5. Elektrokémia

Elméleti összefoglaló

Az alábbi egyenlet összefoglalja Faraday I. és Faraday II. törvényét. Segítségével kiszámíthatjuk az adott elektródon leváló anyag tömegét *m [g]*.

z: a félreakcióban az átadott elektronok sztöchiometriai együtthatója.
I: [A] az áramerősség,
t: [s] az eltel idő, szorzatuk az eltelt idő alatt átadott töltésmennyiség
Q: [C]. *M [g/mol]* a moláris tömeg,
F: [C/mol] a Faraday állandó.

$$m = \frac{MIt}{Fz}$$

$$F = (Q_{p^+})N_A = 96485\frac{C}{mol}$$

$$pV = nRT$$

$$R = (k_B)N_A = 8.314\frac{J}{molK}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{It}{Fz}$$

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{\frac{It}{Fz}RT}{p} = \frac{ItRT}{Fzp}$$

$$V = \left(\frac{It}{Fz}\right)\left(\frac{RT}{p}\right) = nV_m$$

$$\Delta p = \frac{nRT}{V} = \frac{\frac{It}{Fz}RT}{V} = \frac{ItRT}{FzV}$$

Ha az áramerősséget a felületre vonatkoztatjuk, egy új mennyiséget, az áramsűrűséget j [A/m^2] kapjuk. Ez lokálisan jellemzi a folyamatot az elekród felületén. Ha ennek segítségével írjuk fel az egyenletet, a leváló szilárd anyag sűrűségével *ρ [kg/m^3]* kifejezhetjük annak réteg vastagságát *h [m]*.

$$j = \frac{I}{A}$$

$$\frac{m}{A} = \frac{Mjt}{Fz}$$

$$\frac{\rho V}{A} = \frac{Mjt}{Fz}$$

$$\rho h = \frac{Mjt}{Fz}$$

$$h = \frac{Mjt}{\rho Fz}$$

Egy telepnél az elektromotoros erő E_{ME} *[V]* megkapható az elektródok potenciáljának *ε [V]* a különbségéből.

$$E_{ME} = (\varepsilon_{ox/red})_{anód} - (\varepsilon_{ox/red})_{katód}$$

Nerst egyenlet.

R [J/molK]: egyetemes gázállandó,
T [K]: hőmérséklet
F [C/mol]: Faraday állandó,
z: a félreakcióban az átadott elektronok sztöchiometriai együtthatója.
A logaritmus után a félreakcióban résztvevő anyagok koncentrációja alapján írjuk fel a tömeghatás törvényét. A logaritmus utáni tényezőknek dimenziómentesnek kell lennie. A redukált oldalon szereplő vegyületek esetén hasonlóképpen töltjük ki a nevezőt.

$$\varepsilon_{ox/red} = \varepsilon^0_{ox/red} + \frac{RT}{Fz}ln\frac{[ox]}{[red]}$$

Gyakori, hogy valamelyik redoxi folyamatban szereplő vegyület nem az oldatban van, hanem szilárd fázisban. Ebben az esetben a szilárd fázisban lévő vegyület koncentrációja állandónak tekinthető. Ennek következtében nem kell, és nem is szabad beírni ezeknek normalizált koncentrációját az egyenletbe.

Amennyiben gáz komponens is szerepel az egyenletben, azt normalizált parciális nyomásban írjuk be a tömeghatás törvényének megfelelően.

5/f-1 Számítsuk ki a Mn | $MnSO_4$ || $AgNO_3$ | Ag összeállítású galvánelem elektromotoros erejét! $[Mn^{2+}] = 0,2$ M $[Ag^+] = 0,3$ M $\varepsilon^\circ_{Ag/Ag+} = 0,80$ V $\varepsilon^\circ_{Mn/Mn2+} = -1,05$ V

Középszintű érettségi

5/k-1 (2008. május 5. feladat B)
292,0 g 25,0 tömeg%-os sósavat elektrolizálunk. A katódon 12,25 dm^3 25 ºC-os, standard nyomású gáz keletkezett. Ar(H) = 1,0; Ar(Cl) = 35,5

a) Írja fel az elektródfolyamatok reakcióegyenletét!
b) Hány gramm és hány mól sósavat tartalmazott az oldat az elektrolízis megkezdése előtt?
c) Mekkora anyagmennyiségű gáz keletkezett a katódon és az anódon?
d) Számítsa ki az oldat tömegcsökkenését!
e) Számítással határozza meg a keletkező oldat tömegét és tömegszázalékos összetételét!

5/k-2 (2010. május 4. feladat B)
A szertár polcán 50,00 g 30,00 tömeg%-os $CuSO_4$- és 50,00 g 30,00 tömeg%-os $NiSO_4$-oldat található.

Ar(H) = 1,000, Ar(O) = 16,00, Ar(S) = 32,10, Ar(Ni) = 58,70, Ar(Cu) = 63,50
$\varepsilon°(Cu^{2+}/Cu) = 0,340$ V, $\varepsilon°(Ni^{2+}/Ni) = -0,257$ V

a) Hány cm^3 1,00 mol/dm^3 koncentrációjú réz(II)-szulfát-, illetve nikkel(II)-szulfátoldatot készíthetünk a szertárban talált két oldatból?
b) Az elkészített két oldatot galvánelemmé kapcsoljuk össze a megfelelő fémelektródok használatával. Írja fel a katód- és az anódfolyamat reakcióegyenletét!
c) Mennyi az így készített galvánelem elektromotoros ereje?

Emelt szintű érettségi

5/e-1 (1995. V/2)
172,5g 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?

Ar (Ni) = 58,7; Ar (Cl) = 35,5; F = 96 500 C/mol; Vm = 24,5 dm^3/mol

5/e-2 (1997 IV/3)
7,90 g kálium-permanganáttal sósavból klórgázt fejlesztünk a kiegészítendő egyenlet szerint:

$$\ldots KMnO_4 + \ldots HCl = \ldots Cl_2 + \ldots MnCl_2 + \ldots KCl + H_2O$$

Mekkora tömegű 32,0 tömeg%-os sósavra van szükség a sztöchiometrikus reakcióhoz?
Minimálisan mekkora tömegű 32,0 tömeg%-os sósavat kell elektrolizálni grafit elektródok között ugyanennyi klórgáz előállításához?
Mennyi ideig tartana az elektrolízis 5 A-es áramot használva?

Ar(Cl) = 35,5; Ar(H) = 1,0; Ar(K) = 39,1;
Ar(Mn) = 54,9; Ar(O) = 16,0; F = $9,65\times10^4$ C/mol

5/e-3 (1998 V/3)

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

Hány tömeg% nikkel-szulfátot tartalmaz az oldat az elektrolízis után?
Hány dm^3 standardállapotú gáz keletkezik az elektrolízis közben?
Hány tömeg%-os lesz az oldat az elektrolízis közben keletkezett savra nézve?

5/e-4 (2000 V/3)
Egy kétvegyértékű fém nitrátjának vizes oldatából 150 grammot addig elektrolizálunk, amíg a katódon fémkiválás tapasztalható. A kiváló fém tömege 5,02 g. A kapott oldatot desztillált vízzel 5 dm^3-re hígítjuk, ennek a pH-ja 1,5.

Melyik fém nitrátját tartalmazta a kiindulási oldat?
Hány tömegszázalékos az elektrolízissel kapott (még nem hígított) salétromsavoldat?
Ar (H) = 1,0; Ar (N) = 14,0; Ar (O) = 16,0;

5/e-5 (2003 V/4)
50 cm^3 0,1 mol/dm^3 koncentrációjú nátrium-klorid oldatot 10 percig elektrolizálunk grafit elektródok között 0,193 A erősségű árammal.

A) Írja fel az elektródfolyamatok egyenleteit!
B) Számítsa ki az elektrolízis során a katódon keletkező standardállapotú 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 $AgNO_3$-oldat 250 mg ezüst-klorid leválását okozza?

F = 96500 C/mol; Vm = 24,5 dm^3/mol; M(AgCl) = 143,5 g/mol

5/e-6 (2005. május, 9. feladat)
Telített nátrium-hidrogén-karbonát-oldatot elektrolizáltunk állandó hőmérsékleten, grafitelektródok között. Ekkor vízbontás történt. Az elektrolízist 4,00 A-es áramerősséggel 48,25 óráig végeztük. Eközben 8,10 gramm szilárd anyag vált ki az oldatból.

Adja meg a nátrium-hidrogén-karbonát oldhatóságát 100 gramm vízre vonatkoztatva az elektrolízis hőmérsékletén!

