

# **T<sup>3</sup> – Tanuld! Tudd! Tedd!**

## **Műszeres analitikai mérési feladatok**

Szakköri anyag a NTP-TFJ-21 pályázaton nyert műszerek alkalmazásával  
Piarista Gimnázium, Budapest

**2022.**

# Műszeres analitikai mérési feladatok

Szakköri anyag a NTP-TFJ-21 pályázaton nyert műszerek alkalmazásával  
Piarista Gimnázium, Budapest

## Tartalom

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I. Spektrométer .....</b>                                                          | <b>4</b>  |
| 1. Színes oldatok spektruma.....                                                      | 4         |
| 2. Koncentráció fényelnyelés összefüggés – kalibráció, koncentrációmérés .....        | 4         |
| 3. Anyagok kimutatása egymás mellett, mennyiségi arányuk meghatározása .....          | 5         |
| 4. Vas(II) és vas(III) ionok aránya a rozsdában .....                                 | 6         |
| 5. Talaj vastartalmának mérése .....                                                  | 6         |
| 6. Indikátorok színképe .....                                                         | 7         |
| 7. Lángfestés vizsgálata.....                                                         | 7         |
| 8. Fémek arányának meghatározása lángfestéssel.....                                   | 8         |
| 9. Szikra színképe.....                                                               | 8         |
| 10. Különböző fémek szikrájának vizsgálata.....                                       | 9         |
| 11. Ötvözetek vizsgálata színképelemzéssel– az ötvöző fémek aránya .....              | 9         |
| 12. Izzó test színének vizsgálata – feketetest sugárzás.....                          | 9         |
| 13. Izzó gázok, gázkisülések színképeinek vizsgálata .....                            | 10        |
| 14. A Nap fényének vizsgálata – csillagok összetétele .....                           | 10        |
| 15. Szilárd anyagok színének vizsgálata – az átengedett és visszavert fény színe..... | 11        |
| 16. Fényforrások vizsgálata .....                                                     | 11        |
| <b>II. Kísérletek vákuummal.....</b>                                                  | <b>12</b> |
| 17. A levegő súlyának, sűrűségének mérése.....                                        | 12        |
| 18. A levegő sűrűségének hőmérsékletfüggése .....                                     | 12        |
| 19. Gázok súlyának mérése .....                                                       | 13        |
| 20. A víz forráspontjának nyomásfüggése – a vízgőz parciális nyomása .....            | 14        |
| 21. Vákuumdesztillálás.....                                                           | 15        |
| 22. Hővezetés vákuumban .....                                                         | 15        |
| <b>III. pH, redoxipotenciál mérése .....</b>                                          | <b>16</b> |
| 23. Oldatok pH-ja.....                                                                | 16        |
| 24. Széndioxid oldódása vízben.....                                                   | 16        |
| 25. Savak hígítási sorának pH-ja.....                                                 | 17        |
| 26. Sav-bázis titrálás pH mérővel.....                                                | 19        |
| 27. Háztartási sósav savtartalmának mérése .....                                      | 20        |
| 28. Hypo lúgtartalmának mérése.....                                                   | 20        |
| 29. Gyenge savak, bázisok titrálása – pK meghatározása.....                           | 21        |
| 30. Gyenge savak és bázisok sóinak hidrolízise .....                                  | 23        |
| 31. Nátrium-acetát és nátrium-karbonát titrálása.....                                 | 24        |

|            |                                                                            |           |
|------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 32.        | Pufferek vizsgálata .....                                                  | 25        |
| 33.        | Színanyagok színváltozása különböző pH-jú oldatokban.....                  | 26        |
| 34.        | Indikátorok pK értéknek meghatározása .....                                | 27        |
| 35.        | Természetes vizek, oldatok, levek pH-ja .....                              | 28        |
| 36.        | Citrom savtartalmának meghatározása .....                                  | 29        |
| 37.        | Szénsavas ásványvíz savtartalmának meghatározása.....                      | 29        |
| 38.        | Kóla savtartalmának meghatározása .....                                    | 30        |
| 39.        | Oldatok redoxipotenciálja.....                                             | 31        |
| 40.        | Redoxi titrálások.....                                                     | 31        |
| 41.        | Talajok pH-ja és redoxipotenciálja .....                                   | 31        |
| <b>IV.</b> | <b>Mérések mérleggel .....</b>                                             | <b>32</b> |
| 42.        | Anyagok tömege.....                                                        | 32        |
| 43.        | Tömegváltozás reakciók során .....                                         | 32        |
| 44.        | Gázfejlődéssel járó reakciók tömegváltozása.....                           | 33        |
| 45.        | Párolgás sebességének vizsgálata tömegváltozással .....                    | 34        |
| 46.        | Fa száraz lepárlásának tömegváltozása .....                                | 34        |
| 47.        | Tömegváltozás oxidáció során.....                                          | 35        |
| <b>V.</b>  | <b>Kísérletek multiméterrel .....</b>                                      | <b>35</b> |
| 48.        | Galvánelemek készítése.....                                                | 36        |
| 49.        | A Faraday-állandó meghatározása .....                                      | 36        |
| 50.        | A Faraday-állandó meghatározása 2.....                                     | 37        |
| 51.        | Réz mennyiségének gravimetriás mérése.....                                 | 38        |
| 52.        | Elektrolízis során a feszültség áramerősség összefüggés meghatározása..... | 38        |
| 53.        | Koncentrációs elem készítése.....                                          | 39        |
| 54.        | Gyümölcsselemek készítése .....                                            | 40        |
| 55.        | Helyi elemek feszültségének mérése.....                                    | 40        |
| 56.        | Elektródok potenciáljának pH függése.....                                  | 41        |
| 57.        | Akkumulátorok töltése, energiasűrűsége .....                               | 41        |
| <b>VI.</b> | <b>Kísérletek hőmérővel .....</b>                                          | <b>42</b> |
| 58.        | Exoterm és endoterm reakciók vizsgálata .....                              | 42        |
| 59.        | Víz fajhőjének mérése .....                                                | 42        |
| 60.        | Oldáshő mérése.....                                                        | 43        |
| 61.        | Különböző színű testek felmelegedése.....                                  | 44        |

## I. Spektrométer

### 1. Színes oldatok spektruma

#### Eszközök

- spektrométer
- kuvetta
- laptop
- színes oldatok pl. réz-szulfát, réz-tetramin komplex, kálium-permanganát, vas/II/-szulfát, vas/III/-klorid, vas/III/-rodanid komplex, nikkel-klorid, króm-klorid, klorofill oldat, indikátorok, gyümölcstea, zöld és fekete tea ...

#### Leírás

Készítsük el a vizsgálandó oldatokat. Tegyük a kuvettába kb. 2 cm<sup>3</sup>-t belőle, majd helyezzük a kuvetta tartóba. Készítsük el a spektrumát, és tároljuk el felírva az anyag nevét, koncentrációját. Határozzuk meg, milyen hullámhosszon a legnagyobb az elnyelés

#### Tapasztalat, magyarázat

A fehér fényt egy prizma, vagy egy optikai rács a szivárvány színeire bontja szét. A fehér fényben ezek egyenlő arányban vannak jelen. Különböző színárnyalatokhoz tartozó hullámhosszak a következők:

| Színárnyalat | Hullámhossz (nm) |
|--------------|------------------|
| Vörös        | 720              |
| Narancsvörös | 656              |
| Narancs      | 600              |
| Sárga        | 589              |
| Zöld         | 495              |
| Zöldekék     | 490              |
| Kék          | 410              |
| Ibolya       | 396              |

Egy anyagot akkor látunk színesnek, ha a kisugárzott (emittált), vagy elnyelt (adszorbeált) fényben a hullámhosszak aránya felborul a fehér fényhez képest.

Emissziós színkép: az anyag valamilyen hatásra fényt sugároz ki magából

Adszorpciós színkép: az anyag az őt megvilágító fényből az anyagra jellemző hullámhosszú fényt elnyeli, a többit átengedi, vagy visszaveri.

Az oldatok színének elemzésekor a következő fogalmakat használjuk:

Transzmittancia:  $T = I/I_0$ ,

$I$  – a vizsgált oldaton áthaladó fény intenzitása az adott hullámhosszon,

$I_0$  – a tiszta oldószeren/levegőn áthaladó fény intenzitása az adott hullámhosszon

Adszorpció:  $A = -\log(I/I_0) = -\log T$

A kettő közül a fényelnyelés vizsgálatára a transzmittanciát használjuk, míg az anyagok elemzésére, oldatok koncentrációjának mérésére a az abszorpció a megfelelőbb. Nagy fényelnyelésnél a transzmittancia már csak kis különbséget ad, míg a logaritmikus skálájú adszorpció ilyenkor is jól értékelhető. Az anyagok spektrumát ábrázoljuk mindkét módon, és vizsgáljuk meg a különbséget a kettő között!

### 2. Koncentráció fényelnyelés összefüggés – kalibráció, koncentrációmérés

#### Eszközök

- spektrométer
- kuvetta
- laptop

- színes oldatok pl. réz-szulfát, réz-tetramin komplex, kálium-permanganát, vas/II/-szulfát, vas/III/-klorid, vas/III/-rodanid komplex, nikkel-klorid, króm-klorid, klorofill oldat, indikátorok, gyümölcstea, zöld és fekete tea ...

#### Leírás

Válasszuk ki valamelyik oldatunkat, és készítsünk belőle különböző koncentrációjú oldatokat. Vigyázzunk, hogy pontosan hígítsunk!

Vegyük fel mindegyik oldat spektrumát, és nézzük meg, hogyan változik a koncentrációval a fényelnyelés. Keressük meg a legnagyobb elnyelésű hullámhosszt, és mérjük meg, milyen koncentrációnál mekkora az elnyelés értéke, majd ábrázoljuk a koncentráció függvényében. Milyen összefüggést találunk.

#### Tapasztalat, magyarázat

A mérési eredményekből láthatjuk, hogy a hígabb oldatoknak kisebb a fényelnyelése. Ez megegyezik a hétköznapi tapasztalatunkkal is. Az is észrevehetjük, hogy az oldat koncentrációja és az adszorpció között egyenes arányosság áll fenn. Ha tehát ismerjük az 1 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú oldat fényelnyelését, akkor abból kiszámolható egy tetszőleges koncentrációjú oldat fényelnyelése, illetve egy tetszőleges koncentrációjú oldat fényelnyeléséből kiszámolhat az oldat koncentrációja. Mindezt a Lambert-Beer törvény írja le.

Lambert-Beer törvény:  $A = \epsilon \cdot l \cdot c$

$\epsilon$  – az anyag moláris adszorpciós tényezője az adott hullámhosszon, anyagra jellemző állandó

$l$  – a fényút hossza

$c$  – az anyag koncentrációja az oldatban

$A$  – az oldat adszorpciója

### **3. Anyagok kimutatása egymás mellett, mennyiségi arányuk meghatározása**

#### Eszközök

- spektrométer
- küvetta
- laptop
- színes oldatok pl. réz-szulfát, réz-tetramin komplex, kálium-permanganát, vas/II/-szulfát, vas/III/-klorid, vas/III/-rodanid komplex, nikkel-klorid, króm-klorid, klorofill oldat, indikátorok, gyümölcstea, zöld és fekete tea ...

#### Leírás

Válassz ki két olyan oldatot, amelyek összeöntve nem reagálnak egymással! Vedd fel a spektrumukat külön külön, és válaszd ki mindkét anyagra az elnyelési maximumot (olyan két anyagot válasszál, amelyek maximuma különböző hullámhosszon van. Azután mérd meg mindkét anyag moláris adszorpciós tényezőjét a kiválasztott hullámhosszokon!

Mérd meg a keverék oldat spektrumát, és határozd meg az adszorpciót a két választott hullámhosszon!

#### Tapasztalat, magyarázat

Ha egy oldat többféle oldott anyagot tartalmaz, és azok nem reagálnak egymással, úgy az oldat spektruma az egyes oldott anyagok spektrumából adódik össze. Ha ismerjük az egyes hullámhosszokon a moláris adszorpciós tényezőt, és a konkrét oldat adszorpcióját, akkor a Lambert-Beer törvény felhasználásával az egyes anyagok koncentrációja egymás mellett meghatározható.

Az első anyag koncentrációja  $c_1$ , a másodiké  $c_2$ , az  $x$  és  $y$  pedig a két különböző hullámhosszon mért adatokat jelzi. Az  $l$  az oldaton átvizetett fényút hossza, ami egyenlő a küvetta vastagságával, és a mérés során állandó.

$$A_x = \epsilon_{x1} \cdot l \cdot c_1 + \epsilon_{x2} \cdot l \cdot c_2$$

$$A_y = \epsilon_{y1} \cdot l \cdot c_1 + \epsilon_{y2} \cdot l \cdot c_2$$

Az egyenlet megoldásával mindkét anyag koncentrációját ki tudtuk számolni.

Látható, hogy ahány anyagot tartalmaz az oldat, annyi jellemző hullámhosszon kell elvégezni a mérést.

#### 4. Vas(II) és vas(III) ionok aránya a rozsdában

##### Eszközök

- spektrométer
- kuvetta
- 100 cm<sup>3</sup> pohár
- 0,1 M sósav
- 0,1 M FeSO<sub>4</sub>
- 0,1 M FeCl<sub>3</sub>
- Rozsdás vas

##### Leírás

Készítsd el a Fe<sup>2+</sup> és Fe<sup>3+</sup> ionok spektrumát. Válassz ki két jellegzetes hullámhosszt, amelyen az egyiknek nagy a fényelnyelése a másiknak kicsi, illetve fordítva.

A rozsdás vasat tedd be a pohárba, önts hozzá 0,1 M-os sósavat, hogy ellepje! Figyeld meg az oldat és a vas felületének színváltozását! Képződik-e a vas felületén buborék?

Amikor a rozsdas lemaródott, vedd fel az oldat színeképét! Ebben a színeképben a vas(II) és a vas(III) ionok színeképe együttesen van jelen. A korábban felvett színeképek segítségével állapítsd meg a két ion arányát!

##### Tapasztalat, magyarázat

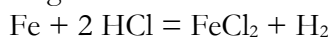
A rozsdas kémiai összetétele bonyolult. Vas(II) és vas(III) ionok egyaránt jelen vannak benne. A méréssel az arányát tudjuk meghatározni. Ehhez két jellemző hullámhosszon meg kell mérni a kétféle vas ion abszorpcióját, majd meghatározni ezek arányát. Mivel a keverék spektrumában a két anyag spektruma a koncentrációk arányában jelenik meg, a két spektrum ismeretében az arányuk is kiszámolható.

Legyen a vas(II) két kiválasztott hullámhosszon mért elnyelésének aránya A<sub>Fe2</sub>, a vas(III)-é A<sub>Fe3</sub>, az oldat oldásával keletkező keveréké A, és vas(II) ionok aránya az összes vastartalomhoz képest x. Ekkor a következő összefüggés adja meg a keverék fényelnyelési arányát:

$$A = xA_{Fe2} + (1-x)A_{Fe3} \quad \rightarrow \quad x = (A - A_{Fe3}) / (A_{Fe2} - A_{Fe3})$$

Így a keverék összetételéből a fényelnyelés arányát, a fényelnyelés arányából a keverék összetételét ki lehet számolni.

Amennyiben a rozsdas oldódása után is a sósavban hagyjuk a vasat, akkor a vasat oxidálni fogja a sósav hidrogénfejlődés közben. Ezért a vas(II) ionok tartalma a rozsdában levő mennyiséghez képest megnő.



#### 5. Talaj vastartalmának mérése

##### Eszközök

- spektrométer
- kuvetta
- laptop
- sósav
- nátrium-rodanid oldat
- vas(III)-klorid oldat

##### Leírás

Vas(III)-klorid oldatból és nátrium-rodanid oldatból készíts 0,01 mólos vas(III)-rodanid komplexet! Figyeld meg a színét, és vedd fel a spektrumát! Határozd meg az elnyelési maximum hullámhosszát! Készíts belőle hígítási sort, és vedd fel az adott hullámhosszon a kalibrációs görbét! Mérj ki 2 g talajmintát, és csöpögtess rá 10 cm<sup>3</sup> 1 M-os sósavat! Amikor már nem pezseg, melegítsd meg láng felett, de ne forrald! Vegyél ki belőle 1 cm<sup>3</sup> mintát, és adj hozzá 10 cm<sup>3</sup> 0,1 mólos nátrium-rodanid oldatot! A kalibrációs görbe segítségével határozd meg a minta vastartalmát. Ebből számold ki a talaj vastartalmát!

#### Tapasztalat, magyarázat

A talajok több kevesebb vasat tartalmaznak. Ennek sósavban oldható vas(III) ionokat tartalmazó részét tudjuk meghatározni. A melegítés segíti a kioldást, de a forralás során bepárlódna az oldat, így a koncentráció változna. A sósavval való reakció kezdeti pezsgését a mésztartalom okozza. A kivett minta az hozzáadott sósav 1/10 része. A rodanid oldatot feleslegben kell hozzáadni, hogy minden vas ion komplexet képezzen. A mintát, a vastartalom függvényében annyira kell meghígítani, hogy a koncentrációja mérhető tartományba kerüljön. A mérést különböző talajmintákkal el lehet végezni.

### **6. Indikátorok színeképe**

#### Eszközök

- spektrométer
- küvette
- laptop
- 0,1 M sósav és lúg
- Különböző indikátorok és növényekből kinyert színes oldatok

#### Leírás

0,1 mólos sósavba és lúgba csöppents különböző indikátort, és vedd fel a spektrumukat. Miben különbözik a savas és a lúgos forma színeképe?

Készíts virágszirmokból, gyümölcsökből, zöldegekből kivonatokat (rózsaszírom, vöröskáposzta, meggy, gyümölcstea stb.) és ezekkel is végezd el a kísérletet!

#### Tapasztalat, magyarázat

Az átcsapási tartományban az indikátorok mindkét formája jelen van. Ezért a színe a két forma arányára jellemző keverék szín. Ha meghatározzuk a két forma arányát egy adott pH-n, akkor a kémiai egyensúlyt leíró egyenletbe helyettesítve kiszámolhatjuk a pK értékét.

$$K_s = [A][H^+]/[HA]$$

Mivel az  $[A]^+/[HA]$  érték az indikátor lúgos és savas formájának arány, amelyet megmértünk, ezért a pH ismeretében a  $K_s$ , és abból a pK értéke kiszámolható.

### **7. Lángfestés vizsgálata**

#### Eszközök

- spektrométer
- laptop
- Bunsen-égő
- Alkáli- és alkáliföldfém-kloridok, valamint réz-szulfát

#### Leírás

A spektrométer üvegcábelét egy Bunsen-állványra felszerelve helyezzük a láng elé. ezután a lángot fessük meg a vizsgálandó fémsó oldatával, vagy a szilárd fémsóval. Vegyük fel a spektrumát, és tároljuk el!

