportokból épül fel. A mennyiségi elemzéssel azt vizsgáljuk, hogy ezek az elemek vagy atomcsoportok milyen tömegben vagy százalékos arányban vesznek részt a vizsgált anyag felépítésében.

Az elemzésnek e két ága közül a mennyiségi elemzés jelentősége a nagyobb: rendszerint ismerjük a vizsgálandó anyag minőségi összetételét, s csak a mennyiségi viszonyokat igyekszünk meghatározni. Az is megeshet, hogy egy fő alkotórész mellett lévő mellékalkotórészeket vagy szennyezéseket keressük, s a minőségi kimutatást a mennyiségi meghatározással kapcsoljuk egybe.

Az alkotórészeket többnyire kémiai reakciókkal mutatjuk ki. Az anyagot oldjuk vagy oldat formájában kapjuk, ezt ismert összetételű oldattal reagáltatjuk, s a reakció eredménye alapján az ismeretlen anyagra vagy alkotórészre következtetünk. Az ismert összetételű oldatot kém-szernek vagy **reagens**nek nevezzük.

Az elvégzett kémiai reakciók *csapadékképződéssel*, *színváltozással* vagy *gázfejlődéssel* járnak. Számos esetben azonban a szilárd anyag, a csapadék oldódása jelenti a reakciót.

Ha például ezüst(I)-nitrát-oldathoz sósavat adunk, fehér, túrós csapadékot kapunk, mely fény hatására megszürkül, illetve ammónia-oldatban oldódik. A csapadék színe, alakja, oldhatósága vagy más jellemző tulajdonsága alapján különböztethető meg más csapadékoktól.

Ha vas(III)-klorid-oldathoz ammónium-rodanidot adunk, színváltozást tapasztalunk: a sárga oldat a reagens hatására vérvörös lesz.

Ha szulfidot tartalmazó oldathoz sósavat öntünk, záptojásszagú gáz fejlődik, mely a kémcső szájához tartott ólom(II)-acetátos szűrőpapírt megfeketíti. A gázok általában szagukról vagy valamilyen más előidézett változásból ismerhetők fel.

Emellett igen gyakori elemzést szolgáló művelet még az *oldódás* és *lángfestés* vizsgálata is.

A reakciókat a bekövetkezett változás hasonlósága alapján osztályozzuk. Egyes reakciókat más közös vonásuk alapján foglalunk egységbe.

- **Csoportreakció.** Bizonyos reagensok hatására a vegyületek egy csoportja ad reakciót. Így például sósavval az ezüst(I)-, az ólom(II)- és a higany(I)-tartalmú vegyületek csapadékot adnak. A csoportreakcióval az alkotórészek egy bizonyos csoportját elválasztjuk a többi alkotórésztől. A reakció elmaradása pedig azt jelenti, hogy a keresett alkotórészek nincsenek az oldatban.
- **Jellemző reakció (kimutatási reakció).** Egyes reagensok egy anyaggal erre az anyagra jellemző, más anyagoktól eltérő reakciót adhatnak. Jellemző például a már említett vas(III)-klorid reakciója ammónium-rodaniddal: csak a vas(III)-vegyületeknél jelentkezik a vérvörös színváltozás.
- **Érzékeny reakció.** Az analitikai reakcióknak érzékenyeknek kell lenniük. Ez azt jelenti, hogy a keresett alkotórész igen kis mennyiségét egyértelműen és biztonságosan ki kell tudni mutatni.

A reakciókat először ismert oldatokkal végezzük: a reagens hatására bekövetkezett változást megfigyeljük, feljegyezzük és megjegyezzük. Ha ismeretlen oldattal hasonló változást észlelünk, korábbi megfigyelésünket felidézzük. Ha a reakció jellemző, akkor az anyagot máris azonosíthatjuk. Ha ugyanazt a változást több anyagnál észleltük, újabb reakciókkal el kell döntenünk, hogy ezek közül melyik anyagról van szó.

3.1.1. A kationok osztályba sorolása

A fématomok elektronleadással pozitív töltésű ionokká, kationokká alakulnak át. A kationokat ritkán mutatjuk ki egymás mellett, többségüket a kimutatás előtt a többi kationtól el kell választanunk.

A kationok elválasztásának menete csak kis mértékben függ össze az elemnek a periódusos rendszerben elfoglalt helyével. Az alkálifémek és az alkáliföldfémek az elválasztásnál is egy-egy csoportot alkotnak, a többi fémnél azonban kevésbé szoros ez a kapcsolat a periódusos rendszer és az analitikai csoport között.

Az elválasztás a kloridok, szulfidok, hidroxidok, valamint a karbonátok oldhatóságán alapul. A teljes elválasztást a savas kémhatású oldattal indítjuk meg és a lúgos oldattal fejezzük be. Az egyes csoportokat osztályoknak nevezzük.

I. osztály: a sósav-csoport. A csoport reagens a sósav. Az ide tartozó kationok vízben és savban nehezen oldható kloridokat képeznek. Ezek az: Ag^+ , Hg_2^{2+} és Pb^{2+} .

II. osztály: a kén-hidrogén-csoport. A csoport reagens a kén-hidrogén savas közegben. Az ide tartozó kationok savban nehezen oldódó szulfidokat képeznek, az egyes szulfidok azonban ammónium-szulfidban, illetve -poliszulfidban oldódnak. Ebbe az osztályba sorolt kationok a Hg^{2+} , Cu^{2+} , Bi^{3+} , Cd^{2+} , As^{3+} , As^{5+} , Sb^{3+} , Sb^{5+} , Sn^{2+} és Sn^{4+} .

III. osztály: az ammónium-szulfid-csoport. A csoport reagense az ammónium-szulfid ammóniás közegben. Az ide tartozó kationok szulfidjai és hidroxidjai semleges vagy enyhén lúgos közegben nem oldható vegyületek. Ezek a kationok a Co^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Cr^{3+} , Al^{3+} és Zn^{2+} .

IV. osztály: az ammónium-karbonát-csoport. Az ide tartozó kationok az előző csoportok reagenseivel nem válnak le, az ammónium-karbonáttal viszont vízben és lúgos közegben oldhatatlan karbonátokat adnak. Ezek a kationok a Ca^{2+} , Sr^{2+} és Ba^{2+} .

V. osztály: az oldható csoport. Az ide tartozó kationokat az előző ionok leválasztása után egyenként mutatjuk ki. Ezek a H^+ , Li^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} .

3.1.2. Az anionok osztályba sorolása

Az anionok osztályonkénti elválasztása nem tökéletes, ezért az anionok vizsgálatát a kationok ismeretében célszerű végezni, mert bizonyos kationok jelenléte kizárja bizonyos anionok jelenlétét.

I. osztály. A CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, S^{2-} , S_x^{2-} , SiO_3^{2-} , OCl^- -ionok vizes oldatából erős savak hatására gáz fejlődik, a SiO_3^{2-} , a $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ és a S_x^{2-} -ionok oldatából eközben pedig még csapadék is leválik.

II. osztály. A SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , BO_3^{3-} , F^- , IO_3^- , BrO_3^- -ionok semleges oldatából báriumion hatására csapadék válik le.

III. osztály. A Cl^- , Br^- , I^- , CN^- , SCN^- , $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ -ionok salétromsavval megsavanyított oldatában ezüst(I)-nitrát hatására csapadék válik le.

IV. osztály. A NO_3^- , NO_2^- , CH_3COO^- , ClO_3^- , OH^- , $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ -ionoknak nincs közös reagensük.

3.2. Az elővizsgálatok

A klasszikus minőségi analízist célszerű elővizsgálattal kezdeni. Erre több lehetőség is adott.

- A fizikai tulajdonságok vizsgálata: szín, szag, oldhatóság vízben, kristályforma stb.;
- A vizes oldatának vizsgálata: szín, szag, áttetszőség, kémhatás, lángfestés;
- A szilárd anyag (vagy az oldat bepárlásával visszamaradó szilárd anyag) hevítéskor:
 - változatlanul elillan (szublimál), mint például a jód, a kámfor, a naftalin, a HgCl_2 stb.;
 - bomlik és részben elillan, mint például a CaCO_3 , a nátrium-oxalát;
 - bomlik és teljesen eltűnik, mint például egyes ammónium-sók vagy az oxálsav;
 - megolvad, majd további hevítés hatására megszilárdul, mint a kristályvizes anyagok;
 - karamellizálódik, mint a szénhidrátok.

Az analízist általában oldatokkal végezzük. Az oldat készítéséhez azonban meg kell határozunkunk a megfelelő oldószert. A következő oldószerekkel célszerű elvégezni az oldás-próbát (a sorrendet be kell tartani!):

- víz,
- sósav,
- salétromsav,
- királyvíz és
- lúg (leggyakrabban nátrium-hidroxid-oldat).

3.3. A kationok vizsgálata

3.3.1. Az oldható csoport

A csoportnak nincs közös reagense, az ide tartozó kationoknak oldhatatlan, illetve rosszul oldódó vegyülete alig van. Sóik színtelenek, illetve a színes sók színüket a bennük lévő aniontól kapják. Közülük néhány a színtelen gázlángot megfesti.

Ionok	Azonosítás
Li⁺	A lítiumion a színtelen gázlángot bíborszínűre festi. Ha elegendő lítiumion van jelen, akkor a lángfestés akár percekig is megfigyelhető.
Na⁺	A nátriumion a színtelen Bunsen-lángot sárgára festi. A felhasznált vegyszerek elenyésző szennyezettségéből a nátriumion kimutatható. Ha mérhető mennyiségű nátriumion van jelen, a lángfestés percekig tart.
K⁺	Perklórsavval fehér csapadék válik le: $\text{K}^+ + \text{ClO}_4^- \rightarrow \text{KClO}_4$ A káliumvegyületek a színtelen lángot fakóibolyára festik. A színt azonban már igen kevés nátriumion is eltakarja. Ilyenkor kobalttüvegen keresztül nézzük a lángot, ugyanis ez kiszűri belőle a sárga színt.
NH₄⁺	Erős bázisok (például a NaOH) felszabadítják sóiból az ammóniát. $\text{NH}_4^+ + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$ A reakció melegítés hatására szilárd anyagok és oldatok között is végbemegy. Az azonosításra több lehetőségünk is van: • A felszabadult ammónia szagáról felismerhető. • A kémcső fölé tartott nedves indikátorpapír lúgos kémhatást jelez. • A kémcső fölé tömény sósavba mártott üvegbottal tartva fehér színű ammónium-klorid füst képződik. A Nessler-reagenssel (kálium-tetraiodo-merkurát(II), K₂[HgI₄]-oldat) az ammónium-ion az oldat töménységétől függően sárgásbarna csapadékot vagy színeződést ad. A reagenst higany(II)-klorid és kálium-jodid reagáltatásával állítják elő. A reakció igen érzékeny, ivóvíz ammónia-tartalmának meghatározására is alkalmazzák.
Mg²⁺	A magnéziumiont híg ammónia-oldattal leválasztjuk, majd szilárd ammónium-kloridot adunk hozzá, hogy a csapadék feloldódjon. Az így kapott oldatot szokás magnézia mixtúrának is nevezni. Ehhez az oldathoz cseppenként Na₂HPO₄-oldatot adunk. Mivel könnyen képződik túltelített oldat, a magnézium-ammónium-foszfát csapadék leválását azzal segíthetjük elő, hogy a kémcső belső falát üvegbottal dörzsöljük. $\text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{MgNH}_4\text{PO}_4$
Na⁺, K⁺, NH₄⁺ és Mg²⁺ egymás	A vizsgálatot mindig az ammónium-ion kimutatásával kezdjük. A kiadott oldat egy részletéből erős bázissal felszabadítjuk az ammóniát, s a távozó gázokat nedves indikátorpapírral azonosítjuk. A további ionok kimutatása előtt az ammónium-sókat el kell távolítani. Az oldatot fülke alatt porcelántálban szárazra pároljuk, majd addig melegítjük, amíg az ammónium-sók fehér füst alakban el nem távoznak.

mellett	A száraz maradék egy részével elvégezzük a lángfestést. Ezt tegyük meg kobalt-üveggel és nélküle is! A száraz maradék további részét kevés vízben feloldjuk. A magnéziumiont magnézium-ammónium-foszfát alakban mutatjuk ki.
----------------	--

5. táblázat - Az oldható csoport kationjainak azonosítása

3.3.2. Az ammónium-karbonát-csoport

Ebbe a csoportba tartozik három alkáliföldfém: a kalcium, a stroncium és a bárium. Jellemző oxidációs számuk a +2. Nitrátjaik, kloridjaik vízben oldhatók, szulfátjaik, foszfátjaik és karbonátjaik vízben többé-kevésbé rosszul oldódnak. Hidroxidjaik lúgossága és vízoldhatósága a $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Sr}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}(\text{OH})_2$ sorrendben nő, a szulfátok és kromátok oldhatósága viszont a bárium $\rightarrow$ kalcium sorrendben csökken.

Ionok	Azonosítás
Ca^{2+}	Nátrium- vagy ammónium-karbonát-oldat hozzáadása hatására semleges vagy enyhén lúgos közegben fehér, pelyhes csapadék keletkezik. A kationokat forró oldatból csapjuk le, hogy a reagensben lévő HCO_3^--kat elbontsuk. A kalcium-hidrogén-karbonát ugyanis vízben számottevő mennyiségben oldódik. $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \underline{\text{CaCO}_3}$ A csapadék a szénsavnál erősebb savakban, így már ecetsavban is oldódik: $\text{CaCO}_3 + 2 \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ Az oldathoz ammónium-oxalátot adva vízben gyakorlatilag oldhatatlan kalcium-oxalát válik le. A reakció mennyiségi meghatározásra is használható. A keletkező csapadékot az ásványi savak oldják. $\text{Ca}^{2+} + (\text{COO})_2^{2-} \rightarrow \underline{(\text{COO})_2\text{Ca}}$ A kálium-hexaciano-ferrát(II)-oldat a kalciumionnal fehér csapadékot ad. Ammónium-sók jelenlétében a reakció érzékenyebb. A leválást elősegíti, ha a kémcső belső falát üvegbottal dörzsöljük. $\text{CaCl}_2 + \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow \underline{\text{CaK}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]} + 2 \text{KCl}$ A kalciumion a színtelen gázlángot téglavörös színűre festi.
Sr^{2+}	Nátrium- vagy ammónium-karbonát-oldat hozzáadása hatására semleges vagy enyhén lúgos közegben fehér, pelyhes csapadék keletkezik. A kationokat forró oldatból csapjuk le, hogy a reagensben lévő HCO_3^--kat elbontsuk. A stroncium-hidrogén-karbonát ugyanis vízben számottevő mennyiségben oldódik. $\text{Sr}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \underline{\text{SrCO}_3}$ A csapadék a szénsavnál erősebb savakban, így már ecetsavban is oldódik: $\text{SrCO}_3 + 2 \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Sr} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

	A stroncium-vegyületek vizes oldata híg gipszes vízzel melegen fehér csapadékot adnak. $\text{Sr}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \underline{\text{SrSO}_4}$
	A stronciumion a színtelen gázlángot vörös színűre festi.
Ba²⁺	Nátrium- vagy ammónium-karbonát-oldat hozzáadása hatására semleges vagy enyhén lúgos közegben fehér, pelyhes csapadék keletkezik. A kationokat forró oldatból csapjuk le, hogy a reagensben lévő HCO₃⁻-kat elbontsuk. A bárium-hidrogén-karbonát ugyanis vízben számottevő mennyiségben oldódik. $\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \underline{\text{BaCO}_3}$ A csapadék a szénsavnál erősebb savakban, így már ecetsavban is oldódik: $\text{BaCO}_3 + 2 \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	A bárium-vegyületek vizes oldata híg kénsavval vagy gipszes vízzel fehér, finomszemcsés, nagy sűrűségű csapadékot adnak. A bárium-szulfát vízzeloldhatósága igen kicsi. A reakciót a bárium mennyiségi meghatározására is fel lehet használni. $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \underline{\text{BaSO}_4}$
	A báriumion a kromátionnal vízben és híg ecetsavban gyakorlatilag oldhatatlan sárga csapadékot ad. A csapadékot azonban ásványi savak oldják. $\text{Ba}^{2+} + \text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \underline{\text{BaCrO}_4}$
	A báriumion a színtelen gázlángot fakózöld színűre festi. A megfigyelést nehezíti, hogy a báriumiont igen gyakran kíséri a nátriumion.
Ca²⁺, Sr²⁺ és Ba²⁺ egymás mellett	Az oldatot ammóniával meglúgosítjuk, míg az oldatot ammóniaszagúnak nem érezzük. Annyi ammónium-karbonátot adunk az oldathoz, hogy a három kation karbonát formájában leváljon. Az oldatot felforraljuk, a csapadékot szűrjük. A szűrlethez kevés ammónium-karbonátot adunk, hogy ellenőrizzük, teljes-e a leválasztás. Ha még kapunk csapadékot, akkor a leválasztást folytatjuk. A csapadékot a szűrőpapíron forró vízzel mossuk. (A szűrletet az oldható csoport vizsgálatához félretesszük.) A csapadékot forró ecetsavban oldjuk. Ha kevés a csapadék, akkor az oldást magán a szűrőpapíron végezzük. A lecsurgott ecetsavas szűrlethez nátrium-acetátot adunk, majd kálium-kromátot. A leváló sárga csapadék a bárium-kromát: az oldatban báriumion van. A csapadékot szűrjük. Ha a szűrlet sárga, a báriumiont teljesen leválasztottuk. (Ha a szűrlet színtelen, a leválasztást folytatni kell.) A szűrlethez fölös mennyiségben (kb. egy vegyszeres kanálnyi) szilárd nátrium-karbonátot adunk, az oldatot felforraljuk. A csapadékot szűrjük és forró vízzel kromátmentesre mossuk, majd a szűrőről híg sósavval leoldjuk. Az oldat egy részletéből gipszes vízzel kimutathatjuk a stronciumot. A stroncium-szulfát leválasztását melegítéssel elősegíthetjük, illetve azzal, hogy üvegbottal dörzsöljük a kémcső falát. Az oldat másik részletét ammóniával közömbösítjük, s ammónium-kloridot adunk hozzá. Ezután csepegtetjük az oldathoz a kálium-hexaciano-ferrát(II)-reagenst. Ha van leváló csapadék, akkor az a kalciumion jelenlétére utal. A szétválasztott csapadékokkal a lángfestést is elvégezhetjük.

6. táblázat - Az ammónium-karbonát-csoport kationjainak azonosítása

3.3.3. Az ammónium-szulfid-csoport

Az ammónium-szulfid-csoportba tartozó kationok semleges vagy lúgos kémhatású oldatból ammónium-szulfiddal leválaszthatók, viszont ásványi savas közegben nem válnak le.

A **kobalt(II)**-ion kristályvizes sói, illetve vizes oldata vörös (rózsaszínű), a vízmentes vagy kevésbé disszociált kobalt(II)-vegyületek kék színűek. Könnyen képeznek komplexeket, amelyek aztán oxidálószer hatására **kobalt(III)**-vegyületekké alakíthatók át.