5/e-7 (2006. február, 8. feladat)
Egy réz-ezüst ötvözet összetételét határoztuk meg a következő módon:
Az ötvözet 2,41 grammját tömény salétromsavban feloldottuk, majd desztillált vizet adtunk hozzá. A hígított oldatot elektrolizálni kezdtük. Az oldatban lévő összes fémion leválasztásához 193 percre volt szükség. Az átfolyó áram átlagos sűrűsége ez alatt az időtartam alatt 0,500 A volt. (Az áramkihasználást tekintheti 100 %-osnak.)

a) Írja fel és rendezze a fémek oldódásának reakcióegyenleteit!
b) Számítsa ki, hogy milyen anyagmennyiség-arányban tartalmazta a fémeket az ötvözet?

5/e-8 (2006. május, 9. feladat)
90,0 cm^3 12,00-es pH-jú nátrium-hidroxid-oldatot elektrolizálunk grafitelektródok között. Az elektrolízist 25,0 A-es áramerősséggel végeztük. Az elektrolízis végén az oldat pH-ja 1,00-gyel tér el a kiindulási oldat pH-jától. (Az oldat sűrűségét mindvégig 1,00 g/cm^3 -nek tekintsük.)

Mennyi ideig zajlott az elektrolízis?

5/e-9 (2006. október, 8. feladat)
Egy elektrolizáló berendezésben, platinaelektródokat használva vizet bontottunk, és a fejlődő gázokat az egyes elektródok fölött fogtuk fel. Az elektrolízis közben a gáztereket lezáró csapok közül az egyik eresztett (a másik jól zárt). Végül leolvastuk a gázok térfogatát és meghatároztuk a nyomásukat és hőmérsékletüket is:

-az egyik elektródon 50,0 cm^3 térfogatú (23,0 °C-os, 115 kPa nyomású) színtelen gáz, amely meggyújtható,

-a másik elektródon 40,0 cm^3 térfogatú (23,0 °C-os, 115 kPa nyomású) színtelen gáz, amelynek hatására az izzó gyújtópálca lángra lobban.

a) Töltse ki az alábbi táblázatot a fenti adatoknak megfelelően!

Pólus	A fejlődött gáz megnevezése	A leolvasott térfogata
+		
–		

b) Húzza alá az alábbiak közül annak az oldatnak a nevét, amelyet a fent említett vízbontó készülék tartalmazhatott! nátrium-klorid-oldat réz(II)-szulfát-oldat kénsavoldat sósav

c) Melyik gáztér csapja eresztett?

d) Számítsa ki, mekkora tömegű vizet bontottunk!

e) Számítsa ki, menyi ideig tartott az elektrolízis, ha az átlagos áramerősség 0,400 A volt!

5/e-10 (2007. október, 9. feladat)

Az ólomakkumulátor működésekor lejátszódó elektródfolyamatok egyenletei:

$$PbO_2 + 2\ e^- + 2\ H^+ + H_2SO_4 \rightarrow \underline{PbSO_4} + 2\ H_2O$$
$$Pb + H_2SO_4 \rightarrow \underline{PbSO_4} + 2\ e^- + 2\ H^+$$

Az ólomakkumulátorban tehát a fém ólom ólom(II)-ionokká oxidálódik, miközben a ólom(IV)-oxidban lévő +4-es oxidációs számú ólom ólom(II)-ionokká redukálódik. Ezt a redoxi folyamatot kifejező egyenletet nevezzük az akkumulátor bruttó egyenletének.

Az elektródfolyamatok egyenletei alapján az ólomakkumulátor működésekor lejátszódó folyamat kiegészítendő bruttó egyenlete a következő:

$$\ldots PbO_2 + \ldots Pb + \ldots\ H_2SO_4 \rightarrow \ldots\ \underline{PbSO_4} + \ldots\ H_2O$$

Az akkumulátor működése közben keletkező ólom(II)-szulfát csapadék, nem oldódik az akkumulátorban lévő kénsavoldatban.

Egészítse ki a bruttó egyenletet együtthatókkal!

Számítsa ki, milyen lesz a kiindulási 500 g 36,2 tömegszázalékos kénsavoldat tömegszázalékos összetétele abban az akkumulátorban, amelyben működés közben 61200 C töltés haladt át?

5/e-11 (2008. október, 7. feladat)

Az alumíniumgyártásnak két szakasza van: (a) timföldgyártás és (b) kriolitolvadékban oldott timföld elektrolízise. A bauxitot világszerte a *Bayer*-féle módszerrel dolgozzák fel: az alumínium-hidroxidot nátrium-hidroxiddal kioldják, az oldatot elkülönítik az oldhatatlan anyagoktól (vörösiszap), majd hígítással újból alumínium-hidroxidot választanak le. Az alumínium-hidroxidból nyerik ki a timföldet, amelynek olvadékelektrolízisével állítják elő a fémalumíniumot. *A*r(H) = 1,00, *A*r(O) = 16,0, *A*r(Al) = 27,0

a) Írja fel a timföld olvadékelektrolízisekor az anódon és katódon lejátszódó folyamatokat!

b) Hány százalékos az áram kihasználtsága, ha 1,00 tonna alumínium előállítása során 33,3 órán keresztül $1{,}00 \cdot 10^5$ A áramerősséggel végezték az elektrolízist?

c) Az elektrolízis során keletkezett gáz, ami 25 °C-on és standard nyomáson 681 m^3 térfogatú reakcióba lépett a megfelelő elektród széntartalmával. Az elektrolízis során 0,450 tonna szén fogyott el. Mi az eltávozó szén-monoxid–szén-dioxid gázelegy térfogat%-os összetétele, ha feltételezzük, hogy a keletkező gáz teljes mennyisége reagált az elektródszénnel?

5/e-12 (2009. május, 9. feladat)

Réz- és nikkelelektródokból galvánelemet állítunk össze. Az egyik fémlemez 1,00 mol/dm^3 koncentrációjú réz(II)-szulfát-oldatba, a másik 1,00 mol/dm^3 koncentrációjú nikkel(II)-szulfát-oldatba merül. Mindkét oldat térfogata 1,25 dm^3.
Az elem működése közben az egyik elektród tömege 9,98 grammal csökkent.

a) Írja fel a katód- és anódreakciók egyenletét!
anódreakció:
katódreakció:
b) Számítsa ki a cella elektromotoros erejét!
c) Mennyivel változott a másik elektród tömege működés közben?
d) Számítsa ki mindkét elektrolitoldat anyagmennyiség-koncentrációját a működési folyamat végén, ha térfogatváltozásuktól eltekintünk!
e) Számítsa ki, mennyi töltés haladt át a cellán!

5/e-13 (2010. május, 6. feladat)
A levegőbe kerülő H_2S nemcsak rendkívül kellemetlen szaga, de mérgező tulajdonsága miatt is gondot jelent. Az egészségügyi határértéke éppen ezért nagyon alacsony:
0,01 milligramm/1 dm^3 levegő.

A levegőben lévő H_2S megkötését az úgynevezett coulombmetriás titrálással végzik.
Az eljárás lényege a következő: kálium-jodid-oldatból elektrolízissel jódot választanak le, ami az oldatban feloldódik. Majd ezen áramoltatják át a levegőt, melynek H_2S-tartalma reagál a jóddal, miközben az oldatban sárgásfehér kolloid csapadék jelenik meg. Feltételezzük, hogy a levegő H_2S-tartalma teljes mennyiségében az oldatban marad.

Egy gyár H_2S-nel szennyezett levegőjét vizsgálták meg. Kálium-jodid-oldatot 2,00 percig, 2,00 mA-es áramerősséggel elektrolizáltak. Ezután az oldaton 2,00 dm^3 levegőt áramoltattak át, aminek hatására a jód színe eltűnt az oldatból. Ezután keményítőoldatot adtak a rendszerhez, majd az előzővel azonos áramerősséggel még 36 másodpercig elektrolizálták az oldat kálium-jodid tartalmát, amíg az oldat kék színű nem lett.

a) Írja fel a H_2S megkötésének reakcióegyenletét!
b) Miért adtak keményítőt a rendszerhez?
c) Mennyi töltés haladt át összesen az elektrolizáló cellán?
d) Mennyi a gyár levegőjének H_2S tartalma (g/dm^3-ben)? Mekkora a szennyezés a megengedetthez képest?

5/e-14 (2010. október, 6. feladat)
759 mg fém-szulfátból vizes oldatot készítettünk. Az oldatot elektrolizálva az összes fémion leválasztásához 965 C töltésre volt szükség.

Határozza meg a fém-szulfát képletét, ha benne a fém oxidációs száma +2!

