

## A kémia és a kulturális örökség fémtárgyai (tevékenységek) - FORDÍTÁS

### 1. Kísérlet/tevékenység

Tegyünk két kanál sót egy főzőpohárba, és töltsük meg forró vízzel. A só feloldódása után tegyünk a főzőpohárba egy darab alufóliát és egy régi (megfeketedett) ezüst ékszert. Figyeljük meg, hogyan tisztul meg az ezüst, miközben az alumínium oldódik.

Magyarázat:

Az alumínium kisebb standard potenciálú fém (kevésbé „nemes”), mint az ezüst. Abban az esetben, ha az oxidált állapotú ezüst és az alumínium vezetőképes közegben (elektrolit oldatban) érintkezik, az alumínium oxidálódik, az ezüst pedig redukálódik. A vezetőképes közeget a só vizes oldata szolgáltatja.

### 2. Kísérlet/tevékenység

Készítsünk réz (II)-szulfát-oldatot 20 g kristályos réz (II)-szulfát és 100 cm<sup>3</sup> víz felhasználásával. Tegyünk vasszöveget az oldatba egy éjszakára. Másnapra a vasszög felszínét réz borítja, és az oldat megzöldül, jelezve, hogy vas(II)-szulfát oldat keletkezett.

A réz „nemesebb”, nagyobb standard potenciálú fém, mint a vas, ezért a réz kiválik az oldatból, miközben a vas oldódik. A folyamat a vasszög környezetében játszódik le, ezért a réz bevonatot képez a vas felszínén (lerakódik, kiválik a vasszög felszínére).

### 3. Kísérlet/tevékenység

Az Evans-kísérlet

Készítsünk 3 g NaCl, 0,1 g K<sub>3</sub>Fe[(CN)<sub>6</sub>], 10 csepp fenolftalein indikátor és 100 cm<sup>3</sup> víz felhasználásával oldatot. Vegyünk egy darab acéllemezt, dörzsöljük meg csiszolópapírral és tisztítsuk meg acetonnal. Tegyünk egy cseppet a megtisztított fémfelületre, és figyeljük meg a cseppben bekövetkező változásokat (1. ábra).

Egy idő után a csepp külső része rózsaszínűvé válik, a közepe pedig kék lesz. Az oldat lúgos kémhatású lesz, amit a fenolftalein ciklámen színe jelez. Itt erőteljesebb a levegő oxigénjének redukciója. Másrészt a légköri oxigén nem tudja elérni a csepp középső részét, így a keletkező vas (II)-ionok reakcióba lépnek a kálium-hexaciano-ferrát (III)-tal, ami kékszínű csapadék képződését eredményezi.

1. *ábra: Az Evans-kísérlet eredménye*
2. *ábra: Vaszilij Kandinszkij: Színtanulmány négyzet*

## A kísérletek kipróbálása és adaptálása

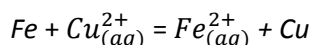
Először az eredeti kísérleteket végeztük el a leírás alapján.

### 1. Kísérlet: Ezüstékszer tisztítása kémikus módon

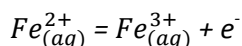
Ezüst fülbevalót és ezüst tartalmú kiskanalat használtunk a kísérletekhez. Az elektrolit oldatot a leírásnak megfelelően készítettük el.

### 2. Kísérlet: Elvégeztük az eredeti kísérletet a leírás szerint, majd a következő módosításokkal:

- Nagy alapterületű öntött üveg kádba öntöttük a réz(II)-szulfát-oldatot.
- Egymástól távolabb különböző, csiszolópapírral megtisztított vastárgyakat helyeztünk.
- Fél óránként dokumentáltuk a változásokat. Megfigyeltük, hogy a rézbevonat egy időben jeleneik meg a vastárgyak felszínén, ugyanakkor a nagyméretű vastárgy közelében gyorsabban megkezdődik az oldat színváltozása. Míg a gemkapocs és tű közelében kék színű volt az oldat, a vasszög és a vaslemez közelében már halványzöld árnyalatú lett a lejátszódó redoxi reakció miatt.



