

Az atomos és molekuláris hidrogén redukálóképességének összehasonlítása

JUNG LILLA – WAJAND JUDIT

A kémia általános és középiskolai oktatásában az oxidáció-redukció fogalmának értelmezése, az oxidációs-redukciós folyamatok irányának és végbementeli lehetőségének megértése és az alkalmazás szintjén való elsajátítása igen fontos feladat. A problémakör tárgyalásánál a hidrogén oxidációs-redukciós tulajdonságai jelentős szerepet játszanak. Általános iskolában a fémeket és a hidrogént redukáló hatásuk mértéke szerint sorba (redukálósor) rendezzük. Megállapítjuk, hogy a fémek atomjai az utánuk következő fémek ionjait redukálni képesek, illetve, hogy a hidrogén előtt álló fémek a hidrogén-ionokat is redukálják, tehát savakból hidrogén-gázt fejlesztenek (4). A hidrogén kiemelt szerepére utal, hogy minden tankönyvi ábrán, iskolai faliképen pirossal jelölik, mint olyan elemet, amelynek redukáló tulajdonságához hasonlítják a többi elemét. A középiskolában az elektrokémia témakörben definiáljuk az elektródpotenciált, amely a redukáló hatás számszerű jellemzésére, annak nemfémekre való kiterjesztésére és arra is alkalmas, hogy eldönthessük, van-e esély egy adott redoxireakció végbemenetelére.

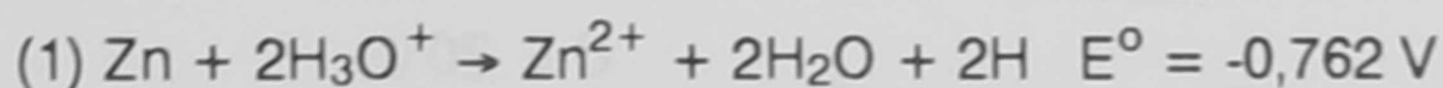
Annak ellenére, hogy az elektródpotenciál érték a definíció szerint "a vizsgált elektródból és a standard hidrogén elektródból összállított galvánelem elektromotoros erejét jelenti" (2), az elektródpotenciál értékek felhasználásánál egyetlen példával sem találkozunk, amely a hidrogén redukáló hatására vonatkozna. "A kisebb standardpotenciálú fém a nagyobb standardpotenciálú elem anionját elmei állapotúvá oxidálni képes" (2) megállapítások alapján a tankönyv *fémek és fémionok, fém és hidrogén-ion*, illetve *nemfém és nemfém-ion* között lejátszódó reakciókat említi.

A későbbiekben (2) a hidrogén részletes tárgyalásánál kiemeli az elem erős redukálóképességét, megemlíti a durranógázt és a réz(II)-oxid redukcióját, utal az atomos és a molekuláris hidrogén reakciókészsége közötti különbségre, az aktiválási energia szükségességére, a H-H kötési energia nagyságára.

Így, elméletben az *elektronszerkezeti és kötéseleméleti* ismeretek alapján érthetővé válhat az atomos (nascensz) és a molekuláris hidrogén aktivitása közötti különbség, de ennek *kísérleti* alátámasztása nem történik meg.

Az ok talán az, hogy a régebbi tankönyvekben ennek bizonyítására egy olyan kísérlet szerepelt, amely kétségeket ébreszthet, bizonyítékként nem fogadható el. A hagyományos kísérlet szerint kénsavas kálium-permanganát-oldat egyik részletéhez Kipp-készülékből, vagy csiszoltdugós gázfejlesztőből hidrogén-gázt vezetünk, s változást nem tapasztalunk. Ha az oldat másik részletét tartalmazó főzőpohárba néhány szem granulált cinkdarabkát dobunk, vagy egy kanál cinkport szórunk, az oldat lila színe rövid idő alatt eltűnik.

A kémiai változást leíró egyenletek:



A lila színű, hidratált permanganát-ionok (MnO_4^-) színtelen mangán(II)-ionokká (Mn^{2+}) redukálódnak, s ez az oka az oldat elszíntelenedésének.

Az (1) reakcióban keletkező hidrogén atomos állapotban van, ezért reakcióképessége, redukálókészsége is nagyobb, mint a molekuláris hidrogéné.