A **nikkel(II)**-vegyületek kristályvizes formában, illetve vizes oldatban zöld színűek, a vízmentes sók többnyire sárgák.

A **vas(II)**-vegyületek kristályvizes formában, illetve vizes oldatban halványzöld színűek. A **vas(III)**-vegyületek sárgák, a hidrolízis mértékétől függően színük a vörösbarna felé megy. A vas(II)-vegyületek erős redukálószer, különösen lúgos közegben.

A mangán +1-től +7-ig minden oxidációs számban jelentkezik. A legfontosabb és jellemzőbb oxidációs számoknak megfelelő vegyületek:

- **mangán(II)**-vegyületek: vizes oldatban enyhén rózsaszínű kationokat alkotnak;
- **mangán(IV)**-vegyület: a mangán-dioxid;
- **mangán(VI)**-vegyületek: a zöld színű manganátok, ionjuk a manganát-ion (MnO_4^{2-});
- **mangán(VII)**-vegyületek: az ibolyaszínű permanganátok, ionjuk a permanganát-ion (MnO_4^-).

A **króm(III)**-vegyületek vizes oldata részben zöld, részben ibolyaszínű. Áteső és ráeső fényben is eltérő színt mutatnak. Könnyen oxidálhatók, ezért erős redukálószernek tekinthetjük ezeket.

Fontosak a hatvegyértékű vegyületek: ezek **króm(VI)**-oxidra (CrO_3) vezethetők vissza, ami sötétvörös. Származékai a kromátok, mint például a sárga színű kálium-kromát (K_2CrO_4), illetve a dikromátok, mint például a narancssárga kálium-bikromát ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

A **króm(II)**-vegyületek vizes oldatban kékek. Kevésbé állandók, könnyen oxidálódnak króm(III)-vegyületekké.

Az **alumínium** amfoter, főcsoportbeli elem. A III. osztály többi kationja mind mellékcsoportbeli. Az alumíniumion vizes oldata színtelen.

A **cink** levegővel és vízzel szemben ellenálló, híg savakban és lúgokban azonban oldódik (amfoter). Vegyületeiben színtelen. Komplexképzésre hajlamos.

Ionok	Azonosítás
Co^{2+}	Ammónium-szulfiddal ammóniás közegben fekete kobalt(II)-szulfid válik le. $\text{Co}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \underline{\text{CoS}}$ A kobalt(II)-ion semleges vagy ecetsavas–nátrium-acetátos közegben kénhidrogénnel is leválasztható. A leválasztás azonban nem teljes, a csapadék részben kolloidálisan van jelen. A csapadékot a forró, tömény salétromsav és a királyvíz, hidrogén-peroxid jelenlétében pedig az ecetsav is oldja. $\text{CoS} + 4 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Co}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{NO}_2 + \text{S}$

	A kobalt(II)-ionok a rodanid-ionokkal kobalt(II)-rodanidot adnak: $\text{Co}^{2+} + 2 \text{SCN}^- \rightarrow \text{Co}(\text{SCN})_2$ Híg vizes oldatban a só disszociál és a kobaltsó-oldatok jellemző pirosas színét mutatja. A disszociálatlan só kék. - A nagy rodanid-felesleg a disszociációt visszaszorítja, és az oldat kék színű lesz. - A kobalt(II)-rodanid egyes szerves oldószerekben oldódik, s itt – víz hiányában – ugyancsak a disszociálatlan forma jelenik meg. Ilyen oldószerek az amil-alkohol és az éter. A kimutatásnál az amil-alkohol és az éter 1:10 arányú elegyét használjuk. Előnye, hogy a vízzel nem elegyedik, s kisebb sűrűsége miatt a víz tetején külön réteget alkot. A reakció igen érzékeny. Ha a töményebb oldatot felhígítjuk, a jellemző kék szín jobban látszik. Néhány csepp tömény sósavval a reakció még élesebbé tehető. - A reakciót a vas(III)-ionok zavarják, a vas(III)-rodanid sötétpiros színe a kék színt eltakarja. A fluoridionok (NaF vagy NH₄F) a vas(III)-ionokat komplexbe viszik, s így a SCN⁻-ionok már nem reagálnak vele. A fluoridok helyett nátrium-karbonátot vagy nátrium-tioszulfátot is használhatunk.
Ni²⁺	Frissen készített ammónium-szulfid-oldat semleges vagy ammóniás közegben fekete színű nikkell(II)-szulfidot választ le: $\text{Ni}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \underline{\text{NiS}}$ A csapadékot a forró, tömény salétromsav és a királyvíz, hidrogén-peroxid jelenlétében pedig az ecetsav is oldja. $\text{NiS} + 4 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Ni}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{NO}_2 + \text{S}$ A nikkell(II)-sók kevés ammónia-oldattal zöld színű nikkell(II)-hidroxidot adnak. A csapadék a reagens feleslegében zöld nikkell(II)-hexaamin-komplex formájában oldódik. A cianidokkal hasonló komplexeket alkot. $\text{Ni}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Ni}(\text{OH})_2}$ $\text{Ni}(\text{OH})_2 + 6 \text{NH}_3 \rightarrow [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+} + 2 \text{OH}^-$ Dimetil-glioximmal nátrium-acetátos vagy enyhén ammóniás közegben piros nikkell-dimetil-glioxim csapadékot ad. Híg közegben a leválást forralással elősegíthetjük. A reakciót a nikkell mennyiségi meghatározására is használják. Zavaró ionok: a dimetil-glioximmal a kobalt(II)-ion barna, a vas(II)-ion vörös színeződést ad, csapadék azonban egyikkel sem keletkezik.
Fe²⁺ és Fe³⁺	A kén-hidrogén gyenge ecetsavas közegben vas(II)-vegyületekből fekete vas(II)-szulfidot választ le. Ásványi savas közegben nincs leválás. A kén-hidrogén a vas(III)-ionokat vas(II)-ionokká redukálja, s kén válik ki: $2 \text{Fe}^{3+} + \text{S}^{2-} \rightarrow 2 \text{Fe}^{2+} + \text{S}$ $\text{Fe}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \underline{\text{FeS}}$ Az oldat kezdetben kék színű, majd a kén kiválását követően tejszerű lesz.

A vas(II)-vegyületek ammónium-szulfiddal fekete vas(II)-szulfid csapadékot adnak. A vas(III)-vegyületekből semleges vagy lúgos közegben kénkiválás közben vas(II)-szulfid válik le. $2 \text{Fe}^{3+} + \text{S}^{2-} \rightarrow 2 \text{Fe}^{2+} + \text{S}$ $\text{Fe}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \underline{\text{FeS}}$
Vas(II)-oldatok alkáli-hidroxidokkal piszkosfehér színű vas(II)-hidroxidot adnak, ami levegőn zöldes fehér, zöldes barna, majd vörösbarna lesz: $\text{Fe}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Fe(OH)}_2}$ $2 \text{Fe(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow 2 \underline{\text{Fe(OH)}_3}$ Vas(III)-ionok a hidroxid-ionokkal vörösbarna vas(III)-hidroxidot adnak: $\text{Fe}^{3+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Fe(OH)}_3}$ A csapadékok híg savakban oldódnak. Az ammónia-oldat az alkáli-hidroxidokhoz hasonlóan reagál, a vas(II)-hidroxid azonban sok ammónium-só jelenlétében – a magnézium-hidroxidhoz hasonlóan – oldatba megy. A vas(III)-vegyületekből a kálium-hexaciano-ferrát(II) kék csapadékot választ le, mely híg savakban nem, töményekben viszont oldódik. A csapadékot berlini kéknek nevezik: $4 \text{Fe}^{3+} + 3 [\text{Fe(CN)}_6]^{4-} \rightarrow \underline{\text{Fe}_4[\text{Fe(CN)}_6]_2}$ A vas(II)-ionok kálium-hexaciano-ferrát(II)-oldattal fehér csapadékot képeznek: $\text{Fe}^{2+} + [\text{Fe(CN)}_6]^{4-} \rightarrow \underline{\text{Fe}[\text{Fe(CN)}_6]}$ Ez a csapadék a levegő oxigénjétől lassan berlini kékké oxidálódik.
A kálium-hexaciano-ferrát(III) a vas(II)-vegyületekkel kék színű csapadékot (Turnbull-kék) eredményez: $3 \text{Fe}^{2+} + 2 [\text{Fe(CN)}_6]^{3-} \rightarrow \underline{\text{Fe}_3[\text{Fe(CN)}_6]_2}$ A vas(III)-vegyületek a kálium-hexaciano-ferrát(III)-oldattal barna színt eredményez, ám csapadékképződés nem következik be. $\text{Fe}^{3+} + [\text{Fe(CN)}_6]^{3-} \rightarrow \underline{\text{Fe}[\text{Fe(CN)}_6]}$
A vas(II)-vegyületek rodanidokkal nem reagálnak. A vas(III)-vegyületek jellemző sötétvörös (vörösbarna) színeződést adnak a rodanid-ionokkal: $\text{Fe}^{3+} + 3 \text{SCN}^- \rightarrow \underline{\text{Fe(SCN)}_3}$ A képződött vas(III)-rodanid igen kevésbé disszociál, éterrel vagy amil-alkohollal a vizes oldatból kirázható.

Mn²⁺	Ammónium-szulfiddal rózsaszínű csapadék képződik, mely híg savakban könnyen oldódik: $\text{Mn}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{MnS}$ $\text{MnS} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{S}$ A csapadék állás közben a levegő oxigénjétől oxidálódik, a keletkező vegyület pedig sósavból klórgázt fejleszt: $\text{MnS} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}(\text{OH})_2 + \text{S}$ $\text{MnO}(\text{OH})_2 + 4 \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$ A mangán(II)-ionokból alkáli-hidroxidokkal rózsaszínű csapadék, mangán(II)-hidroxid keletkezik, mely levegőn lassan barnul, miközben mangán(IV)-oxid-hidroxiddá alakul át: $\text{Mn}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2$ $\text{Mn}(\text{OH})_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{MnO}(\text{OH})_2$ A mangán(II)-vegyületek ammónia-oldattal az alkáli-hidroxidokhoz hasonlóan reagálnak. Sok ammónium-só azonban éppúgy, mint a vas(II)-vegyületeknél, a leválást komplexképződéssel megakadályozza. Kevés mangán-vegyülethez vagy néhány csepp vizes oldathoz késhegynyi ólom(IV)-oxidot és 2-3 cm³ tömény salétromsavat adunk. Az oldatot melegítjük, majd vízzel erősen felhígítjuk. Az ólom(IV)-oxid ülepedése után ibolyaszínű lesz az oldat: $2 \text{Mn}^{2+} + 5 \text{PbO}_2 + 4 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{MnO}_4^- + 5 \text{Pb}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$ Haloidok a reakciót zavarják: a permangánsav mangán(II)-sóvá redukálódik és elemi halogént tesz szabaddá.
Cr³⁺	Vizes közegben a króm(III)-ionok az ammónium-szulfiddal zöld színű, kocsonyás króm(III)-hidroxid-csapadék képződik: $2 \text{Cr}^{3+} + 3 \text{S}^{2-} + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Cr}(\text{OH})_3 + 3 \text{H}_2\text{S}$ A csapadékhoz híg savat adva feloldódik: $\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3 \text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+} + 3 \text{H}_2\text{O}$ A króm(III)-vegyületek alkáli-hidroxidokkal szintén króm(III)-hidroxidot eredményeznek: $\text{Cr}^{3+} + 3 \text{OH}^- \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3$ A króm(III)-hidroxid amfoter vegyület. A króm(III)-hidroxid 40 °C alatt az alkáli-hidroxid fölöslegében oldódik és nátrium-kromát(III) keletkezik. Főzésre vagy melegítésre a nátrium-kromát(III) visszaalakul króm(III)-hidroxiddá. Ebből a vegyületből hidrogen nem lesz újra nátrium-kromát(III): $\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3 \text{NaOH} \rightleftharpoons \text{Na}_3\text{CrO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$

	Oxidáló anyagok a króm(III)-vegyületeket sárga színű kromátokká oxidálják. - Króm(III)-só 1-2 cm³-nyi oldatához annyi nátrium-hidroxidot adunk, hogy a képződő csapadék éppen feloldódjon. Hozzáadunk pár csepp hidrogén-peroxidot és főzzük, amíg sárga nem lesz: $2 \text{Cr(OH)}_3 + 4 \text{NaOH} + 3 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Na}_2\text{CrO}_4 + 8 \text{H}_2\text{O}$ A keletkező kromát-ion pedig valamilyen csapadékos reakcióval (például bárium-kromát vagy ólom(II)-kromát formában) kimutatható. - Az oldatot csapvíz alatt lehűtjük. Hozzáadunk pár csepp hidrogén-peroxidot és étert rétegezünk fölé. Kénsavval megsavanyítva az oldat rövid időre megkékül. Ha az oldatot gyorsan összerázzuk, az éter oldja a kék vegyületet, mely króm-peroxidból áll: $\text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CrO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CrO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{CrO}_5 + 2 \text{H}_2\text{O}$ A króm-peroxid vizes közegben és meleg hatására gyorsan bomlik.
Al³⁺	Az ammónium-szulfid az alumínium-vegyületekkel semleges vagy lúgos közegben hidrolízis következtében fehér színű alumínium-hidroxidot választ le, ami híg savakban oldódik: $2 \text{Al}^{3+} + 3 \text{S}^{2-} + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Al(OH)}_3 + 3 \text{H}_2\text{S}$ $\text{Al(OH)}_3 + 3 \text{H}^+ \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3 \text{H}_2\text{O}$ Az alkáli-hidroxidok szintén alumínium-hidroxidot választanak le az alumínium-vegyületekből, ami azonban a reagens feleslegében komplex formájában feloldódik: $\text{Al}^{3+} + 3 \text{OH}^- \rightarrow \text{Al(OH)}_3$ $\text{Al(OH)}_3 + \text{OH}^- \rightarrow [\text{Al(OH)}_4]^-$ Ha ehhez a színtelen oldathoz szilárd ammónium-kloridot adunk, újból leválik az alumínium-hidroxid: $[\text{Al(OH)}_4]^- + \text{NH}_4^+ \rightarrow \text{Al(OH)}_3 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ A komplex oldatra jellemző, hogy sósavat óvatosan hozzáadva is leválik az alumínium-hidroxid: $[\text{Al(OH)}_4]^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Al(OH)}_3 + \text{H}_2\text{O}$ Az alumínium-ion reagens ammónia-oldat hatására fehér színű alumínium-hidroxid leválását eredményezi, mely a reagens feleslegében sem oldódik: $\text{Al}^{3+} + 3 \text{OH}^- \rightarrow \text{Al(OH)}_3$
Zn²⁺	A cinkionok ammónium-szulfiddal semleges közegben fehér színű cink-szulfidot választanak le. A leválasztás teljes. $\text{Zn}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{ZnS}$

	Ecetsavas közegben a kén-hidrogén a cinkionokkal cink-szulfidot választ le. A leválasztás akkor lesz teljes, ha az oldathoz nátrium-acetátot is adunk. $\text{Zn}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \underline{\text{ZnS}}$
	A cinkionok kevés reagens ammónia-oldattal fehér színű csapadékot választanak le, ami a reagens feleslegében színtelen cink-tetramin-komplex formájában oldódik: $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Zn(OH)}_2}$ $\text{Zn(OH)}_2 + 4 \text{NH}_3 \rightarrow [\text{Zn(NH}_3)_4]^{2+} + 2 \text{OH}^-$
	A cinkion kis mennyiségű reagens NaOH-oldattal fehér színű csapadékot választ le, ami a reagens feleslegében színtelen tetrahidroxo-cinkát-komplex formában oldódik: $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Zn(OH)}_2}$ $\text{Zn(OH)}_2 + 2 \text{OH}^- \rightarrow [\text{Zn(OH)}_4]^{2-}$
	A cinkionok jellemző reakciójában a kálium-hexaciano-ferrát(II)-oldat fehér csapadék leválását eredményezi. A termék összetétele nem egységes, más termékek is keletkezhetnek. $2 \text{Zn}^{2+} + [\text{Fe(CN)}_6]^{4-} \rightarrow \underline{\text{Zn}_2[\text{Fe(CN)}_6]}$
Az ammónium-szulfid-csoport kationjainak egyszerű analízise	Az egyszerű analízisnél a vizsgálandó oldat csak egyfajta kationt tartalmaz. A csoport vizsgálatánál jó tájékoztatást ad az oldat színe: • színtelen: Al^{3+}- vagy Zn^{2+}; • piros: Co^{2+}; • élénkzöld: Ni^{2+}; • kékeszöld: Cr^{3+}; • halványzöld: Fe^{2+}; • sárga vagy vörösbarna: Fe^{3+}; • rózsaszínű: Mn^{2+}. Az oldat színét csak tájékoztatásnak fogadjuk el. A töménység megváltoztatja a színeket, igen híg oldatok esetleg színtelennek látszanak. A híg oldatokat kémcsőben felülről nézzük, hogy nagyobb rétegvastagságot figyelhessünk meg.

	A vizsgálandó minta kationját a következőképpen azonosíthatjuk: Semleges vagy ammóniás közegben ammónium-szulfiddal csapadékot választunk le. a) A csapadék fekete: Co^{2+}, Ni^{2+}, Fe^{2+} vagy Fe^{3+}. - Ha a csapadék sósavban nem oldódik, akkor Co^{2+} vagy Ni^{2+}. A kobaltionra ammónium-rodaniddal, a nikkellionra dimetil-glioximmal keresünk. - Ha a csapadék sósavban oldódik, akkor Fe^{2+} vagy Fe^{3+}. Az eredeti minta egy újabb kis részletéhez nátrium-hidroxidot adunk. Ha a csapadék halványzöld, akkor Fe^{2+}, ha vörösbarna, akkor Fe^{3+}. b) A csapadék nem fekete: Al^{3+}, Zn^{2+}, Cr^{3+}, Mn^{2+}. - Ha a csapadék fehér, az eredeti mintához kevés ammónia-oldatot adunk. Ha keletkező fehér csapadék további reagens hatására feloldódik, akkor Zn^{2+}, ha nem, akkor Al^{3+}. - Amennyiben a csapadék zöld, akkor Cr^{3+}. - Rózsaszínű csapadék esetében Mn^{2+}-ion van az oldatban.
Az ammónium-szulfid-csoport kationjainak szétválasztása és azonosítása	Az oldat egy kis részletéhez ammóniát, majd ammónium-szulfidot adunk. A levált csapadék színéből, oldhatóságából és néhány egyéb próbából a jelenlévő kationokra már következtethetünk, egyértelmű eredményt azonban csak a szétválasztás után kapunk. Az oldatot kb. 60 °C-ra melegítjük és ammóniával gyengén meglúgosítjuk. Ezután a teljes leválásig színtelen ammónium-szulfidot adunk az oldathoz. A leválás teljességét az anyalug egy kis részletével ellenőrizzük. A csapadékot szűrjük, illetve ammónium-szulfid-oldattal mossuk. Ha a szűrlet sárgásbarna vagy fekete, kolloid nikkell(II)-szulfid vált le. A szűrletet ammónium-acetáttal forraljuk fel, a nikkell(II)-szulfid szűrhető formában leválik. A csapadékot porcelántálban híg sósavval melegítjük és kevergetjük, amíg a kén-hidrogén-fejlődés meg nem szűnt. A kobalt(II)-szulfid és nikkell(II)-szulfid kivételével a csapadék oldatba megy. A maradék csapadékot szűrjük, sósavval mossuk, majd ecetsavval oldjuk hidrogén-peroxid jelenlétében. Az oldat egyik részletéből dimetil-glioximmal kimutatjuk a nikkell(II)-iont, a másik részletéből kálium-rodaniddal és éter-amil-alkohol keverékével a kobalt(II)-iont. A többi kationt a szűrlet tartalmazza. Pár csepp tömény salétromsavval felforraljuk, így a vas(II)-ionokat vas(III)-ionokká oxidáljuk és a kén-hidrogént elűzzük. Kisebb főzőpohárban kb. 60 °C-os NaOH-oldat nagy feleslegéhez öntjük a szűrletet. A Fe^{3+}-, Mn^{2+}- és Cr^{3+}-ionok hidroxidokat képeznek, az Al^{3+}- és Zn^{2+}-ionok pedig komplexeket. Szűrés után a csapadékot kis mennyiségű NaOH-dal és néhány csepp H_2O_2-dal melegítjük. A króm(III)-ion ezáltal kromát formában oldatba megy, amit ólom(II)-ionnal PbCrO_4-csapadékot fog képezni. A megmaradó csapadék egy részletét sósavban oldjuk és $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$-oldattal azonosítjuk a vas(III)-iont. A csapadék egy másik részletéből ólom-dioxidos oxidációval kimutatjuk a mangán(II)-iont. A szűrletet sósavval közömbösítjük, majd enyhe savanyítás után ammóniával semlegesítjük. A keletkező ammónium-klorid hatására alumínium-hidroxid válik le, a cinkion pedig $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$-komplexion formában oldatban marad.

