

Magyarországon ma többféle alternatív pedagógiai mozgalom próbál teret nyerni. Ezek közé tartozik a *Rudolf Steiner* (1861-1925) által kidolgozott Waldorf pedagógia, *Montessori* (1870-1952) nevelési koncepciója, *Freinet* (1895-1966) pedagógiája és *Carl Rogers* (1902-1987) tanulóközpontú nevelési programja.

Sokan úgy hiszik, ezen pedagógiáknak semmiféle előzménye nincs hazánkban. Holott van. Érdeemes tudni, hogy a két világháború között két Montessori-intézmény (óvoda, iskola) és egy Waldorf iskola is működött Budapesten.

Majd több évtizedes csönd következett.

Néhány éve ismét működik Montessori- és Waldorf-iskola Magyarországon.

IRODALOM

Rogers, C. (1986): A tanulás szabadsága a 80-as években. JGyTF, Szeged.

Sweeney, M.E. (1991): Alternative education and „alternative” schools. Why dropout schools aren't alternative. In: Miller, R. (szerk.): New directions in education. Hollistic Education Press, Brandon. 206-213 p.

ZSOLNAI ANIKÓ

A körülmények hatalma

A réz meglepő redoxireakciói*

Az emberiség már ősidők óta ismeri és felhasználja a fémeket. Először valószínűleg az elemi állapotban is előforduló fémes elemeket fedezték fel, mint például az aranyat, az ezüstöt, a rezet. Az ókorban mindössze hét fémot tartottak számon, pontosan annyit, ahány bolygót ismertek. A rezet a Vénusz bolygó megfelelőjének tekintették, talán szép, csillogó, vörössárga színe miatt is. Ez a csillogás azonban a környezeti hatásokra hamar eltűnik. A rézlemezekkel borított tetők csakhamar megzöldülnek a bázisos réz(II)-karbonát keletkezése miatt. A rézből készült konyhai edények is igen szépek, de veszélyesek. Savanyú étel hatására „oldódnak”, réz(II)-sók keletkeznek, amelyek vízdoldékok és így mérgezést okozhatnak. (1)

Miért alakul ilyen könnyen a réz kationná, amikor a fémek jellemerősségi sorában elfoglalt helye, elektronegativitása (1,9) és elektrokémiai standard-redoxipotenciál értéke (+0,34 V) alapján nehezen oxidálódó fémnek tekinthetjük?

Laboratóriumi kísérletekkel is megmutathatjuk, hogy a réz savakkal hidrogén fejlődése közben reakcióba nem lép, csak megfelelő koncentrációjú oxisavak képesek oldani, salétromsav esetén nitrogén-oxidok, kénsav esetén kén-dioxid keletkezése közben. Felüle-

Reakció	Kémiai tulajdonságaik									
	nem nemes fémek					nemes fémek				
	Ca	Mg	Mn	Cr	Co	Sn	H	Hg	Pt	
A levegő O ₂ -vel	K	Na	Al	Zn	Fe	Ni	Pb	Cu	Ag	Au
	csökken ← elektrokémiai standard potenciál → nő									
	hevesen					lassan			nem reagálnak	
Vízzel	hevesen					lassan			nem reagálnak	
	hevesen					lassan			csak oxisavakkal	
Savakkal	Redoxi reakció hidrogénfejlődéssel: $\text{Fe} + 2 \text{H}^+_{(\text{aq})} = \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{H}_2$					Redoxi reakció hidrogén keletkezése nélkül: $\text{Cu} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})} + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$				

* Szemelvények a XXI. OTDK-n (Bessenyei György Tanárképző Főiskola) II. díjat nyert dolgozatról

tén a levegő oxigénjének hatására szobahőmérsékleten és 0,1 MPa nyomáson oxidréteg sem képződik. (1,3,4,6)

A táblázatból leolvasható, hogy a réz az említett okoknál fogva vízzel sem lép redoxi-reakcióba, ezért – bár a réz(II)-ion erősen komplexképző – az elemi réz *levegőtől elzárva* ammónia vizes oldatában számottevő mértékben nem oldódik a jól ismert mélykék színű réz(II)-tetramin komplex-kation $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ keletkezése közben.