A reakció alaposabb elemzése során azonban kétségek merülhetnek fel, hogy a permanganát-ionok redukálása valóban a keletkezése pillanatában atomos hidrogénnek tudható-e be? A rendszerben ugyanis cink van jelen, és az (1) folyamat standard elektródpotenciálja jóval negatívabb (-0,762 V) a $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ elektródfolyamat standardpotenciáljánál (0 V). Így a *permanganát-ionok redukciója valószínűleg közvetlenül a cink cink-ionokká történő oxidációjának eredménye.*

Olyan körülményeket kellene tehát választani, amelyek között az atomos hidrogén nagymértékű redukációs hatása egyértelműen bizonyítható a *molekuláris* hidrogénnel szemben.

Ha a hidrogén gáztérben alacsony nyomáson elektromos kisüléseket hoznak létre (Wood kísérlete), vagy fénysugárban nagyon magas hőmérsékletre hevítik a hidrogént (Langmuir kísérlete), nagyon reakcióképes, atomos hidrogén jön létre, amely pl. az ezüst (Ag^+)-, réz(II) (Cu^{2+})- vagy higany(II) (Hg^{2+})-ionokat redukálni képes. A kísérletek azonban iskolai körülmények között nem végezhetőek el.

Kézenfekvő lenne *atomos hidrogén elektrokémiai úton való előállítása*, hiszen pl. a híg kénsavoldat elektrolízisekor a *katódon kiváló hidrogén erősen redukáló tulajdonságokat mutat.*

Az esetleges további elektródreakciók kizárására az elektrolíziskor keletkező hidrogént valamiféleképpen tárolva, az elektrolízis megszűnésével az elektródtérből kiemelve kellene reagáltatni a redukcióra hajlamos reagenssel. Olyan *elektródra lenne szükség, amely a képződő hidrogént atomos állapotban képes megkötni.* A legkézenfekvőbb megoldás lenne *platina* vagy *palládium katódok* használata. Ezek atomosan "oldják" a hidrogént, az oxidatív közegbe helyezve viszont indifferensen viselkednek. *Áruk azonban igen magas, iskolai célokra ezért nem alkalmasak.*

A megoldást a jóval *olcsóbb* és *könnyen beszerezhető grafitrúd-elektródok* jelentik. Megfelelően megnövelt felületükön a keletkező hidrogént atomosan kötik meg, s így az, oxidatív közegbe helyezve erősen redukál.

Kísérleteinkben a Budapesti Műszénipari Vállalatnál beszerezhető grafitrudakat használtuk.

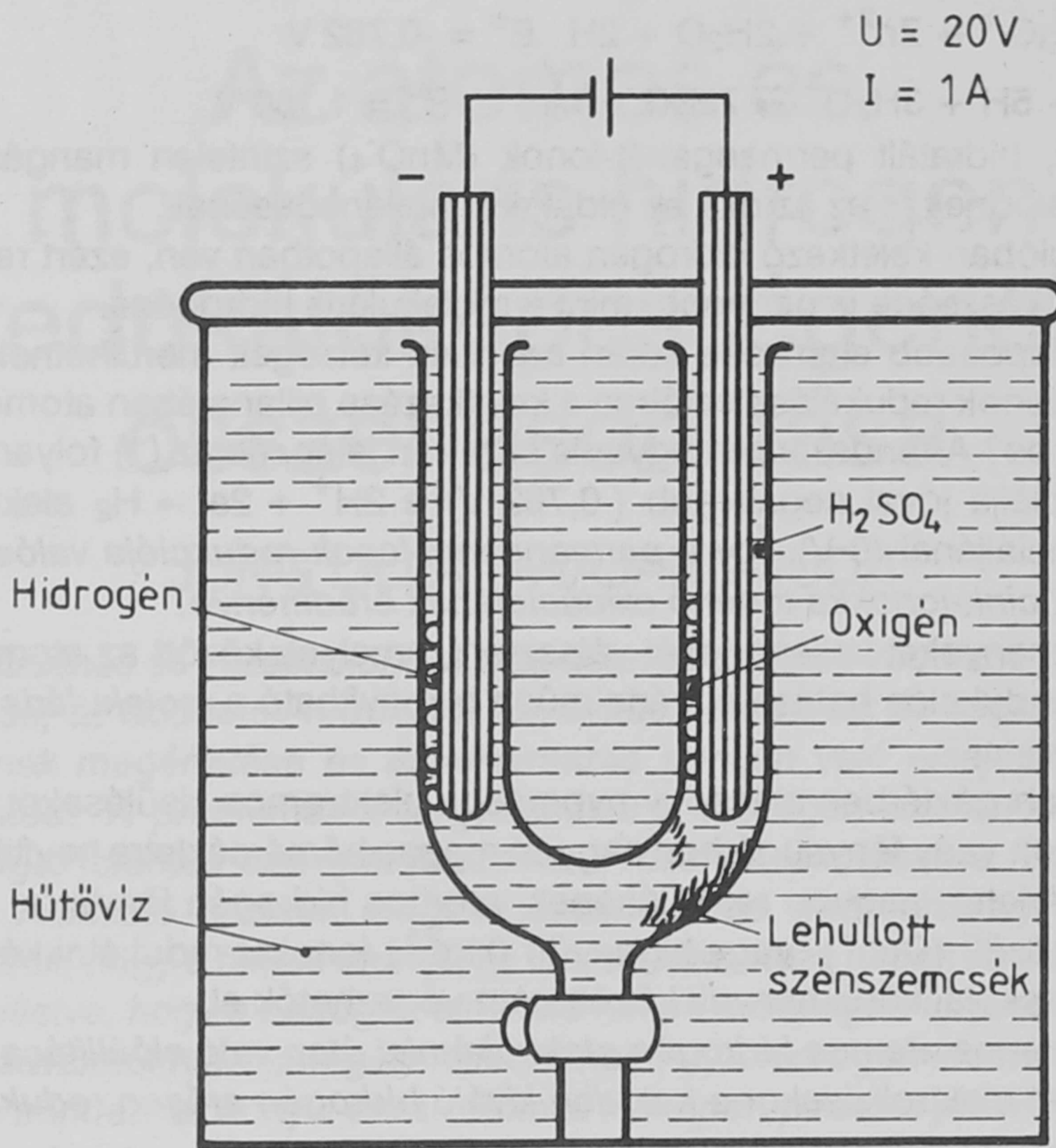
Kísérletek grafitfelületen tárolt aktív hidrogénnel