7. táblázat - Az ammónium-szulfid-csoport kationjainak azonosítása

3.3.4. A kén-hidrogén-csoport

A kén-hidrogén-csoportba tartozó kationok kén-hidrogénnel ásványi savas közegben nehezen oldható csapadékot képeznek. Nem tartoznak ide azok a kationok, melyek kloridja is nehezen oldható, vagy esetleg oldhatatlan.

Szín alapján csak a réz(II)-ion szűrhető ki, ami vizes közegben kék, míg a többi vizes oldata színtelen.

Ionok	Azonosítás
Hg²⁺	Kén-hidrogénnel a higany(II)-ionok savas közegben fehér, majd sárga, barna, végül fekete csapadékot adnak. A fekete csapadék higany(II)-szulfid:
	$\text{Hg}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \underline{\text{HgS}}$ Ha az oldat nem eléggé savas, a higany(II)-szulfid kolloidot képez. A csapadék híg savakban nem oldódik, viszont a tömény salétromsav hosszú forralásra, a királyvíz pedig könnyen oldja.
	A higany(II)-ion nátrium-hidroxid-oldattal sárga csapadékot ad, mely savakban oldható:
	$\text{Hg}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{HgO}} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{HgO} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Hg}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
	A higany(II)-ion kloridionok jelenlétében ammónia-oldattal fehér csapadékot (higany(II)-amido-kloridot) képez, mely a reagens feleslegében sem fog oldódni:
	$\text{Hg}^{2+} + \text{Cl}^- + 2 \text{NH}_3 \rightarrow \underline{\text{HgNH}_2\text{Cl}} + \text{NH}_4^+$
	A higany(II)-ionok kálium-jodiddal sárga higany(II)-jodidot képeznek, mely állás közben a piros módosulatba megy át. Amennyiben a reagensből felesleget alkalmazunk, a csapadék oldatba megy, tetrajodo-merkurát(II)-komplexion képződése közben:
	$\text{Hg}^{2+} + 2 \text{I}^- \rightarrow \underline{\text{HgI}_2}$ $\text{HgI}_2 + 2 \text{I}^- \rightarrow [\text{HgI}_4]^{2-}$
Cu²⁺	A kén-hidrogén a réz(II)-sók oldatából savas közegben fekete réz(II)-szulfidot választ le. Gyengén savas közegben a szulfid kolloid formában válik le.
	$\text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \underline{\text{CuS}}$ A csapadék tömény salétromsavban oldódik.
	$\text{CuS} + 4 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO}_2 + \text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}$
	A réz(II)-ionok alkáli-hidroxidokkal világoskék színű, kocsonyás csapadékot képeznek, ami melegítésre vizet veszít és fekete réz(II)-oxidá alakul:
	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Cu}(\text{OH})_2}$ $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$

	A réz(II)-ion kevés reagens ammónia-oldattal világoskék réz(II)-hidroxid képződését eredményezi, ami azonban a reagens feleslegével mélykék színű réz(II)-tetramin-komplexion formában oldatba megy: $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Cu}(\text{OH})_2}$ $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 4 \text{NH}_3 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2 \text{OH}^-$
	A réz(II)-sók oldataiból a réz(II)-ion a negatívabb standardpotenciálú vassal redukálható, miközben a vas oldatba megy. A reakcióhoz akár egy megtisztított felületű vasszeg is elegendő: $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} \rightarrow \text{Cu} + \text{Fe}^{2+}$
	A réz(II)-ionok a színtelen gázlángot kékes-zöldes színűre festik.
Bi³⁺	A kén-hidrogén a bizmut(III)-sók vizes oldatából enyhén savas közegben sötétbarna színű bizmut(III)-szulfidot választ le, ami tömény savakban oldódik. $2 \text{Bi}^{3+} + 3 \text{S}^{2-} \rightarrow \underline{\text{Bi}_2\text{S}_3}$ $\text{Bi}_2\text{S}_3 + 6 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Bi}^{3+} + 3 \text{H}_2\text{S}$
	A bizmut(III)-sók vizes oldatához reagens ammónia-oldatot vagy nátrium-hidroxidot adva fehér színű bizmut(III)-hidroxid képződik: $\text{Bi}^{3+} + 3 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Bi}(\text{OH})_3}$
Cd²⁺	A kadmium-vegyületek vizes oldatából a kén-hidrogén enyhén savas közegben kadmium-szulfidot választ le. A csapadék színe az oldat savasságától és a hőmérséklettől függően a világossárgától a barnássárgáig terjed. A csapadék híg salétrom-savban oldódik: $\text{Cd}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \underline{\text{CdS}}$ $3 \text{CdS} + 8 \text{HNO}_3 \rightarrow 3 \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO} + 3 \text{S} + 4 \text{H}_2\text{O}$
	A Cd(II)-ion a reagens ammónia-oldattal fehér csapadékot ad, ami a reagens feleslegében színtelen komplex formájában feloldódik: $\text{Cd}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Cd}(\text{OH})_2}$ $\text{Cd}(\text{OH})_2 + 4 \text{NH}_3 \rightarrow [\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2 \text{OH}^-$
As³⁺	A kén-hidrogén az arzén(III)-vegyületekből erősen savas közegben sárga arzén(III)-szulfidot választ le. Gyengén savas közegben kolloid képződik. $2 \text{As}^{3+} + 3 \text{S}^{2-} \rightarrow \underline{\text{As}_2\text{S}_3}$
	A csapadék már igen gyengén bázikus jellegű vegyületekben is oldódik. Ilyen például az ammónium-karbonát, mellyel ammónium-arzenát(III) és ammónium-tioarzenát(III) képződik: $\text{As}_2\text{S}_3 + 3 (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_3\text{AsO}_3 + (\text{NH}_4)_3\text{AsS}_3 + 3 \text{CO}_2$

Sb³⁺	A kén-hidrogénnel az antimon(III)-ionokból narancssárga színű antimon(III)-szulfid csapadékot képződik, mely ammónium-szulfidban és sósavban is oldódik. $2 \text{ Sb}^{3+} + 3 \text{ S}^{2-} \rightarrow \text{Sb}_2\text{S}_3$ $\text{Sb}_2\text{S}_3 + 3 \text{ S}^{2-} \rightarrow 2 \text{ SbS}_3^{3-}$ $\text{Sb}_2\text{S}_3 + 6 \text{ H}^+ \rightarrow 2 \text{ Sb}^{3+} + 3 \text{ H}_2\text{S}$ Sok víz hatására az antimon(III)-sók hidrolizálnak és fehér bázisos sók válnak le. A hidrolízis savval visszafordítható: $\text{SbCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SbOCl} + 2 \text{ HCl}$
Sn²⁺ és Sn⁴⁺	Kén-hidrogénnel az ón(II)-vegyületek barna ón(II)-szulfidot, az ón(IV)-vegyületek sárga ón(IV)-szulfidot adnak. Ezek tömény sósavban, illetve ammónium-poliszulfidban oldódnak. $\text{Sn}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{SnS}$ $\text{SnS} + 2 \text{ H}^+ \rightarrow \text{Sn}^{2+} + \text{H}_2\text{S}$ $\text{Sn}^{4+} + 2 \text{ S}^{2-} \rightarrow \text{SnS}_2$ $\text{SnS}_2 + 4 \text{ H}^+ \rightarrow \text{Sn}^{4+} + 2 \text{ H}_2\text{S}$ A cink az ón(II)- és ón(IV)-ionokat szürke, szivacszerű fémónná redukálja: $\text{Sn}^{2+} + \text{Zn} \rightarrow \text{Sn} + \text{Zn}^{2+}$ $\text{Sn}^{4+} + 2 \text{ Zn} \rightarrow \text{Sn} + 2 \text{ Zn}^{2+}$
A kén-hidrogén-csoport kationjainak egyszerű analízise	A sósavval megsavanyított oldathoz kén-hidrogénes vizet adunk. Ülepítés után az oldat tisztáját leöntjük, a csapadékot ammónium-poliszulfiddal melegítjük. 1. Az ammónium-poliszulfid a csapadékot oldja: arzén(V)-, antimon(V)- vagy ón(IV)-ionok valamelyikének jelenlétére utal. (A poliszulfidos oldás után az ionok a magasabb vegyértékű alakban vannak jelen.) • A csapadék narancsvörös, a tömény sósav oldja, az ammónium-karbonát-oldat nem oldja: antimon(V)-ion. • A csapadék sárga, az ammónium-karbonát-oldat oldja, míg a tömény sósav nem: arzén(V)-ion. • A csapadék sárga, amit a tömény sósav old: ón(IV)-ion. 2. A csapadékot az ammónium-poliszulfid-oldat nem oldja: higany(II)-, réz(II)-, bizmut(III)- vagy kadmium-ionok valamelyikének jelenlétére utal. • A csapadék sárga: kadmium-ion. Az eredeti oldat egy részletéhez nátrium-hidroxid-oldatot adunk. • A csapadék fehér: bizmut(III)-ion. • A csapadék sárga: higany(II)-ion. • A csapadék kék: réz(II)-ion.

A kén-hidrogén-csoport kationjainak szétválasztása és azonosítása	A meleg oldatot először erősen megsavanyítjuk, majd hosszan kén-hidrogén-gázt vezetünk bele. A teljes leválasztást követően a csapadékot leszűrjük, kén-hidrogénes vízzel mossuk. Ezután a csapadékra annyi ammónium-poliszulfidot öntünk, hogy azt éppen ellepje, majd állandó kevergetés mellett melegítjük. A visszamaradó csapadékot szűrjük, kevés meleg vízzel mossuk. A csapadékot kevés 1:2 arányban hígított salétromsavval oldjuk. Csak a fekete higany(II)-szulfid (és esetleg egy kevés kolloid kén) nem oldódik. Ily módon a higany(II)-ion azonosításra került. A szűrlethez cseppenként adagolunk tömény ammónia-oldatot egészen a lúgos kémhatás beállításáig. Ha bizmut(III)-ion van az oldatban, fehér, pelyhes csapadék keletkezik. A csapadék nehezen szűrhető. Ha a bizmut(III)-hidroxid-csapadék ammóniás szűrlete mélykék színű, akkor ez a réz(II)-tetramin-komplextől származik, s ezzel a réz(II)-ion jelenlétét igazoltnak tekinthetjük. Ha a szűrletet savanyítjuk, vasport szórunk bele, enyhén melegítjük, kis ideig félretesszük, majd megsűrjük. A szűrletet újra megsavanyítjuk sósavval és kén-hidrogén-gázt vezetünk bele. A keletkező sárga csapadék a kadmium-szulfid. Az ammónium-poliszulfiddal nyert szűrlet tartalmazhatja az arzén-, antimon- és/vagy ónionokat. Sósav hatására a jelenlévő ionok függvényében arzén(V)-, antimon(V)-, ón(IV)-szulfid képződhet. A csapadékot szűrjük. A szűrlet a kolloid kén miatt tejszerű, sárgásfehér. A csapadékot néhány percre kevés tömény sósavval forrásig hevítjük. Csak az arzén(V)-szulfid marad vissza, ami ammónium-karbonát-oldatban oldódik, viszont újabb adag sósav hatására a sárga színű csapadék újból lecsapódik. A szűrletbe vasszeget tartva az antimon(V)-ion fémantimonná, az ón(IV)-ion ón(II)-ionná redukálódik. Az ón(II)-ion higany(II)-klorid-oldat hatására fehér, majd szürkés csapadékot képez.
---	---

8. táblázat - A kén-hidrogén-csoport kationjainak azonosítása

3.3.5. A sósav-csoport

A csoport kationjai vízben rosszul oldódó vagy vízben oldhatatlan kloridokat képeznek.

Ionok	Azonosítás
Ag⁺	Az ezüst(I)-ion a kloridionnal fehér, pelyhes csapadékot ad. Melegítésre, erős rázásra tömörödik. $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \underline{\text{AgCl}}$ A csapadék ammónia-oldat hatására vízzeloldható komplexet képez: $\text{AgCl} + 2 \text{NH}_3 \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^-$ Savak hatására a komplex visszaalakul ezüst(I)-kloriddá. A csapadék fényérzékeny, a fehér színe lassan szürkessé válik a képződő fém-ezüst következtében. $2 \text{AgCl} \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{Cl}_2$

	Az ezüst(I)-ion a kén-hidrogénnel fekete ezüst(I)-szulfidot ad, amit a tömény salétromsav képes feloldani: $2 \text{Ag}^+ + \text{S}^{2-} \rightarrow \underline{\text{Ag}_2\text{S}}$
	Az ezüst(I)-ion alkáli-hidroxidok hatására előbb fehér ezüst(I)-hidroxidot képez, ami azonban rögtön barnás-fekete ezüst(I)-oxiddá alakul: $2 \text{Ag}^+ + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Ag}_2\text{O}} + \text{H}_2\text{O}$
	A csapadék ammóniában oldódik.
	Az ezüst(I)-ionok kevés reagens ammónia-oldat hatására ezüst(I)-hidroxidot (illetve ezüst(I)-oxidot) képeznek, majd a reagens feleslege hatására szintelen, vízoldható komplexé alakulnak: $2 \text{Ag}^+ + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Ag}_2\text{O}} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 4 \text{NH}_3 \rightarrow 2 [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + 2 \text{OH}^-$
Pb²⁺	A sósav töményebb ólom(II)-sóoldatokból fehér ólom(II)-kloridot választ le. A csapadék meleg vízben oldódik, lehűlés után tűszerű kristályok alakjában újból kiválik. $\text{Pb}^{2+} + 2 \text{Cl}^- \rightarrow \underline{\text{PbCl}_2}$
	A kén-hidrogén az ólom(II)-ionnal fekete ólom(II)-szulfidot csap ki, mely közepes töménységű salétromsavban oldódik. $\text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \underline{\text{PbS}}$
	Az ólom(II)-ionok oldata kis mennyiségű nátrium-hidroxid-oldattal fehér színű ólom(II)-hidroxidot választ le, ami a reagens feleslegében tetrahydroxo-plumbát(II)-komplexion formájában visszaoldódik: $\text{Pb}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Pb}(\text{OH})_2}$ $\text{Pb}(\text{OH})_2 + 2 \text{OH}^- \rightarrow [\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}$
	Az ólom(II)-ionok reagens ammónia-oldattal ólom(II)-hidroxidot csapnak le, ami a reagens feleslegében nem oldódik fel: $\text{Pb}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Pb}(\text{OH})_2}$
	Az Pb²⁺-ionok kénsavval vagy oldható szulfátokkal fehér, tömör ólom(II)-szulfát leválását eredményezik: $\text{Pb}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \underline{\text{PbSO}_4}$
	Kálium-kromát-oldat hatására az ólom(II)-ionok sárga színű ólom(II)-kromát formájában fognak lecsapódni: $\text{Pb}^{2+} + \text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \underline{\text{PbCrO}_4}$

Hg₂²⁺	A higany(I)-ionok sósav vagy kloridionok hatására fehér higany(I)-kloridot képeznek, mely ammónia-oldat hatására fehér színű higany(II)-amido-kloriddá alakul, miközben fekete fémhigany válik ki: $\text{Hg}_2^{2+} + 2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Hg}_2\text{Cl}_2$ $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2 \text{NH}_3 \rightarrow \text{HgNH}_2\text{Cl} + \text{Hg} + \text{NH}_4\text{Cl}$
	A higany(I)-ionok oldatából a kén-hidrogén higany(II)-szulfidot és fémhiganyt választ le. A csapadékot a tömény salétromsav és a királyvíz is oldja. $\text{Hg}_2^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{HgS} + \text{Hg}$
	Az alkáli-hidroxidok a higany(I)-ionokkal fekete higany(I)-oxidot választanak le, ami főzésre higany(II)-oxidra és fémhiganyra esik szét. $\text{Hg}_2^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Hg}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
Egyszerű analízis	Az oldat sósavval fehér csapadékot ad. Ehhez az oldathoz ammónia-oldatot adunk. • Ha a csapadék feloldódik, akkor Ag⁺-ion volt az oldatban. • Amennyiben a csapadék észrevehetően nem változik, akkor Pb²⁺-ion volt az oldatban. • Ha a csapadék megfeketedik, akkor Hg₂²⁺-ion volt az oldatban.
A sósav-csoport kationjainak szétválasztása és azonosítása	A tiszta, hideg oldathoz addig adunk híg sósavat, amíg csapadék képződik. Ha a csapadékot kémcsőben választjuk le, erőteljes rázással tömörítjük. A csapadékot szűrjük és kevés hideg vízzel mossuk. A csapadékra a szűrőpapíron kevés forró vizet öntünk, az így képződő szűrletet felfogjuk. A műveletet többször ugyanazzal a vízzel megismételjük. Az ólom(II)-iont a szűrletben ólom(II)-szulfát vagy ólom(II)-kromát formában mutatjuk ki. A szűrőpapíron maradt csapadékhoz híg ammónia-oldatot öntünk, a szűrletet enyhe melegítés után többször a csapadékra visszük. A csapadék feketedése a higany(I)-ion jelenlétére utal. A szűrletet híg salétromsavval semlegesítjük. Ha ezüst(I)-ion van jelen, akkor az ezüst(I)-komplex bontásával fehér csapadék vagy fehér zavarosodás alakjában ezüst(I)-klorid válik le.