A standard redoxi-potenciálértékek és a kísérleti tapasztalatok alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy a réz *lúgokkal egyáltalán, savakkal pedig hidrogénfejlődés közben nem lép reakcióba*.

Hogy is van ez a valóságban?

Változtassuk meg egy kicsit a *körülményeket*, s a kísérleti tapasztalatok máris ellentmondani látszanak előbbi megállapításainknak.

Reagáltassunk *nyitott* kémcsövekben rezet először koncentrált sósav-oldattal (2) azután koncentrált ammóniaoldattal!

Réz reakciója sósav-oldattal

Szükséges anyagok: rézforgács, koncentrált sósav- és ammónia-oldat, víz

Szükséges eszközök: 2 db kémcső, csipesz, Bunsen-égő, nagyobb főzőpohár a vízfürdőhöz, vas háromláb, azbesztes drótháló

Végrehajtás: A rézforgácsot hideg koncentrált sósavval mossuk le, az oxidréteg eltávolítása végett, majd vízzel öblítsük le. A megtisztított rézforgácsot tegyük a kémcsőbe és öntsünk rá 2 cm³ koncentrált sósav-oldatot. Legalább 3 percig melegítsük forró vízfürdőn. Heves gázfejlődést tapasztalunk. A keletkezett halvány sárga színű oldatot öntsük át a másik kémcsőbe és hűtsük le. Adjunk hozzá tömény ammónia-oldatot. Az oldat kék színűre változik.

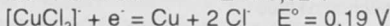
Magyarázat: A réz oxidációja szemmel láthatóan végbement, ezt bizonyítja a sósavas melegítés hatására keletkező $[\text{Cu}(\text{Cl})_4]^{2-}$ -komplex sárga színe, mely ammónia hatására $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ -komplex-ionná alakul, amely kék színű.

A bruttó folyamat: $\text{Cu} + 2 \text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2$. A hidrogéngáz fejlődését is megfigyelhetjük.

A réz „oldódása” két lépcsőben megy végbe. Először $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^+$, majd $\text{Cu}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ átalakulás történik. Ahhoz, hogy a réz oldódni tudjon a sósav-oldatban az kell, hogy a Cu^+/Cu -rendszer redoxipotenciálja negatívabb legyen a H^+/H -rendszerénél (0,0 V) körülbelül 10^{-8} mol/dm^3 körüli Cu^+ -ion aktivitásnál *alacsonyabb* aktivitások esetén ez így is van. Ha azonban csak eddig menne a folyamat, nagyon halvány oldatot kapnánk, nem vennénk észre az oldódott rezet. Van még legalább két másik folyamat, ami jóval nagyobb mennyiségű réz oldását teszi lehetővé.

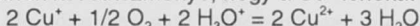
1. Tömény sósavas közegben az oxidálódott réznek (Cu^+) azonnal kialakul a kloro-komplexe: $\text{Cu}^+ + 2 \text{Cl}^- = [\text{CuCl}_2]^-$

Ez a folyamat csökkenti a rendszer energiáját, így a kloridionokat tartalmazó oldatban az elektródpotenciálok negatív irányba tolódnak el:



Ezáltal a folyamat $10^{-3} - 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$ Cu^+ -ion aktivitásig mehet.

2. Mivel az általunk nyert oldat színes, így szükségszerűen tartalmaz Cu^{2+} -ionokat. Ez annak következménye, hogy a Cu^+ -ionokat a levegő oxigénje Cu^{2+} -ionokká oxidálja:



Az így keletkező Cu^{2+} -ionok a fémrézzel színproporciós reakcióba lépnek, így újabb mennyiségű fém oldódik: $\text{Cu}^{2+} + \text{Cu} = 2 \text{Cu}^+$.