### Tapasztalat, magyarázat

Az alkáli- és alkáliföldfém, valamint a réz/II/ ionokra jellemző, hogy hő hatására gerjesztődnek, majd a gerjesztési energiát az energiának megfelelő hullámhosszú fény formájában adják le. Ez a lángfestés. Mivel minden fém elektronjai különböző energiával gerjeszthetők, ezért a kibocsátott fény is minden fémre jellemző, eltérő hullámhosszú lesz. Így a megfestett láng színe az adott fémre jellemző, a szín alapján a fém azonosítható. Egyes fémionok lángfestési színe és jellemző vonalai:

| név       | vegyjel | lángfestési szín | jellemző hullámhossz  |            |
|-----------|---------|------------------|-----------------------|------------|
| lítium    | Li      | bíborvörös       | 761 nm                |            |
| nátrium   | Na      | sárga            | 589,0 és 589,6 nm     | D vonalpár |
| kálium    | K       | fakóibolya       | 404 és 769,0 nm       |            |
| rubídium  | Rb      | sötétvörös       |                       |            |
| cézium    | Cs      | kék              |                       |            |
| kalcium   | Ca      | téglavörös       | 620 és 554 nm         |            |
| stroncium | Sr      | kárminvörös      | 663 és 675 nm         |            |
| bárium    | Ba      | sárgászöld       | 487, 514, 524, 535 nm |            |
| réz       | Cu      | zöld             |                       |            |
| ólom      | Pb      | kék              |                       |            |

## 8. Fémek arányának meghatározása lángfestéssel

### Eszközök

- spektrométer
- laptop
- 0,1 M-os KCl és CaCl<sub>2</sub> oldatok
- 0,1 M sósav
- mézskódarabka

### Leírás

1 ml 0,1 M-os KCl oldathoz adjunk 1, 2, 5, 10 cm<sup>3</sup> Ca<sub>2</sub>Cl oldatot. Vizsgáljuk meg a tiszta oldatok és a keverékek lángfestési színeket. Határozzuk meg a kálium és a kalcium jellegzetes vonalai intenzitásának arányát. Hogyan függ ez össze a koncentrációjuk arányával?

Készíts egy ismeretlen arányú keveréket, és készítsd el a lángfestési színeket. A jellegzetes vonalak arányából határozd meg a K és Ca ionok arányát az oldatban!

Végy egy mézskódarabkát, és oldd fel a sósavban. Mérd meg ennek is a színeket! Ez alapján milyen fémeket tartalmaz? Határozd meg az arányukat!

### Tapasztalat, magyarázat

A lángfestés során a kibocsátott fény hullámhossza és intenzitása a fémre jellemző állandó. Ezért egy keverékben az egyes fémekre jellemző fény intenzitásának arány a fémek arányával arányos lesz. Így a kalibráció felvétele után egy ismeretlen arányú oldatban is meg tudjuk határozni az egyes fémionok mennyiségét. A mérést különböző fémionokkal meg lehet ismételni. Arra vigyázni kell, hogy a nátrium lángfestése olyan intenzív, hogy mellette nem látszik a többi.

## 9. Szikra színe

### Eszközök

- spektrométer
- laptop
- szikrainduktor
- grafit lektrodok

### Leírás

A szikrainduktor segítségével grafit elektródokat használva állíts elő szikrát, és készítsd el a színképét! Milyen jellemzőket veszel észre a színképen?

### Tapasztalat, magyarázat

## **10. Különböző fémek szikrájának vizsgálata**

### Eszközök

- spektrométer
- laptop
- szikrainduktor
- különböző tiszta fém elektródok (pl. vas, réz, alumínium, ólom, ón, cink, nikkel, króm, kobalt)

### Leírás

A szikrainduktor segítségével állíts elő szikrát és készítsd el a színképét! Milyen jellemzőket látsz a színképeken. Miben különböznek a grafiton készült színképtől, illetve egymástól?

### Tapasztalat, magyarázat

A fémek a szikra hatására rájuk jellemző, különböző hullámhosszú fényt bocsátanak ki magukból. Erről elkészíthető a szikra színképe, amelyben az egyes vonalak hullámhossza és intenzitása jellemző az adott fémre.

## **11. Ötvözetek vizsgálata színképelemzéssel– az ötvöző fémek aránya**

### Eszközök

- spektrométer
- laptop
- szikrainduktor
- ötvözet elektródok (pl. bronz /Cu-Sn/, sárgaréz /Cu-Zn/, forrasztóórn /Sn-Pb/, rozsdamentes acél /Fe-Ni-Co-Cr)

### Leírás

A szikrainduktor segítségével állíts elő szikrát a különböző ötvözeteket felhasználva, majd készítsd el a szikrák színképét. Az előző feladatban megmért tiszta fémek színképének felhasználásával számold ki az ötvözetek százalékos összetételét!

### Tapasztalat, magyarázat

Az ötvözetek színképében az azt alkotó fémek együttes színképe jelenik meg. Amennyiben az egyes alkotók színképét ismerjük, a jellemző vonalak intenzitásának arányából meg lehet határozni az ötvözet összetételét.

## **12. Izzó test színének vizsgálata – feketetest sugárzás**

### Eszközök

- spektrométer
- laptop
- gázláng
- vasszőg
- gyújtópálca

### Leírás

A spektrométer üvegcábelét rögzítsd egy Bunsen állványon, és tedd elé a lángot. Tarts a gázlángba vasszőget és izzítsd fel. Folyamatosan figyeld a színét, és készítsd el a színképét. Hogyan változik a

színkép a hőmérséklet emelkedésének hatására? Hagyd lassan kihűlni, és ez alatt is folyamatosan figyeld meg a spektrum változását!

Tarts izzó gyújtópálcát az üvegekábel elé. Figyeld meg a spektrumát! Fújj rá az izzó gyújtópálcára! Mit tapasztalsz?

A kísérletet megismételheted hagyományos izzólámpával, úgy, hogy különböző feszültséget adsz rá, és közben vizsgálod a fényét.

#### Tapasztalat, magyarázat

Minden test a hőmérsékletének megfelelő folyamatos színképű sugárzást bocsát ki magából. Minél magasabb a hőmérséklet annál inkább tolódik el ez a sugárzás a nagyobb energiájú, alacsonyabb hullámhosszú összetevők felé. Ezt hívjuk feketetest sugárzásnak. A sugárzás színképének elemzésével a test hőmérsékletét is meg lehet határozni. Sajnos mi a színképekhez hőmérséklete nem tudunk közvetlenül rendelni, mert nem áll rendelkezésünkre ilyen magas tartományban hőmérsékletet mérő műszer.

### **13. Izzó gázok, gázkisülések színképének vizsgálata**

#### Eszközök

- spektrométer
- laptop
- gázkisülési cső

#### Leírás

Ritkított gázzal teli kisülési csőben idézz elő gázkisülést, és az üvegszálas kábel segítségével vedd fel a spektrumát! Vizsgáld meg, melyik gázra milyen kisülési spektrum jellemző!

#### Tapasztalat, magyarázat

A gázkisülési csövekben a kisülés hatására a gázatomok gerjesztődnek, és a gerjesztésnek megfelelő hullámhosszú fényt sugározzák ki. Mivel a gerjesztés során az elektronok meghatározott magasabb energiájú állapotba kerülnek, amelyből a gerjesztés után az elektronok visszaugranak az alapállapotba, a kettő közötti energia lesz az alapállapot és a gerjesztett állapot energiája közötti különbség. Mivel a gerjesztett állapotok energiája szabályszerű, ezért a kisugárzott spektrum is szabályos vonalsorokból áll.

### **14. A Nap fényének vizsgálata – csillagok összetétele**

#### Eszközök

- spektrométer
- laptop
- lencse

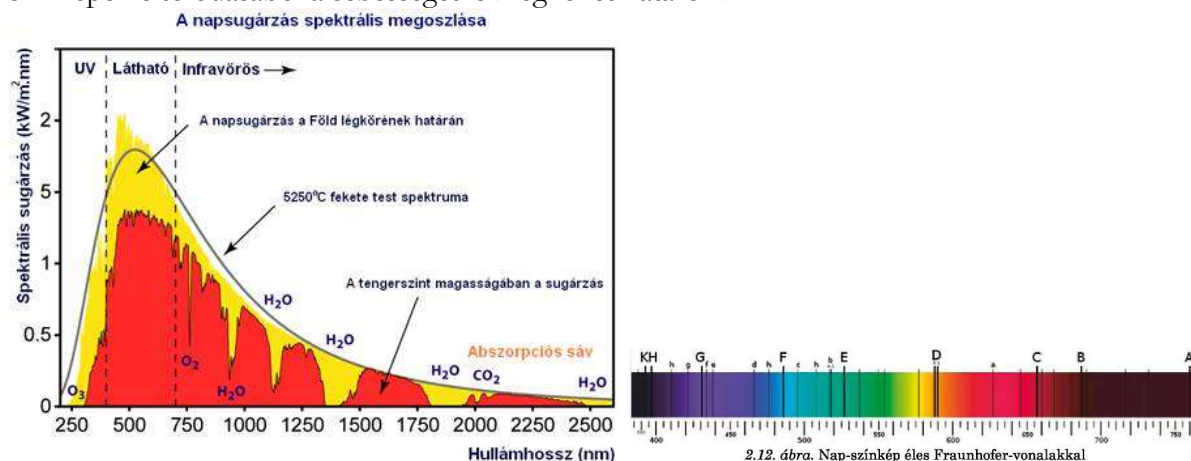
#### Leírás

A nap fényét egy lencse és tükör segítségével vetítsd a spektrométer üvegekábelére, és készítsd el a színképét. Mit tapasztalsz? Miért nem folyamatos a Nap színképe? Találsz-e olyan vonalakat, amelyeket a gázkisülési csövek vizsgálatánál találtál?

#### Tapasztalat, magyarázat

A nap, mint izzó test folyamatos színképet bocsát ki magából. Amikor ez a sugárzás áthalad a Nap külső gázrétegén, a gázok bizonyos, rájuk jellemző hullámhosszú fényt elnyelnek. Ezért azok mint sötét vonalak jelennek meg a Nap színképében. A helyzetet bonyolítja, hogy a Föld légkörén áthaladó napfényből a légkört alkotó gázok is elnyelnek bizonyos hullámhosszokat. Így a fölfelszíni mérés már a két hatás együttesét mutatja, míg egy műhold felszínéről végzett mérés a légköri hatást kiküszöböli.

A csillagok színképének elemzésével a csillag hőmérsékletét, és a csillagot alkotó anyagokat is, sőt a színképek eltolódásából a sebességét is meg lehet határozni.



## 15. Szilárd anyagok színének vizsgálata – az átengedett és visszavert fény színe

### Eszközök

- spektrométer
- kuvetta
- laptop
- színes üvegek
- színes átlátszó fóliák
- színesre festett felületek

### Leírás

Különböző színes üvegek /pl. zöld és barna sörösüveg, kék ólomkristály, színesre festett fóliák színképét készítsd el a spektrométer segítségével! Vizsgáld milyen színt milyen spektrum ad ki. Milyen színű fények összetételével alakul ki egy szín?

Végezd el ezt a mérést különböző színű felületeken visszavert fénnel is!

### Tapasztalat, magyarázat

A vegyületek jelentős része a látható fény tartományában elnyeli a rá jellemző hullámhosszú fényt, mert az gerjeszti az elektronjait. Az egyszerű molekuláknál gázhalmazállapotban mindig meghatározott hullámhosszú fényt jelent. Így alakul ki a vonalas színkép. A folyadék, oldott, vagy szilárd állapotban levő vegyületek színképe viszont folyamatos, mert a szilárd és folyadékhalmazállapotban a molekulák közötti kölcsönhatás miatt a fényelnyelés folyamatos lesz, a vonalak annyira kiszélesednek, hogy összeolvadnak. Így csak elnyelési maximumokat és minimumokat lehet meghatározott hullámhosszokhoz rendelni.

A látott szín kétféle módon alakul ki, amelynek nem fizikai, hanem biológiai okai vannak. Ha csak egy szűk hullámhossz tartomány jelenik meg a fényben, akkor azt az annak megfelelő színnek fogjuk látni. Ilyen a szivárvány színeire bontott fehér fény. Ha viszont a teljes spektrumból egy bizonyos színű fény hiányzik, akkor a kiegészítő színt fogjuk látni.

## 16. Fényforrások vizsgálata

### Eszközök

- spektrométer
- kuvetta
- laptop
- különböző fényforrások (hagyományos izzó, halogén izzó, LED izzó, színes LED-ek, fénycső, laser)

### Leírás

A spektrométer üvegekábelét rögzítsük, majd sötétítsük el a termet! A különböző fényforrásokkal világítsuk meg a kábelt, és vegyük fel a fényforrás spektrumát! Elemezzük a tapasztaltakat!

### Tapasztalat, magyarázat

A hagyományos izzólámpa fénye folyamatos spektrumot ad. A mai energiatakarékos lámpák fénye lehet folyamatos, de vonalas spektrumú is, a működési elvétől függően.

## **II. Kísérletek vákuummal**

### **17. A levegő súlyának, sűrűségének mérése**

#### Eszközök

- 1000 cm<sup>3</sup>-es gömblombik
- a gömblombikhoz szerelhető csap
- vákuumszivattyú
- mérleg
- vizeskád vagy fazék
- 1000 cm<sup>3</sup>-es mérőhenger

#### Leírás

Mérd meg a gömblombik súlyát az elzáró csappal együtt! Szivattyúzd ki a levegőt a vákuumszivattyú segítségével a lombikból! Mérd meg újra súlyát! A mérés akkor értékelhető, ha legalább 0,01 g pontos mérleget használasz.

A lombikot fordítsd csappal lefelé a vízbe, és a csapot kinyitva engedd, hogy a vákuum felszívja a vizet. Amikor a nyomás kiegyenlítődött, zárd el a csapot, vedd ki a lombikot a vízből, és mérd meg a felszívott víz térfogatát! Számold ki a levegő sűrűségét!

#### Tapasztalat, magyarázat

A vákuumszivattyúval kb. a légköri nyomás 1 %-át lehet előállítani, azaz a lombikból a levegő 99 %-át ki lehet szivattyúzni. A lombik ennyi levegő tömegével könnyebb lesz. A kiszivattyúzott levegő térfogatát pontosan úgy tudjuk meghatározni, ha a helyére vizet szívunk, és annak megmérjük a térfogatát. Lehet a tömegét is, de akkor figyelni kell arra, hogy a mérés előtt a lombikot szárazra töröljük. A sűrűséget a levegő tömegének és térfogatának hányadosa adja. Pontos értéke 20 °C-on 1,205 g/dm<sup>3</sup>.

### **18. A levegő sűrűségének hőmérsékletfüggése**

#### Eszközök

- 1000 cm<sup>3</sup>-es gömblombik
- a gömblombikhoz szerelhető csap
- fazék forrásban lévő vízzel
- fazék jeges vízzel

#### Leírás

A 18. kísérletnek megfelelően mérd le szobahőmérsékleten a csappal ellátott lombik tömegét, majd mártsd az egészet forrásban lévő vízbe, és hagyd, hogy a lombik átvegye a víz hőmérsékletét! Zárd el a csapot, vedd ki a lombikot a vízből, hagyd kihűlni, töröld alaposan szárazra, majd mérd meg a tömegét? Változott-e?

Végezd el a kísérletet úgy is, hogy forró víz helyett jeges vízbe merítetd a lombikot! Ekkor hogyan változott a levegő tömege. Számold ki a levegő sűrűségét 0°C-on és 100 °C-on! Térfogatnak az előző kísérletben mért térfogatot használd! Ábrázold a sűrűséget a hőmérséklet függvényében.

A mérést elvégezheted sós jeges hűtés esetén alacsonyabb, olajfürdő esetén magasabb hőmérsékleten is, illetve különböző hőmérsékletű meleg vízzel is. Ez utóbbi esetben vigyázz, hogy folyamatosan állandó hőmérsékletet tudd tartani a vízfürdőt. Amikor a levegő átvette a melegítő vagy hűtő közeg hőmérsékletét, és a csapot elzártad, onnantól már nem számít a hőmérséklet, hiszen a zárt térben a levegő mennyisége nem változhat, és az adott hőmérsékleten bezárt levegő tömegét méred meg. A palack térfogatát és üres (vákuum) tömegét elég, ha egyszer méred meg a szobahőmérsékletű levegővel.

#### Tapasztalat, magyarázat

Adott tömegű levegő térfogata állandó nyomáson a hőmérséklettel fordítva arányos /Charles-törvény/. Ebből következik, hogy:

$$V_1/T_1 = V_2/T_2, \text{ reciproként felírva: } T_1/V_1 = T_2/V_2$$

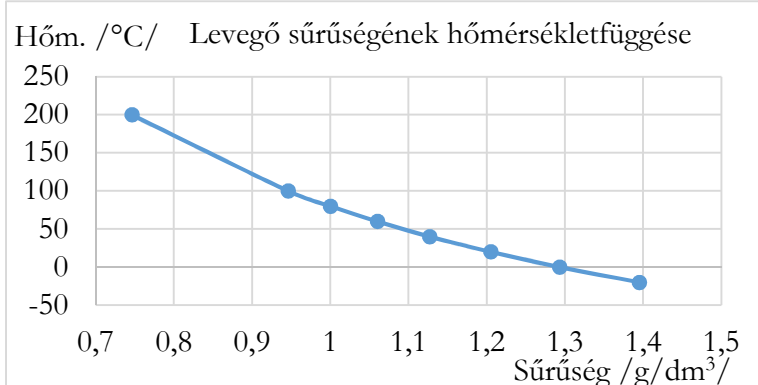
Ha mindkét oldalt megszorozzuk a gáz tömegével:

$$T_1 \cdot m/V_1 = T_2 \cdot m/V_2, \text{ áttérve sűrűségre az } m/V = \rho \text{ összefüggést használva } T_1 \cdot \rho_1 = T_2 \cdot \rho_2$$

Azaz egy adott gáz hőmérséklete és sűrűsége fordítva arányos.

