

Dr. Rózsahegyi Márta – Dr. Wajand Judit
egyetemi docens egyetemi docens
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Tanulmányozzuk a részecskék mozgását!

Annak, hogy kémiai változás végbemenjen a különböző anyagok között, az egyik alapfeltétele, hogy a részecskék találkozzanak, **ütközzenek**. Ahhoz, hogy ez megtörténjék, az anyagokat alkotó részecskéknek mozogniuk kell. Az ütközés csak szükséges, de nem elégséges feltétele a reakciónak, hiszen az ütközés irányától, energiájától és még számos további tényezőtől függ, hogy létrejön-e a reakció vagy sem.

Az anyagok részecskéi szilárd, folyékony és gázhalmazállapotban különbözőképpen mozoghatnak. Szilárd halmazállapotban csupán rezgő mozgást, folyékonyban egyirányú haladó mozgást, gázhalmaz-állapotban pedig a tér minden irányában rendezetlen mozgást végezhetnek. A részecskék mozgásának sebességét viszont a hőmérséklet szabja meg.

Szabad szemmel, sőt sajnos mikroszkóppal sem követhetjük a kémiai részecskék mozgását, ezért cikkünkben ajánlunk néhány olyan kísérletet, amelyek eredményeként viszont egyértelműen következtethetünk a reagáló anyagok részecskéinek a mozgására, sebességére.

Ammónia és hidrogén-klorid diffúziója levegőben

Szükséges anyagok: koncentrált ammónia- és sósavoldat, vatta.

Eszközök: 60-80 cm hosszú és kb. 2 cm átmérőjű üvegcső,
2 db gumidugó, 2 db gombostű, sötét papír.

Végrehajtás:

Gombostűvel rögzítsünk egy-egy vattapamacsot a dugók keskenyebb végéhez. Itassuk át az egyik vattacsomót koncentrált ammóniaoldattal, a másikat koncentrált sósavval úgy, hogy az oldatok ne csöpögjenek, de a vatta nedves legyen. Ezt a műveletet úgy végezzük, hogy a két vegyszeres üveg, illetve a bemártott vatták jelentős – néhány méteres távolságban – legyenek! A dugókat egyszerre helyezzük a cső két végébe. Tegyük a csövet sötét háttér elé és figyeljük meg, hogy melyik végéhez közelebb jelenik meg a fehér füstgyűrű.

Magyarázat:

A sósavas vattához közelebb jelenik meg a fehér füst, ami azt mutatja, hogy adott idő alatt az ammóniamolekulák nagyobb utat tesznek meg, azaz gyorsabban mozognak, mint a hidrogén-klorid-molekulák. Ez azzal magyarázható, hogy az ammóniamolekulák tömege kb. fele a hidrogén-klorid-molekulák tömegének. A kinetikus gázelmélet szerint a gázmolekulák átlagos sebessége fordítottan arányos a tömegük négyzetgyökével.

A két vegyület között sav-bázis reakció megy végbe, a termék: ammónium-klorid, ezt látjuk fehér füstként:

**A színtelen só megkékül**

Szükséges anyagok: kristályos réz(II)-szulfát és nátrium-karbonát.

Eszközök: vegyszeres kanál, dörzsmozsár, porcelántégely, gázegő, kémcsőfogó csipesz, kémcső jól záró dugóval.

Végrehajtás:

Kiskanálnyi réz(II)-szulfátot porítsunk el, szórjuk porcelántégelybe, kevergetés közben közvetlen lánggal hevítsük addig, amíg a kék színű anyag színtelenné válik. Egy tiszta, száraz kémcső aljára szórjunk egy kiskanálnyi kristályos szódát ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), hozzuk vízszintes helyzetbe a kémcsövet, a másik végére helyezzünk kiskanálnyi kihevített réz(II)-szulfátot. Zárjuk le a kémcső nyílását dugóval és vízszintes helyzetben tegyük el azt. Minden nap ellenőrizzük a kémcsőbe zárt anyagokat. Azt tapasztaljuk, hogy a színtelen réz(II)-szulfát fokozatosan kékre változik, a kristályos nátrium-karbonát elveszíti a fényét és porrá esik szét.

Magyarázat:

A kristálysóda állás közben fokozatosan elveszíti a kristályvizét. A felszabaduló vízmolekulák diffúzióval eljutnak a vízmentes réz(II)-szulfáthoz és ott megkötődnek. Így jelenik meg fokozatosan a hidratált réz(II)-ionok kék színe.

A klórgáz diffúziója

Szükséges anyagok: 1-2 gyufaszál, kálium-jodid, koncentrált sósav.