Az előző folyamat során keletkező Cu^+ -ionokat a levegő oxigénje tovább oxidálja, s a hatás *autokatalitikussá válik*, felgyorsul. Az utóbbi reakció létjogosultságát megerősíti az a tény, hogy rázogatás hatására gyorsabbá válik a reakció, hiszen ilyenkor időegység alatt, adott térfogatban több Cu^+ -ion találkozhat O_2 -molekulával. A Cu^+/Cu és H^+/H -rendszerek redoxipotenciáljából következik, ($E^\circ_{\text{H}^+/\text{H}} = 0 \text{ V}$ $E^\circ_{\text{Cu}^+/\text{Cu}} = 0,52 \text{ V}$), hogy a reakció nemcsak tömény sósavas közegben, hanem hígabb savban is végbemegy. A 2 mol/dm³ koncentrációjú sósav is oldja a rezet.

Megjegyzés: Hidegen vagy híg oldat esetén lassúbb az oldódás.

Réz reakciója ammónia-oldattal

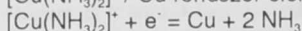
Szükséges anyagok: rézforgács, koncentrált sósav-, és ammónia-oldat, desztillált víz
Szükséges eszközök: 1 db kémcső, csipesz

Végrehajtás: A rézforgácsot az oxidréteg eltávolítása végett mossuk le koncentrált sósavoldattal, majd öblítsük le desztillált vízzel. Ezután tegyük a kémcsőbe és öntsünk rá néhány cm³ tömény ammónia-oldatot. Erősen rázogassuk a kémcsövet rövid ideig (kb. 10 másodperc). Az oldat kék színűre változik.

Magyarázat: A reakció során a közismert kék színű $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$ komplex keletkezett. Tehát a fémréz oldódott.

Az oldódás itt is két részletben mehetett végbe ($\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^+ + \text{e}^-$ és $\text{Cu}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+}$). $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^+$ folyamat az előzőnél (a sósavas oldásnál) könnyebben végbemehet, a

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ / \text{Cu}$ rendszer elektródpotenciálja negatívabb, mint a H^+ / H rendszeré.



$$E^\circ = -0,11 \text{ V}$$

Másrészt a $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \leftrightarrow 2 \text{Cu} + 2 \text{OH}^-$ folyamat is nagyon jelentős lehet, mert a tömény ammónia-oldat erősen lúgos. Az utóbbi létét megerősíteni látszik az, hogy a rézforgács rögtön megfeketedik. A reakció során keletkezett Cu_2O azonnal tovább oxidálódik fekete CuO -dá, amint az ammónia-oldat gőzével érintkezik. A folyamat második lépése itt is az oxigén hatására végbemenő $\text{Cu}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ átalakulás, majd a $\text{Cu}^{2+} + \text{Cu} = 2 \text{Cu}^+$ szinproporciós reakció.

Mindkét kísérletből látható, hogy a körülmények megváltoztatásánál a döntő tényező a levegővel (oxigénnel) való érintkezés lehetőségének biztosítása volt. Levegőtől elzárva nem oxidáló hatású savakkal, és ammónia-oldattal nem reagál számottevő mértékben a réz.

Így már érthető a rézedények oldódása savanyú ételek hatására és a réztárgyak megöldülése (patina) is.

A leírt két kísérlet részletes magyarázatát természetesen csak szakköri, vagy fakultációs feldolgozásra javasoljuk, mivel több – a törzsanyagban nem tárgyalt – ismeretet igényel (Nernst-egyenlet, autokatalízis, stb.)

A tankönyvi megállapítások és a valóságban tapasztaltak közötti *látszólagos ellentmondások* feloldása mellett a két kísérlet a kísérletek körültekintő, precíz elvégzésére is felhívja a figyelmet. A *körülmények pontos rögzítése* elengedhetetlen ahhoz, hogy az eredményekből helyes és főként teljes következtetéseket vonhassunk le.

IRODALOM

- (1) Kémia a gyakorlatban 2. sz. A Magyar Kémikusok Egyesületének Oktatási segédanyaga
- (2) J. Chem Ed. A.429 (1968)
- (3) Kémia 8. o. (807/1) Tankönyvkiadó, Budapest, 1987.
- (4) Kémia III. o. (13307) Tankönyvkiadó, Budapest, 1987.
- (5) Dobos Dezső: Elektrokémiai táblázatok. Műszaki Könyvkiadó
- (6) Rózsahegyi – Wajand: Rendszerező kémia mintapéldákkal, feladatokkal. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1992.

WAJAND JUDIT – HALÁSZ ANTÓNIA