1. A grafitelektród felületének előkészítése elektrokémiai úton
2. A grafitrudak feltöltése naszcens hidrogénnel
 - a/ elektrolízissel, vagy
 - b/ kémiai redoxireakcióval
3. Permanganát-, réz(II)-, higany(II)-, ezüst(I)-, és klorát-ionok redukciója atomos hidrogénnel.

1. A felületnövelést elektrolízis útján az 1. ábrán bemutatott berendezésben végeztük.

Szükséges eszközök, anyagok:

- kb. 20 V feszültséget tartósan biztosítani tudó egyenáramú áramforrás
- 1 db U alakú üvegcső



1. ábra

- üvegcád (a cella hűtésének biztosítására)
- Bunsen-állvány, diók, kémcsőfogók
- 2 db grafitrúd
- 1 mol/dm³ koncentrációjú kénsavoldat

Végrehajtás: a hűtésre használatos üvegcádat hideg vízzel töltjük meg, majd az U alakú csövet behelyezzük úgy, hogy a szája a vízszint felett legyen, és állványon rögzítjük. Az áramforrás két sarkához kapcsolt grafitrudakat az U cső száraiba helyezzük. Az elektrolizáló cellát feltöltjük 1 mol/dm³ koncentrációjú kénsavoldattal, és a feszültséget úgy állítjuk be, hogy a cellán átfolyó áram erőssége körülbelül 1 A nagyságú legyen.

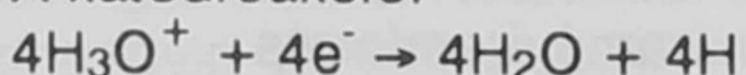
Az elektrolízis megindításakor mindkét elektródon intenzív gázfejlődés figyelhető meg, miközben az anódról apró széndarabkák leválását is megfigyelhetjük.

Az anódon keletkező oxigén reakcióba lép a szénnel, és szén-dioxid is képződik. Ez okozza a grafit felületnövekedését, érdesedését. Körülbelül 40-45 perces elektrolízis során a szénrúd felülete kellőképpen megnő. Érdeemes egymás után több szénrúd felületét, anódként kapcsolva megnövelni, mert a *nagyfelületű szénrudak kémcsőben, desztillált víz alatt nagyon hosszú ideig tárolhatók.*