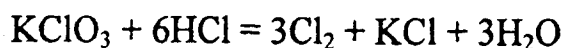
Eszközök: üveglap (vagy csempelap), kés, vegyszeres kanál, cseppentő, nagyobb kristályosító tál.

Végrehajtás:

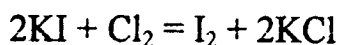
Egy késsel kaparjuk le egy-két gyufa fejét, készítünk az így kapott anyagból kis halmot az üveglap közepére. Ettől különböző távolságokban helyezünk el rizsszem nagyságú kálium-jodid kupacokat. Cseppentsünk a gyufafejből nyert anyagra 2 csepp koncentrált sósavat, majd azonnal fedjük le az üveglapot a felfordított kristályosító csészével. Figyeljük meg a színtelen kálium-jodid halmok változását. Azt tapasztaljuk, hogy minél közelebb van a kálium-jodid, annál előbb változik sárgára, majd sötét barnás lilára.

Magyarázat:

A gyufafejben oxidálószer, kálium-klorát van. Ez reakcióba lép a sósavval, aminek eredményeként klórgáz fejlődik:



A klórgáz diffúzióval eljut a kálium-jodidhoz, és redoxireakcióval jódot szabadít fel:



A jód kiválása miatt változik a szín.

Részecskék mozgása oldatokban

Szükséges anyagok: réz(II)-szulfát, vas(III)-klorid, ólom-nitrát, kálium-jodid, desztillált víz, milliméterpapír.

Eszközök: 2 db üveglap, kristályosító csésze, 4 db főzőpohár, vegyszeres kanál, táramérleg, csepegtető.

Végrehajtás:

1. kísérlet: 3 g elporított réz(II)-szulfátot oldjunk fel 15 cm³ desztillált vízben. (Melegítéssel az oldás meggyorsítható.) Az üveglapra öntsünk egy keveset a kapott kék színű oldatból, majd attól kb. 1 cm távolságban desztillált vízből csináljunk egy kis tócsát. Kössük össze a két tócsát egy-két csepp vízzel, figyeljük a változást. A színtelen pocsolya fokozatosan kék színűre változik.

2. kísérlet: 3 g vas(III)-kloridból készítünk 10 cm³ desztillált vízzel oldatot. Egy száraz üveglapra öntsünk ki egy keveset az 1. kísérletben használt kék színű oldatból, majd attól 1 cm távolságra a sárga színű vas(III)-klorid-oldatból képezzünk egy sárga foltot. Kössük össze a két tócsát egy-két csepp vízzel. Rövid idő alatt mindkét folt színe **zöldre változik**.

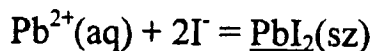
3. Oldjunk fel 0,33 g ólom-nitrátot 10 cm³ desztillált vízben, majd ugyanennyi kálium-jodidot ugyancsak 10 cm³ desztillált vízben. Egy kristályosító csészébe öntsünk desztillált vizet 4-5 mm vastagságú rétegben. Állítsuk a csészét egy milliméter papírra, majd a csészébe középvonalában a szélektől egy-egy cm távolságban cseppentsünk egyszerre az egyik oldalon egy csepp ólom-nitrát-oldatot, a másik oldalon egy csepp kálium-jodid-oldatot. Figyeljük meg, hogy hol jelenik meg a szép csillogó **sárga csapadék**.

Magyarázat:

Az 1. kísérletben használt oldat kék színét a hidratált réz(II)-ionok okozzák, a másodikban pedig a vas(III)-ionok eredményezik a sárga színt. Az 1. kísérletben a rézionok átdiffundálnak a vízbe, ezért kékül meg a szintelen tócsa.

A 2. kísérletben a réz- és vasionok mozgása, keveredése eredményezi azt, hogy a kék és a sárga színből kialakuló zöld színt látjuk mindkét foltban rövid idő múlva.

A 3. kísérletben az ólom- és a jodidionok diffúzió sebességét hasonlíthatjuk össze. A kisebb tömegű jodidionok mozognak nagyobb sebességgel, ezért a sárga csapadék az ólom-nitrát becsöppentéséhez viszonylag közel jelenik meg:



A kísérlet szilárd fázisú reagensekkel is elvégezhető, de a sárga szín megjelenése csak a két szilárd anyag határfelületén és hosszú idő múlva várható.