A levegő sűrűsége különböző hőmérsékleten:

| Hőmérséklet<br>/°C/ | Sűrűség<br>/g/dm <sup>3</sup> / |
|---------------------|---------------------------------|
| -20                 | 1,395                           |
| 0                   | 1,293                           |
| 20                  | 1,205                           |
| 40                  | 1,127                           |
| 60                  | 1,060                           |
| 80                  | 1,000                           |
| 100                 | 0,946                           |
| 200                 | 0,746                           |



## 19. Gázok súlyának mérése

#### Eszközök

- 1000 cm<sup>3</sup>-es gömbloblik
- a gömbloblikhoz szerelhető csap
- vákuumszivattyú
- a vizsgált gázok előállítására alkalmas gázfejlesztő készülék

#### Leírás

Állíts elő különböző gázokat a laboratóriumban megszokott módon (pl. hidrogén, oxigén, szén-dioxid, ammónia, hidrogén-klorid, metán)! Töltsd meg velük a gömbloblikot, zárd el a csapot, és mérd meg a tömegét. Ezután szív ki a gázt vákuumszivattyúval, és mérd meg újra a tömegét. A kiszívott gáz térfogatát a 17. mérésben mért térfogatnak vedd. Számold ki az egyes gázok sűrűségét, a hidrogén sűrűségére vonatkoztatott relatív sűrűségét! Számold ki ez alapján az egyes gázok hidrogénre vonatkoztatott relatív molekulatömegét!

#### Tapasztalat, magyarázat

Ebben a mérésben a térfogatokat nem lehet vízzel mérni, mert egyes gázok oldódnak vízben, így ezeknél ez nem lenne pontos. Ezért használjuk a már korábban mért értéket. A lombikot akkor töltöttük meg helyesen gázzal, ha fölöslegben levő gázmennyiséget engedünk bele, és az biztosan kiszorítja a benne levő levegőt.

Az egyesített gáztörvény szerint  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ .

Mivel  $n = m/M$ ,  $pV = m/M \cdot R \cdot T$

Ez átalakítva:  $p \cdot M/(R \cdot T) = m/V$ , azaz  $p \cdot M/(R \cdot T) = \rho$

Tehát a gázok sűrűsége és molekulatömege arányos egymással. Így a hidrogén sűrűségéhez viszonyított sűrűségük, a hidrogén molekula tömegéhez viszonyított tömegükkel egyenlő. Ezért, ha meghatároztuk a relatív sűrűséget, azzal a relatív molekulatömeget is megtudtuk. A hidrogén molekulatömege 2 g/mol, mert kétatomos molekulát alkot, ezért a gázok molekulatömege a kétszerese lesz a hidrogéngázra vonatkoztatott relatív sűrűségnek.

## 20. A víz forráspontjának nyomásfüggése – a vízgőz parciális nyomása

### Eszközök

- vákuumdesztilláló készülék
- vákuumszivattyú
- nyomásszabályozó
- Bunsen-égő
- hőmérő

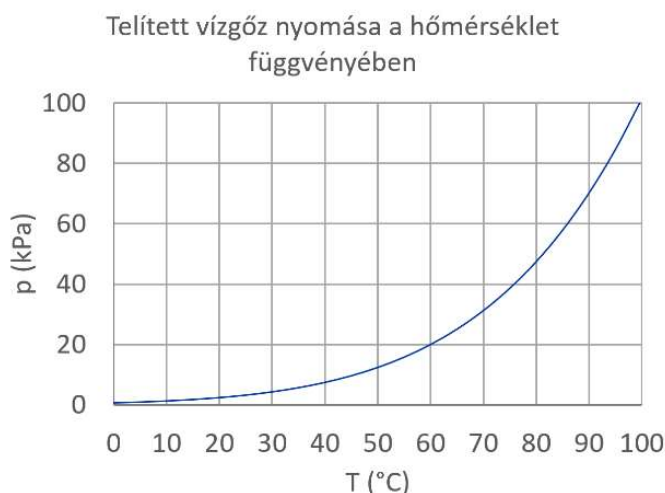
### Leírás

Állíts össze a vákuumdesztilláló készüléket, és tölts bele vizet, valamint helyezz el a gőztérben egy hőmérőt! Kapcsold rá a vákuumot egy meghatározott értékre beállítva, és kezd el melegíteni a desztilláló készüléket. Amikor a víz már forr, olvasd le a hőmérsékletet. Végezd el a kísérletet különböző légnyomáson! Ábrázold a víz forráspontját a légnyomás függvényében! Mit tudsz leolvasni a görbéről?

### Tapasztalat, magyarázat

Mínél kisebb a nyomás, annál alacsonyabb hőmérsékleten forr a víz, de minden más folyadék is. A csökkentett nyomáson végzett desztillációt hívjuk vákuumdesztillációnak, amelyet főleg akkor alkalmaznak, ha a desztillálandó anyag, vagy oldat hőre érzékeny, bomlékony anyagot tartalmaz. Az alábbi ábra a víz forráspontját mutatja különböző nyomásokon.

| Víz forráspontja | Vízgőz nyomása |
|------------------|----------------|
| 0 °C             | 6,1 mbar       |
| 10 °C            | 12,3 mbar      |
| 20 °C            | 23,4 mbar      |
| 30 °C            | 42,5 mbar      |
| 40 °C            | 73,8 mbar      |
| 50 °C            | 123,4 mbar     |
| 60 °C            | 199,3 mbar     |
| 70 °C            | 311,8 mbar     |
| 80 °C            | 473,7 mbar     |
| 90 °C            | 701,2 mbar     |
| 100 °C           | 1013,2 mbar    |
| 110 °C           | 1433 mbar      |
| 120 °C           | 1986 mbar      |



A levegőben egy adott hőmérsékleten maximum olyan parciális nyomású lehet a vízgőz, mint amekkora forrásban lévő víz feletti vízgőz nyomása azon a hőmérsékleten. Ezt hívjuk abszolút pártartalomnak. Ha ennél nagyobb lenne a vízgőz nyomása, a felesleg kicsapódik, azaz kondenzál a levegőből. A relatív pártartalom az adott hőmérsékleten megadja, hogy a vízgőz parciális nyomása hány százaléka a maximális parciális nyomásnak.

Ha a relatív pártartalom kisebb, mint 100 %, a víz párologni fog, ha nagyobb, akkor lecsapódik, ha pont 100 %, akkor egyensúlyban van a rendszer.

## 21. Vákuumdesztillálás

### Eszközök

- vákuumdesztilláló készülék
- vákuumszivattyú
- nyomásszabályozó
- Bunsen-égő
- hőmérő

### Leírás

Állítsd össze a vákuumdesztilláló készüléket, majd tölts bele vizet, és desztilláld le csökkentett nyomáson! Gyorsabban tudod-e így ledesztillálni a vizet? Kevesebb energia kell-e hozzá?

Próbáld meg a paraffin olajat légköri nyomáson, majd vákuumba ledesztillálni! Miért alkalmaznak vákuumdesztillációt a kőolaj nehéz párlatainak tisztításakor?

### Tapasztalat, magyarázat

A víz csökkentett nyomáson alacsonyabb hőmérsékleten forr. Ezért könnyebb desztillálni. Ugyanakkor a vákuum előállításához sok energia kell, ezért energia szempontjából nem gazdaságos megoldás, és sokkal bonyolultabb készüléket igényel. Csak akkor alkalmazzák, ha feltétlenül szükség van az alacsonyabb hőmérsékletre.

A kőolaj magas forráspontú frakciói (a nehézpárlatok) a forráspontjukon sokszor már elbomlanak. Ezért a nehézpárlatokat vákuumdesztillációval tisztítják.

## 22. Hővezetés vákuumban

### Eszközök

- 2 db 250 vagy 50 cm<sup>3</sup> gömblombik
- 2 db hőmérő
- vákuumszivattyú
- vízfürdő
- Bunsen-égő

### Leírás

Az egyik lombikba helyezz el egy hőmérőt légmentesen, és szivattyúzd ki belőle a levegőt, majd egy csappal zárd el, hogy megtartsa a vákuumot. A másik lombikba helyezd el hasonló pozícióban a hőmérőt, de ne szivattyúzd ki belőle a levegőt. Mindkét lombikot tedd be az előre felmelegített vízfürdőbe. Percenként olvasd le a két hőmérőt, hogy hogyan melegszik fel a levegő a két lombikban! A kísérletet elvégezheted különböző nyomásokon, és összehasonlíthatod, hogy a levegő hővezetése hogyan függ a nyomástól. Ha a lombikot különböző gázokkal töltöd meg, akkor azok hővezetését is összehasonlíthatod.

### Tapasztalat, magyarázat

Az anyagok hőmérsékletét a részecskék hőmozgása adja. Minél gyorsabban mozognak, nagyobb a mozgási energiájuk, annál melegebbnek érezzük az anyagot. A hővezetést az biztosítja, hogy a nagyobb mozgási energiájú részecskék átadják mozgási energiájuk egy részét a kisebb mozgási energiájú részecskéknak. Azaz a melegebb test hűlni kezd, míg a hidegebb melegedni, míg a hőmérséklet ki nem egyenlítődik. A mozgási energia átadása részecskék ütközésének gyakoriságától függ. Minél többet ütköznek, annál gyorsabb lesz az energiaátadás folyamata, annál jobb hővezető lesz az anyag. Vákuumban nagyon kicsi a részecskék száma, így sokkal ritkábban találkoznak. Ezért a mozgási energia átadása is sokkal lassabban megy végbe, azaz lecsökken a hővezetés.

A különböző gázoknak különböző a hővezetése. Minél nagyobb az atom-, molekulatömegük annál kisebb a hőátadási tényezőjük, azaz annál jobb hőszigetelők. Ezt használják ki, amikor a legmodernebb ablaküvegekbe a három üvegréteg közé argon, vagy kripton gázt töltenek, amelyek a levegőhöz képest jelentősen lecsökkentik az ablak hővezetési tényezőjét, sokkal jobb hőszigetelő lesz.

### III. pH, redoxipotenciál mérése

#### 23. Oldatok pH-ja

##### Eszközök

- pH mérő
- 100 cm<sup>3</sup>-es üvegpoharak
- pipetta
- mérőlombik
- 0,1 M-os oldatok: sósav, NaOH, nátrium-hidrogénkarbonát, nátrium-karbonát, dinátrium-hidrogén-foszfát, nátrium-dihidrogén-foszfát, trinátrium-foszfát, foszforsav, ecetsav, citromsav, ammónia, ammónium-klorid, nátrium-klorid, vas/III/-klorid

##### Leírás

Az oldatokból tölts az üvegpoharakba, majd mérd meg a pH mérővel az oldatok pH-ját. Minden mérés után ioncserélt vízzel mosd le a pH mérő elektródját, hogy ne vigyél át szennyezést az egyik oldatból a másikba. Erre minden mérésnél különösen figyelj oda! Jegyezd le, melyik oldat milyen kémhatású. Rendezd kémhatás szerint sorba az oldatokat!

A 0,1 M-os sósavból és NaOH-ból készíts 10\*-es, 100\*-os, 1000\*-es hígítást. A 100\*-os hígítást kétszer 10\*-szerez, az 1000\*-es hígítást háromszor 10\*-es hígítással készítsd. Mérd meg ezeknek a hígított oldatoknak is a pH-ját. Milyen összefüggést találsz az erős savak lúgok pH-ja és koncentrációja között?

Készítsd el ecetsavból is a hígítási sort, és mérd meg ezen oldatoknak is pH-ját. Arra is igaz-e az erős savaknál tapasztalt összefüggés?

##### Tapasztalat, magyarázat

A különböző oldatokban különböző a H<sup>+</sup> ionokkoncentrációja, és ezáltal a pH-ja. A kémhatás a savak, bázisok erősségétől, és koncentrációjától függ.

Az erős savaknál teljes a disszociáció, ezért a H<sup>+</sup> koncentráció megegyezik a savkoncentrációval, az erős lúgoknál a OH<sup>-</sup> koncentráció megegyezik a lúg koncentrációval.

pH = -log[H<sup>+</sup>], ezért ha tízed akkora a H<sup>+</sup> koncentráció, akkor a pH eggyel nő. Erős lúgoknál, ha tízed akkora az OH<sup>-</sup> koncentráció, akkor a pH eggyel csökken.

#### 24. Széndioxid oldódása vízben

##### Eszközök

- pH mérő
- 100 cm<sup>3</sup>-es üvegpoharak
- ioncserélt víz

##### Leírás

Forralj fel 1 l ioncserélt vizet, majd levegőtől elzárva hagyd kihűlni. A savak hígításához mindig ezt a vizet használd, és tartsd zárt edényben!

A kiforralt ioncserélt víz egy részét tedd ki pohárba, és hagyd állni legalább egy napot! Annyira fedd le, hogy a por ne essen bele, de a levegővel szabadon érintkezzen!  
Mérd meg a lezártan és a nyitottan tárolt ioncserélt víz pH-ját! Ugyanakkora-e? Mi okozza az eltérést?

#### Tapasztalat, magyarázat

A széndioxid oldhatósága 1000 mbar nyomáson 25°C-on 1,45 g/dm<sup>3</sup>. A levegőben jelenleg 400 ppm körül van a széndioxid mennyisége, ami 0,4 mbar parciális nyomásnak felel meg. Ezen a nyomáson a széndioxid oldhatósága 0,58 mg/dm<sup>3</sup>, ami 1,32\*10<sup>-5</sup> M koncentrációnak felel meg. Ez a tiszta víz kémhatását kb. pH=5,5-re savanyítja, amely megfelel a következő feladatban tárgyalt képlet által számolt értékkel (pH= 5,67).

Mivel a széndioxid oldhatósága a víz hőmérsékletével csökken, sőt a forrásban lévő vízben gyakorlatilag nem oldódik, ezért a felforralt, majd széndioxidtól elzártan tárolt víz gyakorlatilag szénsavmentes, a pH-ja 7,0.

Mivel a természetes vizek egyéb oldott anyagokat, pl. ásványi sókat, gázokat tartalmaznak, ezért azok pH-ját ezek az oldott anyagok határozzák meg.

### **25. Savak hígítási sorának pH-ja**

#### Eszközök

- pH mérő
- 100 cm<sup>3</sup>-es üvegpoharak
- pipetta
- mérőlombik
- 1 M sósav
- 1 M ecetsav
- ioncserélt víz

#### Leírás

Forralj fel 1 l ioncserélt vizet, majd levegőtől elzárva hagyd kihűlni. A savak hígításához mindig ezt a vizet használd, és tartsd zárt edényben!

Készíts hígítási sort a sósavból és az ecetsavból (0,1 ... 10<sup>-7</sup> M koncentráció között)! Mindig tízszeresére hígítsd fel (5 cm<sup>3</sup> oldatot 50 cm<sup>3</sup>-re)! Nagyon tisztán dolgozz, mert a legkisebb savszennyezés már rossz eredményekhez vezet.

Ezután mérd meg a felforralt ioncserélt víz, majd a mintáid pH-ját. A hígabbtól haladj a töményebb felé, mert akkor kisebb a szennyezés veszélye.

Mérési eredményeidet táblázatosan jegyezd fel, majd ábrázold a pH értékeket a hígítás függvényében! Milyen jellegű görbéket kapsz?

#### Tapasztalat, magyarázat

Az ioncserélt vizet azért kell felforraltatni, és zárt edényben tárolni, mert a levegő szén-dioxidját oldja, és az enyhén savassá teszi a vizet. Lásd az előző kísérletet!

A savak disszociációs állandója a definíció szerint az alábbi reakcióra felírva:



Ha nincs semmilyen más savas, vagy lúgos anyag az oldatban

$$[\text{H}^+] = [\text{A}^-]$$

A két egyenletet összevonva, rendezve, majd a -log-ra áttérve:

$$\text{pH} = \frac{(\text{pK} - 1) [\text{HA}]}{2}$$

Amíg a gyenge savak disszociációjánál a  $[HA]$  jelentősen nagyobb az  $[A^-]$  értéknél, addig a  $[HA]$  vehető a sav koncentrációjának, hiszen olyan kis része disszociált, ami nem befolyásolja az eredményt.

Erős savaknál a disszociáció teljes, ezért

$$[H^+] = [A^-] = [HA]_t \text{ és } pH = -\log [HA]_t$$

Ha viszont a  $[HA]$  és az  $[A^-]$  értéke összevethető, akkor már ez az egyszerűsítés nem tehető meg.

A teljes savkoncentrációt az alábbi összeg adja meg. A disszociációs egyenletbe helyettesítve a következő összefüggéshez jutunk:

$$[HA]_t = [HA] + [A^-] \quad K = \frac{[H^+][A^-]}{[HA] - [A^-]}$$

Újból felhasználva, hogy  $[H^+] = [A^-]$  és rendezve az egyenletet, egy  $[H^+]$ -re nézve másodfokú egyenlethez jutunk.

$$[H^+]^2 + K * [H^+] - K * [HA]_t = 0$$

Az egyenlet gyöke a következő, amelynek csak a pozitív értékre értelmezhető kémiaiilag

$$[H^+] = \frac{-K + \sqrt{K^2 + 4 * K * [HA]_t}}{2}$$

Nagyon kis savkoncentrációnál a sav disszociációjából származó  $[H^+]$  összemérhető lesz a víz öndisszociációjából származó  $[H^+]$ -nal. Így a teljes  $[H^+]$  a kettő összege lesz.

