

Dr. Hornyánszky Gábor

egyetemi docens

BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar

Elektrokémiai számítások 2

Alapfogalmak:

- Elektródpotenciál, redoxpotenciál
- Az elektromotoros erő
- Faraday-törvények
- Galvánelem
- Elektrolízis

1. feladat (emelt szintű érettségi, 1995. V/2. feladat)

172,5 g tömegű, 10,0 tömeg%-os NiCl_2 -oldatot elektrolizáltunk grafitelektródokat használva.

Mekkora volt az áramerősség, ha 48 percig tartó elektrolízis után az oldat töménysége 5,0 tömeg% lett? Mekkora térfogatú standard állapotú gáz keletkezett?

$A_r(\text{Ni}) = 58,7$; $A_r(\text{Cl}) = 35,5$; $F = 96\,500 \text{ C/mol}$;
 $V_m = 24,5 \text{ dm}^3/\text{mol}$

Megoldás

A katódon: $\text{Ni}^{2+} + 2 e^{-} = \text{Ni}$

Az anódon: $2 \text{Cl}^{-} = \text{Cl}_2 + 2 e^{-}$

172,5 g 10 tömeg %-os oldatban 17,25 g só van.

A leválasztott só tömege x gramm, ennyivel csökkent az oldat és az oldott só tömege is, és az oldat 5 tömeg%-os lett:

$$(17,25-x) / (172,5-x) = 0,05$$

Ebből: $x = 9,079$, a leválasztott só tömege 9,079 g.

Megoldás

A NiCl_2 moláris tömege: 129,7 g/mol, a leválasztott só
anyagmennyisége: $9,079/129,7 = 0,070$ mol

**Ugyanennyi Cl_2 gáz keletkezett, aminek
 $0,070 * 24,5 \text{ dm}^3 = 1,715 \text{ dm}^3$ a térfogata.**

0,07 mol só leválasztásához:

$0,070 * 2 * 96500 = 13510$ C töltés szükséges.

Az áramerősség: $I = Q / t = 13510 \text{ C} / (48 * 60 \text{ s}) = 4,69 \text{ A}$

2. feladat (emelt szintű érettségi, 1998. V/3. feladat)

150 g 20,9 tömeg%-os nikkelszulfát-oldatot 1,6 A erősségű árammal 201 percig elektrolizálunk.

- **Hány tömeg% nikkelszulfátot tartalmaz az oldat az elektrolízis után?**
- **Hány dm³ standard állapotú gáz keletkezik az elektrolízis közben?**
- **Hány tömeg%-os lesz az oldat az elektrolízis közben keletkezett savra nézve?**

Megoldás

Anódfolyamat: $2 \text{ OH}^- = \frac{1}{2} \text{ O}_2 + \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ e}^-$

Katódfolyamat: $\text{ Ni}^{2+} + 2 \text{ e}^- = \text{ Ni}$

Az áthaladt töltés mennyisége: $Q = I \cdot t = 1,6 \text{ A} \cdot 12060 \text{ s} = 19296 \text{ C}$

19296 C töltés hatására $(58,7 \cdot 19296) / (2 \cdot 96500) = 5,87 \text{ g}$, vagyis 0,1000 mol Ni vált ki.

0,100 mol nikkeltől leválásakor 0,0500 mol oxigén válik le:

1,00 mol standard állapotú oxigéngáz 24,5 dm³ tehát 0,0500 mol, azaz $0,0500 \cdot 24,5 \text{ dm}^3 = 1,225 \text{ dm}^3 \text{ O}_2$ keletkezik.

Megoldás

Tömegváltozások az elektrolízis során:

$$m(\text{oldat}) = 150\text{g} - m(\text{Ni}) - m(\text{O}_2) = 150 - 5,87 - 0,0500 \cdot 32 = 142,5 \text{ g};$$

$$\text{Az eredeti oldatban: } m(\text{NiSO}_4) = 150 \cdot 0,209 = 31,35 \text{ g}$$

0,100 mol Ni leválása után

$$m(\text{NiSO}_4) = 31,35 - 0,100 \cdot 154,7 = 15,88 \text{ g}$$

$$\text{Az oldat töménysége: } 15,88 / 142,5 = 0,1114$$

11,14 tömeg% NiSO₄-t tartalmaz az oldat az elektrolízis után.

Megoldás

1/2 mol O_2 leválásakor 2 mol H^+ , azaz 1 mol H_2SO_4 keletkezik az oldatban, tömege 98,0 g.