5/e-15 (2011. május, 6. feladat)

Nátrium-klorid-oldat elektrolízise

Két főzőpohárban 200,0-200,0 cm^3 2,00 mol/dm^3 koncentrációjú nátrium-klorid-oldat van (az oldat sűrűsége 1,10 g/cm^3). Az ***A*** főzőpohárban levő oldatot grafitelektródok, míg a ***B*** főzőpohárban levő oldatot higanykatód és grafitanód használatával elektrolizáljuk. Mindkét oldatot **10,0 A** áramerősséggel **1930 másodpercig** elektrolizáljuk.
*A*r(H) = 1,00, *A*r(O) = 16,0, *A*r(Na) = 23,0, *A*r(Cl) = 35,5

a) Az *A* és *B* főzőpohárban lezajló elektrolízis során az anódon ugyanaz a tapasztalat figyelhető meg. Az anód környezete

Tapasztalat: .....
A lejátszódó folyamat egyenlete: .....
b) Mi történik az *A* főzőpohárban levő oldat elektrolízise során a katódon?
A katód környezete
Tapasztalat: .....
A lejátszódó folyamat egyenlete: .....

c) Az elektrolízis befejeződése után fenolftaleint cseppentünk az *A* főzőpohárban levő folyadékba.

Tapasztalat:
A tapasztalat magyarázata:
Számítsa ki a katódon fejlődő gáz térfogatát (25,0 °C-on, standard nyomáson)!

d) Az elektrolízis után azonnal leöntjük a *B* főzőpohárban levő oldatot a higanykatódról, majd fenolftaleint cseppentünk a vizes oldatba.

Tapasztalat:
A katódon lejátszódó folyamat egyenlete:
Számítsa ki a visszamaradó oldat tömegszázalékos összetételét! (Tételezzük fel, hogy az összes gáz eltávozott az oldatból!)

5/e-16 (2012. május, 9. feladat)
100 cm^3 ezüst-nitrát-oldatba ismeretlen fémlemezt 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!

5/e-17 (2013. május, 6. feladat)
200 cm^3 térfogatú, 1,07 g/cm^3 sűrűségű, 14,5 tömegszázalékos sósavat desztillált vízzel hígítottunk. Az oldat anyagmennyiség-koncentrációja ennek hatására 1,70 mol/dm^3-re csökkent.

a) Hányszorosára nőtt az oldat térfogata a hígítás következtében?

b) Hány cm^3 0,125 mol/dm^3 koncentrációjú kálium-hidroxid-oldat szükséges a kiindulási oldatból kivett 5,00 cm^3 oldat közömbösítéséhez?

c) Mekkora tömegű alumíniumport kellett volna szórnunk a kiindulási oldatba (gyakorlatilag változatlan oldattérfogat mellett), ha a hígítással kapott értékre kívántuk volna az oldat hidrogén-klorid-koncentrációját csökkenteni? Írja fel a szükséges kémiai folyamat reakcióegyenletét is!

d) Mennyi ideig kellene a kiindulási sósavat 2,00 A áramerősséggel elektrolizálni, hogy 980 cm^3, 25,0 ºC-os, standard nyomású hidrogéngázt állítsunk elő?

5/e-18 (2013. október, 8. feladat)
A szén és széntartalmú anyagok égetésekor keletkező gázok számos problémát okoznak.

A levegőben megnövekedett szén-dioxid-koncentrációnál a nagyobb gondot a szén-monoxid jelenléte okozhatja. Fűtési szezonban sajnos gyakran hallani a rosszul karbantartott kémény vagy kazán miatt bekövetkező balesetekről. A szén-dioxid egyszerű kimutatása régóta ismert, de ma már a szén-monoxid kimutatása is megoldható. A boltokban kaphatók olyan berendezések, amelyek színváltozással jelzik a szén-monoxid jelenlétét a levegőben.

A legújabb, háztartásban alkalmazható berendezés elektrokémiai alapon működik. Platina katalizátor segítségével az elektródokon a következő reakciók mennek végbe:

$$\text{Anód: } CO + H_2O \rightarrow CO_2 + 2\,H^+ + 2\,e^-$$
$$\text{Katód: } 2\,H^+ + 0{,}5\,O_2 + 2\,e^- \rightarrow H_2O$$

Az elektródokon áthaladt adott mennyiségű töltés után a készülék sípolni kezd.
Egy régi, rosszul működő kályhával fűtött szobában vizsgáljuk a szén-dioxid – szén-monoxidkibocsátást.

1,00 m^3 levegőben 408 mg a két gáz együttes tömege. A levegőből kivont 27,0 ºC-os, 98,5 kPa nyomású CO_2 – CO gázelegy sűrűsége 1,61 g/dm^3.

d) Határozza meg a gázelegy térfogatszázalékos összetételét!

e) Elvileg mekkora töltésnek kell 1,00 m^3 levegő átvezetésekor az elektrokémiai cellán áthaladnia, hogy a készülék sípolni kezdjen?

A szén-monoxid megengedett egészségügyi határértéke: 55,0 mg/ 1,00 m^3 levegő.

f) Fog-e sípolni a szobában elhelyezett jelzőkészülék? Válaszát számítással indokolja!

5/e-19 (2014. május, 6. feladat)
A kristályos réz(II)-klorid 1 mólja 3,00 mol kristályvizet tartalmaz. A 20,0 °C-on telített oldat réz(II)-kloridra nézve 42,0 tömegszázalékos.
*A*r(H) = 1,01; *A*r(O) = 16,0; *A*r(Cl) = 35,5; *A*r(Cu) = 63,5

a) 150,0 g 20,0 °C-on telített oldat készítéséhez hány gramm kristályos réz(II)-kloridra van szükség?

b) A telített oldatot grafitelektródok között elektrolizáljuk. Írja fel a katódon és az anódon lejátszódó folyamatok egyenletét!

c) Mennyi ideig tart az elektrolízis 12,0 A áramerősség alkalmazása mellett, ha az elektrolízis befejezésekor a kapott oldat tömegszázaléka a kiindulási oldat tömegszázalékának a felére csökken?

d) Mekkora térfogatú, 25 °C-os, 10^5 Pa nyomású gáz keletkezik az elektrolízis során?

5/e-20 (2015. május, 9 feladat)
Határozza meg annak a kristályvizes fém-kloridnak a képletét, amelynek

- fémtartalma 19,5 tömegszázalék,
- 5,33 grammjából készült oldatából az összes fémion leválasztása 5,00 A áramerősséggel 19,3 percig tart!

5/e-21 (2017. október, 5. feladat)
Egy laboráns standard Daniell-elem összeállítását kapta feladatul.

a) Írja fel a Daniell-elem celladiagramos jelölését, a katód-, és anódfolyamatok reakcióegyenletét! Számítsa ki a cella elektromotoros erejét!

A laborvezető később meggondolta magát, s az utasítást úgy módosította, hogy a Daniell-elem színtelen elektrolitja helyett nikkel(II)-klorid-oldatot használ, s egy nikkellemezt is keres hozzá. Újonnan támadt ötletét úgy indokolta, hogy a cserével mindkét elektrolit színes lesz, s ezzel két hidratált kation színét is meg tudja a hallgatóságnak mutatni.

b) Milyen színűek a szóban forgó hidratált kationok?

A laboráns 1,500 dm^3, 1,000 mol/dm^3 koncentrációjú nikkel(II)-klorid-oldatot készített.

c) Mekkora tömegű kristályvíztartalmú sót ($NiCl_2 \cdot 6\ H_2O$) kellett bemérnie ehhez?

A galvánelem *összeállítása előtt* megmérte mindkét fémlemez tömegét. A nikkelé 42,80 g, a másik lemezé 51,92 g volt. Az elektrolitok koncentrációját 1,000 mol/dm^3-nek mérte. Mindkét elektrolit-oldatból 1,200 dm3-t használt a demonstrációhoz. A kísérlet bemutatása után újra megmérte a fémlemezek tömegét, s az elektrolitok koncentrációját is. A rézlemez tömege 57,63 g volt. A tömegmegmaradás törvényére emlékezve úgy gondolta, hogy a nikkellemeznek 37,09 g tömegűnek kellene lennie. A biztonság kedvéért azonban méréssel is meggyőződött hipotéziséről, de a mért eredmény eltért az általa várt értéktől.

d) Írja fel az újonnan összeállított galvánelemben zajló kémiai folyamat bruttó egyenletét! Számítsa ki a nikkellemez tömegét és a nikkel(II)-ionok koncentrációját a kísérlet elvégzése után! (A számítás során az elektrolit térfogatát tekintse állandónak!)

e) Számítsa ki, mekkora elektromos töltés haladt át a cellán! Ekkora töltésmennyiség hatására, a $CuSO_4$-oldat elektrolízise során mekkora térfogatú, 25 °C-os, standard légköri nyomású gáz keletkezne az anódon? A számítás előtt írja fel az anódfolyamat reakcióegyenletét is! Mennyi ideig tartott volna az elektrolízis 5,000 A erősségű áramot használva?

OKTV feladatok

5/o-1 (2008/2/2/3)
Egy hangyasavoldat 10,0 cm^3-es részletéhez 20 cm^3 20%-os kénsavat és 2 g KBr-t adunk. A hangyasavat elemi brómmal bontjuk el, melyet az oldat elektrolízisével állítunk elő. A teljes hangyasavmennyiség elbontásához 3,00 áramerősséggel kell 83,7 másodpercig elektrolizálnunk.

a) Írjuk fel a lejátszódó folyamatok egyenletét!
b) Mi a kiindulási hangyasavoldat pH-ja (a kénsav hozzáadása előtt)?