A víz öndisszociációjából származó  $[H^+] = [OH^-]$ , míg a savból származó  $[H^+] = [A^-]$ , ezért

$$[H^+] = [A^-] + [OH^-]$$

A víz öndisszociációját a vízionszorzat adja meg:

$$K_V = [H^+] * [OH^-] = 10^{-14} \text{ (mol/dm}^3\text{)}^2$$

Behelyettesítve:

$$[H^+] = \frac{-K + \sqrt{K^2 + 4 * K * [HA]_t}}{2} + \frac{K_V}{[H^+]}$$

Ez egy újabb másodfokú egyenlet, amelynek megint csak a pozitív gyöke értelmezhető kémiaiilag.

$$[H^+] = \frac{[A^-] + \sqrt{[A^-]^2 + 4K_V}}{2},$$

azaz

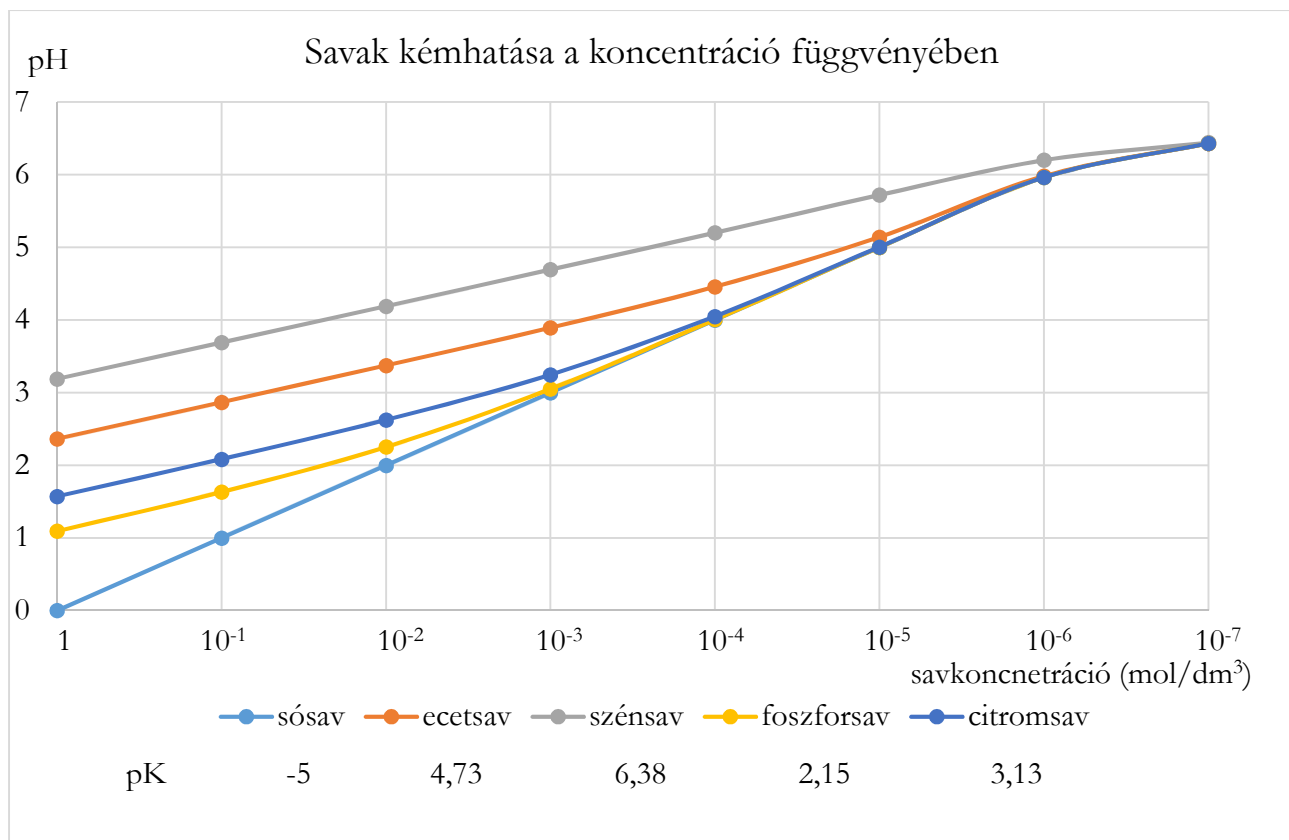
$$[H^+] = \frac{\frac{-K + \sqrt{K^2 + 4 * K * [HA]_t}}{2} + \sqrt{\left(\frac{-K + \sqrt{K^2 + 4 * K * [HA]_t}}{2}\right)^2 + 4K_V}}{2}$$

Áttérve pH-ra:

$$pH = -\log \frac{\frac{-K + \sqrt{K^2 + 4 * K * [HA]_t}}{2} + \sqrt{\left(\frac{-K + \sqrt{K^2 + 4 * K * [HA]_t}}{2}\right)^2 + 4K_V}}{2}$$

Természetesen nagyobb koncentrációknál nem ezt az utolsó bonyolult képletet használjuk, hanem a különböző egyszerűsített formákat.

A következő ábra különböző erősségű savak pH-ját mutatja a fenti egyenlettel kiszámolva  $1 - 10^{-7}$  mol/dm<sup>3</sup> koncentráció tartományban. A koncentrációt logaritmikus skálán ábrázoltuk.



## 26. Sav-bázis titrálás pH mérővel

### Eszközök

- 100 cm<sup>3</sup>-es üvegpohár
- mágneses keverő
- keverőmágnes
- 10 cm<sup>3</sup>-es buretta
- pH mérő
- Bunsen állvány, fogó, dió
- 0,1 M sósav
- 0,1 M nátrium-hidroxid
- fenolftalein indikátor

### Leírás

A 0,1 M nátrium-hidroxid oldatból mérj a főzőpohárba 5 cm<sup>3</sup>-t, majd adj hozzá annyi ioncserélt vizet, hogy jól lehessen keverni, és a pH mérő elektródja is biztonságosan belemerüljön! Csöppents bele pár csepp fenolftalein indikátort. Fogd be a Bunsenállványon a fogóba a pH mérőt, majd óvatosan ereszd be a pohárba! Kapcsold be a keverést!

A burettát töltsd fel jelre 0,1 M sósavval, majd lassan csöpögtesd hozzá a sósavhoz! Figyeld meg mikor csap át az indikátor színe! Jegyezd fel a mért értéket, és ismételd meg párszor a kísérletet! Számold ki a méréseid átlagát! Végezd el a kísérletet úgy is, hogy a sósavat titrálod meg nátrium-hidroxiddal. Ábrázold a titrálás során kapott pH értékeket a fogyás függvényében! Összhangban van-e az indikátor színváltozása és a pH mérővel mért pH értékek

### Tapasztalat, magyarázat

A sósav és a nátrium-hidroxid között közömbösítési reakció zajlik le. Mivel mindkettő erős sav illetve lúg, ezért a reakció teljes egészében végbe megy. A pH változása a semlegesítési pontnál nagyon

nagy, hiszen 0,01 mmól-os savfőlösleg már 5-ös, míg ugyanennyi lúg főlösleg 9-es pH-t okoz. Ez 0,1 mólos koncentráció estén a fogyás 0,0001 ezred része. Ez egyben azt is jelenti, hogy az átcsapás nagyon éles. A fenolftalein indikátor átcsapása pH 8-10 között van, ami az enyhén lúgos tartomány. Mivel itt az átcsapás nagyon éles, ezért a színváltozás és a pH változása összhangban kell legyen.

## 27. Háztartási sósav savtartalmának mérése

### Eszközök

### Eszközök

- 100 cm<sup>3</sup>-es üvegpoohár
- mágneses keverő
- keverőmágnes
- 10 cm<sup>3</sup>-es buretta
- pH mérő
- Bunsen állvány, fogó, dió
- háztartási sósav
- 0,1 M nátrium-hidroxid
- fenolftalein indikátor

### Leírás

Mérd meg egy 50 cm<sup>3</sup>-es mérőlombik tömegét mg pontossággal, majd pipettával mérd bele 5 cm<sup>3</sup> háztartási sósavat, és újra mérd meg a tömegét. Mekkora 5 cm<sup>3</sup> háztartási sósav tömeg, sűrűsége? Ezután töltsd fel jelre ioncserélt vízzel. Ügyelj a mérőlombik jelre töltésére! Hígítsd meg mégegyszer tízszeresére! Végy a százszorosán hígított sósavból 10 cm<sup>3</sup>-es mintát, és titrálj meg 0,1 M-os nátrium-hidroxiddal az előző kísérletben leírtak szerint. A mérési eredményed segítségével számold ki a háztartási sósav savtartalmát!

### Tapasztalat, magyarázat

A háztartási sósav kb. 20 m% hidrogén-kloridot tartalmaz oldatban. Az oldat sűrűsége az irodalmi adatok szerint 1,098 kg/dm<sup>3</sup>.

Mivel  $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ , a reakcióban résztvevő anyagok molaránya 1:1. Ezért

$V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}} = n_{\text{NaOH}} = n_{\text{HCl}} = m_{\text{HCl}} / M_{\text{HCl}}$ , azaz  $\rightarrow m_{\text{HCl}} = M_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}}$

Ennyi hidrogén-kloridot tartalmazott a bemért 5 cm<sup>3</sup> 100\* híg sósav. A kiindulási 5 cm<sup>3</sup> háztartási sósav 100\* ennyi hidrogén kloridot tartalmazott. Mivel megmértük a kiindulási háztartási sósav tömegét ( $m_{\text{sósav}}$ ), a kettő hányadosa megadja a tömegszázalékos összetételt.

$$m\% = 100 \cdot m_{\text{HCl}} / m_{\text{sósav}} \cdot 100\%$$

## 28. Hypo lúgtartalmának mérése

### Eszközök

- elszívófülke
- 100 cm<sup>3</sup>-es üvegpoohár
- mágneses keverő
- keverőmágnes
- 10 cm<sup>3</sup>-es buretta
- pH mérő
- Bunsen állvány, fogó, dió
- Hypo
- 0,1 M sósav
- fenolftalein indikátor

### Leírás

A titráló lombikba mérj be 1 cm<sup>3</sup> Hypo-t, hígítsd fel, majd titrálj meg 0,1 M sósavval a már megszokott módon. Mivel a titrálás során a sav hatására klór szabadul fel, ezért a mérést elszívófülkében végezd! A titrálási eredményből számold ki a Hypo lúgkoncentrációját!

#### Tapasztalat, magyarázat

Lúgos közegben a klórgáz jól oldódik. Savas közegben viszont újra felszabadul.



A Hypo lúgtartalma sósavval titrálva megmérhető, mert a klórtartalom a sav hatására felszabadul, és kipezseg a vizes oldatból.

### 29. Gyenge savak, bázisok titrálása – pK meghatározása

#### Eszközök

- 100 cm<sup>3</sup>-es üvegpohár
- mágneses keverő
- keverőmágnes
- 10 és 25 cm<sup>3</sup>-es buretta
- pH mérő
- Bunsen állvány, fogó, dió
- 0,1 M ecetsav
- 0,1 M foszforsav
- 0,1 M citromsav
- 0,1 M nátrium-hidroxid

#### Leírás

Készíts 0,1 M-os ecetsav, foszforsav, citromsav oldatot! Az ecetsav 5 cm<sup>3</sup>-es mintáját egy 10 cm<sup>3</sup>-es burettából 0,1 M NaOH oldattal titrálj. A titrálás előtt a mintához adj pár csepp fenolftaleint! 0,2 cm<sup>3</sup>-enként jegyezd fel az oldat pH-ját! Amikor nagyon változik, még kisebb térfogatonként is felírhatod, akkor pontosabb lesz a mérése.

A titrálás után ábrázold a pH-t a fogyás függvényében! Jelöld be a görbén, hogy hol észlelted a fenolftalein átcsapását!

A foszforsav 5 cm<sup>3</sup>-es mintáját egy 25 cm<sup>3</sup>-es burettából titrálj 0,1 M-os nátrium-hidroxid oldattal. A mintához adj pár csepp metilvörös és fenolftalein indikátort!

0,2 cm<sup>3</sup>-enként jegyezd fel az oldat pH-ját! Amikor nagyon változik, még kisebb térfogatonként is felírhatod, akkor pontosabb lesz a mérése.

A titrálás után ábrázold a pH-t a fogyás függvényében! Jelöld be a görbén, hogy hol észlelted a metilvörös és a fenolftalein átcsapását!

A citromsav 5 cm<sup>3</sup>-es mintáját egy 25 cm<sup>3</sup>-es burettából titrálj 0,1 M-os nátrium-hidroxid oldattal. A mintához adj pár csepp metilvörös és fenolftalein indikátort!

0,2 cm<sup>3</sup>-enként jegyezd fel az oldat pH-ját! Amikor nagyon változik, még kisebb térfogatonként is felírhatod, akkor pontosabb lesz a mérése.

A titrálás után ábrázold a pH-t a fogyás függvényében! Jelöld be a görbén, hogy hol észlelted a metilvörös és a fenolftalein átcsapását!

#### Tapasztalat, magyarázat

A gyenge savak vizes oldatban csak részlegesen adják le a H<sup>+</sup> iont. Ez a folyamat egyensúlyra vezet.



Amikor titrálunk a H<sup>+</sup> ionok koncentrációja, az az a pH a sav és a só arányától függ. Ahogy fogy a sav és nő a só koncentrációja, úgy nő a pH.

$$\text{H}^+ = \frac{K[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} \rightarrow \text{pH} = \text{pK} - \log\left(\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}\right)$$

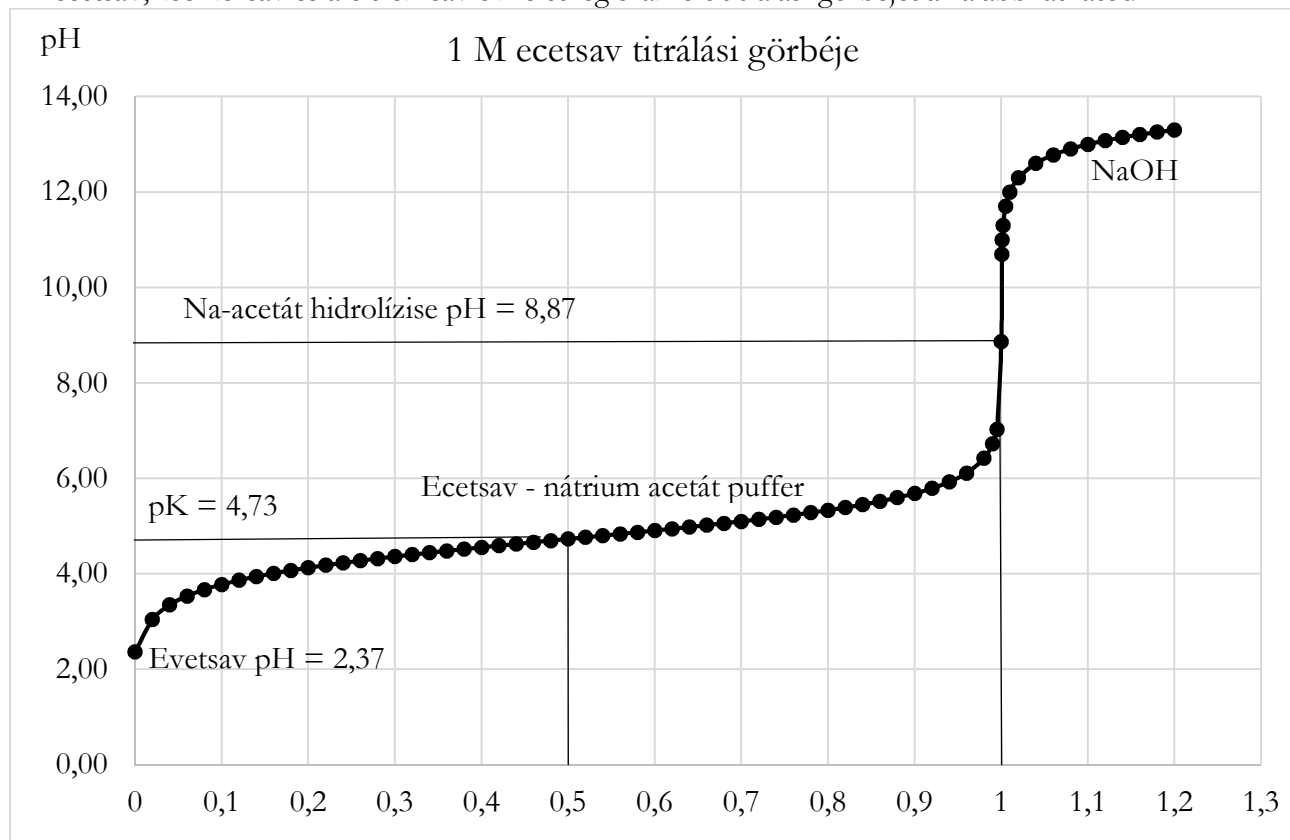
Az egyenletből látható, hogy ha sav és a só egyelő mennyiségben van jelen: pH = pK.

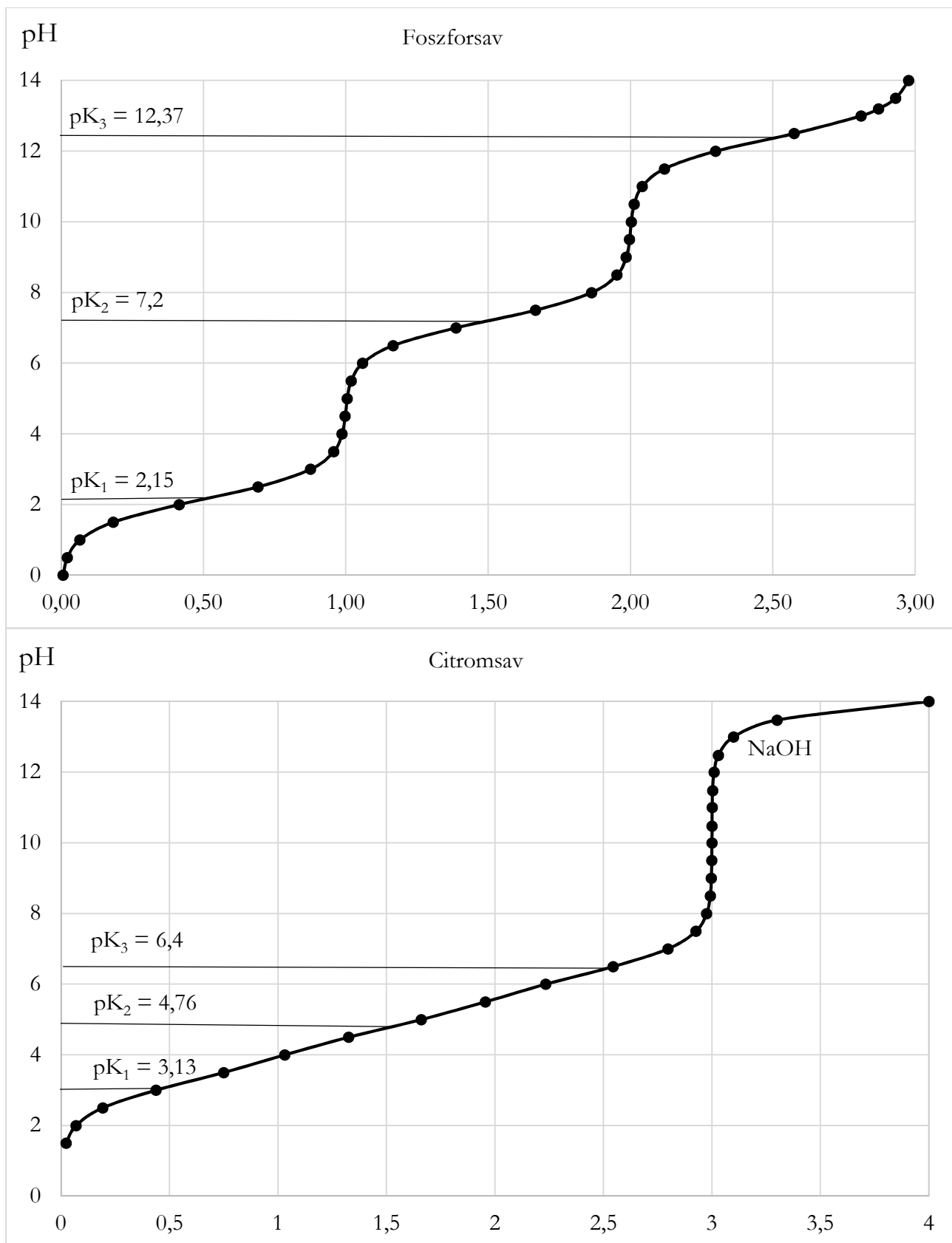
Ha csak a sav van jelen, akkor a  $[H^+] = [A^-]$ . Ezért az egyenletünk a következőképpen alakul:

$$[H^+] = \frac{K[HA]}{[H^+]} \rightarrow [H^+]^2 = K[HA] \rightarrow pH = -\log \frac{K[HA]}{2} = \frac{pK}{2} - \frac{\log[HA]}{2}$$

Több értékű savaknál a második, harmadik  $H^+$  disszociációja sokkal nehezebb, ezért ezek disszociációs állandója jóval kisebb. A titrálás során először az első, majd az azt követő  $H^+$  ionok szakadnak le. Ezért a titrálási görbe több lépcsős lesz. Ez a foszforsav esetében jól látható. A citromsavnál viszont viszonylag kicsi a különbség a disszociációs állandók között, ezért a lépcsők összeolvadnak.