0,05 mol O_2 leválásakor 9,80 g kénsav keletkezik.

Az oldat töménysége kénsavra nézve:

$9,80/142,5 = 0,0688$, azaz 6,88 tömeg%.

3. feladat (emelt szintű érettségi, 2003. V/4. feladat)

50 cm³ 0,1 mol/dm³ koncentrációjú nátrium-klorid-oldatot 10 percig elektrolizálunk grafitelektródok között 0,193 A erősségű árammal.

A) Írja fel az elektródfolyamatok egyenleteit!

**B) Számítsa ki az elektrolízis során a katódon keletkező standard állapotú gáz térfogatát és az oldat pH-ját az elektrolízis végén!
(Az oldat térfogatváltozásától eltekintünk!)**

C) Hány percig kellene elektrolizálni a fenti áramerősséggel az eredeti oldatot, hogy a kapott (előzetesen semlegesített) NaCl-oldathoz feleslegben adott AgNO₃-oldat 250 mg ezüst-klorid leválását okozza?

$F = 96500 \text{ C/mol}$; $V_m = 24,5 \text{ dm}^3/\text{mol}$; $M(\text{AgCl}) = 143,5 \text{ g/mol}$

Megoldás

A) Anódreakció: $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$

Katódreakció: $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$

B) Az áthaladó töltésmennyiség:

$$Q = I \cdot t = 0,193 \text{ A} \cdot 600 \text{ s} = 115,8 \text{ C}$$

Az átalakult NaCl anyagmennyisége:

$$n(\text{NaCl}) = 115,8 \text{ C} / 96500 \text{ C/mol} = 0,0012 \text{ mol}$$

(1 mol elektron áthaladása 96500 C töltésnek fele meg.

Formálisan 1 mol elektron áthaladásakor 1 mol NaCl bomlik el.)

Megoldás

Az elektrolízis során keletkező OH^- anyagmennyisége:

0,0012 mol (lásd katódreakció)

$$[\text{OH}^-] = 0,0012 \text{ mol} / 0,05 \text{ dm}^3 = 0,024 \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{pOH} = -\lg [\text{OH}^-] = 1,62$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 12,38$$

A képződött H_2 anyagmennyisége:

$$n(\text{H}_2) = n(\text{NaCl}) / 2 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

amelynek térfogata standardállapotban:

$$6 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 24,5 \text{ dm}^3/\text{mol} = 0,0147 \text{ dm}^3, \text{ azaz } 14,7 \text{ cm}^3$$

Megoldás

C) A 250 mg AgCl anyagmennyisége:

$$0,25 \text{ g} / 143,5 \text{ g/mol} = 1,742 \text{ mmol}$$

Az oldat kiindulási NaCl-tartalma:

$$0,05 \text{ dm}^3 \cdot 0,1 \text{ mol/dm}^3 = 0,005 \text{ mol} = 5 \text{ mmol}$$

Az elektrolízissel átalakítandó NaCl anyagmennyisége:

$$5 \text{ mmol} - 1,742 \text{ mmol} = 3,258 \text{ mmol}$$

Ehhez $3,258 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 96500 \text{ C/mol} = 314,4 \text{ C}$ töltésmennyiség szükséges.

Az ehhez szükséges idő:

$$t = Q / I = 314,4 \text{ C} / 0,193 \text{ A} = 1629 \text{ s} = 27,15 \text{ perc.}$$

4. feladat (emelt szintű érettségi, 2009. május, 9. feladat)

Réz- és nikkelelektrodokból galvánelemet állítunk össze. Az egyik fémlemez $1,00 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú réz(II)-szulfát-oldatba, a másik $1,00 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú nikkel(II)-szulfát-oldatba merül. Mindkét oldat térfogata $1,25 \text{ dm}^3$.

Az elem működése közben az egyik elektród tömege $9,98 \text{ gram}$ -mal csökkent.

- a) Írja fel a katód- és anódreakciók egyenletét!
- b) Számítsa ki a cella elektromotoros erejét!
- c) Mennyivel változott a másik elektród tömege működés közben?

4. feladat (emelt szintű érettségi, 2009. május, 9. feladat)

d) Számítsa ki mindkét elektrolitoldat anyagmennyiség-koncentrációját a működési folyamat végén, ha térfogatváltozásuktól eltekintünk!

e) Számítsa ki, mennyi töltés haladt át a cellán!