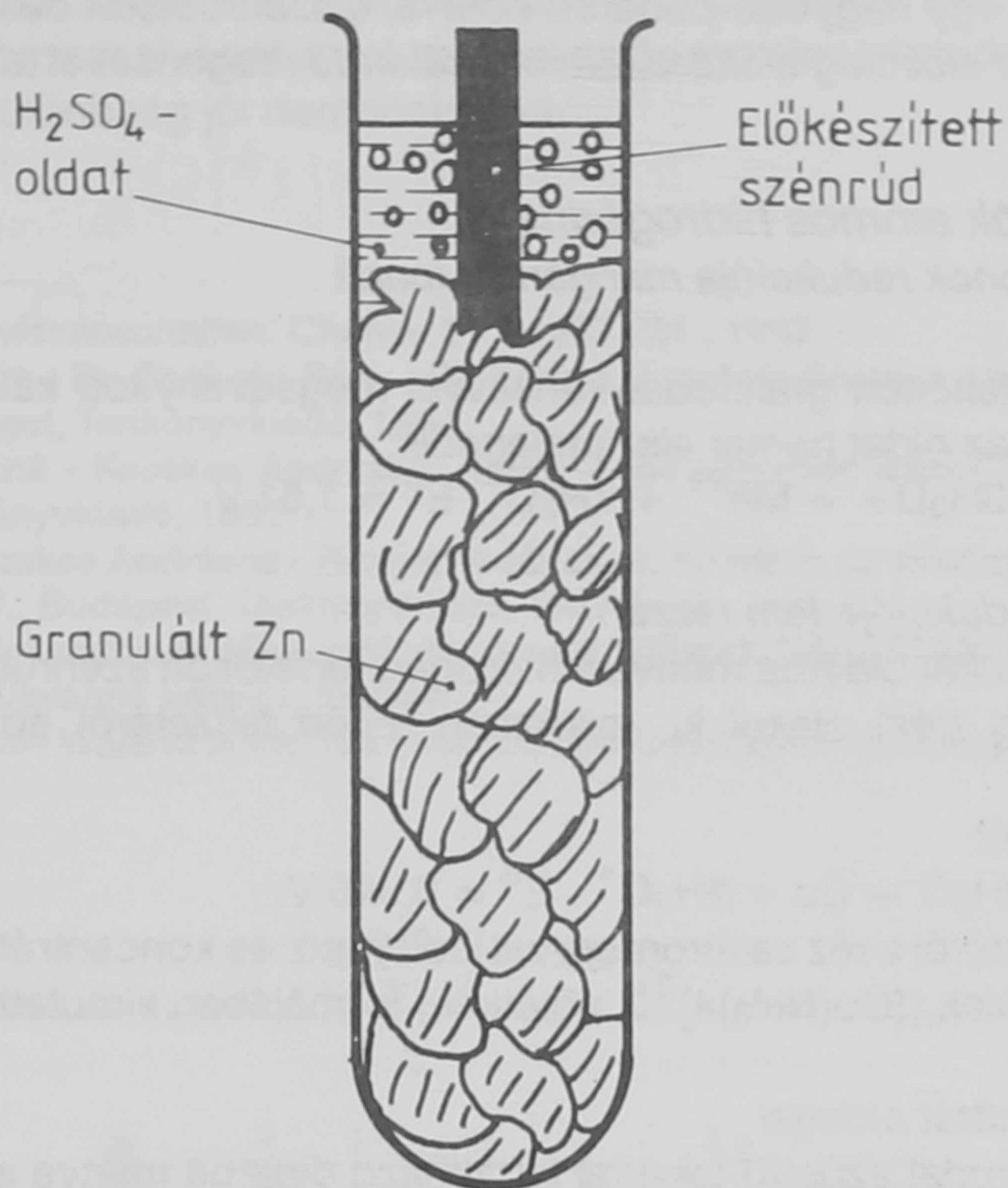
2. Az előkészített grafitrudak hidrogénnel való feltöltése kétféleképpen történhet.

a/ A grafitrudat most *katódként* helyezzük az U csőbe, amit ismét 1 mol/dm³ koncentrációjú kénsavoldattal töltünk meg. Körülbelül 15-20 percig elektrolizálunk 1 A-es árammal.

A katódreakció:



Anódként megfelelő egy másik szénrúd, amelynek felülete az elektrolízis alatt meg-



2. ábra

nő. Az áramforrás kikapcsolása után a katódosan feltöltött grafitrudat a *cellából kivéve és desztillált vízzel leöblítve azonnal a redukálható reagenssel feltöltött kémcsőbe helyezzük.*

b/ Az a/-ban leírt feltöltési mód komoly műszerezettséget igényel és időigényes, iskolai órán sokszor nehezen megvalósítható és egyszerre csak egy szénrúd feltöltését teszi lehetővé.