Az ecetsav, foszforsav és a citromsav elméletileg számolt titrálási görbéjét az alább láthatod.





### 30. Gyenge savak és bázisok sóinak hidrolízise

#### Eszközök

- 100 cm<sup>3</sup>-es üvegphár
- pH mérő
- Bunsen állvány, fogó, dió

- nátrium-karbonát, nátrium-hidrogénkarbonát, nátrium-dihidrogénfoszfát, dinátrium-hidrogénfoszfát, nátrium-acetát, ammónium-nitrát, ammónium-klorid 1 M-os vizes oldata

#### Leírás

Készítsünk a sókból 50 cm<sup>3</sup> 1 m-os oldatot! Számold ki a molekulatömegből, hogy mennyi anyag kell az egyes oldatokhoz, majd mérd ki 0,01 g pontosságú ékszemerlegen! Ezután oldd fel 50 cm<sup>3</sup> ioncserélt vízben.

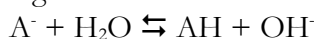
Mérd meg a pH-ját a pH mérővel a már megismert módon. Minden mérés után öblítsd le a pH mérő elektródját!

Jegyezd fel az egyes anyagok vizes oldatainak pH-ját. Miért nem semlegesek?

Készíts hígítási sort az egyik sóból és mérd meg ezeknek is pH-ját! Hogyan változnak az 1M-oshoz képest?

#### Tapasztalat, magyarázat

A gyenge savak erős savakkal alkotott sóinak vizes oldata lúgos, míg a gyenge bázisok sóinak vizes oldata savas. Ezt a jelenséget hívjuk a sók hidrolízisének. Emögött az a jelenség áll, hogy a gyenge savból képződő anion a víztől H<sup>+</sup> iont vesz fel és belőle sav képződik, valamint OH<sup>-</sup> ion, amelyek lúgos kémhatást adnak az oldatnak.



Erre a folyamatra is érvényes az egyensúlyi állandó.

$$K = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

Mivel a hidrolízis során egyforma mennyiségben keletkezik a sav és a hidroxid ion, ezért a kettő koncentrációja egyenlő. [AH] = [OH<sup>-</sup>] Ezt az egyensúlyi egyenletbe helyettesítve:

$$K = \frac{[H^+][A^-]}{[OH^-]}. \text{ Mivel } [OH^-] = K_v/[H^+], \text{ ezt behelyettesítve a következőt kapjuk:}$$

$$K = \frac{[H^+][A^-]}{K_v/[H^+]} = \frac{[H^+]^2[A^-]}{K_v} \rightarrow [H^+] = \frac{K \cdot K_v}{[A^-]} \rightarrow pH = \frac{pK + pK_v}{2} - \frac{\log[A^-]}{2}$$

Látható, hogy 1 M-os oldat esetén pH = (pK+pK<sub>v</sub>)/2. Minden tízszeres hígítás 0,5del csökkenti gyenge savak sóinak esetén, és növel gyenge bázisok sóinká esetén a pH-t.

Ugyanez természetesen ezzel analóg módon levezethető a gyenge bázisok sóinak hidrolízisére.

Próbáld meg kiszámolni a mérési adataidból a gyenge savak, bázisok pK értékét!

### **31. Nátrium-acetát és nátrium-karbonát titrálása**

#### Eszközök

- 100 cm<sup>3</sup>-es üvegpothár
- mágneses keverő
- keverőmágnes
- 25 cm<sup>3</sup>-es buretta
- pH mérő
- Bunsen állvány, fogó, dió
- 0,1 M nátrium-acetát
- 0,1 M nátrium-karbonát
- 0,1 M sósav

#### Leírás

Készíts 50 cm<sup>3</sup> 0,1 M-os nátrium-acetát oldatot. Ehhez mérd ki analitikai mérlegen a szükséges mennyiségű nátrium-acetátot, majd old fel egy 50 cm<sup>3</sup>-es mérőlombikban. Ebből végy egy 10 cm<sup>3</sup>-es mintát pipettával, és engedd a titráló lombikba, majd adj hozzá a méréshez elegendő ioncserélt vizet. Tedd bele a mágneset, kezd keverni, és helyezd bele a Bunsen-állványra szerelt pH-mérőt. Vigyázz, a keverőmágnes ne érjen a pH-mérőhöz! Adj hozzá pár csepp metil-narancs és felnoltalein indikátort! A 25 cm<sup>3</sup>-es bürettát töltsd fel jelre 0,1 M sósavval, majd kezd el óvatosan titrálni a mintát! 0,2 cm<sup>3</sup>-ként jegyezd fel a pH értékét. Amikor gyorsan változik a kémhatás, kisebb térfogatonként jegyezd fel! Közben figyeld meg az indikátor színét is!

A mérési eredményeidet ábrázold, a sósav fogyását a pH függvényében! Magyarázd meg, mit tudsz a titrálási görbéről leolvasni!

Végezd el a mérést ugyanígy nátrium-karbonáttal is! Ezt a titrálási görbét is ábrázold!

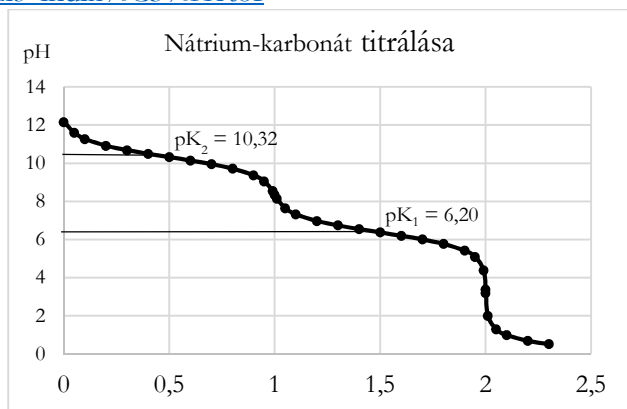
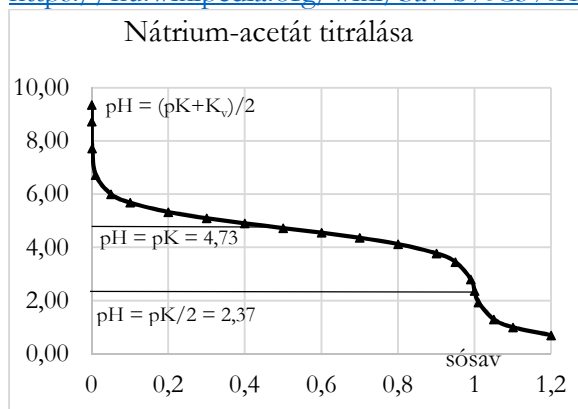
### Tapasztalat, magyarázat

Az acetát ion, ahogy a titrálás során csökken a pH, egyre jobban protonálódik, ecetsav képződik belőle. Amikor a sósav mennyisége pontosan megegyezik a nátrium-acetát mennyiségével, tisztán ecetsav lesz jelen. Ha növeljük a sósav mennyiségét, akkor már az határozza meg a pH értékét.

A karbonát ion kétértékű anion. Amikor savval titráljuk először az egy, majd a még egy  $H^+$  iont vesz fel. Ezért a titrálási görbéje két lépcsős lesz. Mivel a két lépés  $pK$  értéke jelentősen eltér egymástól, ezért a két lépcső jól elkülönül. A második lépésben keletkező szénsav a savas közegben elbomlik, kikezseg az oldatból.

Mindkét titrálás 1 M-os oldatra elméletileg számolt görbét az alábbi ábrák tartalmazzák.

Figyeld meg, melyik indikátor milyen pH tartományban csap át. Melyik az, amelyik pont az egyes titrálási lépcsőket jelzi, és melyik az amelyik lépcső közben változtatja meg a színét. Ha pH mérő nélkül kellene titrálnod, melyik esetben melyik indikátort használnád. Ha egyiket sem találod pontosnak, nézd meg, milyen indikátorok vannak a szertárban, és melyiknek milyen az átcsapási tartománya. Kereshetsz az interneten is megfelelőt például a következő oldalon: [https://hu.wikipedia.org/wiki/Sav-b%C3%A1zis\\_indik%C3%A1tor](https://hu.wikipedia.org/wiki/Sav-b%C3%A1zis_indik%C3%A1tor)



## 32. Pufferek vizsgálata

### Eszközök

- 100 cm<sup>3</sup>-es üvegpothár
- mágneses keverő
- keverőmágnes
- 10 cm<sup>3</sup>-es buretta
- pH mérő
- Bunsen állvány, fogó, dió
- 0,1 M ecetsav
- 0,1 M nátrium-acetát
- 0,1 M nátrium-dihidrogén-foszfát
- 0,1 M dinátrium-hidrogénfoszfát

### Leírás

Készítsd el az oldatokat, majd mérd ki 5 cm<sup>3</sup> nátrium-acetátot és 5 cm<sup>3</sup> ecetsavat egy pohárba! Titráld meg 0,1 M sósavval, addig, amíg a pH 1 egységgel nem csökkent. 0,2 cm<sup>3</sup>-enként jegyezd fel a pH-t! Ismételd meg a kísérletet úgy, hogy 0,1 M NaOH-dal titrálj.

Végezd el a kísérletet 5 cm<sup>3</sup> nátrium-dihidrogén-foszfát és 5 cm<sup>3</sup> dinátrium-hidrogénfoszfát összeöntése után is! Ezután adj ioncserélt vízhez egy csepp sósavat, illetve lúgot. Ezeknek is mérd meg a pH-ját!

Ábrázold a mérési eredményeidet! Az ioncserélt vízben miért változik gyorsan a pH, a vizsgált oldatokban miért nem?

#### Tapasztalat, magyarázat

Egy gyenge sav és sója úgynevezett puffer rendszert képez, amely a belekerülő savak, vagy lúgok hatását bizonyos határon belül kiegyenlíti. Tudjuk, ha egy sav az  $AH \rightleftharpoons A^- + H^+$  egyenlet szerint disszociál, akkor az egyensúlyi állandója a következő lesz:

$K = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$ , ez rendezve, és - logaritmusra átvérve az alábbi összefüggést adja:

$$pH = pK - \log \frac{[HA]}{[A^-]}$$

Tehát az oldat pH-ja a sav pK-jától és a deprotonált és protonált forma arányának logaritmusától függ. 1:1 arány esetén  $pH = pK$ , 10:1 arány esetén a pH 1 egységgel csökken, 1:10 arány esetén a pH 1 egységgel nő. Ez azt jelenti, hogy a puffer koncentrációjának 40 %-ányi sav, vagy lúg okoz 1 egység pH csökkenést, illetve növekedést. Tulajdonképpen ez a titrálási görbe lassan emelkedő részének felel meg.

### 33. Színanyagok színváltozása különböző pH-jú oldatokban

#### Eszközök

- Üvegpohár
- pH mérő
- puffer oldatok
- színanyagok (indikátorok, vöröskáposztalé, gyümölcstea, színes virágszirmok kivonata)

#### Leírás

Készítsük el a következő puffereket:

| pH | puffer                                                                     | arány | pH | puffer                                                                    | arány |
|----|----------------------------------------------------------------------------|-------|----|---------------------------------------------------------------------------|-------|
| 0  | 1 M sósav                                                                  |       | 8  | 0,1 M NaHCO <sub>3</sub>                                                  |       |
| 1  | 0,1 M sósav                                                                |       | 9  | 0,1 M Na-acetát                                                           |       |
| 2  | 0,1 M H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> és NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>   | 6:4   | 10 | 0,1 M NaHCO <sub>3</sub> és Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>               | 7:3   |
| 3  | 0,1 M borkősav és NaK-tartarát                                             | 4:1   | 11 | 0,1 M NaHCO <sub>3</sub> és Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>               | 2:8   |
| 4  | 0,1 M citromsav és 0,1 M NaOH                                              | 1:1   | 12 | 0,1 M Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> és Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | 7:3   |
| 5  | 0,1 M ecetsav és Na-acetát                                                 | 7:13  | 13 | 0,1 M NaOH                                                                |       |
| 6  | 0,1 M NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> és Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> | 19:1  | 14 | 1 M NaOH                                                                  |       |
| 7  | 0,1 M NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> és Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> | 6:4   |    |                                                                           |       |

Mérd meg a pH-jukat. A táblázatban megadott pH érték csak körülbelüli adat.

Mindegyik pufferből tölts egy-egy kémcsőbe 2 cm<sup>3</sup>-t adj hozzá különböző, a szertárban található indikátort (pl. fenoltaleint, metil-vöröst stb.) Írd le minden pH értékhez az oldat színét!

Főzz egy gyümölcsteát! A legjobb a csipkebogyó-hibiszkusz tea. Ezzel is végezd el a kísérletsort!

Vörökáposzta levelét aprítsd fel, áztasd ki vízben, és a tisztájával végezd el a kísérletet!

Különböző színes virágszirmokra (pl piros és sárgarózsa, ibolya stb.) tegyél 5 cm<sup>3</sup> vizet, és dörzsöléssel vond ki belőle a színanyagot! Amikor az oldat már színes, a tisztájával végezd el a kísérletet! Ha a színanyag kivonása vízzel nem megy, használj híg savat.

Az eredményeidet jegyezd fel táblázatosan. Határozd meg melyik színanyag milyen pH tartományban változtatja aszínét!

#### Tapasztalat, magyarázat

A természetben sok olyan festékanyag van, amely színe a pH függvényében változik. Ezeknek a festékeknek van protonált és deprotonált formája, amelyek színe különböző. Ezt a két forma eltérő

delokalizált  $\pi$ -elektronszerkezete okozza. Egyes festékek a pH függvényében hátrpm-négy formát is képezhetnek, ezek színskálája összetettebb, több féle színt is felvesznek. A proton felvételnek, leadásnak, amint a savaknál is, meg lehet adni a pK-ját. A festékek színváltozása a pK körüli pH tartományban megy végbe.

### 34. Indikátorok pK értéknek meghatározása

#### Eszközök

- spektrométer
- kuvetta
- 100 cm<sup>3</sup>-es üveg pohár
- mágneses keverő
- keverőmágnes
- 10 cm<sup>3</sup>-es buretta
- pH mérő
- Bunsen állvány, fogó, dió
- 0,1 M citromsav
- 0,1 M NaOH
- 0,1 M sósav
- Metilnarancs
- Metilvörös

#### Leírás

0,1 M sósavba és lúgba tegyél pár csepp metilnarancs indikátort, és tölts belőlük a kuvettába. Vedd fel a színeképüket a spektrométerrel, és határozd meg melyiknek hol van jellegzetes elnyelési maximuma.

Mérj a pohárba 10 cm<sup>3</sup> 0,1 M citromsav oldatot. Adj hozzá metilnarancs indikátort, majd titrálj meg 0,1 M lúggal. 0,5 cm<sup>3</sup>-enként vedd fel a színeképét, és jegyezd fel a pH értékét. A színeképek segítségével határozd meg, mikor van a két forma egyenlő arányban az oldatban. Ehhez milyen pH érték tartozik. E pH érték közelében kisebb léptékű fogyás esetén is megvizsgálhatod a spektrumot, illetve a pH értéket. Az adataidból számold ki a metilnarancs pH értékét!

Végezd el a mérést metil-vörös, és egyéb indikátorokkal. Citromsavban milyen pK értékeket lehet jól mérni. Más pK-jú indikátorokhoz milyen puffert érdemes használni?

#### Tapasztalat, magyarázat

A metilnarancs savas közegben vörös, lúgos közegben narancs színű. Átcsapási tartománya 3,1-4,4 pH között van. sósavban kizárólag a protonált vörös színű, lúgos közegben a deprotonált narancs színű formája van jelen az átcsapási tartományban a pH-tól függően a két forma együttesen van jelen. Amikor a két forma egyenlő arányban van jelen, az a pH pontosan a pK értéknek felel meg.

Savas közegben a tiszta protonált forma, lúgos közegben a tiszta deprotonált forma van jelen, ezért a tiszta spektrumok felvehetők. Az átcsapási tartományban a két forma keverékének eredő spektrumát kapjuk, amely a két forma arányának megfelelően két tiszta spektrum összeadásával jön létre. Ha kiválasztunk két olyan hullámhosszt, amelyen a két anyag fényelnyelése lényegesen különböző (az egyiké nagy, a másiké kicsi, és fordítva), akkor ezek segítségével az átcsapási tartományban a két anyag aránya is meghatározható.

Legyen a protonált forma két kiválasztott hullámhosszon mért elnyelésének aránya  $A_{AH}$ , a deprotonált formáé  $A_A$ , az adott pH-n jelen levő keveréké  $A$ , és a protonált forma arány az összes indikátorhoz képest  $x$ . Ekkor a következő összefüggés adja meg a keverék fényelnyelési arányát:

$$A = xA_{HA} + (1-x)A_A \quad \rightarrow \quad x = (A - A_A) / (A_{AH} - A_A)$$

Így a keverék összetételéből a fényelnyelés arányát, a fényelnyelés arányából a keverék összetételét ki lehet számolni.

A citromsav puffer feladata, hogy a lúg hozzáadására ne hirtelen változzék a pH értéke, hanem folyamatosan és lassan, mert így lehet pontos pH értékeket beállítani. A citromsav 2-8 pH között használható. pH 8-12 között a hidrogénkarbonát-karbonát puffer használható.

Az átcsapási tartományban az indikátorok minkét formája jelen van. Ezért a színe a két forma arányára jellemző keverék szín. Ha meghatározzuk a két forma arányát egy adott pH-n, akkor a kémiai egyensúlyt leíró egyenletbe helyettesítve kiszámolhatjuk a pK értékét.

$$K_s = [A^-][H^+]/[HA]$$

Mivel az  $[A^-]/[HA]$  érték az indikátor lúgos és savas formájának arány, amelyet megmértünk, ezért a pH ismeretében a  $K_s$ , és abból a pK értéke kiszámolható.