Runge-képek készítése

Szükséges anyagok: 5 tömegszázalékos vas(III)-szulfát-, 6 tömegszázalékos réz(II)-szulfát-, 15 tömegszázalékos mangán(II)-szulfát-, 4 tömegszázalékos kálium-hidroxid-, 8 tömegszázalékos kálium-szulfát-, 5 tömegszázalékos nátrium-szulfát-, 3 tömegszázalékos kálium-hexaciano-

ferrát(II)-, 3 tömegszázalékos kálium-kromát-, 2 tömegszázalékos oxálsavoldat, szűrőpapír.

Eszközök: 5 db kristályosító csésze, olló, csepegtetők.

Végrehajtás:

Vágjunk ki szűrőpapírból 5 db 10 cm átmérőjű körlapot. Helyezzük azokat egy-egy kristályosító csésze fölé. Fontos, hogy a papír vízszintes helyzetben legyen, mert a rácseppentett oldatok csak így tudnak minden irányban egyenletesen szétterjedni. Az első négy képnél a papír közepére cseppentsünk az A-oldatból, csak akkor cseppentsünk újra, ha az előző csepp már felszívódott. Az ötödik kép úgy készül, hogy az A-oldatból egy-egy cseppet cseppentünk négy pontra úgy, hogy azok négyzetet alkossanak.

Majd mindegyik lap közepére cseppentsünk a megfelelő B-oldatból. A képeket hagyjuk félig megszáradni, majd helyezzük át egy nagyobb szűrőpapírra és a teljes száradásig maradjanak ott.

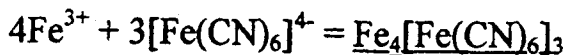
A-oldat	B-oldat
1. kép 5%-os $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ -oldat	3%-os $\text{K}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
2. kép 6%-os CuSO_4 -oldat	3%-os $\text{K}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
3. kép 8%-os MnSO_4 - és 3%-os CuSO_4 -oldat	4%-os KOH-oldat
4. kép 15%-os MnSO_4 - és 8%-os K_2SO_4 -oldat	3%-os $\text{K}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ - és 3%-os K_2CrO_4 - és 5%-os KOH-oldat
5. kép 5%-os MnSO_4 - és 5%-os Na_2SO_4 - és 3%-os FeSO_4 -oldat	4%-os $\text{K}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ - és 2%-os oxálsavoldat

Magyarázat:

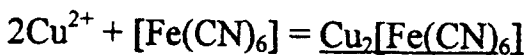
A múlt század közepén **F.F. Runge** német kémikus figyelte meg azt az érdekes jelenséget, hogy ha bizonyos oldatokkal átitatott szűrőpapír közepére egy másik oldatot csepegtetett, akkor változatos, színes alakzatok képződtek. A képek közös jellegzetessége volt, hogy koncentrikus, színes gyűrűk rajzolódtak ki, hasonlóak az achát vagy a malachit mintázataihoz vagy a fák évgyűrűihez. Runge két könyvében 46 féle kép készítését írta le. A szakirodalomban mégis egy másik tudósról, **R.E. Liesegang**ról nevezték el a jelenséget, aki zselatinban vizsgálta a gyűrűk megjelenését.

A színes gyűrűk kialakulását a két oldat komponensei között végbe-
menő csapadékképződési reakciók okozzák.

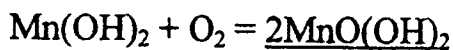
Az 1. képen a következő történik:



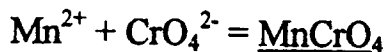
A 2. kép a következő reakció eredménye.



A 3. kép esetében először fehér mangán(II)-hidroxid és zöldeskék
réz(II)-hidroxid csapadék válik le. A mangán(II)-hidroxid a levegő oxi-
génjének hatására átalakul barna színű mangán(IV)-oxid-hidroxiddá:



A 4. kép domináló barna tónusát a mangán-kromát-csapadék ered-
ményezi:



Az 5. kép esetében a sötétkék gyűrűrendszert a $\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ összeté-
telű csapadék képezi.

A Liesegang-gyűrűk keletkezésére már sokan próbáltak magyaráza-
tot adni. A jelenség kialakulását sok tényező befolyásolja. Mindenképpen itt
is fontos szerepet játszik az, hogy a **különböző ionok különböző
sebességgel mozognak** az adott közegben.

Javasoljuk a kísérletek elvégzését, mert az ismeretek gyarapítása
mellett esztétikai élményt is nyújtanak.

Irodalom

- [1] Rózsahegyi Márta – Wajand Judit: 575 kísérlet a kémia tanításához,
Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest, 1994.
- [2] Saint-Antonin, F.J. Chem. Ed. 2003, 80, 288-290 o.
- [3] Barna Zsuzsanna szakdolgozat, ELTE, Budapest, 1997.