9. táblázat - A sósav-csoport kationjainak azonosítása

3.4. Az anionok vizsgálata

Ha több anion van egymás mellett, kimutatásuk problémássá válik: a hasonló reakciók miatt nehezen ismerhetők fel (például a különböző ezüst(I)-halogenidek), az egyik ion reakciója eltakarja a másikat (például a tioszulfátokból sav hatására éppúgy kén-dioxid képződik, mint a szulfitokból), vagy éppen egymással reakcióba lépnek (például a nitrát-ion savas közegben a bromidokat, illetve a jodidokat elemekké oxidálja).

Ha a vizsgálatra szilárd anyagot kaptunk, akkor kevés desztillált vízben oldjuk fel. Amennyiben csapadékos oldatot kaptunk, a csapadékot oldjuk sósavval. Az oldás előtt azonban a kloridionra el kell végezni a vizsgálatot.

Ha a vizsgálatra oldatot kaptunk, azt a vizsgálat megkezdése előtt rázzuk össze.

Az oldatban lévő fémionok az anionok kimutatását gyakran zavarják. Az oldat egy részletéből először karbonát-ionra vizsgálunk, majd a többi részlethez nátrium-karbonátot adunk és enyhén melegítjük. Leszűrve a csapadékot zavaró fémion nem lesz az oldatban.

Ionok	Azonosítás
Cl⁻	Az oldatot híg salétromsavval megsavanyítjuk és néhány csepp ezüst(I)-nitrát-oldattal reagáltatjuk. A csapadék híg ammónia-oldat feleslegében oldódik, azonban salétromsavval megsavanyítva ismét csapadékká alakul vissza. $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$ $\text{AgCl} + 2 \text{NH}_3 \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^-$ $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^- + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{AgCl} + 2 \text{NH}_4^+$
NO₃⁻	1 cm³ oldathoz 3 cm³ tömény kénsavat adunk. Az elegyet csap alatt hűtjük, majd frissen készített, telített vas(II)-szulfát-oldatot rétegezzük fölé. A két réteg érintkezési felületén jelentkező barna gyűrű (a nitrozo-vas(II)-szulfát) a nitrát-ionra utal. $6 \text{FeSO}_4 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow 3 \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 4 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{NO}$ $\text{FeSO}_4 + \text{NO} \rightarrow [\text{Fe}(\text{NO})]\text{SO}_4$ A reakciót az esetlegesen jelen lévő bromid- és jodidionok zavarják, a felszabaduló bróm és jód a barna gyűrűt eltakarja. Ha az oldatot szilárd ezüst(I)-szulfáttal 3-4 percig rázogatójuk, az ezüst(I)-halogenidek leválnak és kiszűrhetők. A nitráttal meg egyező reakciót adnak a nitritek. A nitritek karbamiddal főzve elbonthatók és a maradék oldatban a nitrát kimutatható.
SO₄²⁻	Híg sósavval savanyított oldathoz bárium-klorid-oldatot öntünk. A fehér csapadék a szulfácion jelenlétét bizonyítja. $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4$
PO₄³⁻	Ammónium-molibdenát-oldathoz addig adunk cseppenként tömény salétromsavat, míg a kezdetben képződött csapadék fel nem oldódik. Az oldatot felforraljuk és a salétromsavval megsavanyított vizsgálandó oldatból adunk hozzá néhány cseppet. A sárga csapadék a foszfácion jelenlétét bizonyítja. $\text{PO}_4^{3-} + 4 \text{Mo}_3\text{O}_{10}^{2-} + 3 \text{NH}_4^+ + 8 \text{H}^+ \rightarrow (\text{NH}_4)_3[\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4] + 4 \text{H}_2\text{O}$
CO₃²⁻	A vizsgálandó oldatot híg sósavval megsavanyítjuk, a fejlődő gázt baritvízbe vagy meszes vízbe vezetjük. Ha karbonát-ion volt jelen, fehér csapadék keletkezik. $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
S²⁻	Az oldatot sósavval megsavanyítjuk, a kémcső szájához ólom(II)-acetát-oldatba mártott szűrőpapírt tartunk. A feketedés a szulfidra mutat. A fejlődő kén-hidrogén kellemetlen szagáról szintén felismerhető. $2 \text{H}^+ + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$ $\text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{PbS}$

Cl⁻, Br⁻ és I⁻ ionok egymás mellett	A vizsgálendő oldat egy részletéhez ezüst(I)-nitrát-oldatot adunk (egyéb ionok jelenlétében előbb megsavanyítjuk az oldatot híg salétromsavval). A kapott csapadékról leöntjük az anyalúgot, dekantálva mossuk, ammónium-karbonát-oldattal erőteljesen rázzuk, majd szűrjük. A szűrlethez kis részletekben, a pezsgés megszűnéséig híg salétromsavat adunk. Ha fehér csapadék keletkezik, kloridion van jelen. Ha kevés volt a kloridion, akkor csak zavarosodás jelenik meg. A vizsgálendő oldat egy másik részletéhez (max. 2 cm³) kb. 1 cm³ benzint, majd kisebb részletekben klóros vizet adunk, s az oldatot rázogatójuk. Ha a benzines fázis ibolyaszínű lesz, jodidion van jelen. További klóros víz adagolására a rendszer elszíntelenedik. Ha további klóros vízre barna szín jelenik meg, bromid-ion van jelen. $\text{Cl}_2 + 2 \text{I}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^- + \text{I}_2$ $\text{Cl}_2 + 2 \text{Br}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^- + \text{Br}_2$ A reakciók teljes lejátszódásához a klóros vízből gyakran a kiindulási oldatmennyiség többszörösét kell venni.
A kéntartalmú ionok kimutatása egymás mellett	1. Szulfidion: sav hatására kellemetlen szagú gáz fejlődik, mely az ólom(II)-acetátos szűrőpapírt megfeketíti. Amennyiben a szulfidion más ionok kimutatását zavarja, kadmium-karbonáttal rázogatóva leválasztható és az oldatból eltávolítható. 2. Tioszulfát-ion: erős sav hatására kénkiválás és gázfejlődés következik be. A keletkező kén-dioxid-gáz a jódoldatot elszínteleníti, az elszíntelenített oldat szulfátionra pozitív próbát mutat. Ha szulfid- és szulfítion együtt van jelen a rendszerben, az szintén kénkiválást eredményez, ezért a szulfidiont az oldatból el kell távolítani. A tioszulfát-ion a bárium-klorid-oldattal csapadékot ad, a csapadék meleg vízben oldódik. 3. Szulfítion: erős sav hatására kén-dioxid-gáz fejlődik, mely a jódoldatot elszínteleníti, az elszíntelenített oldat szulfátionra pozitív próbát ad. A szulfítion mellől a zavaró tioszulfát-ion higany(II)-kloriddal leválasztható. Bárium-kloriddal csapadékot ad, ami ecetsavval is oldható. 4. Szulfátion: bárium-klorid erősen savas közegben is oldhatatlan csapadékot képez.

10. táblázat - Az anionok azonosítása

3.5. Ellenőrző kérdések, feladatok

1. Hogyan különböztetné meg a következő, párban lévő anyagokat? Írja le a fizikai és kémiai tulajdonságokban mutatkozó különbségeket, illetve azon reakciók egyenleteit, amelyek segítségével megkülönböztethetők!
 - a) AgNO₃ – AlCl₃
 - b) K₂CO₃ – CaCO₃
 - c) ZnCl₂ – Hg(NO₃)₂
 - d) CaCl₂ – Na₂CO₃
 - e) Cr₂(SO₄)₃ – K₃PO₄
 - f) Co(NO₃)₂ – NiSO₄
 - g) FeCl₂ – CuCl₂
 - h) KNO₃ – Pb(NO₃)₂
 - i) LiCl – Na₃PO₄

Vegyipari ismeretek 2.

- Hogyan határozható meg, hogy a sorszámozott kémcsövekben melyik vegyület vizes oldat van: sósav, nátrium-klorid-oldat, salétromsavoldat?
- Hogyan határozható meg, hogy a sorszámozott kémcsövekben melyik vegyület vizes oldat van: ezüst(I)-nitrát-oldat, nátrium-karbonát-oldat és nátrium-hidroxid-oldat?
- Hogyan határozható meg, hogy a sorszámozott kémcsövekben melyik vegyület vizes oldat van: ezüst(I)-nitrát-oldat, kálium-nitrát-oldat és ólom(II)-nitrát-oldat?
- 9 darab számozott kémcsőben – ismeretlen sorrendben – a következő híg oldatok vannak: AgNO_3 -, CuCl_2 -, FeCl_3 -, HCl -, HgCl_2 -, K_2SO_4 -, NaOH -, NH_3 - és $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -oldat. Azonosítsa a kémcsövek tartalmát, ha ismert az egymással adott reakciójuk!

	1. színtelen	2. színtelen	3. sárga	4. színtelen	5. színtelen	6. színtelen	7. vil. kék	8. színtelen	9. színtelen
1.		barna cs. nem oldja	fehér cs. nem oldja		fehér cs. nem oldja		vil. kék cs. nem oldja	barnás cs. oldja	fehér cs. nem oldja
2.	barna cs. nem oldja		barna cs. nem oldja	oldódik fehér cs.			vil. kék cs. nem oldja	szúrós szag szúrós szag	sárga cs. nem oldja
3.	fehér cs. nem oldja	barna cs. nem oldja		fehér cs. nem oldja				barna cs. nem oldja	
4.		fehér cs. oldja	fehér cs. nem oldja		fehér cs. nem oldja	fehér cs. nem oldja	fehér cs. nem oldja	fehér cs. nem oldja	fehér cs. nem oldja
5.	fehér cs. nem oldja			fehér cs. nem oldja					
6.				fehér cs. nem oldja					
7.	vil. kék cs. nem oldja	vil. kék cs. nem oldja		fehér cs. nem oldja				vil. kék cs. mélykék o.	
8.	oldódik barnás cs.	szúrós szag szúrós szag	barna cs. nem oldja	fehér cs. nem oldja			mélykék o. vil. kék cs.		fehér cs. nem oldja
9.	fehér cs. nem oldja	sárga cs. nem oldja		fehér cs. nem oldja				fehér cs. nem oldja	

11. táblázat - A vizsgált oldatok egymással mutatott reakciói.

Jelmagyarázat: vil. = világos, cs. = csapadék, o. = oldat, az 1. információ 1-2 csepp reagensre, a 2. információ picit nagyobb mennyiségre vonatkozik, üres cella = nincs látható változás.

4. A gázok és gázelegyek

4.1. A gáztörvények

4.1.1. Az egyszerű gáztörvények



Az anyagok állapotait jellemző mennyiségeket állapotjelzőknek nevezzük.

A kémiai szempontból egységes anyag állapotát az alábbi négy állapotjelzővel jellemezhetjük: a nyomás (**p**), a térfogat (**V**), a hőmérséklet (**T**), a tömeg (**m**).

A jellemzések során használt mértékegységek:

- nyomás: N/m^2 ;
- térfogat: m^3 ;
- hőmérséklet: K;
- tömeg: g.

Ha egy adott mennyiségű gáz kölcsönhatásba kerül más testekkel, akkor a gáz állapota megváltozik. A gáz állapotának megváltozását az állapotjelzőinek változása mutatja. A gáz állapotváltozásokor egyidejűleg legalább két állapotjelző változik.

A gáz egy adott állapotában az állapotjelzők között kapcsolat áll fenn, azok nem vehetnek fel egymástól függetlenül tetszőleges értéket.

Először a gázok olyan speciális állapotváltozásait vizsgáljuk, ahol a gáz állapotváltozása során a p , V , T állapotjelzők közül valamelyik állandó marad.

Így megkülönböztetünk **izobár** (állandó nyomáson történő), **izochor** (állandó térfogat mellett) és **izoterm** (állandó hőmérsékletű) állapotváltozásokat.

Jellemzők	Gáztörvények	Boyle-Mariotte	Gay-Lussac	
			I. törvény	II. törvény
Állandó értéken tartott állapotjelző		m és T	m és p	m és V
Az állapotváltozás neve		izoterm (állandó hőmérséklet)	izobár (állandó nyomás)	izochor (izoszter) (állandó térfogat)
A törvény konkrét alakja		$p \cdot V = \text{állandó}$	$\frac{V}{T} = \text{állandó}$	$\frac{p}{T} = \text{állandó}$
A törvény két állapotra felírt alakja		$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$

12. táblázat - Az egyszerű gáztörvények

4.1.2. Az egyesített gáztörvény

Általánosabb érvényű összefüggéshez jutunk akkor, ha az állapotváltozás során csak a tömeg állandóságát engedjük meg. Az egyenletben szereplő k állandót **egyedi gázállandó**nak nevezzük. Értékét a gáz tömege határozza meg.

Az állapotváltozás neve	Az egyesített gáztörvény
Állandó értéken tartott állapotjelző	m
A törvény konkrét alakja	$\frac{p \cdot V}{T} = \text{állandó} = k$
A törvény két állapotra felírt alakja	$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$

13. táblázat - Az egyesített gáztörvény

4.1.3. A tökéletes gázok állapotegyenlete

Általános, a gázok minden állapotára jellemző összefüggéshez csak úgy juthatunk, ha az állapotváltozás során a rendszer tömegének a változását is megengedjük. Egyszerű meggondolásokból kitűnik, hogy a tömegnek a gázok nyomása és térfogata szempontjából jelentősége van. Ha ugyanis a gáz tömegét megnöveljük, akkor azzal arányosan növekszik a gáz térfogata (állandó nyomáson), vagy a gáz nyomása (állandó térfogaton).

Az állapotváltozás neve	A tökéletes gázok állapotegyenlete
Állandó értéken tartott állapotjelző	nincs
A törvény konkrét alakjai	$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$
	$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$

14. táblázat - Az ideális gázok állapotegyenlete

Az R állandót **egyetemes** (vagy moláris) **gázállandónak** (vagy **Regnault-állandónak**) nevezzük. Értéke könnyen megadható, ha a következő értékekkel számolunk:

$$\begin{aligned}
 p &= 101\,325 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \\
 V_m &= 0,0245 \text{ m}^3 \\
 n &= 1 \text{ mol} \\
 T &= 298,15 \text{ K} \\
 &\Downarrow \\
 R &= 8,314 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{mol} \cdot \text{K}}
 \end{aligned}$$

4.1.4. A gázok sűrűsége

A gázok sűrűségének megadásához az előzőekben már megismert összefüggéseket használjuk:

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

melyet átrendezve az **abszolút sűrűség** (ϱ) is kiszámolható:

$$\varrho = \frac{m}{V} = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}$$

4.2. A gáztörvények alkalmazása számítási feladatokban

4.2.1. Az egyszerű gáztörvények

1. Egy levegőpumpa 4,3 liter 101,325 kPa nyomású levegőt szív be. A kompresszió után a levegő térfogata 800 cm^3 lesz. Milyen nyomás szükséges ehhez, ha hőmérsékletváltozással nem kell számolnunk?
2. 300 cm^3 nitrogén nyomása 0,92 bar. Állandó hőmérsékleten hány Pa-ra kell csökkenteni a nyomást, hogy az új térfogat 25 %-kal nagyobb legyen az eredetinél?
3. Hány dm^3 térfogatú tartállyal kell összekötni izoterm körülmények között egy 10,0 MPa nyomású gázt tartalmazó, 1,50 liter ürtartalmú gázpalackot, ha azt akarjuk, hogy a két tartályban a gáz nyomása 800 torr legyen?
4. Milyen térfogatú lesz 350 liter szén-dioxid gáz, ha nyomása változatlan hőmérsékleten 2,0 atm-ről 0,5 bar-ra csökken?
5. Számítsa ki, hogy hány m^3 lesz a térfogata 300 dm^3 térfogatú, 23°C hőmérsékletű gáznak, ha állandó nyomáson 230°C hőmérsékletre melegítjük!
6. Számítsa ki, hogy hány dm^3 lesz a térfogata 40 cm^3 térfogatú, 10°C hőmérsékletű hidrogéngáznak, ha állandó nyomáson 650°C hőmérsékletre melegítjük!
7. Egy gáz térfogatát négyszeresére növeljük. Hogyan változik a hőmérséklete, ha a nyomást állandó értéken tartjuk?
8. Egy gázmennyiség térfogata 27°C hőmérsékleten 100 dm^3 . Hány $^\circ\text{C}$ hőmérsékletre kell felmelegíteni a gázt, hogy a térfogata állandó nyomáson $0,200 \text{ m}^3$ legyen?
9. Egy gázpalack 12°C hőmérsékletű, 678 Hgmm nyomású gázt tartalmaz. Mekkora nyomás fog uralkodni a gázpalackban, ha a hőmérsékletet 120°C -ra növeljük?
10. Egy gáz nyomása 10°C -on 90,0 kPa. Hogyan változik a nyomás, ha változatlan térfogat mellett 30°C -ra melegítjük a gázt?
11. Egy hidrogénnel töltött palackban a gáz nyomása 15°C -on 10,00 MPa. A palack felső nyomáspróbája 22,50 MPa. Hány fokon éri el a hidrogén ezt a nyomáshatárt, ha a palack hőtágulásából eredő térfogat-növekedést nem vesszük figyelembe?
12. Oxigénnel töltött gázpalackban a nyomás 25°C hőmérsékleten 140 atm. A palack felső nyomáshatára $1,50 \cdot 10^8 \text{ Pa}$. Hány $^\circ\text{C}$ hőmérsékleten éri el a gáz ezt a nyomást, hány $^\circ\text{C}$ -on nyit a biztonsági szelep?

4.2.2. Az egyesített gáztörvény

13. Valamely gáz térfogata 0,25 bar nyomáson és 50°C hőmérsékleten 150 dm^3 . Számítsa ki, hogy hány dm^3 lesz a térfogata 100°C hőmérsékleten és 0,80 MPa nyomáson!
14. $8,0 \text{ dm}^3$ térfogatú, 15°C hőmérsékletű és 6,0 bar nyomású gázt melegítünk és egyidejűleg összenyomunk. Hány $^\circ\text{C}$ a gáz új hőmérséklete, ha a nyomása $1,0 \cdot 10^6 \text{ Pa}$, a térfogata $2,5 \text{ dm}^3$ lesz?
15. Számítsa ki a nyomását a 10 dm^3 térfogatú, 150°C hőmérsékletű és 5,0 bar nyomású gáznak, ha térfogatát 5 dm^3 -rel növeljük és a hőmérsékletét 210°C -kal csökkentjük!
16. Határozza meg annak a gáznak a végső nyomását, melyet egy $2,05 \text{ dm}^3$ térfogatú, 28°C hőmérsékletű, standard nyomás alatt lévő tartályból egy $8,23 \text{ dm}^3$ térfogatú, 45°C hőmérsékletű tartályba maradéktalanul átvezettek!
17. Számítsa ki a nyomását a 15 dm^3 térfogatú, 90°C hőmérsékletű és 2,5 atm nyomású gáznak, ha térfogatát 25 dm^3 -rel növeljük és a hőmérsékletét 170°C -kal csökkentjük!
18. Egy gáz 200°C -on és 210,26 kPa nyomáson 900 cm^3 teret tölt be. Mekkora ennek a gáznak a térfogata normál körülmények között?