### 35. Természetes vizek, oldatok, levek pH-ja

#### Eszközök

- 100 cm<sup>3</sup>-es üvegpohár
- pH mérő
- Bunsen állvány, fogó, dió
- természets folyó vagy állóvizek
- különböző eredetű ásványvizek (nem széndioxiddal dúsítottak)
- üdítők
- gyümölcslevek
- bor, sör
- kovászos uborka, savanyú uborka leve

#### Leírás

Tölts egy 100 cm<sup>3</sup>-es pohárba a mintából és mérd meg a pH-ját. Jegyezd fel az egyes anyagokhoz tartozó értékeket, és próbáld meg megmagyarázni, melyik miért akkora!

#### Tapasztalat, magyarázat

A természetes vizek pH-ját a benne oldott széndioxid és az ásványok határozzák meg. A széndioxid 5,5 körüli pH-t eredményez, az oldott ásványi anyagok viszont ezt az értéket mindkét irányban jelentősen eltolhatják.

A széndioxid levegőben lévő parciális nyomása és a vízben oldott széndioxid mennyiség arányos egymással. Ezt az összefüggést a Henry-törvény írja le.

$$K_H = p_{CO_2}/c_{CO_2} \quad K_H = 29,41 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3/\text{mól } 25^\circ\text{C-on}$$

A levegőben ma kb. 400 ppm, azaz  $4 \cdot 10^{-4}$  atm a CO<sub>2</sub> tartalom. a Henry állandó segítségével kiszámolható, hogy 25 °C-on a víz széndioxid tartalma.

$$c_{CO_2} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ atm} / 29,41 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3/\text{mól} = 1,36 \cdot 10^{-5} \text{ mól/dm}^3$$

Ebből a szénsav első savi disszociációs állandójának ismeretében a pH érték is kiszámolható.

$$K_{s1} = [HCO_3^-][H^+]/[H_2CO_3] = 4,2 \cdot 10^{-7} \text{ mól/dm}^3$$

Mivel a disszociáció során egyenlő mértékben keletkezik a hidrogén ion és a hidrogén-karbonát ion, ezért a koncentrációjuk egyenlő.

$$[HCO_3^-] = [H^+]$$

$$K_{s1} \cdot [H_2CO_3] = [H^+]^2 = 4,2 \cdot 10^{-7} \cdot 1,36 \cdot 10^{-5}$$

$$[H^+] = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ mól/dm}^3 \quad \text{pH} = 5,6$$

A különböző zöldségekből, gyümölcsökből eredő levek kémhatása savas a bennük oldott szerves savak miatt. pH-juk jellemző az adott zöldségre, gyümölcsre, és nagyon kis értékek között változhat a bennük lévő nagyon kényes pufferrendszerek miatt.

A borok szintén különböző savakat tartalmaznak, ezért savasak. E savaknak nagy a jelentősége a bor ízének kialakításban. A fehér borok pH-ja 3,0-3,3, a vörösboroké 3,4-3,5 között van. A sör pH-ja magasabb 4,5-5 között van.

A szénsavas üdítők savösszetétele nagyon változatos. A szerves savakon kívül nagy mennyiségű szénsavat tartalmaznak (ettől buborékos), de emellett több üdítőbe foszforsavat is tesznek a savasabb ízhatás érdekében.

### 36. Citrom savtartalmának meghatározása

#### Eszközök

- 100 cm<sup>3</sup>-es üveg pohár
- mágneses keverő
- keverőmágnes
- 10 cm<sup>3</sup>-es buretta
- pH mérő
- Bunsen állvány, fogó, dió
- citrom
- 0,1 M NaOH

#### Leírás

Végy egy citromot, csavard ki a levét! A citromléből készíts 10\*-es hígítást. Ebből mérd be a titráló lombikba 5 cm<sup>3</sup>-t majd titrálj meg 0,1 M NaOH-dal a már ismert módon. 0,2 cm<sup>3</sup>-enként jegyezd le a pH értékét. Az átcsapásnál sokkal kisebb térfogatokat vegyél.

Rajzold fel a titrálási görbét, és határozd meg, hogy a citrom levének mekkora a savtartalma.

#### Tapasztalat, magyarázat

A citrom leve nagyon sok szerves savat, főleg citromsavat tartalmaz. A titrálás során természetesen csak az össz savtartalmat, azaz a karboxil-csoportok koncentrációját tudjuk megmérni. Mivel láttuk a pK-k közötti eltérés nem nagy, ezért a lépcsők nem különülnek el, ezért a pK-t nem tudjuk meghatározni, és abból nem tudunk a sav fajtájára következtetni. Amennyiben feltételezzük, hogy a citrom főleg citromsavat tartalmaz, amely egy három értékű karbonsav, akkor a citromsav koncentrációja a karboxil-csoport koncentráció harmada lesz.

### 37. Szénsavas ásványvíz savtartalmának meghatározása

#### Eszközök

- 200 és 100 cm<sup>3</sup>-es üveg pohár
- 1000 cm<sup>3</sup>-es mérőhenger
- mágneses keverő
- keverőmágnes
- 10 cm<sup>3</sup>-es buretta
- fecskendő, injekcióstű
- pH mérő
- ékszermérleg
- Bunsen állvány, fogó, dió
- 2 db ½ literes szénsavas ásványvíz
- 0,1 M HCl
- 10 M NaOH

#### Leírás

Mérd meg a 200 cm<sup>3</sup>-es főzőpohár tömegét. Nyisd ki az egyik ásványvizet, tölts a pohárba kb. 150 cm<sup>3</sup> ásványvizet, és mérd meg a tömegét! Nagyon gyorsan dolgozz, mert amikor kinyitod az üveget,

a széndioxid nagyon gyorsan a levegőbe kerül, buborékol. Hagyd állni, és mérd meg a tömegét 15', 30', 60', 2, 3, 4, 5 óra múlva, egészen addig, amíg nem változik már a tömeg! Mennyivel csökkent a tömege? Hány m%-os, és hány mólos az ásványvíz széndioxidra nézve.

A második üveg ásványvízbe fecskendővel adj 10 cm<sup>3</sup> 10 M-os lúgot, úgy, hogy a vízfelszín fölött a PET palackba beszúrod a tűt, és beinjektárod a 10 M-os lúgot. Ezután gyorsan rázd össze alaposan a palack tartalmát. Lehetőleg úgy dolgozz, hogy minél kevesebb széndioxid távozzon. Húzd ki az injekciótűt, és nyisd ki a palackot. Mérd meg a mérőhengerrel az ásványvíz térfogatát, majd vegyél ki belőle egy 10 cm<sup>3</sup>-es mintát pipettával, és tedd a 100 cm<sup>3</sup>-es pohárba, majd pH mérőt és mágneses keverőt használva titrálj meg 0,1 M-os sósavval! Rajzold fel a titrálási görbét! Hány lépcsőt találsz benne? A görbe adatai alapján számold ki, hány mólos volt az ásványvíz széndioxidra nézve!

#### Tapasztalat, magyarázat

A szénsavas ásványvíz magas széndioxid tartalmát a palackban lévő túlnyomás biztosítja, amikor kinyitjuk az üveget a széndioxid nyomása lecsökken, először a légkörre, aztán a friss levegőn a levegőben lévő széndioxid parciális nyomásának megfelelőre. Ezért az egyensúly eltolódik a széndioxid távozásának irányába, így az állott ásványvíz teljesen elveszti a széndioxid tartalmát. Ez tömegcsökkenést okoz, ami pont a távozott széndioxid tömegével egyenlő. A mérés azért nem pontos, mert a folyamat az üveg kinyitásának pillanatában a leggyorsabb, és nem tudunk olyan gyorsan mérni, mint ahogyan a széndioxid kibuborékol az oldatból.

A második mérés során a beinjektált lúg a széndioxid tartalmat nátrium karbonáttá alakítja, így az a kinyitáskor sem távozik az üvegből. A keletkezett nátrium-karbonát mennyiségét meg lehet titrálassal határozni a 30. kísérletben leírtaknak megfelelően. Azt kísérletileg lehet megállapítani, hogy a 10 cm<sup>3</sup> 10 M-os lúg teljesen átalakítja a széndioxidot nátrium-karbonáttá, vagy egy része nátrium-hidrogén-karbonát formájában lesz jelen. A titrálás során a szénsav - hidrogénkarbonát lépcső biztosan mérhető, míg a karbonát – hidrogénkarbonát lépcső csak akkor, ha a lúgot kellő fölöslegben adtuk hozzá a kísérlet elején.

### **38. Kóla savtartalmának meghatározása**

#### Eszközök

- 100 cm<sup>3</sup>-es üvegpohár
- mágneses keverő
- keverőmágnes
- 10 cm<sup>3</sup>-es buretta
- pH mérő
- Bunsen állvány, fogó, dió
- Coca Cola
- 0,1 M NaOH

#### Leírás

Végy egy pohár kólát, és melegítsd meg, hogy a szénsavtartalmát eltávolítsd. Amikor kihűlt, mérd ki belőle 5 cm<sup>3</sup>-t és titrálj meg 0,1 M NaOH-dal a szokott módon. A pH értékeket 0,2 cm<sup>3</sup>-enként jegyezd fel, átcsapás közelében kisebb térfogatonként is. Ábrázold a titrálási görbét, és a tulajdonságaiból próbáld megállapítani, milyen savakat tartalmaz a Coca Cola!

#### Tapasztalat, magyarázat

A kólákat általában foszforsavval savanyítják, de emellett szerves savakat is tartalmaznak. Ha a kólát egészen a tömény lúgos tartományig titráljuk, akkor a végén hidrogén-foszfát ionokból foszfát ionok képződnek. Ez a reakció a 10-13-as pH tartományban megy végbe. A többi szerves sav már kisebb pH-kon sóvá alakul, ezért ebben a tartományban már csak a foszforsavat tudjuk mérni. A közepesen és gyengén savas tartományban a szerves savak és a foszforsav egy összemosódott lépcsősort képez, amelyeket nem lehet elkülöníteni. A hidrogén-foszfát - foszfát lépcsőből a foszforsav tartalom

meghatározható. Ennek háromszorosa a foszforsav teljes közömbösítéséhez szükséges mennyiség. Amennyivel többet mértünk a teljes titrálás során, az a szerves savak jelenlétének tulajdonítható. Természetesen a titrálásból a szerves savak fajtájára és értékűségére nem tudunk következtetni, csak a karboxil csoportok koncentrációját tudjuk kiszámolni, hasonlóan, mint a 34. feladatban.

### 39. Oldatok redoxipotenciálja

#### Eszközök

- pH-ROP mérő
- Fe(II), Fe(III), hidrogén peroxid, klórosvíz, lugol oldat, kálium-permanganát stb. oldatok

#### Leírás

Az egyes oldatokba helyezzük be a pH mérőt, és kapcsoljuk át a redoxipotenciál mérésre. Olvassuk le az egyes oldatok redoxipotenciál értékeit. Melyik miért pozitívabb, negatívabb?

#### Tapasztalat, magyarázat

Az oldatok redoxipotenciálja a benne oldott anyagok redukáló, oxidáló képességétől függ. Minél erősebben oxidál, annál pozitívabb, minél erősebben redukál, annál negatívabb lesz.

### 40. Redoxi titrálások

#### Eszközök

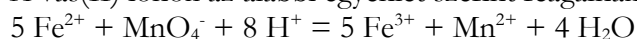
- pH-ROP mérő
- mágneses keverő
- buretta
- 0,1 M Mohr-só oldat
- 0,02 M kálium-permanganát oldat

#### Leírás

10 cm<sup>3</sup> 0,1 mol/dm<sup>3</sup>-es Mohr-só oldatot titráljunk meg 0,02 mól/dm<sup>3</sup>-es kálium-permanganát oldattal. Az oldatot mágneses keverővel keverjük, és folyamatosan mérjük a redoxi potenciál értékét. Figyeljük meg, mikor csap át az oldat (ugrásszerűen változik a redoxi potenciál, a felesleges kálium-permanganáttól lila lesz az oldat)!

#### Tapasztalat, magyarázat

A vas(II) ionok az alábbi egyenlet szerint reagálnak a permanganát ionokkal.



Kezdetben a vas(II) ionok vannak jelen az oldatban, ezek határozzák meg a redoxipotenciál értékét. A titrálás során mindkét vas ion jelen lesz, így e kettő együttesen ad ki egy értéket, míg a végén a permanganát ionok kerülnek túlsúlyba, és onnantól ezek erős oxidáló képességét fogja a műszerünk mutatni.

### 41. Talajok pH-ja és redoxipotenciálja

#### Eszközök

- 100 cm<sup>3</sup>-es üvegpohár
- pH mérő
- Talajminták
- Ioncserélt víz

#### Leírás

Gyűjts különböző talajmintákat! A mintákhoz adj kétszeres mennyiségű készíts ioncserélt vizet, majd keverd egy percre azokat, és hagyd leülepedni! Ezután mérd meg az oldat pH-ját! A mérés végén

nagyon alaposan mosd le a pH mérőt, hogy ne száradjon rá a talajmintából! Melyik talaj milyen pH-jú. Próbáld megmagyarázni, miért! Terepen úgy is mérhetsz talaj pH-t, hogy valamilyen szerszámmal készítesz egy 5 cm mély lyukat, amibe pont befér a pH mérő elektródja! Ezután cseppentsz bele egy kevés ioncserélt vizet, de ne áztasd el, töltsd színig! Végül dugd bele a pH mérő elektródját, és olvasd le pH értéket, amikor az stabilizálódott.

#### Tapasztalat, magyarázat

Egy talaj pH-ja a talajt alkotó kőzetektől és a humusztól függ. Ez utóbbi az elhalt növényekből keletkezik, tehát végső soron a talajon élő növényvilág a második meghatározó tényező. A talaj mésztartalma lúgosítja a talajokat, a nátrium-karbonát (sziksó) tartalom pedig erősen lúgossá (szikessé) teszi. Az agyagos talajok inkább enyhén savasak. A klímaváltozás, a savas eső a talaj savanyodásának kedveznek. A növények közül, az akác, a fenyőfélék, de valamennyire minden lombhullató fa szintén savasít, mert a lehullott levelek bomlásával savas anyagok (pl. csersav) keletkezik. Az erdők aljnövényzete részben a talaj pH-jának befolyására alakul ki az egyes fatársulásokra jellemzően. A másik fontos befolyásoló tényező, hogy a lombkorona mennyi fényt enged a földfelszínre.

A talaj pH értékének ismerete fontos, mert a különböző zöldségek, gyümölcsök különböző pH-jú talajokat kívánnak, tehát a talaj kémhatása meghatározza, milyen növényeket a legcélszerűbb ott termesztetni. A talajok pH-ját különböző adalékanyagokkal (pl. gipsz) lehet befolyásolni.

Természetesen az öntözővíz is változtatja a talajok kémhatását attól függően, hogy milyen a sótartalmuk, keménységük, pH-juk.

Ma egyre nagyobb gondot jelent, hogy a talajok savanyodásával egyes elemek vízzoldhatósága megnő, és ezzel eddig rosszul oldódó fémek oldhatókká válnak, és felszívódnak a növényekbe. Például az alumínium a salátába, burgonyába. Ezzel az emberi szervezetet is nagyobb terhelés éri ezekből a fémekből.

## **IV. Mérések mérleggel**

### **42. Anyagok tömege**

#### Eszközök

- ékszermérleg
- analitikai mérleg
- só

#### Leírás

Mérj ki, 0,5, 1,0, 2,0, 5,0 10,0 g sót 0,01 g pontossággal az ékszermérlegen!

Mérj ki 0,1, 0,2, 0,5, 1,0 g sót analitikai mérlegen.

Mindkét mérésnél spatulaheggyel adagold a sót. Ha többbe lesz, spatulaheggyel levehetsz belőle, de ne tedd vissza a vegyszeresdobozba! Figyelj, hogy ne szóródjon szét a só a mérleg felületén, mert akkor azt is beleméri a mintádba! Az analitikai mérleg tálkájához kézzel se érh hozzá, mert a kezden lévő izzadság is befolyásolhatja a pontosságot!

### **43. Tömegváltozás reakciók során**

#### Eszközök

- Ékszermérleg
- Izzító tégely
- Drótháromszög
- Vasháromláb
- Bunsen-égő
- Réz-szulfát / $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ /
- Megkötött gipsz / $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ /

- Szódabikarbóna /NaHCO<sub>3</sub>/
- Szalakáli / (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/
- Mészkeő /CaCO<sub>3</sub>/

### Leírás

Mérj le pontosan pár g réz-szulfátot, gipszet, szódabikarbónát, szalakálit, mészkövet! Izzítsd ki a mintákat izzítótégelyben. Figyeld meg a változást! Hagyd kihűlni a mintát, majd mérd meg a tömegét! Mennyit csökkent az izzítás hatására? Mi okozhatta ezt?

### Tapasztalat, magyarázat

A vizsgált anyagok különböző hőfokon hőbomlást szenvednek, vizet, vagy széndioxidot veszítenek. Amennyibe a kiizzítás jól sikerült, a tömegváltozás a sztöchiometriai egyenletből számolt tömegváltozással kell egyenlő legyen.

Rézgálic  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$   
 250 g/mol      160 g/mol + 5\*18 g/mol      tömegváltozás: 36%

A víz távozik, a rézgálic kifehéredik. Ha újra vizet kap, felveszi, és visszanyeri a kék színét.

Gipsz  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{H}_2\text{O}$   
 156 g/mol      129 g/mol + 1,5\*18 g/mol      tömegváltozás: 17%

Így keletkezik az égetett gipsz, más néven anhidrit, amely víz hatására újra megköti a vizet és gipszé alakul.

Szódabikarbóna  $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$   
 2\*84 g/mol    2\*106 g/mol + 18 g/mol + 44 g/mol      tömegváltozás: 37%

Szalakáli  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 94 g/mol      2\*17 g/mol + 44 g/mol + 18 g/mol      tömegváltozás: 100%

Sütőporként használják, felmelegítve teljesen elillan

Mészkeő  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$       tömegváltozás: 52%  
 84 g/mol    40 g/mol + 44 g/mol

Ez a mészégetés folyamata, 780 °C körül megy végbe.

## 44. Gázfejlődéssel járó reakciók tömegváltozása

### Eszközök

- Ékszermérleg
- 100 cm<sup>3</sup>-es Erlenmeyer lombik
- Kémcső
- Kémcsőfogó csipesz
- Bunsen-égő
- Szódavíz
- Cink
- 1 M sósav
- Szódabikarbóna
- Kálium-permanganát

### Leírás

Szódavíz vizsgálata: Tegy egy lombikba szódavizet, és kísérd figyelemmel a tömegváltozását. Hány g, hány cm<sup>3</sup> és hány mól széndioxid volt oldva a vízben?