Megoldás:



Megoldás

b) $E_{MF} = \varepsilon_K - \varepsilon_A = (0,34 + 0,257) \text{ V} = 0,597 \text{ V}$

c) A folyamat során a nikkelelektrod tömege csökkent.

A reagált nikkelt anyagmennyisége (amely egyenlő a másik elektródon kivált réz anyagmennyiségével):

$$n(\text{Ni}) = 9,98 \text{ g} / 58,7 \text{ g/mol} = 0,17 \text{ mol} = n(\text{Cu})$$

A rézelektrod tömegnövekedése:

$$\Delta m(\text{Cu}) = 0,17 \text{ mol} \cdot 63,5 \text{ g/mol} = 10,8 \text{ g}$$

Megoldás

d) Mivel az elektrolitoldatok kiindulási koncentrációja és térfogata megegyező, ezért egyenlő anyagmennyiségű oldott anyagot tartalmaztak:

$$n_1(\text{CuSO}_4) = n_1(\text{NiSO}_4) = 1,00 \text{ mol/dm}^3 \cdot 1,25 \text{ dm}^3 = 1,25 \text{ mol.}$$

A réz-szulfát anyagmennyisége csökkent az oldatban:

$$n_2(\text{CuSO}_4) = (1,25 - 0,17) \text{ mol} = 1,08 \text{ mol.}$$

Tehát az oldat molaritása a folyamat végén:

$$c(\text{CuSO}_4) = 1,08 \text{ mol} / 1,25 \text{ dm}^3 = 0,864 \text{ mol/dm}^3$$

Megoldás

A nikkelszulfát anyagmennyisége nőtt az oldatban:

$$n_2(\text{NiSO}_4) = (1,25 + 0,17) \text{ mol} = 1,42 \text{ mol}$$

Tehát az oldat molaritása a folyamat végén:

$$c(\text{NiSO}_4) = 1,42 \text{ mol} / 1,25 \text{ dm}^3 = 1,14 \text{ mol/dm}^3$$

e) Az elektródfolyamatokban részt vevő elektronok anyagmennyisége:

$$n(e^-) = 2 \cdot n(\text{Ni}) = 0,17 \text{ mol} \cdot 2 = 0,34 \text{ mol.}$$

A cellán áthaladt töltésmennyiség:

$$Q = F \cdot n(e^-) = 96500 \text{ C/mol} \cdot 0,34 \text{ mol} = 32\,810 \text{ C}$$

5. feladat (emelt szintű érettségi, 2012. május, 9. feladat)

100 cm³ ezüst-nitrát-oldatba ismeretlen fémlamezt merítettünk. Egy kis idő elteltével a lemezt kivettük, majd megmértük: tömege 753 mg-mal növekedett. A visszamaradó oldatból (amelyben már nem volt kimutatható az ezüstion) az összes fémion leválasztásához 2,50 A áramerősséggel 386 másodpercig tartó elektrolízisre volt szükség.

- a) **Számítsa ki az ezüst-nitrát-oldat koncentrációját!**
- b) **Számítással határozza meg, melyik fémből készült a lemez!**

Megoldás

a) Az elektrolízis során áthaladó elektronok anyagmennyisége:

$$n(e^-) = (I \cdot t) / F = (2,5 \cdot 386) / 96500 = 0,01 \text{ mol}$$

A reakció során az összes ezüstion kicserélődött, így az oldatban található ismeretlen fémionra a töltés*mólszám megegyezik a kivált ezüstion mólszámával, azaz az áthaladt elektronok anyagmennyiségével.

$$n(\text{Ag}^+) = 0,01 \text{ mol}$$

$$c(\text{Ag}^+) = 0,01 \text{ mol} / 0,1 \text{ dm}^3 = 0,100 \text{ mol/dm}^3$$

Megoldás

b) Az ismeretlen fém moláris tömegének mérőszáma legyen M , töltése z .

A tömegváltozásra felírva az egyenletet:

$$108 \cdot 0,01 - (0,01/z) \cdot M = 0,753, \text{ innen } M = 32,7z$$

A fém töltésének függvényében a lehetséges moláris tömegek:

$$M_1 = 32,7\text{g} (z=1); M_2 = 65,4\text{g} (z=2); M_3 = 98,1\text{g} (z=3)$$

Az összefüggésnek megfelelő fém a cink.

Köszönöm a figyelmet!