Ks[HCOOH] = $1{,}78 \cdot 10^{-4}$ mol/dm^3; F = 96500 C/mol

5/o-2 (2008/2/2/5)
Nagyon elterjedt a nikkel védő vagy díszítő bevonatként történő alkalmazása a legkülönbözőbb tárgyakon. A nikkelréteg felvitele legegyszerűbben úgy történik, hogy a bevonandó fémet egy elektrolizáló cellában katódnak kapcsolják, az elektrolit pedig nikkelsó vizes oldata. Ez a művelet a galvanizálás.

Létezik azonban a nikkelréteg leválasztásának egy árammentes változata is, ami drágább ugyan, mint a hagyományos galvanizálás, de versenyképes azzal, ha finom részletekkel rendelkező tárgyat kell bevonni, bizonyos anyagok (pl. műanyagok) esetén pedig alapvető fontosságú.

A folyamat lényege, hogy a bevonandó tárgyat $NiCl_2$ vagy $NiSO_4$ vizes oldatába mártják, majd erős redukálószert adnak hozzá. A nikkelionok elemi nikkellé redukálódnak, s az – a körülmények pontos megválasztása esetén – egyenletes rétegben lerakódik a tárgy felületére. A legjobban bevált redukálószer a nátrium-hipofoszfit (NaH_2PO_2), mely a hipofoszforossav nevű egyértékű sav sója.

A hipofoszfition savas, ill. semleges közegben az alábbi kiegészítendő reakcióegyenlet szerint redukál:

$$H_2PO^{2-} + H_2O \rightarrow HPO_3^{2-} + H_3O^+ + e-$$

a) Rajzoljuk fel a hipofoszforossav molekulájának szerkezeti képletét!
b) Miért nem alkalmazható a galvanizálás műanyagok felületének nikkellel történő bevonására?
c) Írjuk fel az árammentes nikkelleválasztás során lejátszódó reakció egyenletét!

Egy összesen 240 cm^2 felületű tárgyra 30 μm (1 μm = 10^{-6} m) vastagságban kell leválasztani nikkelt.

d) Számítsa ki a fent említett nikkelréteg leválasztásának elméleti költségét az elektrolízis, ill. az árammentes módszer esetén! Az elektrolízist 3,0 V feszültséggel végezzük.

1 kg $NiSO_4 \cdot 7\ H_2O$ ára 23400 Ft
1 kg $NaH_2PO_2 \cdot H_2O$ ára 16000 Ft
1 kWh elektromos áram ára 38 Ft
valamint $W = U \cdot I \cdot t$

Ar(H) = 1,0; Ar(O) = 16,0; Ar(Na) = 23,0; Ar(P) = 31,0; Ar(Ni) = 58,7; Ar(S) = 32,1
ρ(Ni) = 8,9 g/cm^3; F = 96500 C/mol

5/o-3 (2011/2/2/6)
A primer alkoholokat nem egyszerű úgy oxidálni, hogy csak a megfelelő aldehid keletkezzen. Egy erre alkalmas eljárás a nemvizes közegben történő elektrolízis.

Az oxidáció végrehajtásához egy 100 cm^3-es elektrolizálócellába (I. cella) 80 cm^3 9:1 arányú metanol-ecetsav elegyet töltünk, bemérünk hozzá 2,44 g (4-metil-fenil)-metanolt és 0,44 g NaBF4-et (ez a nem reaktív só az elektródrekciókban nem vesz részt). Egy másik 100 cm^3-es cellába (II. cella) 80,0 cm3 1,00 mol/dm^3 koncentrációjú vizes KI-oldatot töltünk. A két cellát sorba kötjük, és áramot vezetünk át rajtuk. Az elektrolízis végeztével a II. cellában lévő oldatból 5,00 cm^3-t kiveszünk, és a kivált jódot 0,300 mol/dm^3 koncentrációjú

nátriumtioszulfát-oldattal megtitráljuk: a fogyás 11,2 cm^3. (Az elektrolízis során az oldat térfogatváltozása elhanyagolható.)

a) Írja fel a II. cellában lejátszódó elektródfolyamatok egyenletét!
b) Írja fel a titrálás egyenletét!
c) Mennyi töltés haladt át a cellákon, ha a II. cellában az áthaladt töltés 100 %-a a jodid oxidációjára fordítódott?

Az I. cellában *para*-metil-benzaldehid képződött. Az elektrolízis befejezése után vizet adunk a reakcióelegyhez, dietil-éterrel kioldjuk a szerves anyagokat, majd a keverékből desztillációval elkülönítjük a megmaradt kiindulási anyagot és a terméket. A *para*-metil-benzaldehid mennyisége 2,06 g-nak adódott.

***d*) Mi a szerepe a $NaBF_4$-nek a cellában?**
e) Írja fel az I. cellában lejátszódó anódreakció egyenletét!
f) Hány százalékos a para-metil-benzaldehid kitermelése?
g) Az áram hány százaléka fordítódott a (4-metil-fenil)-metanol oxidációjára az I. cellában, ha feltételezzük, hogy a termék elkülönítése során nem volt veszteségünk?

5/o-4 (2013/2/2/6)
A vegyipar hatalmas mennyiségben állítja elő a nátrium-klorátot ($NaClO_3$) NaCl-oldat folyamatos keverés közben végzett elektrolízisével.

A folyamat kezdeti lépései során az anódon a kloridionok oxidálódnak, a képződő klór azonban elhanyagolható mértékben távozik el az elektródról, mert azonnal reakcióba lép a vízzel. A katódon gyakorlatilag csak a víz redukciója megy végbe.

a)Írja fel a három fent említett reakció egyenletét!

A klorát képződése kétféle reakcióúton történhet:
1.Az elektrolitoldatban a hipoklórossav kloriddá és kloráttá diszproporcionálódik
2.A hipoklorit anódos oxidációjával. Úgy találták, hogy az adott körülmények között azelektród felületén jó közelítéssel az alábbi sztöchiometria szerint játszódik le ez a folyamat:

$$12\ OCl^- + 6\ H_2O \rightarrow 4\ ClO_3^- + 12\ H^+ + 8\ Cl^- + 3\ O_2 + 12\ e^-$$

b) Írja fel a diszproporció egyenletét!
c) Legalább hány tonna kősó szükséges 1,0 t $NaClO_3$ előállításához?

Az ipari eljárás során úgy választják meg a körülményeket, hogy a klorát elsősorban ne anódos oxidációval képződjön.

d) Elméletileg hányszor több elektromos áramot igényelne adott mennyiségű nátrium-klorátelőállítása, ha a klorát a 2. úton (anódos oxidációval) képződik az 1. út helyett?
e) Folyamatos üzem és 100 %-os áramkihasználás esetén naponta hány t $NaClO_3$-ot állít előegy cella? Az elektrolízist 75,0 kA áramerősséggel végzik, és a klorát 15 %-a képződikanódos oxidációval.
f) A cellában képződő oxigén mennyiségének mérésével ellenőrizhető, hogy a klorátmekkora hányada képződik anódos oxidációval. Ha ez az arány a fent megadott 15 %, akkor mi lesz az elektródokon képződő hidrogén és oxigén térfogataránya?

5/o-5 (2014/2/2/3)
Tiszta vizes ammóniaoldat elektrolízise nehézségekbe ütközik, mert az oldat ellenállása nagy. Ezen KOH adagolásával lehet segíteni.

a) Miért csökkenti az oldat ellenállását a KOH adagolása?

KOH-tartalmú ammóniaoldatok elektrolízise során mindkét platinaelektródon színtelen gázok fejlődése tapasztalható. A katódon fejlődő gázt energiahordozóként is tervezik használni.
Az anódon az oldat összetételétől, a berendezés felépítésétől és az alkalmazott feszültségtől is függ a fejlődő gáz térfogata. A maximálisan mérhető térfogat a minimum másfélszerese, de ilyenkor is csak a katódon fejlődő gáztérfogat 50%-át éri el. (Természetesen a gázokat ugyanolyan állapotban vizsgálva.)

b) Írja fel az elektródokon lejátszódó folyamatok reakcióegyenletét!

Gyakorlati alkalmazásokhoz igyekeznek az anódon fejlődő gáz mennyiségét a minimálishoz közel tartani. Egy ilyen esetben 500 mA árammal végezték az elektrolízist. Az egyik elektródon 12,0 cm^3, a másikon 4,4 cm^3 gáz fejlődött (25 °C-on és 101 kPa nyomáson).

c) Hány másodpercig tartott a mérés?
d) Milyen gázokat tartalmazott a két gázmennyiség? (Keverék esetén adja meg a térfogat-százalékos összetételét!)