Hidrogén fejlesztése: Mérd meg egy granula cink tömegét, és egy lombikban 25 cm<sup>3</sup> sósav tömegét. Dobd a sósavba a cinket, és folyamatosan mérd a tömegét! Mennyivel csökken? Hány g, hány cm<sup>3</sup> és hány mól hidrogén fejlődött?

Széndioxid fejlesztése: Mérj ki 1 g szódabikarbónát, és egy lombikban 25 cm<sup>3</sup> 1 M sósav tömegét! Add hozzá a sósavhoz a szódabikarbónát, és folyamatosan mérd a tömegváltozást! Hány g, hány cm<sup>3</sup> és hány mól széndioxid fejlődött?

Oxigén fejlesztése: Mérd meg egy kémcső tömegét, és mérd bele 2 g hipermangánt ( $\text{KMnO}_4$ ). Hevítsd ki alaposan! Amikor kihűlt, mérd meg újra a tömegét? Hány g, hány  $\text{cm}^3$  és hány mól oxigén gáz fejlődött.

A kísérlet során minden esetben ügyelj, hogy csak a fejlődő gáz távozzon, ne fröcsköljön ki az oldat, mert azzal is csökken a tömeg, és nem lesz pontos a mérés.

#### Tapasztalat, magyarázat

A reakciók során fejlődő gázoknak is van tömegük, amivel csökken a kiindulás anyagok tömege. Ebben a kísérletben a távozó gázok tömegét tudjuk megmérni.



62 g/mol    44 g/mol + 18 g/mol

csökkenés:  $18/62 = 29\%$



65 g/mol + 2\*36,5 g/mol    136 g/mol + 2 g/mol

csökkenés:  $2/65 = 3\%$



84 g/mol + 36,5 g/mol    58,5 g/mol + 18 g/mol + 44 g/mol

csökkenés:  $44/84 = 52\%$



2\*158 g/mol    197 g/mol + 87 g/mol + 32 g/mol

csökkenés:  $32/316 = 10\%$

### 45. Párolgás sebességének vizsgálata tömegváltozással

#### Eszközök

- Petri csésze
- Ékszermérleg
- Víz
- Alkohol
- Benzin
- Éter

#### Leírás

Tegyünk egy Petri csészébe 5  $\text{cm}^3$  vizet. Folyamatosan mérjük a tömegének változását! Végezzük el ezt a kísérletet, alkohollal, benzinnel és éterrel is.

Ábrázoljuk a tömeg változását az idő függvényében a vizsgált anyagokra! Melyik párolog a leggyorsabban? Miért?

#### Tapasztalat, magyarázat

A párolgás sebessége sok tényezőtől függ: a levegőben lévő víz, alkohol, benzin éter gőz parciális nyomásától, a folyadék hőmérsékletétől, forráspontjától, felületétől, a levegő cseréjétől a folyadékfelszín felett (légáramlás). Ezért nehéz pontosan összehasonlítani a párolgási sebességet. Kvalitatív képet viszont a tömeg csökkenés mérésével kaphatunk a folyamatról. A kísérletet meg lehet ismételni, ha hajszárítóval óvatosan elfújunk a mint afelett! Vigyázz, ki ne fújd a folyadékot az edényből!

### 46. Fa száraz lepárlásának tömegváltozása

#### Eszközök

- Kémcső
- Ékszermérleg
- Bunsen-égő
- Kémcsőfogó csipesz
- Hurkapálca

### Leírás

Mérd le az üres kémcső tömegét, majd tegyél bele 2-3 kb. 3 cm hosszú hurkapálca darabkát. Mérd meg így is a tömegét. Mennyi a hurkapálca tömege?

Tartsd lángba a kémcsövet, és figyeld meg a lejátszódó reakciót! Amikor a fa teljesen elszenesedett, várd meg míg kihűl és mérd meg a keletkezett faszén, és a kátrányos kémcső tömegét. Szomold ki, a fa hány százaléka lett a faszén, kátrány és gáz!

Elvégezheted a kísérletet különböző fák darabkáival (fenyő, bükk, tölgy, cseresznye, nyár)! Ügyelj, hogy száraz fát használj! A friss fa még sok nedvességet tartalmaz, ami a tömegarányokat jelentősen befolyásolja.

### Tapasztalat, magyarázat

A fa levegőtől elzárt hevítése során három fő alkotó keletkezik: faszén, fakátrány, és éghető gázok. Ugyanez a folyamat játszódik le a fa égése során is, a hő hatására gázok és kátrány keletkezik, amelyek lánggal elégnek, amikor már csak a faszén marad, amely égése lassabb, akkor már csak láng nélkül izzik, parázsluk a fa. Ezt a folyamatot jól megfigyelhetjük egy hurkapálca égése során is. Régen a fa hevítésével fűtésre alkalmas gázt, kátrányt és faszenet állítottak elő. A kátrány sok értékes vegyületet tartalmaz, amelyeket ma már szintetikusan állítanak elő, de régen a kátrányból nyerték ki. A szénégetés is ugyanez a folyamat, de ott csak a keletkező faszenet hasznosították, a gázok és a kátrány veszendőbe ment.

Minden fafajtára jellemző, hogy a hevítés során milyen a keletkező aszén, kátrány és gáz aránya. Ebben a mérésben ezt tudtuk megmérni.

## **47. Tömegváltozás oxidáció során**

### Eszközök

- Ékszermérleg
- Petri csésze
- Nátrium
- Alumínium
- $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  oldat

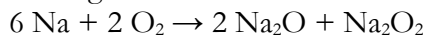
### Leírás

Végy egy kis darab nátriumot! Tisztítsd meg az olajtól, és vágd le az oxidálódott kérgét! Tedd egy kis tálba és mérd meg a tömegét! Hagyd a levegőn állni! Milyen változást tapasztalsz? Amikor végbement a reakció, mérd le újból a tömegét! Hogyan változott? Miért?

Végy egy darab alumíniumot, mártsd bele a higany(I)-klorid oldatba, majd tedd egy óraüvegre, és mérd le a tömegét! Figyeld meg, hogyan változik az alumínium, és kövesd a tömegének változását. Milyen reakció játszódik le?

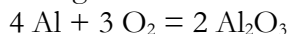
### Tapasztalat, magyarázat

A levegőn a nátrium oxidálódik. A fémes színű felülete sárgásfehér lesz a keletkező oxidoktól.



Látható, hogy a reakció során a nátrium oxid mellett nátrium-peroxid is képződik. Ha tökéletesen lejátszódik a reakció, akkor a keletkezett anyag tömegéből kiszámolható a két oxid aránya. Vigyázat, a keletkezett nátrium-oxid vízzel hevesen reagál, hőfejlődés mellett maró hatású nátrium-hidroxid képződik!

A higany(I)-klorid oldat megbontja az alumínium felületén a passzíváló oxid réteget, és ezért az alumínium elég gyorsan oxidálódik, fehér porrá alakul. A megkötött oxigén tömegével megnő a tömege.



## **V. Kísérletek multiméterrel**

## 48. Galvánelemek készítése

### Eszközök

- Multiméter
- 6 db 100 cm<sup>3</sup> pohár
- Szűrőpapír Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oldattal megnedvesítve
- Rézelektrod (pl. rézdrót), 1 M CuSO<sub>4</sub> oldat
- Cinkelektrod (pl. cink lemez), 1 M ZnCl<sub>2</sub> oldat
- Vas elektrod (pl. vasszög), 1 M Fe<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oldat
- Alumínium elektrod (pl. alumínium drót), 1 M Al<sub>3</sub>Cl oldat
- Magnézium elektrod (pl. magnézium szalag), 1 M MgCl<sub>2</sub> oldat
- Ezüst elektrod (pl. ezüst lánc, gyűrű), 1 M AgNO<sub>3</sub> oldat

### Leírás

Mindegyik pohárba tölts egy-egy oldatból 50 cm<sup>3</sup>-t, majd helyezd bele a fémeket, és a krokodilcsipesszel köss rá vezetékkel! Így elkészítetted az egyes fémek celláját! Két cellát/poharat állíts egymás mellé, és NaNO<sub>3</sub> vizes oldatával megnedvesített szűrőpapír csíkkal kösd össze! A papírcsík a két pohár fala fölött átívelve a két oldatba lóg. Mérd meg a két elektrod közötti feszültséget, és jegyezd fel az értékét. Végezd el a mérést az összes lehetséges párosításban is!

### Tapasztalat, magyarázat

A negatívabb fémek könnyebben oxidálódnak, a pozitívabbak könnyebben redukálódnak. Ezért ha elkészítjük a galván cellát, és az oldatokat másodfajú vezetővel (sóval átitatott szűrőpapír) a fémeket dróttal összekapcsoljuk, azaz zárjuk az áramkört, akkor a két elektrodon meghatározott feszültség mérhető. A negatívabb fém oxidálódik, azaz a fémből oldott fém ion keletkezik, míg a pozitívabb redukálódik, a fém ionból fém lesz, amely kiül az elektrodra. Eközben az áramkörön elektronok áramlanak az egyik elektródról a másikra. Az oldatban fém ionok áramlanak két pohár között a sóoldattal megnedvesített szűrőpapíron keresztül. Sóként azért alkalmazunk nátrium-nitrátot, mert az semelyik fémionnal nem lép kémiai reakcióba.

A két elektrod között fellépő feszültség nagysága attól függ, hogy melyik mennyire negatív vagy pozitív. Ha az elektródot standard hidrogén elektródhoz kapcsoljuk, akkor a másik elektródon mért feszültséget nevezzük az elektrod standardpotenciáljának.

| Elektrod            | Standardpotenciál |
|---------------------|-------------------|
| Mg/Mg <sup>2+</sup> | - 2,36 V          |
| Al/Al <sup>3+</sup> | - 1,66 V          |
| Zn/Zn <sup>2+</sup> | - 0,76 V          |
| Fe/Fe <sup>2+</sup> | - 0,44 V          |
| Cu/Cu <sup>2+</sup> | + 0,34 V          |
| Ag/Ag <sup>+</sup>  | + 0,80 V          |

Két elektrod között fellépő feszültség a két elektrod standardpotenciáljának különbsége.

Például a cink-réz elem esetén (ezt hívjuk Daniell-elemnek) a feszültség 0,34 V – (-0,76 V) = 1,1 V.

## 49. A Faraday-állandó meghatározása

### Eszközök

- Hoffman-féle vízbontó készülék
- Multiméter
- Egyenáramú áramforrás
- 1 M nátrium-szulfát oldat

### Leírás

Töltsd fel a vízbontó készüléket nátrium-szulfát vizes oldatával. Majd kapcsolj rá az áramforrást úgy, hogy egy műszerrel a vízbontó készüléken az áthaladó áramerősséget mérjük. 1 percenként jegyezd fel az áramerősséget és figyeld meg, változik-e az elektrolízis során! Amikor már elegendő gáz fejlődött, azaz annyi, amennyit még a készülék skáláján mérni tudunk, kapcsolj le az elektrolízist, és olvasd le a fejlődött gázok térfogatát! Számold ki, hány C töltés haladt át az áramkörön. A fejlődött gáz térfogatából, számold hány mól gáz fejlődött, és ehhez hány mól elektron volt szükséges! Végül számold ki, 1 mól elektronnak mekkora a töltése!

#### Tapasztalat, magyarázat

A vízbontáshoz Pt elektródok vannak beépítve a készülékbe, hogy azok ne vegyenek részt a reakcióban. A desztillált víz nem vezeti az áramot, mert nincsenek benne ionok, amelyek a másodfajú vezetést biztosítják. Ezért kell a vízben nátrium-szulfátot oldani, mert ezek az ionok jól vezetnek az áramot, de az elektródok felszínén nem lépnek reakcióba.

A lejátszódó reakciók a következők:

Anód:  $6 \text{H}_2\text{O} = \text{O}_2 + 4 \text{H}_3\text{O}^+ + 4 \text{e}^-$  savas kémhatású lesz

Katód:  $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- = \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$  lúgos kémhatású lesz

Mivel 25°C-on 1 mól gáz térfogata  $V_M = 24,5 \text{ dm}^3$ , a keletkezett hidrogén és oxigén térfogatából az anyagmennyiségük is kiszámolható.

$$n_{\text{H}_2} = V_{\text{H}_2}/V_M, n_{\text{O}_2} = V_{\text{O}_2}/V_M$$

Az egyenletekből látszik, hogy az oxigénnél négyszer, a hidrogénél kétszer több elektron vesz részt a reakcióban. Így az elektronok anyagmennyiségét is kiszámolhatjuk.

$$n_{\text{e}^-} = 2 \cdot V_{\text{H}_2}/V_M = 4 \cdot V_{\text{O}_2}/V_M$$

Tudjuk hogy egy áramkörön áthaladt töltés az áramerősség és az idő szorzata.

$$Q = I \cdot t$$

Amennyiben az elektrolízis során az áramerősség állandó volt, akkor egyszerű a számolás, ha változott, akkor a szabályos időközönként mért értékek átlagával számoljunk.

Faraday-számnak 1 mól elektron töltését nevezzük.

$$F = Q/n$$

A Faraday-szám a az elektrokémiában az egyik legfontosabb állandó, amely meghatározza, hogy egy elektrokémiai folyamathoz milyen töltésmennyiség szükséges. Pontos értéke a következő:

$F = 96.485,4 \text{ C/mol}$  Általában a  $96.550 \text{ C/mol}$  értéket szoktuk számolásokhoz használni.

## **50. A Faraday-állandó meghatározása 2.**

#### Eszközök

- Analitikai mérleg
- Spektrométer
- Tápegység
- 2 db Multiméter
- 2 db  $100 \text{ cm}^3$ -es pohár
- $\text{Na}_2\text{SO}_4$  oldattal átitatott szűrőpapír
- 0,1 M réz-szulfát oldat
- Rézelektród

#### Leírás

Mérd meg analitikai mérlegen a két rézelektród tömegét! A két pohárba tegyél pontosan  $50\text{--}50 \text{ cm}^3$  0,1 M  $\text{CuSO}_4$  oldatot. Kösd össze a megnedvesített szűrőpapírral, majd helyezd beléjük a rézelektrodákat! Kapcsolj az elektródokra a tápegységet! Az áramkörbe iktass be egy áramerősségmérőt, illetve az elektródokra egy feszültségmérőt is. 5 V feszültséggel kezd el elektrolizálni a rendszert. Folyamatosan ellenőrizd az elektródokon a feszültséget, és jegyezd fel az áramerősséget! Ha az áramerősség változik, jegyezd fel! Fél óra elektrolízis után, fejezd be a kísérletet. Mérd meg a rézelektrodok tömegét! Mennyi réz fogyott, illetve vált ki az elektródokon? A spektrofotométeren mérd meg a kiindulás oldat, majd az elektrolízis során képződött oldatok

spektrumát! Határozd meg ennek segítségével az oldatok koncentrációját. Mennyi réz ion fogyott, illetve oldódott a az oldatba? Megfelel-e az elektródokon mért változásoknak?

Az előző kísérlethez hasonlóan számold ki az áramerősség, az idő, és a réz tömegváltozása alapján 1 mól elektron töltését!

#### Tapasztalat, magyarázat

Az elektrolízis során az anódon rézből réz ionok képződnek, míg a katódon a réz ionokból réz keletkezik. A mennyiségük pontosan azonos.

Anód:  $\text{Cu} = \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$

Katód:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$

Az anód tömege csökken, az anód körül levő oldat rézion koncentrációja nő. A katód tömege nő, a katód körül levő oldat rézion koncentrációja csökken. Mindkét elektródon a kivált, illetve oldódott réz anyagmennyisége azonos.

Az áthaladt töltést, illetve a réz mólszámváltozását az előző kísérlethez hasonlóan kell kiszámolni. Hasonlítsd össze a kapott Faraday-állandó értéket az előző kísérletben kapott értékkel.

### **51. Réz mennyiségének gravimetriás mérése**

#### Eszközök

- 2 üvegpohár
- sóhíd
- 2 réz elektród
- tápegység
- ékszermérleg
- 0,1 M sósav
- 0,1 M  $\text{CuSO}_4$
- Réz tartalmú permetezőszer

#### Leírás

Réz tartalmú permetezőszerekből mérj ki 1 g-ot, majd adj hozzá 0,1 M sósavat, annyit, hogy tiszta oldatot kapjál. Meríts bele egy szén réz elektródot, amelynek a tömegét előtte analitikai mérlegen megmérte. Ehhez kapcsolj sóhíddal egy 0,1 M-os réz-szulfáttal készült réz elektródos cellát, amelyben az elektród tömegét szintén lemérted. Ezután kapcsolj rá feszültséget, az ismeretlen töménységű oldat legyen a katód, azaz a – pólus. Addig elektrolizáld, amíg az oldat el nem színtelenedik, és buborékok nem jelennek meg az elektród felszínén. Ezután szárítsd meg a rézelektrodákat, és mérd meg a tömegváltozást. Mennyit változott az ismeretlen oldatba nyúló elektród tömege? Mennyi volt a permetezőszer réz tartalma? Mennyit változott a másik elektród tömege? Hogyan viszonyul egymáshoz a két elektród tömege?

#### Tapasztalat, magyarázat

A réztartalmú permetezőszerek általában szuszpenzió formájában tartalmazzanak valamilyen réz vegyületet. Sósavval ezt először feltárjuk, oldatba visszük. Ezután katódként kapcsolva redukáljuk addig, amíg minden réz ion el nem fogy. Ezt jelzi az oldat elszíntelenedése és a a buborékok megjelenése, hiszen ha elfogyott a réz, akkor a hidrogén fog leválni a katódon. A rézelektrod tömege pontosan a réztartalomnak megfelelő tömeggel növekszik, így kiszámolhatjuk a bemért minta százalékos réztartalmát. Az anódként kapcsolt elektródon a réz oxidálódik, oldatba megy. Az oxidálódott réz mennyisége pontosan megfelel a redukálódott réz mennyiségével, tehát a tömegcsökkenés azonos a másik elektród tömegnövekedésével. Amennyiben már a hidrogénleválás is megindult, akkor a redukálódott hidrogénnek megfelelő mennyiségű réz oxidálódik, tehát a tömegcsökkenés ennek értékével nő.

### **52. Elektrolízis során a feszültség áramerősség összefüggés meghatározása**

### Eszközök

- Hoffman-féle vízbontó készülék
- Multiméter
- Egyenáramú áramforrás
- 1 M nátrium-szulfát oldat

### Leírás

Állítsd össze az előző kísérletkészülékét. Egy második műszert csatlakoztass a két elektródra, és mérd a közöttük lévő feszültséget. A tápegységen folyamatosan növeld a feszültséget, és 0,5 voltonként olvasd le a hozzá tartozó áramerősséget. 0-10 V között mérd.