4.2.3. Tökéletes gázok állapotegyenlete

19. Milyen nyomásértéknél lesz 1 g tömegű az 1 liter szén-dioxid-gáz 10 °C-on?
20. Egy gáztároló-állomás dolgozójaként azt a feladatot kapta, hogy számítsa ki, hány kg-mal több nitrogéngáz fér el az 850 m³ térfogatú gáztárolóban télen, mint nyáron?
Az 1,01 MPa nyomású tartály átlag hőmérséklete nyáron 22 °C, míg télen -3,2 °C.
21. 9,92 g egyatomos gáz 0 °C-on 8,0 atm nyomáson 1,39 liter térfogatú. Mi az atomtömege a gáznak? Melyik ez a gáz?
22. Mekkora annak a vegyületnek a moláris tömege, amelynek 1,43 g-ját elpárologtatva 385 cm³ térfogatú, 100 °C hőmérsékletű és 0,932 bar nyomású gőzt kapunk?
23. Számítsa ki, hogy hány mol gázt tartalmaz és mekkora a nyomás egy 200 m³ térfogatú, 57,5 kg nitrogéngázt tartalmazó palackban -27 °C-on!
24. Számítsa ki, hogy mekkora anyagmennyiségű gázt tartalmaz és mekkora a nyomása egy 600 dm³ térfogatú, 7,5 kg ammónia-gázt tartalmazó palacknak -10 °C-on!
25. Mekkora a tömege 800 cm³, 0,085 MPa nyomású kén-hidrogén-gáznak, hány db molekulát tartalmaz 200 °C-on?
26. Hány molekula hidrogén van 7,33 liter térfogatban 0 °C-on és 993 Pa nyomáson?
27. Mekkora a SO₂ nyomása 40 °C-on, ha a moláris térfogata ezen a hőmérsékleten 0,381 dm³/mol?
28. Egy gázpalackban 36,0 MPa nyomású 600 °C hőmérsékletű gáz van. Hány atm lesz a palackban a gáz nyomása, ha a gáz 25 %-át kiengedve, a hőmérséklet 180 °C-ra csökken?
29. Egy gázpalackban 4,0 bar nyomású 27 °C hőmérsékletű gáz van. Mekkora lesz a palackban a gáz nyomása, ha a gáz 22 %-át kiengedve a hőmérséklet -7 °C-ra csökken?
30. Egy 30 literes palackban 20 °C hőmérsékletű 300,0 kPa nyomású klórgáz van. A bezárt gáz egy részét kiengedjük. Miután a bent maradt gáz újra felvette a szoba 20 °C-os hőmérsékletét, a nyomásmérő 900 Hgmm nyomást jelez. Hány g klórt engedünk ki a palackból?
31. Egy edényben levő levegő nyomása 1 bar. A benne levő levegőnek hányad részét kell kiengedni 20 °C-on, ha azt akarjuk, hogy a bent maradó levegő 45 °C-on is 1 bar legyen? Mennyi lesz az edényben a nyomás, ha a benne lévő levegőt újra 20 °C-ra hűtjük?
32. Mennyi a tömege 1 liter szén-dioxid-gáznak normál körülmények között?
33. Mekkora a következő gázmennyiségek dm³-ben mért térfogata standardállapotban:
48 g O₂, 56 g N₂, 16 g SO₂, 10 g NO, 4 g CO, 11 g CO₂, 20 g H₂, 142 g Cl₂?
34. Számítsa ki az ötvözet w%-os cinktartalmát, ha 0,200 g ötvözetet bemérve sósavval 40,0 cm³ térfogatú, 19 °C hőmérsékletű és 0,993 atm nyomású hidrogéngáz fejlődik! Az ötvözet többi összetevője nem reagál a sósavval.
35. Számítsa ki annak a cink-réz ötvözetnek a tömegszázalékos réztartalmát, melynek 0,420 g-nyi mennyiségét sósavval reagáltatva 32,0 cm³ térfogatú, 21 °C hőmérsékletű és 0,900 bar nyomású hidrogéngáz fejlődik!
36. Számítsa ki, hogy 40,0 kg metán vízgőzzel való reakciójakor hány m³ 1095 °C hőmérsékletű és 0,101 MPa nyomású hidrogéngáz állítható elő! A reakció során CO keletkezik.
37. Számítsa ki, hogy 80,0 kg metán vízgőzzel való reakciójakor hány m³ 1200 °C hőmérsékletű és 0,111 MPa nyomású hidrogéngáz állítható elő! A reakció során CO keletkezik.
38. Egy 5,00 dm³ térfogatú gáztartályt 170 °C hőmérsékletű és 0,101 MPa nyomású kén-hidrogén-gázzal kell feltölteni. Számítsa ki, hogy hány gramm 90,0 % tisztaságú vas(II)-szulfid szükséges a gáz előállításához!
39. 50,0 tonna pirít (FeS₂) pörkölésekor hány m³ 900 °C hőmérsékletű, 1,00 MPa nyomású kén-dioxid-gáz keletkezik?

4.2.4. Az abszolút sűrűség

40. Adja meg a nitrogéngáz abszolút sűrűségét 80 °C hőmérsékleten és 10,0 atm nyomáson!
41. Adja meg a -20 °C hőmérsékletű és 2,60 atm nyomású oxigéngáz abszolút sűrűségét kg/m³-ben!
42. Adja meg a -30 °C hőmérsékletű és 3,20 bar nyomású kén-dioxid-gáz abszolút sűrűségét g/dm³-ben!
43. Mennyi a következő gázok sűrűsége normál körülmények között: Cl₂, CH₄, HCl, SiF₄?
44. 521 cm³ gáz tömege 14 °C-on és 101,86 kPa nyomáson 0,8112 g. Számítsa ki a gáz sűrűségét szobahőmérsékleten!
45. Egy palackban 2,5 liter 72 kPa nyomású 300 K hőmérsékletű ideális gáz van. Mekkora volt a gáz sűrűsége, ha változatlan hőmérséklet mellett 2 g gázt eltávolítva a gáz nyomása 10 kPa lesz?

4.3. A gázelegyek összetétele

Elegyek tekinthetők a csak gázokból vagy a csak egymással korlátlanul elegyedő folyadékokból felépülő anyagi rendszerek, valamint a telítetlen és telített oldatok.



Két vagy több kémiai egységes anyagból álló rendszert akkor nevezünk elegynek, ha az homogén, vagyis az alkotórészek sem mikroszkóppal, sem más hasonló felbontóképességű eszközzel meg nem különböztethetők.

Az elegyítés során létrejövő változások alapján **ideális** és **reális elegyről** beszélhetünk.

Ideális elegyet kapunk, ha

- a) az alkotórészek tömegviszonyai tetszőlegesen változtathatók és
- b) az elegyítés során energetikai változások nem következnek be.

Az utóbbi feltétel többoldalú, mert egyszerre azt jelenti, hogy elegyképződés során

- felmelegedés vagy lehűlés,
- térfogat növekedés vagy –csökkenés és
- kémiai reakció nem következik be.

Mindig ideális elegyet képeznek a gázok vagy az olyan folyadékok, amelyek molekulaszervezete igen hasonló (például egy homológ sorba tartozó szerves vegyületek).

Ha az ideális elegyképződés valamelyik feltétele nem teljesül, akkor reális elegyről beszélünk. Ilyen például az etil-alkohol és a víz, a kénsav és a víz, a szén-dioxid és a víz stb. elegye.

A tökéletes gázok elegyeinek **átlagos moláris tömegét** megkapjuk, ha az egyes összetevőkre képzett móltört és moláris tömeg szorzatokat összegezzük. A móltörtek helyett használhatunk anyagmennyiség-, illetve térfogat-százalékokat is.

$$\bar{M} = x_1 \cdot M_1 + x_2 \cdot M_2 + \dots + x_i \cdot M_i$$

$$\bar{M} = \frac{x\%_1 \cdot M_1 + x\%_2 \cdot M_2 + \dots + x\%_i \cdot M_i}{100}$$

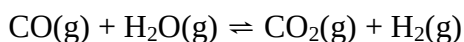
$$\bar{M} = \frac{\varphi\%_1 \cdot M_1 + \varphi\%_2 \cdot M_2 + \dots + \varphi\%_i \cdot M_i}{100}$$

4.3.1. Gázelegyekkel kapcsolatos számítási feladatok

1. Összekeverünk $2,0 \text{ dm}^3$ standardállapotú szén-dioxid- és $3,0 \text{ dm}^3$ standardállapotú klórgázt. Adja meg a gázelegy $w\%$ -, $x\%$ - és $\varphi\%$ -os összetételét, valamint az átlagos moláris tömegét!
2. Összekeverünk $23,0 \text{ dm}^3$ szobahőmérsékletű kén-dioxid- és $7,00 \text{ dm}^3$ szobahőmérsékletű nitrogéngázt. Határozza meg a gázelegy $w\%$ -, $x\%$ - és $\varphi\%$ -os összetételét, valamint az átlagos moláris tömegét!
3. Egy gázelegy elkészítéséhez összekeverünk $10,0 \text{ dm}^3$ normálállapotú nitrogén-dioxid- és $30,0 \text{ dm}^3$ standardállapotú argongázt. Adja meg a gázelegy $w\%$ -, $x\%$ - és $\varphi\%$ -os összetételét, valamint az átlagos moláris tömegét, miután felvette a közös hőmérsékletet!
4. $27,0 \text{ dm}^3$ standardállapotú klór- és $13,0 \text{ dm}^3$ szobahőmérsékletű fluorgázt keverünk össze. Számítsa ki a gázelegy $w\%$ -, $x\%$ - és $\varphi\%$ -os összetételét, valamint az átlagos moláris tömegét, miután felvette a közös hőmérsékletet!
5. 3:7 térfogatarányban összekeverünk azonos állapotú neont és xenont. Mi a keletkező gázelegy $w\%$ -, $x\%$ - és $\varphi\%$ -os összetétele, mennyi az átlagos moláris tömege!
6. 6:5 térfogatarányban összekeverünk azonos állapotú héliumot és hidrogéngázt. Határozza meg az elegy $w\%$ -, $x\%$ - és $\varphi\%$ -os összetételét, valamint az átlagos moláris tömegét!
7. Egy gázelegy 1:2 tömegarányban metánt és etánt tartalmaz. Számítsa ki a gázelegy $w\%$ -, $x\%$ - és $\varphi\%$ -os összetételét, valamint az átlagos moláris tömegét!
8. Egy gázelegy elkészítéséhez 21:8 tömegarányban keverünk össze nitrogén- és argongázt. Adja meg a gázelegy $w\%$ -, $x\%$ - és $\varphi\%$ -os összetételét, valamint az átlagos moláris tömegét!
9. Egy metánból és hidrogéngázból álló gázelegy átlagos moláris tömege $6,0 \text{ g/mol}$. Számítsa ki az elegy $w\%$ -os, $x\%$ -os és $\varphi\%$ -os összetételét!
10. Egy etánt és propánt tartalmazó gázelegy átlagos moláris tömege $36,0 \text{ g/mol}$. Határozza meg az elegy $w\%$ -os, $x\%$ -os és $\varphi\%$ -os összetételét!
11. Argont és nitrogéngázt keverünk össze. Az így nyert gázelegy átlagos moláris tömege 32 g/mol . Adja meg az elegy $w\%$ -os, $x\%$ -os és $\varphi\%$ -os összetételét!
12. Egy ammónia-nitrogén gázelegy hidrogénre vonatkoztatott sűrűsége $11,0$. Adja meg az elegy átlagos moláris tömegét, valamint a $w\%$ -os, $x\%$ -os és $\varphi\%$ -os összetételét!
13. Egy hélium-kén-dioxid gázelegy oxigénre vonatkoztatott sűrűsége $1,00$. Adja meg az elegy átlagos moláris tömegét, valamint a $w\%$ -os, $x\%$ -os és $\varphi\%$ -os összetételét!
14. Fluor- és oxigéngázt keverünk össze. Az így nyert gázelegy héliumra vonatkoztatott sűrűsége $9,00$. Adja meg az elegy átlagos moláris tömegét, valamint a $w\%$ -os, $x\%$ -os és $\varphi\%$ -os összetételét!
15. Egy kén-dioxid-hélium gázelegy $24,99 \text{ g}$ -ja normálállapotban 100 dm^3 térfogatú. Számítsa ki az elegy átlagos moláris tömegét, valamint a $w\%$ -os, $x\%$ -os és $\varphi\%$ -os összetételét!
16. Egy nitrogén-monoxid-hidrogén gázelegy $45,83 \text{ g}$ -ja szobahőmérsékleten $55,00 \text{ dm}^3$ térfogatú. Számítsa ki az elegy átlagos moláris tömegét, valamint a $w\%$ -os, $x\%$ -os és $\varphi\%$ -os összetételét!
17. Egy neon-argon gázelegy $14,29 \text{ g}$ -ja standardállapotban $10,00 \text{ dm}^3$ térfogatú. Adja meg az elegy átlagos moláris tömegét, valamint a $w\%$ -os, $x\%$ -os és $\varphi\%$ -os összetételét!
18. Egy gázelegy klórgázt és neont tartalmaz. Az elegy sűrűsége standard körülmények között $1,714 \text{ g/dm}^3$. Adja meg az elegy átlagos moláris tömegét! Határozza meg az elegy $w\%$ -os, $x\%$ -os és $\varphi\%$ -os összetételét!
19. Egy gázelegy nitrogént és egy nemesgázt tartalmaz. Az elegy sűrűsége szobahőmérsékleten $0,625 \text{ g/dm}^3$. Adja meg az elegy átlagos moláris tömegét! Melyik nemesgázzal lehet szó? Határozza meg az elegy $w\%$ -os, $x\%$ -os és $\varphi\%$ -os összetételét!

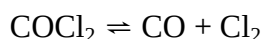
5. A kémiai egyensúlyokkal kapcsolatos számítások

1. Mi az egyensúlyi rendszerben a komponensek koncentrációja, ha 3,0-4,0 mol/dm³ A- és B-ből kiindulva az A anyag 10 %-a alakul át az $A + 2 B \rightleftharpoons C$ egyenlet szerinti egyensúlyi reakcióban? Mi ezen körülmények között a K_c egyensúlyi állandó értéke?
2. Mennyi az egyensúlyi állandó értéke az $A + 2 B \rightleftharpoons C + D$ gázreakcióra, ha az A gáz kiindulási koncentrációja 3,0 mol/dm³, a B gázé 4,0 mol/dm³ és a B gáz 75 %-a reagált el?
3. Állandó térfogatú tartályban a szén-monoxidból és a vízgőzből 5,0-5,0 mol/dm³-t alkalmazva 830 °C-on 50 %-os átalakulást tapasztalunk a

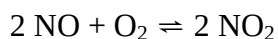


egyenlet szerinti folyamatban. Mekkora az egyensúlyi állandó értéke 830 °C-on?

4. Az ammóniaszintézis vizsgálatakor a nitrogén kiindulási koncentrációja 3 mol/dm³, míg a hidrogénéé 9 mol/dm³. Az egyensúly beállásáig a nitrogén 10 %-a alakul át. Számítsa ki az egyensúlyi koncentrációk és az egyensúlyi állandó (K_c) értékét!
5. A foszgén – COCl_2 – (színtelen mérgező gáz, amelyet az I. világháborúban harci gázként használtak) kezdeti mennyisége egy 1 dm³ térfogatú tartályban 420 °C-on 0,025 mol. Az egyensúly eléréséig 15 % bomlott el CO-ra és Cl_2 -ra. Számítsa ki K_c értékét!

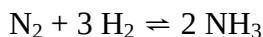


6. 2 dm³ térfogatú edény 25 °C hőmérsékleten 8 mol NO-t és 4 mol O_2 -t tartalmaz. Az egyensúlyi állapot beállása során a nitrogén-monoxid ötöde alakul át a



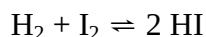
egyensúlyi reakció szerint. Számítsa ki a K_c egyensúlyi állandó értékét!

7. Mennyi a $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3$ gázreakció egyensúlyi állandója (K_c), ha a kén-dioxid kiindulási koncentrációja 3 mol/dm³, az oxigénéé 2 mol/dm³, míg a kén-trioxid egyensúlyi koncentrációja 1 mol/dm³?
8. 2 mol nitrogént és 4 mol hidrogént vezetünk egy üres, 1 dm³ térfogatú tartályba. Amikor a



reakcióegyenlet szerint elérjük az egyensúlyt, a palack 2 mol ammóniát tartalmaz. Számítsa ki K_c értékét!

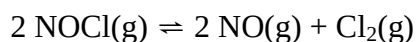
9. Zárt, 1 dm³ térfogatú edény 4,00 mol jódból és 1,50 mol hidrogénből álló gázelegyet tartalmaz, melyet 500 °C-ra melegítünk. Ekkor az edény 2,00 mol HI keletkezik. Számítsa ki a



reakció egyensúlyi állandóját!

10. 15 mol NO-t és 9 mol O_2 -t egy üres, 3 dm³ térfogatú palackba vezetünk, majd a palackot lezárás után 400 °C-ra hevítjük. Az egyensúly elérése után a palack 13,2 mol NO_2 -t tartalmaz. Határozza meg a K_c értékét!

11. Egy 5 dm³ térfogatú tartály kezdetben 20 mol szén-dioxidból és 20 mol hidrogénből álló gázelegyet tartalmaz. A $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ reakció szerint beállt egyensúlyban a CO_2 koncentrációja az eredeti koncentrációnak a fele. Számítsa ki a K_c egyensúlyi koncentrációt!
12. Mennyi a 2 800 °C-on végbemenő $2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$ folyamat K_c egyensúlyi állandója, ha egy 25 dm³ térfogatú zárt edényben 5,45 g vizet a fenti hőmérsékletre hevítve 20 %-ban megy végbe a disszociáció?
13. Adott hőmérsékleten az $\text{A} + 2 \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$ egyensúlyi reakció esetén az egyensúlyi koncentrációk:
 $[\text{A}]_e = 2,00 \text{ mol/dm}^3$,
 $[\text{B}]_e = 1,00 \text{ mol/dm}^3$ és
 $[\text{C}]_e = 2,50 \text{ mol/dm}^3$.
 Határozza meg az egyensúlyi állandó (K_c) és a kiindulási koncentrációk értékét!
14. Az $\text{A} \rightleftharpoons \text{B} + 4 \text{C}$ egyensúlyi folyamatban (adott nyomás és hőmérséklet mellett) a következő egyensúlyi koncentrációk alakulnak ki:
 $[\text{A}]_e = 0,50 \text{ mol/dm}^3$,
 $[\text{B}]_e = 1,50 \text{ mol/dm}^3$ és
 $[\text{C}]_e = 6,00 \text{ mol/dm}^3$.
 Mekkora ilyen körülmények között a folyamat egyensúlyi állandója? Milyen kiindulási A-koncentrációt alkalmaztunk, és az A hány %-a disszociált a folyamatban?
15. Az $\text{A} \rightleftharpoons \text{B} + 3 \text{C}$ egyensúlyi folyamatban (adott nyomás és hőmérséklet mellett) a következő egyensúlyi koncentrációk alakulnak ki:
 $[\text{A}]_e = 1,50 \text{ mol/dm}^3$,
 $[\text{B}]_e = 1,25 \text{ mol/dm}^3$ és
 $[\text{C}]_e = 3,75 \text{ mol/dm}^3$.
 Mekkora ilyen körülmények között a folyamat egyensúlyi állandója? Milyen kiindulási A-koncentrációt alkalmaztunk, és az A hány %-a disszociált a folyamatban?
16. Az $\text{A} + 3 \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$ egyensúlyi folyamatban valamennyi komponens egyensúlyi koncentrációja 0,5 mol/dm³. Mekkora ilyen körülmények között a folyamat egyensúlyi állandója? Az A vagy a B anyag alakul-e át nagyobb %-ban?
17. NOCl-t, NO-t és Cl₂ gázt elegyítettünk 20 °C-on egy tartályban. A következő reakció játszódott le és egyensúly állt be:



Az alábbi egyensúlyi koncentrációkat mértük:

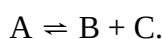
$$[\text{Cl}_2]_e = 6,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{NO}]_e = 4,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{NOCl}]_e = 8,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol/dm}^3$$

Számítsa ki K_c értékét!