- 16 óra múlva másnap reggelre a



reakció is végbement, az egész oldat egyöntetűen vöröses barna színű lett.

### 3. Kísérlet: Evans kísérlet

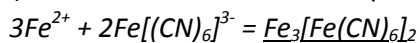
Először elvégeztük a kísérletet az eredeti leírás szerint és megbeszéltük a tapasztaltak kémiai hátterét.

A kísérleti összeállítás felfogható egy miniatűr galvánelemként, amelyben a katód egy kialakuló oxigénelektrod, az anód pedig a vaslemez a rácsöppötetett elektrolit-oldattal. A lejátszódó kémiai folyamatok:

Katód folyamat (+):  $2 H_2O + O_2 + 4 e^{-} \rightarrow 4OH^{-}$  ( a lúgos kémhatást  $[OH^{-}$  - ionok megjelenését] a fenolftalein indikátor ciklámen színe jelzi.

Anód folyamat:  $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$

Az elektronok a katódra kerülnek, a vas(II) –ionok megjelenését a kálium-hexaciano-ferrát(III) hatására leváló kék színű csapadék jelzi:



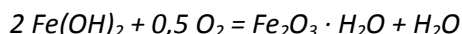
(az egyenlet csak tájékoztató jellegű a diákok számára).

A folyadékcsepp belsejébe lassabban jut el a légköri oxigén, ezért itt kezdetben nem jelennek meg a hidroxid-ionok és az indikátor nem jelzi a lúgos kémhatást. Ezzel magyarázható a lila koncentrikus gyűrű kívül, közepén viszont az oldatba kerülő vas(II)-ionok kék színű csapadékot képeznek. Ez látható a koncentrikus kör közepén.

Az áramkör a kloridionok anód felé történő elmozdulásával zárul.

A folyamat bruttó egyenlete:  $2Fe + 4NaCl + O_2 + H_2O = 2 FeCl_2 + 4 NaOH$ .

Hosszabb idő után megjelenik a lila gyűrű és a kék középpont között egy rozsdá gyűrű is, mert a keletkező  $Fe^{2+}$  -ionokból és az  $OH^{-}$  ionokból keletkező  $Fe(OH)_2$  a levegőn tovább oxidálódik.



**Kiegészítő kísérletek:**

#### 4. Kísérlet: A levegő oxigénjének szerepe a korrózióban

**Anyagok:** koncentrált sósav, rézdrót darabok, kalcium-karbonát (darabos a széndioxidfejlesztéshez), oxigéngáz (kristályos kálium-permanganátból fejlesztettük 20 m/m%-os kénsav és 30 m/m%-os hidrogén-peroxid elegy felhasználásával fecskendő kísérletben), szűrőpapír, desztillált víz.

**Eszközök:** 6 db kémcső, gumidugók, két gumidugó két-két injekciós tűvel, 2-2 fecskendővel és elvezető gumicsövekkel a gázfejlesztéshez, kémcsőállvány, óraüveg.

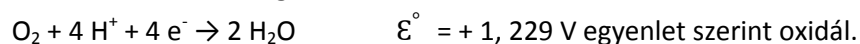
**Végrehajtás:** A rézdrót darabokat forraljuk néhány percig koncentrált sósavban, majd öblítsük le desztillált vízzel és szűrőpapírral töröljük szárazra.

Készítsünk elő négy darab kémcsövet, mindegyikbe töltsünk 5-6 cm<sup>3</sup> koncentrált sósavat. Az elsőt néhány percen keresztül buborékoltsunk át szén-dioxid gázt, majd zárjuk le dugóval a kémcsövet. A második kémcsőben lévő sósavon néhány percig oxigént buborékoltsunk át, majd zárjuk le a kémcsövet. A harmadik és a negyedik kémcsőben kezeletlen sósav marad. Mindegyik kémcsőbe helyezünk azonos méretű és mennyiségű rézdrótot, majd az első, második és harmadik kémcsövet gondosan zárjuk le gumidugóval. A negyedik kémcsövet hagyjuk nyitva, de úgy hogy a rézdrót kiálljon a folyadékból, szabadon érintkezhessen a levegővel. Egy óraüvegre is öntsünk tömény sósavat, ebbe is helyezzünk rézdrótot, szintén úgy, hogy egy része a levegővel is érintkezzen.