A feljegyzett adatokból készíts egy feszültség-áramerősség grafikont. Mit tudsz a grafikonról leolvasni?

Végezd el a kísérletet más anyagokkal is!

### Tapasztalat, magyarázat

## 53. Koncentrációs elem készítése

### Eszközök

- Multiméter
- 2 db 100 cm<sup>3</sup> pohár
- Szűrőpapír Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oldattal megnedvesítve
- 2 db egyforma rézelektrod (pl. rézdrót)
- 1 M, 0,1 M, 0,01 M, 0,001 M réz-szulfát oldat

### Leírás

Az alábbi galvánelemet állítsd össze: a két pohárba 50-50 cm<sup>3</sup> oldatot tegyél, és kösd össze a megnedvesített szűrőpapírral. Használhatsz egy U alakú csőbe öntött nátrium-szulfátos zselét is erre célra. A két pohárba márts egy-egy réz elektródot, és mérd meg közöttük a feszültséget a multiméterrel! A mérési adataidat jegyezd le!

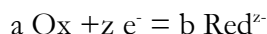
Az első pohárban folyamatosan 1 M-os réz-szulfát oldat legyen, míg a másikban először 0,001 M-ossal végezd el a mérést, majd rendre a 0,01 M, 0,1 M végül 1 M-os oldatokkal. A hígabbtól haladj a töményebb felé!

Van-e feszültség az elektródok között? Hogyan változik a koncentrációval?

Végezd el a kísérletet vas – vas-szulfát elektróddal is! Ekkor milyen feszültség értékeket kapsz?

### Tapasztalat, magyarázat

Egy elektród potenciálja nem csak az elektródon lejátszódó folyamattól, hanem a folyamatban részt vevő (kiindulási, vagy végtermék) anyagok koncentrációjától is függ. A szilárd anyagokban ezt 1-nek vesszük, de az oldatoknál már jelentős a koncentráció szerepe. A pontos összefüggést egy redoxi folyamatra a Nerst-egyenlet adja meg.



$$E = E_{\text{st}} + 2,303 \frac{RT}{zF} \lg \frac{[\text{Ox}]^a}{[\text{Red}]^b}$$

ahol:

**E** a T hőmérsékleten mért elektródpotenciál

**E<sub>st</sub>** a T hőmérsékleten mért standardpotenciál

**R** az egyetemes gázállandó (8,314 J/mol\*K)

**T** a hőmérséklet

**z** az elektronszám változás a redoxi reakcióban

**F** a Faraday-féle szám (96.550 C/mol)

**[ox], [red]** a folyamatban résztvevő oxidált illetve redukált állapotú anyag koncentrációja

**a és b** a redoxi folyamatban a sztöchiometriai számok.

Mivel a fém elektródoknál a redukált forma a tiszta fém, amelyben a fém koncentrációja 1, ezért ha az állandókat is behelyettesítjük egy adott hőmérsékletre, akkor a következő egyszerűbb egyenlethez jutunk:

$$E_{25^{\circ}\text{C}} = E_{\text{St}} + 0,059/z \cdot \lg[\text{Ox}]^a$$

Azaz ha egy reakcióban egy elektron vesz csak részt, és az oxidált anyagból is csak egy vesz részt, akkor tizedére hígítva az oldatot 0,059 V-tal nő ez elektródpotenciál.

## 54. Gyümölcsselemek készítése

### Eszközök

- Alma, vagy narancs, vagy citrom
- Rézhuzal, vasszőg, alumínium drót
- Multiméter

### Leírás

Az almába szúrjuk bele a fémdarabjainkat, és mérjük meg közöttük a feszültséget! AZ eredményeket jegyezzük fel! Miért alakul ki feszültség az egyes fémek között? Miért kell hozzá a gyümölcs?

### Tapasztalat, magyarázat

A gyümölcsben lévő oldott sók és főleg szerves savak a lédús gyümölcsöt másodfajú vezetővé teszik. A fémek felületén ionok oldódhatnak a gyümölcsbe, illetve akár gáz is fejlődhet. Azaz mint egy galván-elem elektródja működik. Ezért alakul ki feszültség rajta. Ez a feszültség természetesen nem fele meg a standard potenciálnak, mert a fém nem a saját sójának 1 M-os oldatába merül, de a redoxi folyamat így is végbe megy. A negatívabb elem itt is a negatív sarka, a pozitívabb elem a pozitív sarka lesz a galván-elemnek.

## 55. Helyi elemek feszültségének mérése

### Eszközök

- Multiméter
- Rézhuzal
- Alumínium drót
- Víz, sós víz

### Leírás

Tegyük a réz és alumínium drótot nagyon köze egymáshoz úgy, hogy ne érjenek össze. Kapcsoljuk rá a feszültségmérőt! Csöppentsünk közé pár csepp vizet, hogy összekösse a két fémet! Mérjük meg, keletkezett-e feszültség és áramerősséget a két fém között. Végezzük el a kísérletet sós vízzel is! Miben lesz más az eredmény?

### Tapasztalat, magyarázat

A víz hatására a két különböző fémből galván-elem alakul ki, amelynek feszültségét meg tudjuk mérni. Ezért a negatívabb fém oxidálódni, oldódni kezd. A sós víz, mivel jobb áramvezető, gyorsítja a folyamatot. Az így képződött elemeket helyi elemeknek is hívjuk. A fémek korrózióját nagyban befolyásolják. Ugyanakkor ezt a jelenséget fémek védelmére is fel lehet használni. Ha negatívabb fémet kapcsolunk a védendő fémhez, akkor a negatívabb fém fog csak oldódni, ezzel megvédi a másik fémet a korróziótól. Ez a szerepe a cink bevonatnak a vaslemezen (szürke bádog), az alumínium rúdnak (anód) a villanybojlerekben, illetve a fölbe rejtett vasszerkezeteket is így védik meg a korróziótól. Mivel a védendő katódként van kapcsolva, ezért ezt katódos védelemnek is szokták nevezni.

## 56. Elektrodok potenciáljának pH függése

### Eszközök

- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{Cr}^{3+}$
- $\text{KClO}_4 - \text{KClO}_3$
- $\text{KMnO}_4 - \text{MnO}_2$

### Leírás

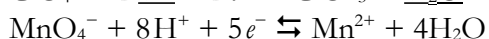
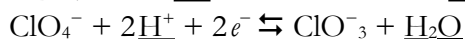
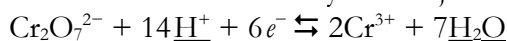
Készíts oldatot, amelynek  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  és  $\text{CrCl}_3$  tartalma egyaránt 1 M-os! Különböző poharakba mérj ki  $90 \text{ cm}^3$  különböző, ismert pH-jú puffert, és adj mindegyikhez  $10 \text{ cm}^3$  a kromát-krom/III/ oldatból. Meríts bele egy grafit elektródot! Készíts egy réz-1 M réz-szulfát elektródot, és kapcsold egymás után a különböző pH-jú króm elektródhoz. Mérd meg a két elektród közötti feszültséget, jegyezd fel, és ábrázold a pH függvényében! Mit tapasztalsz?

Végezd el ugyanezt a mérést  $\text{KClO}_4 - \text{KClO}_3$  oldattal, és  $\text{KMnO}_4 - \text{MnCl}_2$  oldattal is!

Az egyes oldatok elektródpotenciálját mérjük meg műszerrel is! Az így mért értékek összhangban vannak-e a réz-elektóddal mérté értékekkel?

### Tapasztalat, magyarázat

A három elektródon az alábbi folyamatok játszódnak le:



Mindegyik esetben a redukcióhoz  $\text{H}^+$  ion kell, az oxidáció során  $\text{H}^+$  ion szabadul fel. Ezért ez a reakció a  $\text{H}^+$  ion koncentrációtól, azaz a pH-tól függ. A Nerst-egyenlet alapján láttuk, hogy az elektródpotenciál függ a résztvevő anyagok koncentrációjától, ezért a mért feszültség függ a pH-tól. A másik elektródnak itt réz-réz-szulfát elektródot javasoltunk,  $E_0 = +0,34 \text{ V}$ . Ha pontosan szeretnénk az elektród potenciált mérni, akkor standard hidrogén elektródot kellene használnunk  $E_0 = 0,00 \text{ V}$ . Ha ez elérhető, mérjük azzal, ha nem áll rendelkezésre, mérjük a réz elektróddal. Amennyiben van a szertárban kalomel elektród, azt is lehet másik elektródként használni.  $E_0 = +0,2412 \text{ V}$

## 57. Akkumulátorok töltése, energiasűrűsége

### Eszközök

- AA méretű akkumulátor
- Akkumulátortöltő
- 2 multiméter
- Ékszermérleg
- Vezeték krokodilcsipeszekkel

### Leírás

Mérjük meg az akkumulátor tömegét! Az akkumulátortöltőhöz csatlakoztassuk a vezetékeket úgy, hogy egy multimétert sorosan kapcsoljunk áramerősségmérőnek, és másikat párhuzamosan az akkumulátor sarkaira feszültségmérőnek. Kezdjük tölteni az akkumulátort, és jegyezzük fel az áramerősséget és a feszültséget. Figyeljük meg, mikor áll le az akkumulátor töltése.

Számoljuk ki az áramerősség és az töltési idő segítségével az áthaladt, azaz a töltésre fordított töltés mennyiségét! Számoljuk ki az áramerősség és a feszültség segítségével a töltés teljesítményét, illetve a töltési időt figyelembe véve a töltésre fordított energiát. Végül számoljuk ki az energia és a tömeg segítségével az akkumulátor áramsűrűségét.

### Tapasztalat, magyarázat

Az akkumulátorok egyik fontos jellemzője, hogy egységnyi tömege mekkora energiát tud elraktározni. E kísérletben ezt határozzuk meg.

$$P = U \cdot I$$

$W = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$ , amennyiben a feszültség, vagy az áramerősség a töltés során változik, akkor integrálni kell a munka kiszámítása során. Ezt lehet helyettesíteni azzal, ha kiszámítjuk a feszültség, illetve az áramerősség idő szerint súlyozott átlagát.

Energiasűrűség:  $W/m$

A Nikkel-fémhidrid (NiMH) akkumulátor, amelyen az AA méretű akkumulátorok legtöbbje 0,11-0,29 MJ/kg energiasűrűségűek.

Az autókban használt ólomakkumulátor csak 0,11-0,14 MJ/kg energiasűrűségű.

A lítium akkumulátorok, amelyeket a laptopban, mobiltelefonban használnak 0,47-0,72 MJ/kg energiasűrűségűek.

Legnagyobb energiasűrűsége a lítium-kén akkumulátornak van: 0,94-1,44 MJ/kg.

## VI. Kísérletek hőmérővel

### 58. Exoterm és endoterm reakciók vizsgálata

#### Eszközök

- Hőmérő
- Kémcső
- Víz
- NaOH
- $NH_4Cl$

#### Leírás

Az egyik kémcsőbe tegyél egy pasztilla nátrium-hidroxidot, a másodikba egy fél vegyszeres kanál ammónium-kloridot. Mindkettőbe állíts bele egy-egy hőmérőt, majd adj hozzájuk két-két ujjnyi vizet. Olvasd le az oldatok hőmérsékletét először  $\frac{1}{2}$  percenként, majd percenként! A mérési eredményeidet ábrázold! Mi a különbség a két anyag oldódása között?

#### Tapasztalat, magyarázat

A nátriumhidroxid oldódása erősen exoterm folyamat, ezért az oldat nagyon felmelegszik. Egy ideig melegszik, majd beáll az egyensúly, az teljes oldódás után lassan hűlni kezd.

Az ammónium-klorid oldódása erősen endoterm, ezért az oldat lehűl. Egy ideig hűl, majd beáll az egyensúly, a teljes oldódás után lassan melegedni kezd.

### 59. Víz fajhőjének mérése

#### Eszközök

- 200 és 1000  $cm^3$ -es főzőpohár, amelyek egymásba tehetők
- Mágneses keverő keverőmágnessel
- Hőmérő
- Merülő vízforraló
- Multiméter
- Hungarocell golyócskák
- Hungarocell lap
- Bunsen-állvány, fogó, dió

#### Leírás

Tegy az 1000  $cm^3$ -es pohár aljára annyi hungarocell golyócskát, hogy beletéve a kisebbik főzőpohár szája egy szintben legyen vele. A két pohár közét is töltsd meg hungarocell golyócskákkal. Vigyázz, a hungarocell elektrosztatikusan könnyen feltöltődik, és mindenhez odatapad. A hungarocell lapból vágj ki egy korongot, amely befedi a puharakat és a közepére fúrj egy akkora lyukat, hogy a hőmérőt bele tudd dugni. Így elkészült a hőszigetelő edényed. Állítsd a mágnes keverőre, és tedd bele a

keverőmágnest! Rögzítsd az egészet a Bunsen-állványon! A hőmérőt és a merülő vízforralót rögzítsd az állványon úgy, hogy a végük ne érjen a mágnes útjába!

Önts a belső pohárba pontosan 100 cm<sup>3</sup> vizet, kapcsolod be a keverést, majd kezd el melegíteni a merülő vízforralóval úgy, hogy közben az áthaladó áram erősségét is mérd! Az áramerősséget folyamatosan ellenőrizd, hogy állandó-e (annak kell lennie)! Mérd meg mennyi idő telik el, amíg 10, 20, 30 °C-ot melegszik, majd állítsd le a melegítést! Feszültségmérővel mérd meg a merülő vízforralót tápláló hálózat feszültségét is (230 V kell legyen)! Mind az áramerősség, mind a feszültségmérésnél nagyon vigyázz, mert hálózati feszültséggel dolgozol, amelynek áramütése veszélyes!

Számold ki a vízforraló által leadott energiát, amíg 10, 20, 30 °C-ot melegedett a víz! Számold ki ebből a víz fajhőjét!

#### Tapasztalat, magyarázat

A hungarocellal hőszigeteltük a belső poharat, így a merülőforraló energiája csak a víz melegítésére fordítódik. A leadott energiát, a hőmérsékletváltozást, illetve a víz tömegét ismerjük, kiszámolhatjuk, így ezekből meghatározható a víz fajhője. Mivel a hőszigetelésünk nem teljes, a pohár melegítésére is fordítódik valamennyi energia, és a melegedő víz is párolog, ezért mérési eredményünk nem lesz pontos.

$$E_{\text{leadott}} = Q = U \cdot I \quad C_{\text{víz}} = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} = \frac{U \cdot I}{m \cdot \Delta T}$$

Pontos értéke:  $C_v = 4,175 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

### 60. Oldáshő mérése

#### Eszközök

- Két különböző méretű főzőpohár, amelyek egymásba tehetők
- Mágneses keverő keverőmágnessel
- Hőmérő
- Hungarocell golyócskák
- Hungarocell lap
- Bunsen-állvány, fogó, dió
- NaOH
- NH<sub>4</sub>Cl

#### Leírás

Állítsd össze az előző kísérletben leírt készüléket, csak a merülő vízforralót ne tedd bele!

Tegy pontosan 50 cm<sup>3</sup> vizet a pohárba, és indítsd el a keverést! Mérd meg egy pasztilla NaOH tömegét, és dobd a hőszigetelt pohárkában lévő vízbe! Gyorsan dolgozz, hogy a levegő nedvességét ne vegye fel a mérés közben! Olvasd le fél percenként a hőmérsékletet. Ábrázold az eredményeidet! Mennyit változott a víz hőmérséklete a nátrium-hidroxid oldódása során? Számold ki a nátrium-hidroxid oldáshőjét a víz pontos, és az előző kísérletben általad mért fajhőjének segítségével! Vesd össze az irodalmi adattal! Miből adódhat az eltérés?

Végezd el a kísérletet ammónium-kloriddal is!

#### Tapasztalat, magyarázat

A nátrium-hidroxid oldódása exoterm folyamat. Ha hőszigetelt edényben dolgozunk, a fejlődött hő kizárólag az oldat felmelegedésére fordítódik. Mivel a víz fajhőjét ismerjük ( $C_v = 4,175 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ ), a hőmérsékletemelkedésből a felszabaduló energia mennyiségét is ki tudjuk számolni. A bemért nátrium-hidroxid tömegéből az anyagmennyisége kiszámolható. Ezekből az adatokból a moláris oldáshő is meghatározható.

$$Q = c_v \cdot m \cdot \Delta T$$

$$n = m/M$$

$$\Delta H_o = Q/n = Q \cdot M/m$$

A pontos értéke 0,28 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú oldat előállításakor – 42,3 kJ/mol.

Mivel a keletkezett nátrium-hidroxid oldat fajhője nem egyezik meg a vízéval, és a mérés közben a hőszigetelés ellenére van hőveszteség, ezért számolásunk csak közelítően lesz pontos. Végezd el a mérést ammónim-kloriddal is!

## 61. Különböző színű testek felmelegedése

### Eszközök

- 4 hőmérő
- Infralámpa
- Bunsen-állvány, fogó, dió
- Gyufaskatulyák bevonva fehér, fekete papírral és alufóliával

### Leírás

Négy gyufaskatulyát, egy fehér és egy fekete papírral, valamint egy alufóliával bevontat és egy kb. 45°-ban ferdén elhelyezett fekete papírral bevontat melegít infralámpával. Az infralámpát a Bunsen-állványba fogd be és olyan magasságban helyezd a gyufaskatulyák fölé, hogy mindengyiket egyformán megvilágítsa. A skatulyák oldalán vágj egy kis lyukat, ahova hőmérőt dugd be, hogy a hőmérsékletét mérjük. Kapcsold be az infralámpát, és a hőmérsékletet percenként, majd két percenként, végül 5 percenként olvasd le! A mérési adatokból készíts táblázatot, és grafikonon ábrázold! Melyik hogyan melegedett? Miért? Milyen időjárást befolyásoló jelenségeket lehet ezzel megmagyarázni?

### Tapasztalat, magyarázat

A négy gyufaskatulya különböző módon nyeli el a hősugarakat. Az alufóliával (ezüst) és a fehér papírral bevont visszaveri, ezért lassabban és kevésbé melegszik, míg a fekete elnyel minden hősugarat, ezért gyorsan melegszik. A ferde skatulya, annak ellenére, hogy fekete, lassabban és kevésbé melegszik, mert a sugarak nem merőlegesen érik, így kisebb a felületegységre jutó hősugárzás.

A kísérlet igazából nem a fizikai, hanem földrajzi. Azt mutatja be, hogy a különböző földfelszín más-más módon nyeli el a Nap sugárzását, másképp melegszik. A fehér a havas tájnak, a fekete a földnek, az alufólia a víznek, míg a ferde skatulya a domboldalnak, az alkonyi napsugárzásnak felel meg. Az alábbi grafikon egy korábbi mérés eredményeit mutatja be.

**Felmelegedés a felület színének függvényében**