5/o-6 (2015/2/2/3)
Vízbontást végzünk kálium-szulfát-oldat platinaelektródok között történő elektrolízisével. 10 percig tartó elektrolízis során a katódon 22,00 cm^3, az anódon 10,60 cm^3 térfogatú gáz fejlődött. A térfogatokat szárítás után 22,0 ºC-on és 997 hPa nyomáson mérték.

a) Írja fel a katódfolyamat és az anódon végbemenő reakciók egyenletét, figyelembe véve, hogy az anódon a főtermék mellett kevés ózon is keletkezik!
b) Milyen áramerősséggel végeztük az elektrolízist?
c) Hány térfogatszázalék ózont tartalmazott az anódon képződő gázkeverék?

Ózontartalmú gázkeverékek ózonkoncentrációját meghatározhatjuk úgy, hogy az elegyet ezüsthálón (mint katalizátoron) vezetjük át, amelyen az ózon dioxigénre bomlik. A térfogatnövekedésből kiszámítható az eredeti elegy ózontartalma.

d) Hány százalékos térfogat-növekedést mérnénk egy ilyen kísérletben (a kiindulási gázelegy térfogatához viszonyítva), ha az anódon fejlesztett gázt vezetnénk át az ezüsthálón?

5/o-7 (2016/2/2/1)
Az épületek melegvíz-rendszerében könnyen telepedhetnek meg mikroorganizmusok. Ellenük a szokásos fertőtlenítés nem olyan hatékony, mert melegen a klór és az ózon rosszabbul oldódik.

Elterjedt antimikrobiális anyag ilyen esetekben a réz(II)- és ezüstion. Ezek együttesen már igen kicsi, a réz(II) esetén 3 mg/dm^3, az ezüst esetén pedig 0,3 mg/dm^3 koncentráció mellett hatásosak lehetnek.

Ha a víz pH-ja 8 felett van, akkor azonban ezeknek is jelentősen csökken a hatékonyságuk.

a) Adja meg azoknak a reakcióknak az egyenletét, amelyek felelősek ezért a hatékonyság-csökkenésért!

Ezt a két fémiont általában egy átáramlásos elektrolizáló cellában juttatják a vízbe.

b) Katódként vagy anódként kell a két fémlemezt a cellába kötni?
c) Mekkora áramnak kell a réz-, illetve az ezüstelektródon áthaladnia, ha a cellán 13 l/perccel áramlik a melegvízrendszerbe bekerülő víz?

A két fémion koncentrációját érdemes a melegvízrendszerben folyamatosan ellenőrizni és pótolni. Túl sok anyag bekerülése esetén ugyanis fekete elszíneződés jelenhet meg a fehér porcelánfelületeken szerves anyagokkal érintkezve.

d) Mi lehet ez a fekete anyag?

Az orosz űrprogram is hasonló berendezést (de csak ezüsttel) használ az űrhajók vízrendszerének fertőtlenítésére. Az amerikaiak viszont jóddal végzik a fertőtlenítést, így az űrsiklók érkezésekor vizet csak további tisztítás után lehet a két rendszer között cserélni.

e) Milyen nem kívánatos reakció történne, ha a kétféleképpen kezelt vizet összekevernék?

Megoldások

Középszintű érettségi

5/k-1 (2008. május 5. feladat B) **15 pont**
a) Katód: $2\ H^+ + 2\ e^- = H_2$ ($2\ H_3O^+ + 2\ e^- = H_2 + 2\ H_2O$) ***1 pont***
Anód: $2\ Cl^- = Cl_2 + 2\ e^-$ ***1 pont***
b) $m(HCl)_1 = 0{,}25 \cdot 292{,}0$ g = **73,0 g** ***1 pont***
$M(HCl) = 36{,}5$ g/mol
$n(HCl)_1 = m / M = 73{,}0\ g / 36{,}5$ g/mol = **2,00 mol** ***1 pont***
c) $V_m = 24{,}5\ dm^3/mol$ ***1 pont***
$n(H_2) = V / V_m = 12{,}25\ dm^3 / 24{,}5\ dm^3/mol$ = **0,50 mol** ***1 pont***
Ha 1 mol H_2 keletkezése 1 mol Cl_2 keletkezésével jár, akkor 0,50 mol H_2 keletkezése **0,50 mol Cl_2** keletkezésével jár. ***2 pont***
d) Ha 1 mol H_2 (vagy Cl_2) 2 mol HCl bomlásában keletkezik, akkor 0,50 mol H_2 (vagy Cl_2) 1 mol HCl bomlásában keletkezik. ***2 pont***
Az elbomlott HCl tömege adja az oldat tömegcsökkenését. ***1 pont***
$m(HCl) = 1{,}00 \cdot 36{,}5$ g/mol = **36,5 g** ***1 pont***
e) A keletkező oldat tömege $m_2 = 292{,}0$ g – 36,5 = **255,5 g** ***1 pont***
HCl tartalma $m(HCl)_1 = 73{,}0$ g – 36,5 g = 36,5 g ***1 pont***
tömegszázalékos összetétele: 36,5 g / 255,5 g·100 % = **14,3 %** ***1 pont***
(Minden más, helyes levezetés maximális pontszámot ér!)

5/k-2 (2010. május 4. feladat B) **12 pont**
a) $m(CuSO_4) = 50{,}00 \cdot 0{,}30$ g = 15,00 g, $m(NiSO_4) = 50{,}00 \cdot 0{,}30$ g = 15,00 g ***1 pont***
$M(CuSO_4) = 159{,}6$ g/mol, $n(CuSO_4) = 0{,}0940$ mol ***1 pont***
$c(CuSO_4\text{-oldat}) = 1{,}00\ mol/dm^3$, $V = n/c$ ***1 pont***
$\boldsymbol{V} = 0{,}0940\ mol / 1{,}00\ mol/dm^3 = 0{,}0940\ dm^3$ = **94,0 cm^3** ***1 pont***
$M(NiSO_4) = 154{,}8$ g/mol, $n(NiSO_4) = 0{,}0969$ mol ***1 pont***
$c(NiSO_4\text{-oldat}) = 1{,}00\ mol/dm^3$, $V = n/c$,
$\boldsymbol{V} = 0{,}0969\ mol / 1{,}00\ mol/dm^3 = 0{,}0969\ dm^3$ = **96,9 cm^3** ***1 pont***
b) Katód: $Cu^{2+} + 2\ e^- = Cu$ ***2 pont***
Anód: $Ni = Ni^{2+} + 2\ e^-$ ***2 pont***
Ha felcseréli a katód és anód folyamatot (vagy nem jelöli az elektródot), de helyesen írja fel a reakcióegyenletet, helyes egyenletenként 1 pont adható!
c) $EME = \varepsilon^\circ_{katód} - \varepsilon^\circ_{anód}$ (vagy ennek alkalmazása) ***1 pont***
$EME = 0{,}340\ V - (-0{,}257\ V) = 0{,}597\ V$ ***1 pont***

Emelt szintű érettségi

5/e-1 (1995. V/2) **10 pont**
A katódon: $Ni^{2+} + 2\ e^- = Ni$ ***1 pont***
az anódon: $2\ Cl^- = Cl_2 + 2\ e^-$ ***1 pont***
172,5 g 10 tömeg %-os oldatban 17,25 g só van. ***1 pont***
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 ***2 pont***
Ebből: x = 9,079, a leválasztott só tömege 9,079 g. ***1 pont***
Az $NiCl_2$ moláris tömege: 129,7 g/mol, a leválasztott só anyagmennyisége: 9,079/129,7 = 0,070 mol ***1 pont***
Ugyanennyi Cl_2 - gáz keletkezett, aminek (0,070*24,5) dm^3 = 1,715 dm^3 a térfogata. ***1 pont***
0,07 mol só leválasztásához: 0,070*2*96500 = 13510 C töltés szükséges. ***1 pont***
Az áramerősség: I = Q/t = 13510 C / (48*60 s) = 4,69 A ***1 pont***

5/e-2 (1997 IV/3) **11 pont**
Ar(Cl)=35,5; Ar(H)=1,0; Ar(K)=39,1; Ar(Mn)=54,9; Ar(O)=16,0; F=9,65*10^4 C/mol
A rendezett egyenlet: $2\ KMnO_4 + 16\ HCl = 5\ Cl_2 + 2\ MnCl_2 + 2\ KCl + 8\ H_2O$ ***2 pont***

a) n = (7,9/158) mol = 0,050 mol ***1 pont***

A reakcióhoz: 8*0,050 mol = 0,40 mol HCl-ra van szükség, aminek a tömege: (0,40×36,5)g=14,6g. ***1 pont***

A reakcióhoz szükséges 32 tömeg%-os oldat tömege: 14,6g × 100/32 = 45,6g ***1 pont***

b) A reakcióban keletkező Cl_2 anyagmennyisége: 2,50×0,050 mol=0,125mol ***1 pont***