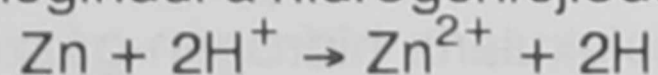
Ezért kémiai redoxireakcióban, pl. cink – ásványisav reakcióban keletkezett atomos hidrogénnal tölthetők fel a megnövelt felületű szénrudak.

Szükséges eszközök és anyagok:

- 1 db nagyméretű kémcső, vagy vékony, hosszúkás alakú főzőpohár
- néhány megnövelt felületű grafitrúd
- csipesz
- 1 db nagyobb főzőpohár
- 1:1-es sósavoldat, vagy 1 mol/dm³ koncentrációjú kénsavoldat
- cink granulátum

Végrehajtás: A nagyméretű kémcsőbe, vagy a főzőpohárba középre beleállítunk egy (esetleg több) darab előzőleg megnövelt felületű grafitrudat, majd cinkdarabkák-kal körberakjuk úgy, hogy a grafitrudakat a cink minél jobban körülvegye és megtámassza (2. ábra).

A kísérlet előtt kb. 15-20 perccel az ásványi sav oldatot hozzáöntjük. Azonnal megindul a hidrogénfejlődés:



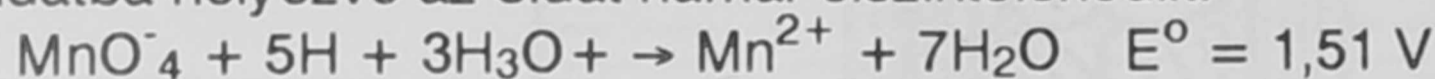
Az atomos hidrogén a szénrudakon megkötődik. A szükséges idő elteltével a

kémcső tartalmát egy nagyobb pohárba borítva, a szénrudakat desztillált vízzel gyorsan leöblítve a már előzőleg előkészített redukálendő reagenseket tartalmazó kémcsövekbe helyezzük.

3. Redoxireakciók atomos hidrogénnel

Permanganát-ionok redukciója mangán(II)-ionná

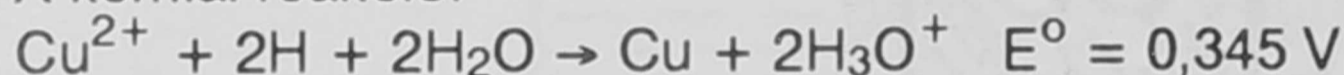
A hidrogénnel feltöltött grafitrudat kénsavval megsavanyított kálium-permanganát oldatba helyezve az oldat hamar elszíntelenedik:



Réz(II)-ionok redukciója fém rézzé

Telített réz(II)-szulfát oldatba mártva a hidrogénnel felöltött szénrudat, a rúd felületén élénk vörös réteg (réz) alakul ki, miközben a rúd felületéről apró gázbuborékok távoznak.

A kémiai reakció:

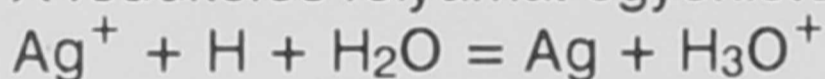


A szénrúd felületéről a réz salétromsavval leoldható, és koncentrált ammóniaoldattal réz-tetramin-komplex ($[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, sötétkék) formájában kimutatható.

Reakció ezüst-nitrát oldattal

A feltöltött szénrudat ezüst(I)-ionokat tartalmazó oldatba mártva a felületen ezüstkiválást tapasztalunk.

A redukciós folyamat egyenlete:

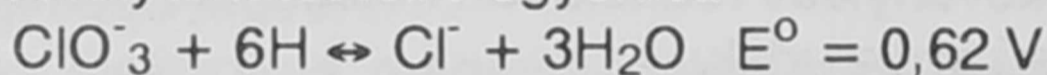


Az ezüstös felületű elektródot az oldatból kivéve desztillált vízzel alaposan leöblítjük, ezután salétromsavval leoldjuk az ezüstöt a felületről. A salétromsavas oldathoz nátrium-klorid oldatát csepegtetve fehér ezüst-klorid csapadék válik ki.

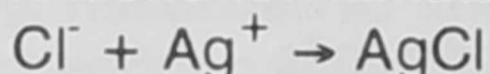
Klorát-ion redukciója

A hidrogénnel telített elektródot most telített kálium-klorát oldatba mártjuk. Körülbelül 10 perc elteltével a grafitrudat kivéve a kémcső tartalmához 1-2 csepp ezüst-nitrát oldatot csepegtetünk. A fehér ezüst-klorid csapadék kiválása jelzi, hogy a redoxi átalakulás végbement.