Írjuk fel a kísérlet kezdetének időpontját és kb. 20 perces időközönként figyeljük meg a változásokat, rögzítsük fényképen és jegyzőkönyvben.

**Tapasztalat:** Az oxigénnel „dúsított” sósav szinte azonnal sárgulni kezd. A levegővel érintkező sósav-oldatokban egy óra múlva már jól érzékelhető sárga elszíneződés látszik, míg a szén-dioxiddal kezelt sósavban nem észlelünk színváltozást, még napok múlva is színtelen maradt az oldat.

**Magyarázat:** A réz standard potenciálja alapján  $E_{Cu/Cu^{2+}}^{\circ} = +0,34$  V az ásványi savakban nem oldódik hidrogénfejlődés közben, csak erős oxidáló savakban kén-dioxid vagy nitrogén-dioxid keletkezése közben. Ebben a kísérleti beállításban az oxigén töltötte be az oxidálószer szerepét az erősen savas közegben, mert az



A szén-dioxid átbuborékolatásával az esetleg az oldatban jelenlévő oxigént kiűztük a sósavoldatból, így végig oxigénmentes közegben maradt a réz. A standard potenciálja miatt az erős sav önmagában, oxigén jelenléte nélkül nem tudta feloldani a rezet.

#### **Megjegyzés:**

- a) Ha nem elég meggyőző a színváltozás, tömény ammónia oldattal elő lehet hívni a réz(II)-ionokat. A kialakuló mélykék réz(II)-tetraammin komplex látványos különbségeket eredményez a savoldatok színében.
- b) Háztartási ételcettel vagy kb. 20 m/m%-os ecetsav-oldattal elvégezve a kísérletet 2-3 óra múlva kapunk látható eredményt. Ez a módszer viszont alkalmas annak az igazolására, hogy miért nem szabad hosszú ideig savanyú ételeket rézedényekben tárolni.

#### **5. Kísérlet: Érintkezési korrózió**

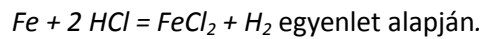
**Anyagok:** sósavval lemaratott felszínű gemkapcsok, cink darabka, vörösvérlúgsó-oldat (kálium-hexaciano-ferrát(III)-oldat), 0,1 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú sósavoldat

**Eszközök:** 2 Petri-csésze

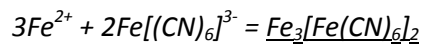
**Végrehajtás:** Két Petri-csészébe tegyünk kálium-hexaciano-ferrát(III)-oldatot. Mindkettőbe helyezzünk egy-egy, előzőleg sósavval megtisztított felületű vasból készült gemkapcsot. Az egyik gemkapcshoz rögzítsünk egy kisebb cink darabkát. Mindkét oldathoz cseppentsünk néhány csepp sósavat.

**Tapasztalat:** A gemkapcson buborékképződés, színtelen gáz fejlődése figyelhető meg és a gemkapocs környéke fokozatosan kék színű lesz. A másik Petri-csészében is megindul a gázfejlődés a gemkapocs felszínén, de nem észlelhető színváltozás.

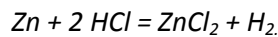
**Magyarázat:** A cink negatívabb standard-potenciálú, mint a vas  $E_{Zn/Zn^{2+}}^{\circ} = -0,76$  V és  $E_{Fe/Fe^{2+}}^{\circ} = -0,44$  V. Ha a vas önmagában van jelen a sósavas közegben, a hidrogénnél kisebb standard potenciálja miatt megindul a gázfejlődés a



Az oldatban megjelenő vas(II)-ionok a vörösvérülszó-oldattal adott kék színű csapadékkal mutathatók ki. A folyamat egyenlete:



Ha cink is jelen van a rendszerben, a cink kisebb standard potenciálja miatt a cink fog oldódni. A változást leíró egyenlet:



A reakcióban a cink elektront ad le ( $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ ), így a vasnál jóval negatívabbá válik. A vassal való érintkezés során az elektronok átvándorolnak az elektronhiányos vas felszínére és a pozitív töltésű oxónium-ionok elektron felvétellel ott semlegesítődnek, miközben hidrogéngáz fejlődik. Helyi elem keletkezik, ami meggyorsítja a cink korrózióját. Mindaddig tart a reakció, amíg a cink darabka teljesen föl nem oldódik. Mindaddig, amíg cink van a rendszerben az oldatban nem észlelünk színváltozást, mert a vas(II)-ionok hiányában a jellemző kék csapadékleválás is elmarad. (Ezen a folyamaton alapul a horganyzott bádóg felhasználása az ereszcatornák készítésénél).

## 6. Kísérlet: Átmeneti fémionok csapadékképződési reakciói

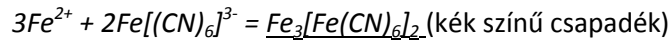
Az analitikai kémiából ismert néhány jellemző csapadékképződési reakciót végeztünk előző kísérletekben szereplő átmeneti fémionokkal. Az apropót az adta, hogy az eredeti leírásban szereplő kísérletek egy része is a vas csapadékképződési reakcióin alapul. A kísérletek újszerűségét az adta, hogy négy féle technikával végeztük el ugyanazokat a kísérleteket:

- kémcsőkísérletként
- cseppreakcióként (Pasteur- pipettával, fehér csempén)
- szűrőpapíron Pasteur-pipettával
- gipsz domborműveken, egyenetlen felszíneken (rajz szakkörösök és a rajz szakos kolléganő közreműködésével)

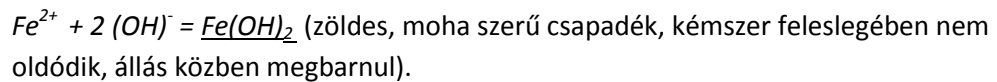
Az elvégzett kísérletek:

Vas(II)-ionok reakciói:

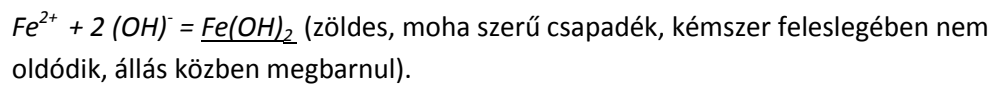
- a) Vas(II)-szulfát-oldat és vörös vérlúgsó-oldat



- b) Vas(II)-szulfát-oldat és nátrium-hidroxid-oldat

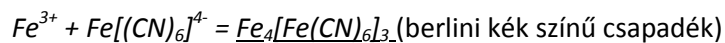


- c) Vas(II)-szulfát-oldat és ammónium-hidroxid-oldat



Vas(III)-ionok reakciói:

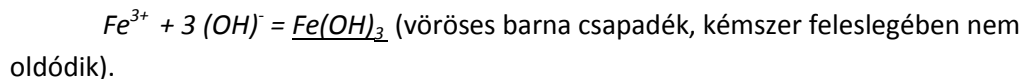
- a) Vas(III)-klorid-oldat és sárga vérlúgsó-oldat



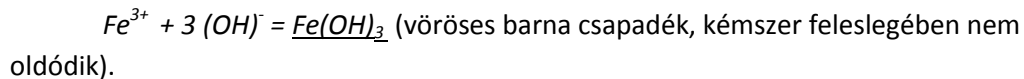
- b) Vas(III)-klorid-oldat és kálium-rodanid-oldat



- c) Vas(III)-klorid-oldat és nátrium-hidroxid-oldat



- d) Vas(III)-klorid-oldat és ammónium-hidroxid-oldat



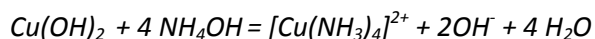
Réz(II)-ionok reakciói:

- a) Réz(II)-szulfát-oldat és nátrium-hidroxid-oldat

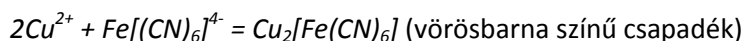


- b) Réz(II)-szulfát-oldat és ammónium-hidroxid-oldat

$Cu^{2+} + 2 (OH)^- = Cu(OH)_2$  (világoskék csapadék, ami kémszer feleslegében mélykék színű réz(II)-tetraammin-komplex-ion képződése közben oldódik).



c) Réz(II)-szulfát-oldat és sárga vérlúgsó-oldat



Azért volt különleges ez a módszer, mert a kémiai tartalmat egy esztétikai többlet is gazdagította. Ugyanakkor a kémiai jelenségek is eltértek kicsit egymástól, ha oldatban zajlott a reakció, vagy szűrőpapíron, ahol a reakció csak addig tartott, vagy legkésőbb akkor fejeződött be, amikor a szűrőpapír megszáradt. A gipsz plasztikák egyenetlen felszínén pedig egyszerre lehetett mindkét féle körülménnyel találkozni.

És ahogyan mindezt egy művész látja:

B. Csernyánszky Katalin rajztanár Berzsenyi Dániel Gimnázium

*„A korrózióvédelemmel foglalkozó – A kémia és a kulturális örökség fémtárgyai – pályázat részeként színikísérleteket végeztünk 9. osztályos tanulókkal.*

*Ehhez, a rajzóra keretén belül először agyag plaketteken hoztunk létre negatív formákat, hozott illetve a természetben talált tárgyak, növények lenyomataival.*

*Ezekről gipsznyomatokat készítettünk s az így kapott kb. 20 darab változatos textúrájú gipszdombormű lett a kísérletezés alapja.*

*Különböző kémiai elemek és vegyületek önálló illetve együttes hatását vizsgáltuk a gipszfelületeken. A kísérletezés alapját Vaszilij Kandinszkij: Színtanulmány című alkotása inspirálta. Mi a síkból térbe lépve és nem csak koncentrikus körökben gondolkozva a felületek hangsúlyozására fordítottunk nagyobb figyelmet.*

*Előzetesen megnéztük milyen lehetséges színvariációkban gondolkozhatunk. Összesen nyolc féle színkombinációt állítottunk elő, melyek között többnek idővel módosult a színe, sőt volt, amelyek semlegessé vált. (a pink áttetszővé vált)*

*A gazdag textúrájú gipsz plakettekre tudatosan vagy véletlenszerűen csöpögtettünk az oldatokból, várva milyen reakcióba lépnek egymással. Az idő meghatározó befolyásoló tényezőként játszott szerepet a végeredményben, pár óra illetve egy-két nap eltelte után is változtak a színek.*

*Némelyik plakett felületére előzetesen vas illetve alumínium port szórtunk, melyek szépen felvették a felszín egyenetlenségét és ezután csöpögtettünk rájuk az oldatokból. Hatásaként nagyon szép rozsdá bevonat keletkezett.*

*Egy másik plakett felszínét vizes papír zsebkendővel vontuk be, amely csak arra volt jó, hogy lágyabbá tette a kész munkát, jobban egymásba- illetve szétfutottak rajta a színek.*

*További érdekes vizsgálati lehetőséget nyújtott volna, ha rézdrótokat helyezünk el még száradás előtt a gipszekben. Amint a fényképekről kiderül, a végeredmény így is elég izgalmas lett.”*

**Felhasznált irodalom:**

1. Pais István: „Kémiai előadási kísérletek”, Tankönyvkiadó, Budapest, 1978.
2. Rózsahegyi Márta, Wajand Judit: „575 kísérlet a kémia tanításához”, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998.
3. Rózsahegyi Márta, Wajand Judit: „Látványos kémiai kísérletek”, Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1999.
4. Elias Kalogirou and Eleni Nicas: Microscale chemistry: experiments for schools, in *Science in School*, EIROforum, EU, 16. Autumn 2010.