Az elektrolízis egyenlete: az anódon: $2Cl^- = Cl_2 + 2e^-$ ***1 pont***

A szükséges HCl anyagmennyisége: 0,125mol × 2 = 0,25mol, tömege: 0,25 × 36,5=9,125g ***1 pont***

Az elektrolízishez használt 32 tömeg%-os oldat tömege: (9,125×100/32)g=28,5g ***1 pont***

c) Ar(Cl)=35,5; Ar(H)=1,0; Ar(K)=39,1;

Ar(Mn)=54,9; Ar(O)=16,0; F=9,65*10^4 C/mol

Az áthaladt elektronok anyagmennyisége 0,25 mol, az áthaladt töltés Q = 0,25*96500=24125 C ***1 pont***

Az elektrolízis ideje: t= 24125C / 5A = 4825s (=1,34h) ***1 pont***

5/e-3 (1998 V/3) **10 pont**

· Anódfolyamat: $H_2O = ½ O_2 + 2 H^+ + 2 e^-$ (vagy: $4 OH^- = O_2 + 2 H_2O + 4 e^-$)
Katódfolyamat: $Ni^{2+} + 2 e^- = Ni$ (***1pont***)

· Az áthaladt töltés mennyisége: Q=1*t=1,6A*12060s=19296 C (***1pont***)

· 19296 C töltés hatására (58,7*19296)/(2*96500)=5,87 g, vagyis 0,1000 mol Ni vált ki. ***(1pont)***

· 0,100 mol nikkel leválásakor 0,0500 mol oxigén válik le: 1,00 mol standard-állapotú oxigéngáz 24,5 dm^3 tehát 0,0500 mol, azaz 24,5*0,0500 dm^3=1,225dm^3 O_2 keletkezik.(***1pont***)

· Tömegváltozások az elektrolízis során:

m(oldat)=150g-m(Ni)-m(O_2)=150-5,87-0,0500*32=142,5 g; (***1pont***)

· Az eredeti oldatban: m($NiSO_4$)/150*0,209=31,35g (***1pont***)

0,100 mol Ni leválása után m($NiSO_4$)=3135-0,100*154,7=15,88g

· Az oldat töménysége: (15,88*100)142,5=11,14 tömeg% $NiSO_4$-t tartalmaz az oldat az elektrolízis után. (***1pont***)

· 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. (***2 pont***)

· Az oldat töménysége kénsavra nézve: (9,80*100)/142,5=6,88 tömeg% (***1pont***)

5/e-4 (2000 V/3) **10 pont**

Az anódfolyamat: $2 H_2O = O_2 + 4 H^+ + 4 e^-$ ***1 pont***

A pH-ból számított oxóniumion-koncentráció és anyagmennyiség: $[H^+]= 3,16\times10^{-2}$ mol/dm^3; ***1 pont*** $n(H^+) = 5\times3,16\times10^{-2} = 0,158$ mol ***1 pont***

Az egyenlet alapján az elektrolizálócellán ugyancsak 0,158 mol elektron haladt át. ***1 pont***

A katódfolyamat kétvegyértékű fém esetén: $Me^{2+} + 2e^- = Me$; n(Me) = n(e^-) / 2 = 0,079 mol ***1 pont***

A fém moláris tömege: *M*(Me) = 5,02 g / 0,079 mol = 63,5 g/mol, **tehát az ismeretlen fém a réz**. ***1 pont***

Az elektrolízis utáni oldat tömege: *m*(oldat) = 150 g - m(Cu) - m(O_2) = [150 - 5,02 - (0,158 / 4) ×32,0] g = 143,7 g. ***2 pont***

Az oldatban levő salétromsav tömege: *m*(HNO_3) = (0,158 × 63,0) g = 9,95 g. ***1 pont***

Tehát az elektrolízis után kapott salétromsav-oldat koncentrációja: (9,95 / 143,7) × 100 = **6,92 tömeg%.** ***1 pont***

5/e-5 (2003 V/4) **15 pont**

A) Anódreakció: $2 Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2 e^-$ ***1 pont***

Katódreakció: $2 H_2O + 2 e^- \rightarrow H_2 + 2 OH^-$ ***1 pont***

(Más helyesen felírt reakcióegyenlet is elfogadható!)

B) Az áthaladó töltésmennyiség: Q = I · t = 0,193 A · 600 s = 115,8 C ***1 pont***

Az átalakult NaCl anyagmennyisége:

n(NaCl) = 115,8 C / 96500 C/mol = 0,0012 mol ***1 pont***

Az elektrolízis során keletkező OH^- anyagmennyisége: 0,0012 mol ***1 pont***

$[OH^-]$ = 0,0012 mol/ 0,05 dm^3 = 0,024 mol/dm^3 ***1 pont***

pOH = -lg [OH^-] = 1,62 ***1 pont***
pH = 14 – pOH = **12,38** ***1 pont***
A képződött H_2 anyagmennyisége: n(H_2) = n(NaCl) / 2 = 6 · 10^{-4} mol ***1 pont***
amelynek térfogata standardállapotban: 6 · 10^{-4} mol · 24,5 dm^3/mol = 0,0147 dm^3, azaz **14,7 cm^3** ***1 pont***

C) A 250 mg AgCl anyagmennyisége: 0,25 g / 143,5 g/mol = 1,742 mmol ***1 pont***
Az oldat kiindulási NaCl tartalma: 0,05 dm^3 · 0,1 mol/dm^3 = 0,005 mol = 5 mmol ***1 pont***
Az elektrolízissel átalakítandó NaCl anyagmennyisége:
5 mmol – 1,742 mmol = 3,258 mmol ***1 pont***
Ehhez 3,258 · 10^{-3} mol · 96500 C/mol = 314,4 C töltésmennyiség szükséges. ***1 pont***
Az ehhez szükséges idő: t = Q / I = 314,4 C / 0,193 A = 1629 s = **27,15 perc**. ***1 pont***

5/e-6 (2005. május 9. feladat) **11 pont**
Az elektrolízis során vízbontás történt: 1 mol víz bontásához 2 mol elektronra van szükség
(a helyes elektródfolyamatok megadása egyenértékű válasznak tekinthető) ***2 pont***
$Q = I \cdot t$ = 4,00 A · 48,25 · 3600 s = 694800 C ***1 pont***
$n(e^-) = Q / F$ = 694800 C / 96500 C/mol = 7,20 mol e^- ***1 pont***
3,60 mol vizet bontottunk ***1 pont***
ennek tömege 3,60 mol · 18,0 g/mol = 64,8 gramm ***1 pont***
Az elektrolízis során elbomlott víz és a kivált só tömegének aránya megegyezik a só oldhatóságával. ***2 pont***
x / 100 g = 8,10 g / 64,8 g ***2 pont***
x = 12,5 g, vagyis az oldhatóság: **12,5 g só / 100 g víz.** ***1 pont***
(Minden más, helyes levezetés maximális pontszámot ér!)
(Ha a végeredményt a telített oldat tömegszázalékos összetételében adja meg, akkor legfeljebb 10 pont érhető el.)

5/e-7 (2006. február 8. feladat) **8 pont**
a) Cu + 4 HNO_3 = $Cu(NO_3)_2$ + 2 NO_2 + 2 H_2O ***2 pont***
Ag + 2 HNO_3 = $AgNO_3$ + NO_2 + H_2O ***1 pont***
(Nitrogén-monoxidra rendezve is elfogadhatók az egyenletek!)
b) $n(e^-) = Q/F$ ***1 pont***
$n(e^-)$ = 0,500 A · 193 · 60,0s / 96500 C/mol = 0,0600 mol ***1 pont***
$Ag^+ + e^- = Ag$ $Cu^{2+} + 2\ e^- = Cu$ (vagy ennek alkalmazása a számításban) ***1 pont***
x mol ezüst- és y mol réz(II)ionra felírva az egyenletrendszert: $x + 2y = 0,0600$
$108x + 63,5y = 2,41$ ***2 pont***
x = 0,00662 mol, y = 0,0267 mol ***2 pont***
A két fém anyagmennyiség-aránya: *n*(Cu) : *n*(Ag) = 0,0267 : 0,00662 = 4,03 : 1,00. ***1 pont***
(Minden más, helyes levezetés maximális pontszámot ér!)

5/e-8 (2006. május 9. feladat) **15 pont**
Az elektrolízis során vízbontás történt, ***1 pont***
1 mol víz bontásához 2 F töltésre van szükség. ***1 pont***
Az oldat töményedett, így a pH nőtt. ***1 pont***
$[OH^-]_1$ = 0,0100 mol/dm^3 ***2 pont***
Az oldat NaOH-tartalma: 0,0900 dm^3 · 0,0100 mol/dm^3 = 9,00 · 10^{-4} mol ***1 pont***
x mol víz bomlott el, amelynek tömege 18,0x gramm ***1 pont***
Az elektrolízis végén az oldat 90,0 – 18,0x gramm, illetve ugyanennyi cm^3, ***1 pont***
a pH-ja (12,00 + 1,00) = 13,00 ***1 pont***
a NaOH -koncentrációja 10^{-1} = 0,100 mol/dm^3 ***1 pont***
A NaOH-mennyisége változatlan: 9,00 10^{-4} = 0,100 · (90 – 18,0x) / 1000 ***1 pont***
x = 4,50 mol ***1 pont***

4,50 mol víz bontásához 9,00 F töltésre van szükség. ***1 pont***

$t = Q / I$ = (9 mol · 96500 C/mol) / 25 A ***1 pont***

34740 másodpercig **(9,65 óra)** tartott az elektrolízis. ***1 pont***

(Bármilyen más helyes levezetés elfogadható!)