18. Az A anyagból 2 mol/dm³ kiindulási koncentrációt alkalmazva az T hőmérsékleten az alábbi egyenlet szerint disszociál:



A zárt, állandó térfogatú edényben az egyensúlyi gázelegyenben a három komponens azonos koncentrációban van jelen. Hány %-os volt az A anyag disszociációja, és mekkora az egyensúlyi állandó?

6. Számítási feladatok az elektrokémia témaköréből

6.1. Galvánelemek

1. Állítson össze működőképes galvánelemet, írja fel a galvánelem celladiagramját, az anódos és katódos félreakciókat, a bruttó folyamatot! Mennyi az elektromotoros erő a
 - a) standard réz- és cinkelektrodok,
 - b) standard kobalt- és cinkelektrodok,
 - c) standard nikkel- és cinkelektrodok,
 - d) standard ezüst- és cinkelektrodok,
 - e) standard ezüst- és rézelektrodok,
 - f) standard ezüst- és nikkelelektrodok,
 - g) standard ezüst- és kobaltelektrodok,
 - h) standard nikkel- és kobaltelektrodok,
 - i) standard kobalt- és rézelektrodok,
 - j) standard réz- és nikkelelektrodok alkalmazása esetében?

6.2. A redoxireakciók iránya

2. Az alábbi fémekből 3-3 g-ot dobunk nagy mennyiségű reagens sósavba. Melyik esetben történt változás? Állítsa sorrendbe a fémeket a fejlesztett hidrogéngáz növekvő mennyisége szerint: vas, kobalt, cink, réz, ezüst, alumínium, magnézium, nikkel!
3. Az alábbi fémekből 5-5 g-ot dobunk nagy mennyiségű reagens sósavba. Melyik esetben történt változás? Állítsa sorrendbe a fémeket a fejlesztett hidrogéngáz növekvő mennyisége szerint: kadmium, arany, réz, higany, alumínium, kalcium!
4. Nagy mennyiségű nikkel(II)-nitrát-oldatba 4-4 g tömegű fémdarabokat szórunk a következő fémekből: alumínium, kobalt, réz, cink, magnézium. Melyik esetben hogyan és mennyivel változik meg a szilárd fázis tömege?
5. Nagy mennyiségű kobalt(II)-nitrát-oldatba 5-5 g tömegű fémdarabokat szórunk a következő fémekből: alumínium, nikkel, réz. Melyik esetben hogyan és mennyivel változik meg a szilárd fázis tömege?
6. Két edény egyikében cink-nitrát-oldatba rézlemez mártunk, míg a másikban réz(II)-nitrát-oldatba cinklemezt mártunk. Az egyik esetben a lemez tömege 0,5 g-mal változott. Nőtt vagy csökkent a lemez tömege?
7. Két edény egyikében réz(II)-szulfát-oldatba vaslemez mártunk, míg a másikban vas(II)-szulfát-oldatba rézlemez mártunk. Az egyik esetben a lemez tömege 0,2 g-mal változott. Nőtt vagy csökkent a lemez tömege? Hány db ion cserélődött ki a reakció során?
8. Öt főzőpohárba 100-100 cm³ 0,3 mol/dm³ koncentrációjú sósavat öntünk. Ezekbe rendre 1,2-1,2 g tömegű fémdarabokat teszünk az alábbi fémekből: réz, kobalt, cink, alumínium és nikkel. Milyen térfogatú standardállapotú hidrogéngáz fejlődik a reakciók során?
9. Négy főzőpohárba 600-600 cm³ 0,1 mol/dm³ koncentrációjú nikkel(II)-nitrát-oldatot öntünk. Ezekbe rendre 2,0-2,0 g tömegű fémdarabokat teszünk az alábbi fémekből: réz, ezüst, cink és alumínium. Milyen tömegűek lesznek a fémdarabok a reakciók teljes végbemenetét követően?
10. Hat főzőpohárba 200-200 cm³ 0,2 mol/dm³ koncentrációjú kobalt(II)-nitrát-oldatot öntünk. Ezekbe rendre 2,1-2,1 g tömegű fémdarabokat teszünk az alábbi fémekből: réz, ólom, ezüst, cink, alumínium és nikkel. Milyen tömegűek lesznek a fémdarabok a reakciók teljes végbemenetét követően?

6.3. Az elektrolízis mennyiségi törvényeinek alkalmazása

11. Kálium-nitrát-oldatot elektrolizálunk grafit-elektrodok között. Az anódon 100 cm^3 gáz fejlődik. Mekkora térfogatú azonos állapotú gáz fejlődik a katódon, ha a gázok vízdíszíthetőségével nem számolunk?
12. Nátrium-klorid-oldatot elektrolizálunk platina-elektrodok között. A katódon 20 cm^3 gáz fejlődik. Mekkora térfogatú azonos állapotú gáz fejlődik az anódon, ha a gázok vízdíszíthetőségével nem számolunk?
13. Cink-szulfát-oldatot elektrolizálunk grafit-elektrodok között. Az anódon 245 cm^3 standard állapotú gáz fejlődik. Mekkora tömegű a katódtermék, ha az anódgáz vízdíszíthetőségével nem számolunk?
14. Réz(II)-jodid-oldatot elektrolizálunk platina-elektrodok között. Az anódon $12,7\text{ g}$ termék keletkezik. Mekkora tömegű a katódtermék, ha a termékek vízdíszíthetőségével nem számolunk?
15. Cink-jodid-oldatot elektrolizálunk indifferens elektrodok között. Az anódon $25,4\text{ g}$ termék keletkezik. Mekkora tömegű a katódtermék, ha a termékek vízdíszíthetőségével nem számolunk?
16. Mekkora töltésmennyiség szükséges 5 g cink leválasztásához cink-nitrát-oldatból grafit-elektrodok között történő elektrolízisével? Mekkora térfogatú légköri nyomású 25 °C hőmérsékletű gáz fejlődik ekkor a másik elektródon? A gáz vízdíszíthetőségével nem számolunk.
17. Mekkora töltésmennyiség szükséges 20 g réz leválasztásához réz(II)-szulfát-oldatból platina-elektrodok között történő elektrolízisével? Mekkora térfogatú szobahőmérsékletű gáz fejlődik ekkor a másik elektródon? A gáz vízdíszíthetőségétől tekintsünk el!
18. Kálium-szulfát-oldatot elektrolizálunk indifferens elektrodok között. Az elektródokon 1 500 C töltés halad át. Mekkora térfogatú gázok keletkeznek szobahőmérsékleten, ha a termékek vízdíszíthetőségével nem számolunk?
19. Cink-bromid-oldatot elektrolizálunk platina-elektrodok között. Az elektródokon 60 000 C töltés halad át. Mekkora tömegű termékek keletkeznek, ha a termékek vízdíszíthetőségével nem számolunk?
20. 200 g $20\text{ w\%-os}$ réz(II)-klorid-oldatot elektrolizálunk 1 000 C töltésmennyiség mellett grafit-elektrodok segítségével. Mekkora a visszamaradó oldat tömegszázalékos összetétele, ha a termékek vízdíszíthetőségével nem számolunk?
21. 500 g $5\text{ w\%-os}$ nátrium-nitrát-oldatot elektrolizálunk platina-elektrodok segítségével. Az elektródokon 50 000 C töltésmennyiség halad át. Mekkora a visszamaradó oldat tömegszázalékos összetétele, ha a termékek vízdíszíthetőségével nem számolunk?
22. 200 g 6 tömegszázalékos kálium-karbonát-oldatot elektrolizálunk platina-elektrodok segítségével. Az elektródokon 200 000 C töltésmennyiség halad át. Mekkora a visszamaradó oldat tömegszázalékos összetétele, ha a termékek vízdíszíthetőségével nem számolunk?
23. 1 000 g $10\text{ w\%-os}$ nátrium-szulfát-oldatot elektrolizálunk platina-elektrodok segítségével. Az elektródokon 500 000 C töltésmennyiség halad át. Mekkora a visszamaradó oldat tömegszázalékos összetétele, ha a termékek vízdíszíthetőségével nem számolunk?
24. Nátrium-klorid-olvadékat elektrolizálunk fél órán át 1 A áramerősséggel. Mekkora tömegű a katódtermék?
25. 4 A áramerősséggel, 3 órán keresztül elektrolizálunk ZnSO_4 -oldatot grafit-elektrodok között. Mekkora tömegű cink és mekkora térfogatú standard állapotú gáz fejlődik, ha a termékek vízdíszíthetőségével nem számolunk?
26. Nagy térfogatú reagens ezüst(I)-nitrát-oldatot elektrolizálunk indifferens elektrodok között 5 órán át 4 A áramerősséggel. Mekkora tömegű ezüst válik le, ha a termékek vízdíszíthetőségével nem számolunk?

27. Nagy térfogatú reagens réz(II)-nitrát-oldatot elektrolizálunk indifferens elektródok között 1 napon át 8 mA áramerősséggel. Mekkora tömegű réz válik le, ha a termékek vízdíszíthetőségével nem számolunk?
28. 250 g 10 tömegszázalékos lítium-szulfát-oldatot elektrolizálunk 25 percen át 3 A áramerősséggel grafit elektródok segítségével. Mekkora a visszamaradó oldat tömegszázalékos összetétele, ha a termékek vízdíszíthetőségével nem számolunk?
29. 400 g 20 w%-os cink-klorid-oldatot elektrolizálunk 45 percen át 1,5 A áramerősséggel grafit elektródok segítségével. Mekkora a visszamaradó oldat tömegszázalékos összetétele, ha a termékek vízdíszíthetőségével nem számolunk?
30. 6,35 g rézet szeretnénk leválasztani grafit elektródok között. Mennyi ideig kell a réz(II)-szulfát-oldatot elektrolizálni 2,5 A áramerősség alkalmazása mellett, ha a termékek vízdíszíthetőségével nem számolunk?
31. 2,55 g ezüstöt akarunk AgNO_3 -oldat elektrolízisével leválasztani. Mennyi ideig kell 33 A áramerősséggel elektrolizálni, ha a termékek vízdíszíthetőségével nem számolunk?
32. 40 g cink előállítását kívánjuk megvalósítani indifferens elektródok között történő elektrolízissel. Mekkora áramerősség szükséges, ha a cink-szulfát-oldat elektrolízisét négy óra alatt kívánjuk végezni? A termékek vízdíszíthetőségétől tekintsünk el!

6.4. Standardpotenciál-értékek táblázata

Átalakulás	$\varepsilon^\circ(\text{V})$	Átalakulás	$\varepsilon^\circ(\text{V})$	Átalakulás	$\varepsilon^\circ(\text{V})$
Ag^+/Ag	0,80	Co^{2+}/Co	-0,28	I_2/I^-	0,54
Al^{3+}/Al	-1,66	Cr^{3+}/Cr	-0,71	K^+/K	-2,93
As^{3+}/As	0,30	Cs^+/Cs	-3,02	Li^+/Li	-3,05
Au^+/Au	1,68	Cu^+/Cu	0,52	Mg^{2+}/Mg	-2,34
Au^{3+}/Au	1,42	Cu^{2+}/Cu	0,34	Mn^{2+}/Mn	-1,05
Ba^{2+}/Ba	-2,90	F_2/F^-	2,65	Na^+/Na	-2,71
Be^{2+}/Be	-1,70	Fe^{2+}/Fe	-0,44	Ni^{2+}/Ni	-0,25
Bi^{3+}/Bi	0,20	Fe^{3+}/Fe	-0,04	Pb^{2+}/Pb	-0,13
Br_2/Br^-	1,09	$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$	0,77	Rb^+/Rb	-2,99
Ca^{2+}/Ca	-2,87	H^+/H_2	0,00	Sb^{3+}/Sb	0,24
Cd^{2+}/Cd	-0,40	$\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$	-0,83	Sn^{2+}/Sn	-0,14
Ce^{3+}/Ce	-2,48	$\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}$	0,80	Sr^{2+}/Sr	-2,89
Cl_2/Cl^-	1,40	Hg^{2+}/Hg	0,85	Zn^{2+}/Zn	-0,76

15. táblázat - Standardpotenciál-értékek ABC-sorrendben

Átalakulás	$\varepsilon^\circ(\text{V})$	Átalakulás	$\varepsilon^\circ(\text{V})$	Átalakulás	$\varepsilon^\circ(\text{V})$
Li^+/Li	-3,05	Zn^{2+}/Zn	-0,76	Bi^{3+}/Bi	0,20
Cs^+/Cs	-3,02	Cr^{3+}/Cr	-0,71	As^{3+}/As	0,30
Rb^+/Rb	-2,99	Fe^{2+}/Fe	-0,44	Cu^{2+}/Cu	0,34
K^+/K	-2,93	Cd^{2+}/Cd	-0,40	I_2/I^-	0,54
Ba^{2+}/Ba	-2,90	Co^{2+}/Co	-0,28	Ag^+/Ag	0,80
Sr^{2+}/Sr	-2,89	Ni^{2+}/Ni	-0,25	$\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}$	0,85
Ca^{2+}/Ca	-2,87	Sn^{2+}/Sn	-0,14	Br_2/Br^-	1,09
Na^+/Na	-2,71	Pb^{2+}/Pb	-0,13	Cl_2/Cl^-	1,40
Mg^{2+}/Mg	-2,34	Fe^{3+}/Fe	-0,04	Au^{3+}/Au	1,42
Al^{3+}/Al	-1,66	H^+/H_2	0,00	F_2/F^-	2,65

16. táblázat - Standardpotenciál-értékek növekvő sorrendben

7. Megoldások

7.1. Útmutató

Gyakran előfordul, hogy ahányan oldanak meg egy számítási feladatot, annyi eredményt kapnak. Természetesen a különbség adódhat abból is, hogy hiba csúszik a lépések egyikébe (vagy rosszabb esetben több lépésbe is), de leggyakrabban a különbség parányi. Ennek legfőbb okait a kerekítésben, a számológép használatában, illetve a periódusos rendszer adatainak felhasználásában kell keresni.

Az ebben az oktatási anyagban szereplő számítási feladatok megoldásánál a következők szerint történt az eredmények meghatározása:

- A moláris tömegek számításához ezen oktatási anyag utolsó oldalán található periódusos rendszer adatai kerültek alkalmazásra. Minden atomtömeg 2 tizedesjegy pontossággal lett felhasználva (kerekítés a matematika szabályai szerint).
Például: $A_H = 1,01 \text{ g/mol}$, $A_{Ca} = 40,08 \text{ g/mol}$ stb.
- Ahol nincs külön megadva, ott a víz sűrűségét $1,000 \text{ g/cm}^3$ -nek kell venni.
- A számolás során az adatokat a számológépben kell hagyni, ezáltal sokkal pontosabb eredmény érhető el.
- Ugyan az emelt szintű kémia érettségén már hangsúlyosan megjelenik az értékes jegyek használata, a gyakorlatban ez nem jellemző. Így a számítási feladatok eredményeinek megadásánál inkább az volt a cél, hogy a végeredmény a laboratóriumi gyakorlatban használatos tizedesjegy számmal kerüljön megadásra. Például a térfogatot 2 tizedesjegy pontossággal szokás megadni.