A folyamatot leíró egyenlet:

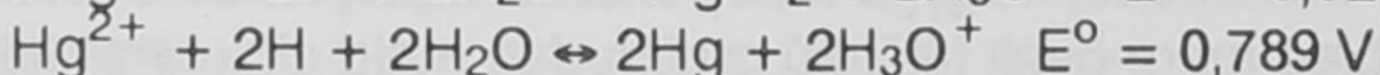
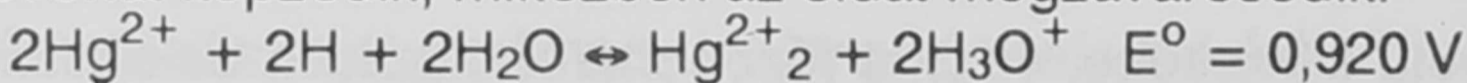


A klorid-ion kimutatása:



Higany(II)-ion redukciója

A hidrogénnel feltöltött grafit elektródot 1 mol/cm³ koncentrációjú higany(II)-klorid oldatba merítjük. A rúd felületén néhány percen belül jól látható szürkésfehér higanybevonat képződik, miközben az oldat megzavarosodik.



A rendszerben a higany mindhárom oxidációs állapotában előfordulhat.

Annak bizonyítására, hogy az előzőleg megfigyelt reakciókban valóban az atomos hidrogén redukált, molekuláris hidrogénnel is végezhetünk kísérleteket.

Kipp-készülékből hidrogén-gázt vezetve az oldatokba változást nem tapasztalunk.

Ha a megnövelt felületű szénrudat Kipp-készülékből molekuláris hidrogén-gázzal töljük fel 20-30 percig, és az így kezelt szénrudakat a redukálendő komponenseket

tartalmazó oldatokba helyezzük, változást nem tapasztalunk, a reakciók nem játszódnak le. A kísérletsorozat elvégzésével az atomos és molekuláris hidrogén redukálóképessége közötti különbség jól demonstrálható.

JEGYZETEK

- (1) *Praxis der Naturwissenschaften*. Chemie 31. 9. 257-261., 1982.
- (2) Dr. Boksay Zoltán – Dr. Csákvári Béla – Dr. Kónya Józsefné: *Kémia a gimnázium III. osztálya számára*. Budapest, Tankönyvkiadó, 1984.
- (3) Rozgonyi Jánosné - Kecskés Andrásné: *Kémia 7. az általános iskola 7. osztálya számára*. Budapest, Tankönyvkiadó, 1985.
- (4) Kiss Zsuzsa - Kecskés Andrásné - Rozgonyi Jánosné: *Kémia 8. az általános iskola 8. osztálya számára*. 86. old., Budapest, Tankönyvkiadó, 1987.
- (5) Dobos Dezső: *Elektrokémiai táblázatok*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1979.
- (6) Boksay Zoltán: *Általános kémia I. Kézirat*
- (7) Rózsahegyi Márta – Wajand Judit: *575 kísérlet a kémia tanításához*. Budapest, Tankönyvkiadó, 1991.

Az Iskolakultúra módszertani cikkpályázata

Pályázatot hirdetünk bármely iskolatípusban, illetve tantárgyban előforduló tananyag megtanításával kapcsolatos módszertani kérdés leírására. A cikk kapcsolódjék valamely iskolai tantárgyhoz. A leírás terjedelme legfeljebb 10-14 gépelt oldal lehet, ábrákkal együtt. Előnyben részesítjük azokat a munkákat, amelyek új pedagógiai módszert ismertetnek, illetve olyanokat, amelyek taneszköz igénye gazdaságosan kielégíthető.

Pályadíjak:

Három 1. díj: 10.000-10.000,-Ft,

Öt 2. díj: 7.000-7.000,-Ft,

Hét 3. díj: 5.000-5.000,-Ft.

A pályázat benyújtási határideje: 1992. december 1. Eredményhirdetés: 1993. január 25. A helyezést elért pályamunkákat lapunkban – külön honoráriumért – közöljük. A pályaműveket gépelve vagy számítógépes mágneslemezen (Word 5 vagy ASCII text) kérjük beküldeni, a pályázó személyi adataival együtt. Kéziratokat nem küldünk vissza.

ISKOLAKULTÚRA SZERKESZTŐSÉG