5/e-9 (2006. október 8. feladat) **10 pont**

a)

Pólus	*A fejlődött gáz megnevezése*	*A leolvasott térfogata*
+	oxigén	40,0 cm^3
–	hidrogén	50,0 cm^3

Az oxigén és a hidrogén megnevezéséért (a térfogatoknak és a tulajdonságoknak megfelelően) ***1 pont***

Az oxigén és a hidrogén megnevezéséért (a pólusoknak megfelelően) ***1 pont***

b) Kénsavoldat ***1 pont***

c) A hidrogént tartalmazó gáztér csapja eresztett (vagy ezzel egyenértékű válasz: pl. a katód feletti csap eresztett). ***1 pont***

d) Az elbontott vizet az oxigén mennyisége alapján számíthatjuk:

$n(O_2) = pV/RT$ = 1,869 mmol ***1 pont***

$n(H_2O)$ = 3,738 mmol (A $H_2O \rightarrow H_2 + ½\ O_2$ egyenlet alapján) ***1 pont***

$m(H_2O) = nM$ = **67,3 mg.** ***1 pont***

e) A $H_2O \rightarrow H_2 + ½\ O_2$ (2F) egyenlet alapján a szükséges töltés:

Q = 3,738 · 10−3 · 2 · 96500 C/mol = 721,5 C ***2 pont***

A szükséges idő: $I = Q/t \rightarrow t = Q/I$ = 721,5 C / 0,400 A = 1804 s = **30,1 min.** ***1 pont***

(Minden más, helyes levezetés maximális pontszámot ér!)

5/e-10 (2007. október 9. feladat) **10 pont**

$PbO_2 + Pb + 2\ H_2SO_4 \rightarrow 2\ PbSO_4 + 2\ H_2O$ ***1 pont***

Ennyi töltés hatására:

61200 C / 96500 C/mol = 0,634 mol elektron halad át a rendszeren. ***1 pont***

0,634 mol kénsav fogy, ***1 pont***

0,634 mol víz keletkezik. ***1 pont***

0,634 mol kénsav tömege 62,1 g, ***1 pont***

0,634 mol vízé 11,4 g. ***1 pont***

A kiindulási 500 g oldatban: 500 g · 0,362 = 181g kénsav volt. ***1 pont***

A kénsav mennyisége a kapott oldatban: 181 g – 62,1 g = 118,9 g. ***1 pont***

A kapott oldat tömege = 500 g – 62,1 g + 11,4 g = 449,3 g. ***1 pont***

A kapott oldat 118,9/449,3 ·100 = **26,5 tömegszázalék**os lett. ***1 pont***

(Minden más, helyes levezetés maximális pontszámot ér!)

5/e-11 (2008. október 7. feladat) **14 pont**

a) Katód (–): $Al^{3+} + 3\ e^- = Al$ ($2\ Al^{3+} + 6\ e^- = 2\ Al$) ***1 pont***

Anód (+): $2\ O^{2-} = O_2 + 4\ e^-$ ($3\ O^{2-} = 1,5\ O_2 + 6\ e^-$) ***1 pont***

b) $n(Al) = 1,00 \cdot 10^6$ g / 27,0 g/mol = $3,704 \cdot 10^4$ mol ***1 pont***

$n(e^-) = 3 \cdot n(Al)$ = 1,111·105 mol ***1 pont***

$Q = n(e^-) \cdot 96500$ C/mol

Q(szükséges) = $1,111 \cdot 10^5$ mol ·96500 C/mol = $1,072 \cdot 10^{10}$ C ***1 pont***

Q (felhasznált) = $I \cdot t$

Q(felhasznált) = $1,00 \cdot 10^5$ A · 33,3·3600 s = $1,20 \cdot 10^{10}$ C ***1 pont***

Áramkihasználás: $1,072 \cdot 10^{10} / (1,20 \cdot 10^{10}) \cdot 100$ = **89,3 %** ***1 pont***

c) $V(O_2) = 681\ m^3 = 6,81 \cdot 10^5\ dm^3$

$n(O_2) = V(O_2)/ Vm = 6,81 \cdot 10^5\ dm^3 / 24,5\ dm^3/mol = 2,78 \cdot 10^4$ mol ***1 pont***

$n(C) = 4,50 \cdot 10^5$ g / 12,0 g/mol = $3,75 \cdot 10^4$ mol ***1 pont***

$C + O_2 = CO_2$,

x mol *x* mol *x* mol ***1 pont***

$2\ C + O_2 = 2\ CO$

$2 \cdot (2,78 \cdot 10^4 - x)$ mol $(2,78 \cdot 10^4 - x)$ mol $2 \cdot (2,78 \cdot 10^4 - x)$ mol ***1 pont***

$x + 2\cdot(2{,}78\cdot10^4 - x) = 3{,}75\cdot10^4$ ***1 pont***
$x = 1{,}81\cdot10^4$ mol CO_2, $1{,}94\cdot10^4$ mol CO ***1 pont***
%(V/V) = $1{,}81 \cdot 10^4 / (3{,}75 \cdot 10^4) \cdot 100$ = **48,3 % CO_2**
%(V/V) = $1{,}94 \cdot 10^4 / (3{,}75 \cdot 10^4) \cdot 100$ = **51,7 % CO** ***1 pont***
(Minden más, helyes levezetés maximális pontszámot ér!)

5/e-12 (2009. május 9. feladat) **12 pont**
a) A galvánelemben végbemenő folyamatok reakcióegyenlete:
A: $Ni = Ni^{2+} + 2\ e^-$ ***1 pont***
K: $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$ ***1 pont***
(Ha az egyenleteket helyesen írja fel, de a pólusokat felcseréli, akkor 1 pont.)
b) $E_{MF} = \varepsilon_K - \varepsilon_A$ = (0,34 + 0,23) V = **0,57 V** ***1 pont***
(vagy (0,34 + 0,257) V = 0,597 V más adatok szerint, vagy (0,34 + 0,25) V = 0,59 V más adatok szerint)
c) A folyamat során a nikkelelektród tömege csökkent.
A reagált nikkel anyagmennyisége (amely egyenlő a másik elektródon kivált réz anyagmennyiségével):
n(Ni) = 9,98 g / 58,7 g/mol = $1{,}70 \cdot10^{-1}$ mol = n(Cu) ***1 pont***
A rézelektród tömegnövekedése: Δm(Cu) = $1{,}70 \cdot10^{-1}$ mol · 63,5 g/mol = 10,8 g ***1 pont***
d) Mivel az elektrolitoldatok kiindulási koncentrációja és térfogata megegyező, ezért egyenlő anyagmennyiségű oldott anyagot tartalmaztak:
$n_1(CuSO_4) = n_1(NiSO_4)$ = 1,00 mol/dm^3 · 1,25 dm^3 = 1,25 mol. ***1 pont***
A réz-szulfát anyagmennyisége csökkent az oldatban:
$n_2(CuSO_4)$ = (1,25 - 0,17) mol = 1,08 mol. ***1 pont***
Tehát az oldat molaritása a folyamat végén:
$c(CuSO_4)$ = 1,08 mol / 1,25 dm^3 = **0,864 mol/dm^3** ***1 pont***
A nikkel-szulfát anyagmennyisége nőtt az oldatban:
$n_2(NiSO_4)$ = (1,25 + 0,17) mol = 1,42 mol ***1 pont***
Tehát az oldat molaritása a folyamat végén:
$c(NiSO_4)$ = 1,42 mol / 1,25 dm^3 = **1,14 mol/dm^3** ***1 pont***
(Ha a két oldat koncentrációváltozásának előjelét hibásan értelmezte, de a fenti eredményeket kapta, akkor a feladatrész megoldásáért 3 pont adható.)
e) Az elektródfolyamatokban részt vevő elektronok anyagmennyisége:
$n(e^-) = 2 \cdot n(Ni) = 1{,}70 \cdot10^{-1}$ mol · 2 = $3{,}40 \cdot10^{-1}$ mol. ***1 pont***
A cellán áthaladt töltésmennyiség:
$\boldsymbol{Q} = F \cdot n(e^-)$ = 96500 C/mol · $3{,}40 \cdot 10^{-1}$ mol = **$3{,}28 \cdot 10^4$ C** (32 810 C) ***1 pont***
(Bármely más helyes levezetés elfogadható!)