7.2. Számítási feladatok (1.1.5. fejezet)

- | | |
|-----------------------|----------------|
| 1. $w\% = 25,95$ | 11. 25,43 g |
| 2. 277,29 g | 12. 595,35 g |
| 3. 175,05 g | 13. 1 033,14 g |
| 4. $w\% = 11,75$ | 14. 718,03 g |
| 5. $w\% = 15,00$ | 15. 122,05 g |
| 6. $w\% = 34,98$ | 16. 246,05 g |
| $m = 80,62 \text{ g}$ | 17. 105,67 g |
| 7. $w\% = 23,50$ | 18. 76,25 g |
| 8. 180,40 g | 19. 185,39 g |
| 9. 207,26 g | 20. 144,75 g |
| 10. 38,85 g | |

7.3. Számítási feladatok (1.2.8. fejezet)

- | | |
|-------------|--------------|
| 1. 140,30 g | 8. 71,67 g |
| 2. 38,63 g | 9. 234,83 g |
| 3. 28,57 g | 10. 159,09 g |
| 4. 72,21 g | 11. 107,35 g |
| 5. 217,71 g | 12. 50,94 g |
| 6. 14,19 g | 13. 13,08 g |
| 7. 69,63 g | 14. 9,87 g |

- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| 15. 31,76 g | 37. $w\% = 28,37$ |
| 16. 10,45 g | 38. $w\% = 77,19$ |
| 17. 84,24 g | 39. $w\% = 46,18$ |
| 18. 9,09 g | 40. $w\% = 48,68$ |
| 19. 7,97 g | 41. $0,892 \text{ g/cm}^3$ |
| 20. 175,94 g | 42. $0,868 \text{ g/cm}^3$ |
| 21. 35,84 g | 43. $0,890 \text{ g/cm}^3$ |
| 22. 3,00 g | 44. $0,958 \text{ g/cm}^3$ |
| 23. 13,18 g | 45. $0,917 \text{ g/cm}^3$ |
| 24. 4,69 g | 46. $320,02 \text{ cm}^3$ |
| 25. 11,77 g | 47. $196,95 \text{ cm}^3$ |
| 26. 5,25 g | 48. $48,27 \text{ cm}^3$ |
| 27. 3,87 g | 49. $132,74 \text{ cm}^3$ |
| 28. 75,42 g | 50. $247,08 \text{ cm}^3$ |
| 29. $\eta = 19,75 \%$ | 51. $1,28 \text{ dm}^3$ |
| 30. $\eta = 33,48 \%$ | 52. $\varphi\% = 73,13$ |
| 31. $\eta = 83,76 \%$ | 53. $\varphi\% = 32,11$ |
| 32. $\eta = 71,99 \%$ | 54. $\varphi\% = 12,73$ |
| 33. $\eta = 94,01 \%$ | 55. $\varphi\% = 25,21$ |
| 34. $\eta = 96,46 \%$ | 56. $\varphi\% = 26,06$ |
| 35. $\eta = 50,27 \%$ | |
| 36. $\eta = 16,11 \%$ | |

7.4. Elméleti és számítási feladatok (1.3.6. fejezet)

- | | |
|---|---------------------------|
| 1. a) $\text{AgNO}_3 + \text{KBr} \rightarrow \underline{\text{AgBr}} + \text{KNO}_3$ | |
| b) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow 2 \text{NaCl} + \underline{\text{BaCO}_3}$ | |
| c) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \underline{\text{PbCl}_2}$ | |
| d) $3 \text{CoCl}_2 + 2 \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \underline{\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2} + 6 \text{NaCl}$ | |
| e) $\text{SnBr}_2 + 2 \text{KOH} \rightarrow \underline{\text{Sn}(\text{OH})_2} + 2 \text{KBr}$ | |
| 2. a) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{CuSO}_4 \rightarrow \underline{\text{BaSO}_4} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ | |
| b) $\text{FeCl}_3 + 3 \text{NaOH} \rightarrow \underline{\text{Fe}(\text{OH})_3} + 3 \text{NaCl}$ | |
| c) $2 \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3 \text{MgCl}_2 \rightarrow 6 \text{NaCl} + \underline{\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2}$ | |
| d) $\text{CdI}_2 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \underline{\text{PbI}_2} + \text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ | |
| e) $3 \text{CaS} + 2 (\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Cr} \rightarrow 3 (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + \underline{\text{Cr}_2\text{S}_3}$ | |
| 3. a) $3 \text{S}^{2-}_{(\text{aq})} + 2 \text{Bi}^{3+}_{(\text{aq})} \rightarrow \underline{\text{Bi}_2\text{S}_3(\text{sz})}$ | 13. 68,66 g |
| b) $\text{Hg}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{I}^{-}_{(\text{aq})} \rightarrow \underline{\text{HgI}_2(\text{sz})}$ | 14. 123,10 g |
| c) $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})} \rightarrow \underline{\text{PbSO}_4(\text{sz})}$ | 15. 42,40 g |
| d) $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{OH}^{-}_{(\text{aq})} \rightarrow \underline{\text{Ni}(\text{OH})_2(\text{sz})}$ | 16. 2,29 g |
| 4. 49,29 g | 17. 293,88 g |
| 5. 10,69 g | 18. 108,47 g |
| 6. 1,34 g | 19. $450,00 \text{ cm}^3$ |
| 7. 25,86 g | 20. $198,00 \text{ cm}^3$ |
| 8. 10,30 g | 21. $580,83 \text{ cm}^3$ |
| 9. 9,86 g | 22. $548,57 \text{ cm}^3$ |
| 10. 15,45 g | 23. $74,85 \text{ cm}^3$ |
| 11. 19,52 g | |
| 12. 72,93 g | |

7.5. Számítási feladatok (2.6. fejezet)

1. $4,68 \text{ dm}^3$
2. $7,50 \text{ dm}^3$
3. $0,54 \text{ dm}^3$
4. $20,54 \text{ dm}^3$
5. $151,06 \text{ dm}^3$
6. $49,25 \text{ dm}^3$
7. $w\% = 67,68$
8. $V_{\text{NH}_3} = 1\,501,28 \text{ dm}^3$
 $V_{\text{CO}_2} = 750,64 \text{ dm}^3$
9. $5,06 \text{ dm}^3$
10. $20,61 \text{ dm}^3$
11. $V_{\text{H}_2\text{S}} = 40,00 \text{ dm}^3$
 $m_s = 69,11 \text{ g}$
12. $32,84 \text{ g}$
13. $100,84 \text{ g}$
14. $V_{\text{H}_2} = 74,50 \text{ dm}^3$
 $V_{\text{HCl}} = 126,65 \text{ dm}^3$
15. $33,43 \text{ g}$
16. $56,52 \text{ g}$
17. $\eta = 29,78 \%$
18. $\eta = 78,41 \%$
19. $2,62 \text{ dm}^3$
20. $1,43 \text{ dm}^3$
21. $6,74 \text{ dm}^3$
22. $24,92 \text{ dm}^3$
23. $1,59 \text{ dm}^3$
24. $20,73 \text{ dm}^3$
25. $w\% = 61,88$
26. $w\% = 13,10$
27. $w\% = 92,41$
28. $w\% = 38,38$
29. $w\% = 52,46$
30. $w\% = 86,13$
31. $w\% = 79,54$
32. $w\% = 13,01$
 $x\% = 20,82$
33. $m = 0,83 \text{ g}$
 $w\% = 15,87$
 $x\% = 7,43$
34. $w\%_{\text{Al}} = 37,35$
 $w\%_{\text{Mg}} = 62,65$
 $x\%_{\text{Al}} = 34,95$
 $x\%_{\text{Mg}} = 65,05$
35. $w\%_{\text{NaCl}} = 2,00$
 $w\%_{\text{NaNO}_3} = 98,00$
 $x\%_{\text{NaCl}} = 2,53$
 $x\%_{\text{NaNO}_3} = 97,47$
36. $w\% = 3,92$
 $x\% = 2,38$
37. $w\% = 2,84$
 $x\% = 2,14$
38. $w\%_{\text{CaCO}_3} = 57,33$
 $w\%_{\text{CaO}} = 42,67$
 $x\%_{\text{CaCO}_3} = 42,89$
 $x\%_{\text{CaO}} = 57,11$
42,89 % CaO alakult át
39. $w\%_{\text{K}_2\text{S}} = 9,44$
 $w\%_{\text{KNO}_3} = 90,56$
 $x\%_{\text{K}_2\text{S}} = 8,72$
 $x\%_{\text{KNO}_3} = 91,28$
40. $w\%_{\text{Na}_2\text{S}} = 10,49$
 $w\%_{\text{NaNO}_3} = 89,51$
 $x\%_{\text{Na}_2\text{S}} = 11,32$
 $x\%_{\text{NaNO}_3} = 88,68$
41. $w\% = 29,53$
 $x\% = 13,96$
42. $7,54 \text{ dm}^3$
43. $17,62 \text{ dm}^3$
44. $0,77 \text{ dm}^3$
45. $6,94 \text{ dm}^3$
46. $2,62 \text{ dm}^3$
47. $1,60 \text{ dm}^3$
48. $w\%_{\text{CaCO}_3} = 73,67$
 $w\%_{\text{MgCO}_3} = 26,33$
 $x\%_{\text{CaCO}_3} = 70,26$
 $x\%_{\text{MgCO}_3} = 29,74$
49. $w\%_{\text{NaHCO}_3} = 32,99$
 $w\%_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 67,01$
 $x\%_{\text{NaHCO}_3} = 38,20$
 $x\%_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 61,80$
50. $w\%_{\text{Ca}} = 73,82$
 $w\%_{\text{Mg}} = 26,18$
 $x\%_{\text{Ca}} = 63,10$
 $x\%_{\text{Mg}} = 36,90$
51. $w\%_{\text{CaCl}_2} = 83,41$
 $w\%_{\text{MgCl}_2} = 16,59$
 $x\%_{\text{CaCl}_2} = 81,07$
 $x\%_{\text{MgCl}_2} = 18,93$
52. $w\% = 38,92$
 $x\% = 52,63$
53. $w\%_{\text{Al}} = 21,64$
 $w\%_{\text{Zn}} = 78,36$
 $x\%_{\text{Al}} = 40,11$
 $x\%_{\text{Zn}} = 59,89$

54. $w\%_{\text{NaCl}} = 2,68$
 $w\%_{\text{KCl}} = 97,32$
 $x\%_{\text{NaCl}} = 3,39$
 $x\%_{\text{KCl}} = 96,61$
55. $w\%_{\text{Fe}} = 45,66$
 $w\%_{\text{Cu}} = 54,34$
 $x\%_{\text{Fe}} = 48,89$
 $x\%_{\text{Cu}} = 51,11$
56. $w\%_{\text{Zn}} = 40,47$
 $w\%_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 59,53$
 $x\%_{\text{Zn}} = 52,40$
 $x\%_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 47,60$
57. $w\% = 20,59$
 $x\% = 50,46$
58. $w\%_{\text{Fe}} = 71,73$
 $w\%_{\text{Zn}} = 28,27$
 $x\%_{\text{Fe}} = 74,83$
 $x\%_{\text{Zn}} = 25,17$
59. $w\%_{\text{Zn}} = 33,13$
 $w\%_{\text{Mg}} = 66,87$
 $x\%_{\text{Zn}} = 15,55$
 $x\%_{\text{Mg}} = 84,45$
60. $w\%_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 36,99$
 $w\%_{\text{CaCO}_3} = 63,01$
 $x\%_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 35,66$
 $x\%_{\text{CaCO}_3} = 64,34$

7.6. A gáztörvények alkalmazása számítási feladatokban (4.2. fejezet)

1. $544\,621,88\text{ N/m}^2$
2. $73\,600\text{ Pa}$
3. $139,64\text{ dm}^3$
4. $1,42\text{ m}^3$
5. $0,51\text{ m}^3$
6. $0,13\text{ dm}^3$
7. 4x-esére nő
8. $327,15\text{ }^\circ\text{C}$
9. $124\,628,58\text{ N/m}^2$
10. 1,07x-esére nő
11. $375,19\text{ }^\circ\text{C}$
12. $2\,879,54\text{ }^\circ\text{C}$
ennél nagyobb T-en nyit
13. $5,41\text{ dm}^3$
14. $-123,07\text{ }^\circ\text{C}$
15. $498\,759,31\text{ N/m}^2$
16. $26\,663,66\text{ N/m}^2$
17. $50\,523,86\text{ N/m}^2$
18. $1,08 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$
19. $53\,490,32\text{ N/m}^2$
20. $907,17\text{ kg}$
21. $19,99\text{ g/mol}$
neon
22. $123,64\text{ g/mol}$
23. $n = 2\,052,11\text{ mol}$
 $p = 20\,998,08\text{ N/m}^2$
24. $n = 440,14\text{ mol}$
 $p = 1\,604\,921,58\text{ N/m}^2$
25. $m = 0,59\text{ g}$
 $N = 1,04 \cdot 10^{22}\text{ db}$
26. $1,92 \cdot 10^{21}\text{ db}$
27. $6\,833\,409,71\text{ N/m}^2$
28. $138,29\text{ atm}$
29. $276\,657,67\text{ N/m}^2$
30. $157,09\text{ g}$
31. 0,079-ed részét
 $p = 92\,136,30\text{ N/m}^2$
32. $1,96\text{ g}$
33. $V_{\text{O}_2} = 36,70\text{ dm}^3$
 $V_{\text{N}_2} = 48,89\text{ dm}^3$
 $V_{\text{SO}_2} = 6,11\text{ dm}^3$
 $V_{\text{NO}} = 8,15\text{ dm}^3$
 $V_{\text{CO}} = 3,49\text{ dm}^3$
 $V_{\text{CO}_2} = 6,11\text{ dm}^3$
 $V_{\text{H}_2} = 242,22\text{ dm}^3$
 $V_{\text{Cl}_2} = 49,00\text{ dm}^3$
34. $w\% = 54,17$
35. $w\% = 81,67$
36. $842,03\text{ m}^3$
37. $1\,649,95\text{ m}^3$
38. $13,39\text{ g}$
39. $8\,128,65\text{ m}^3$
40. $9\,669,76\text{ g/m}^3$
41. $4,01\text{ kg/m}^3$
42. $10,14\text{ g/dm}^3$
43. $\rho_{\text{Cl}_2} = 3\,163,38\text{ g/m}^3$
 $\rho_{\text{CH}_4} = 716,11\text{ g/m}^3$
 $\rho_{\text{HCl}} = 1\,626,75\text{ g/m}^3$
 $\rho_{\text{SiF}_4} = 4\,644,24\text{ g/m}^3$
44. $1\,517,13\text{ g/m}^3$
45. $929,03\text{ g/m}^3$

7.7. Gázelegyekkel kapcsolatos számítási feladatok (4.3.1. fejezet)

Feladat száma	Anyag neve			Anyag neve			$\bar{M}$ (g/mol)
	w%	x%	φ %	w%	x%	φ %	
1.	szén-dioxid			klór			60,14
	29,27	40,00	40,00	70,73	60,00	60,00	
2.	kén-dioxid			nitrogén			55,66
	88,26	76,67	76,67	11,74	23,33	23,33	
3.	nitrogén-dioxid			argon			41,57
	29,56	26,71	26,71	70,44	73,29	73,29	
4.	klór			fluor			60,05
	79,15	67,04	67,04	20,85	32,96	32,96	
5.	neon			xenon			97,96
	6,18	30,00	30,00	93,82	70,00	70,00	
6.	hélium			hidrogén			3,10
	70,38	54,55	54,55	29,62	45,45	45,45	
7.	metán			etán			23,29
	33,33	48,38	48,38	66,66	51,62	51,62	
8.	nitrogén			argon			30,54
	72,41	78,91	78,91	27,59	21,09	21,09	
9.	metán			hidrogén			
	75,89	28,37	28,37	24,11	71,63	71,63	
10.	etán			propán			
	48,29	57,80	57,80	51,71	42,20	42,20	
11.	argon			nitrogén			
	41,65	33,36	33,36	58,35	66,64	66,64	
12.	ammónia			nitrogén			22,22
	40,51	52,82	52,82	59,49	47,18	47,18	
13.	hélium			kén-dioxid			32,00
	6,67	53,39	53,39	93,33	46,61	46,61	
14.	fluor			oxigén			36,00
	70,37	66,66	66,66	29,63	33,33	33,33	
15.	kén-dioxid			hélium			5,60
	30,47	2,66	2,66	69,53	97,34	97,34	
16.	nitrogén-monoxid			hidrogén			20,00
	96,39	64,24	64,24	3,61	35,76	35,76	
17.	neon			argon			35,01
	14,40	24,99	24,99	85,60	75,01	75,01	
18.	klór			neon			41,99
	72,61	43,00	43,00	27,39	57,00	57,00	
19.	nitrogén			hélium			15,00
	85,55	45,80	45,80	14,45	54,20	54,20	

17. táblázat - A 4.3.1. fejezet számítási feladatainak megoldásai

7.8. A kémiai egyensúlyokkal kapcsolatos számítások (5. fejezet)

1. $[A]_e = 2,70 \text{ mol/dm}^3$
 $[B]_e = 3,40 \text{ mol/dm}^3$
 $[C]_e = 0,30 \text{ mol/dm}^3$
 $K_c = 9,61 \cdot 10^{-3} (\text{mol/dm}^3)^{-2}$
2. $1,50 (\text{mol/dm}^3)^{-1}$
3. 1,00
4. $[N_2]_e = 2,70 \text{ mol/dm}^3$
 $[H_2]_e = 8,10 \text{ mol/dm}^3$
 $[NH_3]_e = 0,60 \text{ mol/dm}^3$
 $K_c = 2,51 \cdot 10^{-4} (\text{mol/dm}^3)^{-2}$
5. $6,62 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$
6. $3,91 \cdot 10^{-2} (\text{mol/dm}^3)^{-1}$
7. $1,67 \cdot 10^{-1} (\text{mol/dm}^3)^{-1}$
8. $4,00 (\text{mol/dm}^3)^{-2}$
9. 2,67
10. $67,22 (\text{mol/dm}^3)^{-1}$
11. 1,00
12. $7,56 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
13. $[A]_k = 4,50 \text{ mol/dm}^3$
 $[B]_k = 2,25 \text{ mol/dm}^3$
 $[C]_k = 0,00 \text{ mol/dm}^3$
 $K_c = 1,25 (\text{mol/dm}^3)^{-1}$
14. $[A]_k = 2,00 \text{ mol/dm}^3$
 $K_c = 3\,888,00 (\text{mol/dm}^3)^4$
 $\alpha_A = 60,00 \%$
15. $[A]_k = 2,75 \text{ mol/dm}^3$
 $K_c = 43,95 (\text{mol/dm}^3)^3$
 $\alpha_A = 45,45 \%$
16. $K_c = 8,00 (\text{mol/dm}^3)^2$
 $\alpha_B > \alpha_A$
17. $1,50 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
18. $K_c = 1,00 \text{ mol/dm}^3$
 $\alpha_A = 50,00 \%$

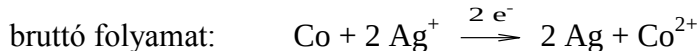
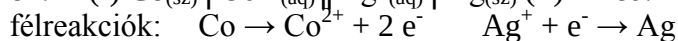
7.9. Számítási feladatok az elektrokémia témaköréből (6. fejezet)

1. a) ox. A (-) $Zn_{(sz)} \mid Zn^{2+}_{(aq)} \parallel Cu^{2+}_{(aq)} \mid Cu_{(sz)} (+)$ K red.
félreakciók: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2 e^-$ $Cu^{2+} + 2 e^- \rightarrow Cu$
bruttó folyamat: $Zn + Cu^{2+} \xrightarrow{2 e^-} Cu + Zn^{2+}$
 $E_{MF} = \varepsilon^{\circ}_{\text{katód}} - \varepsilon^{\circ}_{\text{anód}} = \varepsilon^{\circ}_{Cu^{2+}/Cu} - \varepsilon^{\circ}_{Zn^{2+}/Zn} = 0,34 - (-0,76) = 1,10 \text{ V}$
- b) ox. A (-) $Zn_{(sz)} \mid Zn^{2+}_{(aq)} \parallel Co^{2+}_{(aq)} \mid Co_{(sz)} (+)$ K red.
félreakciók: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2 e^-$ $Co^{2+} + 2 e^- \rightarrow Co$
bruttó folyamat: $Zn + Co^{2+} \xrightarrow{2 e^-} Co + Zn^{2+}$
 $E_{MF} = \varepsilon^{\circ}_{\text{katód}} - \varepsilon^{\circ}_{\text{anód}} = \varepsilon^{\circ}_{Co^{2+}/Co} - \varepsilon^{\circ}_{Zn^{2+}/Zn} = -0,28 - (-0,76) = 0,48 \text{ V}$
- c) ox. A (-) $Zn_{(sz)} \mid Zn^{2+}_{(aq)} \parallel Ni^{2+}_{(aq)} \mid Ni_{(sz)} (+)$ K red.
félreakciók: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2 e^-$ $Ni^{2+} + 2 e^- \rightarrow Ni$
bruttó folyamat: $Zn + Ni^{2+} \xrightarrow{2 e^-} Ni + Zn^{2+}$
 $E_{MF} = \varepsilon^{\circ}_{\text{katód}} - \varepsilon^{\circ}_{\text{anód}} = \varepsilon^{\circ}_{Ni^{2+}/Ni} - \varepsilon^{\circ}_{Zn^{2+}/Zn} = -0,25 - (-0,76) = 0,51 \text{ V}$
- d) ox. A (-) $Zn_{(sz)} \mid Zn^{2+}_{(aq)} \parallel Ag^{+}_{(aq)} \mid Ag_{(sz)} (+)$ K red.
félreakciók: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2 e^-$ $Ag^{+} + e^- \rightarrow Ag$
bruttó folyamat: $Zn + 2 Ag^{+} \xrightarrow{2 e^-} 2 Ag + Zn^{2+}$
 $E_{MF} = \varepsilon^{\circ}_{\text{katód}} - \varepsilon^{\circ}_{\text{anód}} = \varepsilon^{\circ}_{Ag^{+}/Ag} - \varepsilon^{\circ}_{Zn^{2+}/Zn} = 0,80 - (-0,76) = 1,56 \text{ V}$
- e) ox. A (-) $Cu_{(sz)} \mid Cu^{2+}_{(aq)} \parallel Ag^{+}_{(aq)} \mid Ag_{(sz)} (+)$ K red.
félreakciók: $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2 e^-$ $Ag^{+} + e^- \rightarrow Ag$
bruttó folyamat: $Cu + 2 Ag^{+} \xrightarrow{2 e^-} 2 Ag + Cu^{2+}$
 $E_{MF} = \varepsilon^{\circ}_{\text{katód}} - \varepsilon^{\circ}_{\text{anód}} = \varepsilon^{\circ}_{Ag^{+}/Ag} - \varepsilon^{\circ}_{Cu^{2+}/Cu} = 0,80 - 0,34 = 0,46 \text{ V}$
- f) ox. A (-) $Ni_{(sz)} \mid Ni^{2+}_{(aq)} \parallel Ag^{+}_{(aq)} \mid Ag_{(sz)} (+)$ K red.
félreakciók: $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2 e^-$ $Ag^{+} + e^- \rightarrow Ag$
bruttó folyamat: $Ni + 2 Ag^{+} \xrightarrow{2 e^-} 2 Ag + Ni^{2+}$

Vegyipari ismeretek 2.

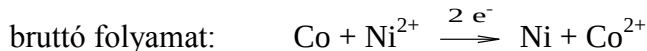
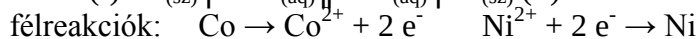
$$E_{MF} = \varepsilon^{\circ}_{\text{katód}} - \varepsilon^{\circ}_{\text{anód}} = \varepsilon^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} - \varepsilon^{\circ}_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} = 0,80 - (-0,25) = 1,05 \text{ V}$$

g) ox. A (-) $\text{Co}_{(\text{sz})} \mid \text{Co}^{2+}_{(\text{aq})} \parallel \text{Ag}^+_{(\text{aq})} \mid \text{Ag}_{(\text{sz})} (+)$ K red.



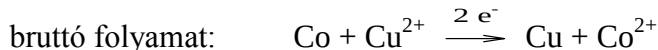
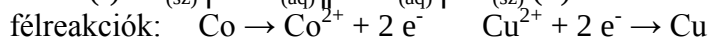
$$E_{MF} = \varepsilon^{\circ}_{\text{katód}} - \varepsilon^{\circ}_{\text{anód}} = \varepsilon^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} - \varepsilon^{\circ}_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}} = 0,80 - (-0,28) = 1,08 \text{ V}$$

h) ox. A (-) $\text{Co}_{(\text{sz})} \mid \text{Co}^{2+}_{(\text{aq})} \parallel \text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})} \mid \text{Ni}_{(\text{sz})} (+)$ K red.



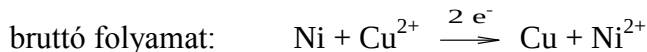
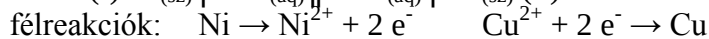
$$E_{MF} = \varepsilon^{\circ}_{\text{katód}} - \varepsilon^{\circ}_{\text{anód}} = \varepsilon^{\circ}_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} - \varepsilon^{\circ}_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}} = -0,25 - (-0,28) = 0,03 \text{ V}$$

i) ox. A (-) $\text{Co}_{(\text{sz})} \mid \text{Co}^{2+}_{(\text{aq})} \parallel \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} \mid \text{Cu}_{(\text{sz})} (+)$ K red.



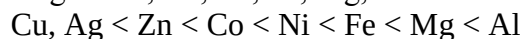
$$E_{MF} = \varepsilon^{\circ}_{\text{katód}} - \varepsilon^{\circ}_{\text{anód}} = \varepsilon^{\circ}_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} - \varepsilon^{\circ}_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}} = 0,34 - (-0,28) = 0,62 \text{ V}$$

j) ox. A (-) $\text{Ni}_{(\text{sz})} \mid \text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})} \parallel \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} \mid \text{Cu}_{(\text{sz})} (+)$ K red.

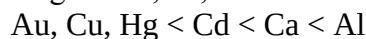


$$E_{MF} = \varepsilon^{\circ}_{\text{katód}} - \varepsilon^{\circ}_{\text{anód}} = \varepsilon^{\circ}_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} - \varepsilon^{\circ}_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} = 0,34 - (-0,25) = 0,59 \text{ V}$$

2. reagált: Fe, Co, Zn, Al, Mg, Ni



3. reagált: Cd, Al, Ca



4. Al: 9,05 g-mal nőtt

Co: 0,02 g-mal csökkent

Cu: nem változik

Zn: 0,41 g-mal csökkent

Mg: 5,66 g-mal nőtt

5. Al: 11,38 g-mal nőtt

Ni: nem változik

Cu: nem változik

6. csökkent

7. nőtt

$$N_{\text{ion}} = 1,89 \cdot 10^{21} \text{ db}$$

8. Cu: 0,00 dm³

Co: 0,37 dm³

Zn: 0,37 dm³

Al: 0,37 dm³

Ni: 0,37 dm³

9. Cu: 2,00 g

Ag: 2,00 g

Zn: 1,80 g

Al: 4,44 g

10. Cu: 2,10 g

Pb: 2,10 g

Ag: 2,10 g

Zn: 1,89 g

Al: 3,74 g

Ni: 2,10 g

11. 200,00 cm³

12. 20,00 cm³

13. 1,31 g

14. 3,18 g

15. 6,54 g

16. $Q = 14\,757,57 \text{ C}$

$V = 0,94 \text{ dm}^3$

17. $Q = 60\,730,13 \text{ C}$

$V = 3,78 \text{ dm}^3$

18. $V_{\text{H}_2} = 0,19 \text{ dm}^3$

$V_{\text{O}_2} = 0,09 \text{ dm}^3$

19. $m_{\text{Zn}} = 20,33 \text{ g}$

$m_{\text{Br}_2} = 49,69 \text{ g}$

20. $w\%_{\text{CuCl}_2} = 19,72$

21. $w\%_{\text{NaNO}_3} = 5,05$

22. $w\%_{\text{K}_2\text{CO}_3} = 6,62$

23. $w\%_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 10,49$

24. 0,43 g

25. $m_{\text{Zn}} = 14,64 \text{ g}$

$V_{\text{O}_2} = 2,74 \text{ dm}^3$

26. 80,50 g

27. 0,23 g

28. $w\%_{\text{Li}_2\text{SO}_4} = 10,02$

29. $w\%_{\text{ZnCl}_2} = 19,42$

30. 7 712,73 s

31. 69,12 s

32. 8,20 A

8. Irodalomjegyzék

- Bányai É., Kocsis E., Mázor L., Rády Gy.: Analitikai zsebkönyv. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1960.
- Berényi S., Kovács L., Patonay T., Somsák L.: Szerves kémiai praktikum I. Debrecen, Kossuth Egyetemi Kiadó, 1997.
- Emri J., Győri B.: Szervetlen kémiai gyakorlatok. Debrecen, Kossuth Egyetemi Kiadó, 1996.
- Erdey L.: Bevezetés a kémiai analízisbe I. Budapest, Tankönyvkiadó, 1956.
- Erdey L.: Bevezetés a kémiai analízisbe II. Budapest, Tankönyvkiadó, 1956.
- Farkas E., Fábrián I., Kiss T., Posta J., Várnagy K.: Általános és analitikai kémiai példatár. Debrecen, 1992.
- Kéri H.: Laboratóriumi gyakorlatok I. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1983.
- Kertész É., Ling J.: Fizikai kémia tantárgyi gyakorlatok - ideiglenes tankönyv. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1991.
- Matematikai, fizikai, kémiai összefüggések. Négyjegyű függvénytáblázatok. Nemzeti Tankönyvkiadó, 2008.
- Lengyel B.: Általános és szervetlen kémiai praktikum. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó, 1990.
- Póta Gy., Tóth Z.: Fizikai-kémiai feladatok-I. Debrecen, 1996.
- Rózsahegy M., Siposné Kedves É., Horváth B.: Kémia feladatgyűjtemény 11-12. Szeged, Mozaik Kiadó, 2009.
- Rózsahegy M., Wajand J.: Látványos kémiai kísérletek. Szeged. Mozaik Oktatási Stúdió, 1999.
- Stankovics É.: Kémiai és fizikai kémiai szakmai vizsgafeladatok. Budapest, 2011.
- Villányi A.: Ötösöm lesz kémiából. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1998.
- http://www.inc.bme.hu/hu/subjects/kemia_2_gyak_korny/altmuv.pdf
- ftp://witch.pmmf.hu:2001/Tanszeki_anyagok/Kornyeztternoki%20Tanszek/Oktatok/Dolgosne%20Kova%ADcs%20Anita/Altalanos_kemia_praktikum/online/03/03.htm#3_1
- http://ttk.pte.hu/szervetlen/PA/pdf/altkemgyak_mf.pdf
- <http://web.inc.bme.hu/fpf/kemszam/iii/>

Képek forrása

1. ábra: http://www.palinkaust.hu/sites/default/files/imagecache/product_full/meruloforralo_nagy.jpg
2. ábra: http://www.ebolt.hu/common/big_img_wm/s/scp1500.jpg
3. ábra: http://img.medicaexpo.com/images_me/photo-m/dental-infrared-drying-lamps-74646-3190309.jpg
4. ábra: http://www.visualphotos.com/photo/1x6037696/heating_water_over_a_bunsen_burner_a300077.jpg
5. ábra: <http://www.och.bme.hu/ijf-nagy/Laborjegyzet/kepek/3-5-03-abra-Melegitokrater.jpg>
6. ábra: <http://www.acidum2.hu/muszerek/beparl2.jpg>
7. ábra: http://media-s3.viva-images.com/vivastreet_in/clad/1e/0/62926453/large/1.jpg?dt=4a9c98a91a74a7376715d1a5ca5c2a2e
8. ábra: http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/metal-bead-bath-65954-4060011.jpg
9. ábra: <http://www.xlab.ro/Sand+bath+50x390x220+mm-832-large.jpg>
10. ábra: <http://www.adamschittenden.com/uploads/tgeneral/Graham%20condenser%202.image.jpg>
11. ábra: <http://i00.i.aliimg.com/wsphoto/v1/545066242/Liebig-condenser-Jacket-Length-500mm-Joints-24-29-West-glass-condenser-laboratory-glassware-Free-shipping.jpg>
12. ábra: <http://www.kavalier.cz/fota/shopub/300-1.jpg>
<http://kapitalis.eu/wp-content/uploads/2011/05/felkialtojel.jpg>
13. ábra: <http://www.geminibv.nl/labware/wertheim-exsiccator/xwertheim-exsiccator-1-2927.jpg.jpg>
14. ábra: <http://complexlab.hu/pictures/products/292.jpg>
15. ábra: http://nabertherm.hu/images/stories/nabertherm/labor/LE6_11_offen_m_Feder1_fmt.jpg
16. ábra: http://www.nabertherm.hu/images/stories/nabertherm/labor/RS120_1000_13_fmt.jpg
17. ábra: <http://www.oresomeresources.com/image/4e7844ed7310d/w/430/h/320/Image+-+Decantation.jpg>
18. ábra: http://www.grupo-selecta.com/thumbs/subcategorias/subcatfoto_67.jpg/200-200-C
19. ábra: http://cms.sulinet.hu/get/d/fd51734b-7d16-4afe-a324-bc5196da1960/1/6/b/Large/k0018_n.jpg
20. ábra: http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR_8R2_8J0hL3hjquyUCV09LwqM0JsdHQ_n1TQI-e4Qv5Pj4IXRvQ
21. ábra: <http://orgchem.colorado.edu/Technique/Procedures/Filtration/Images/Fluted.jpg>
22. ábra: <http://www.chemvak.com/UploadFiles/20110512191454140.jpg>
23. ábra: http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTt9mrafb2Lni55wnFctnY79gWCbJ1_sRYr2EL11pW5sPxX8lbRfg
24. ábra: <http://scphysiques2010.voila.net/images09/img1A.jpg>
25. ábra: <http://image.wistatutor.com/content/organic-compounds/filtration-solution.jpeg>
26. ábra: <http://ths.talawanda.org/~bramblen/classroom/Pictures/distillation.JPG>
27. ábra: <http://ecx.images-amazon.com/images/I/51ILDqP0kTL.jpg>
28. ábra: http://www.ika.com/distilling/rv10_big.jpg
29. ábra: <http://classconnection.s3.amazonaws.com/999/flashcards/1562999/jpg/images-141BA14949D017E080E.jpg>
30. ábra: http://www.scilabware.com/uploads/images_large/RA11-SC%20_%20RA12-2.jpg
31. ábra: <http://www.ctechglass.com/images/AD-0416-001b.jpg>

Vegyipari ismeretek 2.

32. ábra: [http://i.ebayimg.com/00/s/MTYwMEgxNjAw/z/eMMAAMXQkN1RzyWF/\\$T2eC16hHJH8E9qSEYOQqBRzyWEkjlw~~60_35.JPG](http://i.ebayimg.com/00/s/MTYwMEgxNjAw/z/eMMAAMXQkN1RzyWF/$T2eC16hHJH8E9qSEYOQqBRzyWEkjlw~~60_35.JPG)
33. ábra: http://www.biotechserv.com/lab_equipment_blog/wp-content/uploads/2013/06/steam-distillation.jpeg
34. ábra: http://www.tabla.hu/files/images/termekek/VET015005/VET015005_1_240x240.jpg
http://www.periodni.com/download/periodic_table-color.png

9. Periódusos rendszer

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

<http://www.periodni.com>

GROUP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
PERIOD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	H 1.0079 HYDROGEN																	He 4.0026 HELIUM	
2	Li 6.941 LITHIUM	Be 9.0122 BERYLLIUM												B 10.811 BORON	C 12.011 CARBON	N 14.007 NITROGEN	O 15.999 OXYGEN	F 18.998 FLUORINE	Ne 20.180 NEON
3	Na 22.990 SODIUM	Mg 24.305 MAGNESIUM											Al 26.982 ALUMINIUM	Si 28.086 SILICON	P 30.974 PHOSPHORUS	S 32.065 SULPHUR	Cl 35.453 CHLORINE	Ar 39.948 ARGON	
4	K 39.098 POTASSIUM	Ca 40.078 CALCIUM	Sc 44.956 SCANDIUM	Ti 47.867 TITANIUM	V 50.942 VANADIUM	Cr 51.996 CHROMIUM	Mn 54.938 MANGANESE	Fe 55.845 IRON	Co 58.933 COBALT	Ni 58.693 NICKEL	Cu 63.546 COPPER	Zn 65.38 ZINC	Ga 69.723 GALLIUM	Ge 72.64 GERMANIUM	As 74.922 ARSENIC	Se 78.96 SELENIUM	Br 79.904 BROMINE	Kr 83.798 KRYPTON	
5	Rb 85.468 RUBIDIUM	Sr 87.62 STRONTIUM	Y 88.906 YTTORIUM	Zr 91.224 ZIRCONIUM	Nb 92.906 NIOBIUM	Mo 95.96 MOLYBDENUM	Tc 98 TECHNETIUM	Ru 101.07 RUTHENIUM	Rh 102.91 RHODIUM	Pd 106.42 PALLADIUM	Ag 107.87 SILVER	Cd 112.41 CADMIUM	In 114.82 INDIUM	Sn 118.71 TIN	Sb 121.76 ANTIMONY	Te 127.60 TELLURIUM	I 126.90 IODINE	Xe 131.29 XENON	
6	Cs 132.91 CAESIUM	Ba 137.33 BARIUM	La-Lu 57-71 Lanthanide	Hf 178.49 HAFNIUM	Ta 180.95 TANTALUM	W 183.84 TUNGSTEN	Re 186.21 RHENIUM	Os 190.23 OSMIUM	Ir 192.22 IRIDIUM	Pt 195.08 PLATINUM	Au 196.97 GOLD	Hg 200.59 MERCURY	Tl 204.38 THALLIUM	Pb 207.2 LEAD	Bi 208.98 BISMUTH	Po 209 POLONIUM	At 210 ASTATINE	Rn 222 RADON	
7	Fr 223 FRANCIUM	Ra 226 RADIUM	Ac-Lr 89-103 Actinide	Rf 104 RUTHERFORDIUM	Db 105 DUBNIUM	Sg 106 SEABORGIUM	Bh 107 BOHRVIUM	Hs 108 HASSIUM	Mt 109 MEITNERIUM	Ds 110 DARMSTADTIUM	Rg 111 ROENTGENIUM	Cn 112 COPERNICIUM	Uut 113 UNUNTRIUM	Fl 114 FLEROVIUM	Uup 115 UNUNPENTIUM	Lv 116 LIVERMORIUM	Uus 117 UNUNSEPTIUM	Uuo 118 UNUNOCTIUM	
GROUP IUPAC GROUP CAS RELATIVE ATOMIC MASS (1) ATOMIC NUMBER — 5 SYMBOL — B ELEMENT NAME — BORON STANDARD STATE (25 °C, 101 kPa) Ne - gas Fe - solid Hg - liquid Tc - synthetic																			
Legend: Metal (blue), Semimetal (green), Nonmetal (yellow), Alkali metal (light blue), Alkaline earth metal (light green), Transition metals (dark blue), Lanthanide (pink), Actinide (light pink), Chalcogens element (light yellow), Halogens element (yellow), Noble gas (light green).																			

LANTHANIDE

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
LANTHANUM	CERIUM	PRASEODYMIUM	NEODYMIUM	PROMETHIUM	SAMARIUM	EUROPIUM	GADOLINIUM	TERBIUM	DYSPROSIUM	HOLMIUM	ERBIUM	THULIUM	YTTERIUM	LUTETIUM

ACTINIDE

89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
ACTINIUM	THORIUM	PROTACTINIUM	URANIUM	NEPTUNIUM	PLUTONIUM	AMERICIUM	CURIUM	BERKELIUM	CALIFORNIUM	EINSTEINIUM	FERMIIUM	MENDELEVIUM	NOBELIUM	LAWRENCIUM

Copyright © 2012 Eni Generali

(1) Pure Appl. Chem., 81, No. 11, 2131-2156 (2009)
 Relative atomic masses are expressed with five significant figures. For elements that have no stable nuclides, the value enclosed in brackets indicates the mass number of the longest-lived isotope of the element. However three such elements (Th, Pa and U) do have a characteristic terrestrial isotopic composition, and for these an atomic weight is tabulated.