5/e-13 (2010. május 6. feladat) **11 pont**
a) $H_2S + I_2 = 2\ HI + S$ ***1 pont***
b) A keményítő jelzi a jód megjelenését, ***1 pont***
vagyis a reakció végpontját (a H_2S elfogyását). ***1 pont***
(Minden hasonló értelmű válasz elfogadható.)
c) I = 2,00 mA = 0,002 A
t = 2,00 perc + 36 s = 156 s ***1 pont***
$\boldsymbol{Q} = I \,.\, t$ = 0,002 A · 156 s = **0,312 C** ***1 pont***
d) $n_{e-} = Q / F$ = 0,312 C / 96500 C/mol = $3{,}233 \cdot 10^{-6}$ mol ***1 pont***
1 mol I_2 leválasztásához 2 mol e^- szükséges (vagy egyenlet) ***1 pont***
$n(I_2) = 1{,}617 \cdot 10^{-6}$ mol ***1 pont***
$n(H_2S) = 1{,}617 \cdot 10^{-6}$ mol
$m(H_2S) = 1{,}617 \cdot 10^{-6}$ mol · 34 g/mol = $5{,}50 \cdot 10^{-5}$ g = $5{,}50 \cdot 10^{-2}$ mg ***1 pont***
1 dm^3 levegőben tehát **$2{,}75 \cdot 10^{-5}$ g H_2S** van, ***1 pont***
Ez jóval **több** (2,75-szörös), **mint a megengedett** mennyiség. ***1 pont***
(Minden más helyes levezetés maximális pontszámot ér.)

5/e-14 (2010. október 6. feladat) **8 pont**

A fémszulfát képlete: $MeSO_4$ ***1 pont***
$Me^{2+} + 2\ e^- = Me$ *(vagy ennek használata)* ***1 pont***
$n(e^-)$ = 965 C : 96500 C/mol = 0,01 mol ***1 pont***
$n(Me^{2+})$ = 0,005 mol ***1 pont***
$M(MeSO_4)$ = 759 mg : 5 mmol = 151,8 mg/mmol = 151,8 g/mol ***1 pont***
$M(Me)$ = 151,8 g/mol – 96 g/mol = 55,8 g/mol ***1 pont***
Az ismeretlen fém a vas. ***1 pont***
A képlet: **$FeSO_4$** ***1 pont***

5/e-15 (2011. május 6. feladat) **16 pont**
a) Tapasztalat: sárgászöld (szúrós szagú) gáz keletkezik ***1 pont***
$2\ Cl^- = Cl_2 + 2\ e^-$ ***1 pont***
b) Tapasztalat: színtelen (szagtalan) gáz fejlődik ***1 pont***
$2\ H_2O + 2\ e^- = H_2 + 2\ OH^-$ ***1 pont***
c) Tapasztalat: az oldat lila (bíborvörös) színű lesz. ***1 pont***
Magyarázat: lúgos kémhatású lesz az oldat ***1 pont***
$Q = I{\cdot}t$, Q = 10,0 A · 1930 s = 19 300 C ***1 pont***
az elektrolízis során áthaladó e– anyagmennyisége:
$n(e^{-)} = Q/F$ = 19 300 C / 96500 C/mol = 0,200 mol ***1 pont***
katódon: $n(H_2)$ = 0,100 mol, ***1 pont***
$V(H_2) = nV$m = 0,100 mol · 24,5 dm^3/mol = **2,45 dm^3.** ***1 pont***
d) Tapasztalat: az oldat színe nem változik ***1 pont***
$Na^+ + e^- = Na$ ***1 pont***
Az elektrolízis során levált Na mennyisége: $n(Na)$ = 0,200 mol, vagyis 0,200 mol NaCl bomlott el: $m(NaCl)$ = 0,200 mol · 58,5 g/mol = 11,7 g. ***1 pont***
Kiinduláskor: m(oldat) = 200,0 cm^3 · 1,10 g/cm^3 = 220,0 g
elektrolízis után: m(oldat) = 220,0 g – 11,7 g = 208,3 g ***1 pont***
Az oldatban eredetileg: 0,200 dm^3 · 2,00 mol/dm^3 = 0,400 mol NaCl volt, 0,200 mol bomlott el, így a fele maradt, azaz 11,7 g. ***1 pont***
A keletkezett oldat: 11,7 g : 208,3 g = 0,0562, vagyis **5,62 tömeg%-os.** ***1 pont***
(Minden más helyes levezetés maximális pontszámot ér.)

5/e-16 (2012. május 9. feladat) **8 pont**
a) $n(e^-) = (I.\ t) : F$ összefüggés ismerete ***1 pont***
$n(e^-)$ = (2,5 · 386) : 96500 = 0,01 mol ***1 pont***
$n(Ag^+)$ = 0,01 mol
$c(Ag^+)$ = 0,01 mol : 0,1 dm3 = **0,100 mol/dm^3** ***1 pont***
b) Az ismeretlen fém moláris tömegének mérőszáma legyen M, töltése z
A tömegváltozásra felírva az egyenletet: $(108z - M) \cdot 0{,}01 = 0{,}753z$ $M = 32{,}7z$ ***4 pont***
(Maximum 3 pont adható, ha feltételezi a z = 2-t és nem ellenőrzi le más számok helyességét.)
Az összefüggésnek megfelelő fém a **cink**. ***1 pont***
(Minden más helyes levezetés maximális pontot ér.)

5/e-17 (2013. május 6. feladat) **15 pont**
a) A kiindulási oldat tömege: m_{oldat} = 200 cm^3 ·1,07 g/cm^3 = 214 g
Az oldatban lévő hidrogén-klorid tömege: $mHCl$ = 0,145· 214 g = 31,03 g ***1 pont***
A hidrogén-klorid anyagmennyisége: $nHCl$ =31,03 g /36,5 g/mol = 0,850 mol ***1 pont***
(Ugyanennyi hidrogén-klorid van a hígítással készült oldatban is.)
A hígítással készült oldat térfogata: V_2 = 0,850 mol / 1,70 mol/dm^3 = 0,500 dm^3 ***1 pont***
Tehát hígítással **2,50-szeresére** nőtt az oldat térfogata. ***1 pont***
b) $KOH + HCl = KCl + H_2O$ (vagy ennek alkalmazása) ***1 pont***
A kiindulási oldatból kivett 5,00 cm3 oldatban lévő hidrogén-klorid anyagmennyisége: $n'HCl$ = 0,850 mol · 5,00 / 200 = $2{,}125{\cdot}10^{-2}$ mol, amely a közömbösítéshez szükséges kálium-hidroxid anyagmennyiségével is egyenlő. ***1 pont***
A szükséges kálium-hidroxid-oldat térfogata:
V_{KOH} =2,125 $\cdot 10^{-2}$ mol / 0,125 mol/dm^3= 0,170 dm^3 = **170 cm^3** ***1 pont***
c) $2\ Al + 6\ HCl = 2\ AlCl_3 + 3\ H_2$ ***1 pont***

200 cm^3 sósav anyagmennyiség-koncentrációja 1,70 mol/dm^3 értékre csökkent a reakció következtében, tehát az oldatban maradó hidrogén-klorid anyagmennyisége:

$n_2(HCl)$ = 0,200 dm^3 ·1,70 mol/dm^3 = 0,340 mol ***1 pont***

A hidrogén-klorid anyagmennyiségének csökkenése:

$\Delta n(HCl)$ = (0,850 − 0,340) mol = 0,510 mol ***1 pont***

A szükséges alumínium anyagmennyisége ennek a harmada: $n(Al)$ = 0,170 mol

tömege: $m(Al)$ = **4,59 g** ***1 pont***

d) A keletkező hidrogéngáz anyagmennyisége:

$n(H_2)$ = 0,980 dm^3 / 24,5 dm^3/ mol = 0,0400 mol ***1 pont***

Az elektronok anyagmennyisége ($2\ H^+ + 2\ e^- = H_2$):

$n(e^-)$ = 2 · 0,040 mol = 0,0800 mol ***1 pont***

A cellán áthaladt töltés: $Q = F \cdot n(e^-)$ = 96500 C/mol · 0,080 mol = **7720 C** ***1 pont***

Az elektrolízishez szükséges idő: $t = Q/I$ = 7720 C / 2,00 A = **3860 s** = **64 min 20 s** ***1 pont***

(Minden más, helyes levezetés maximális pontszámot ér!)

5/e-18 (2013. október 8. feladat)

d) A gáztörvény ismerete. ***1 pont***

$M_{átlag} = (\rho \cdot R \cdot T) : p$ = (1,61 g/dm^3 · (8,314 J/molK) · 300 K) : 98,5 kPa

$M_{átlag}$ = 40,8 g/mol ***2 pont***

1 mol gázelegyben legyen x mol CO, $1–x$ mol CO_2

$$28x + 44(1–x) = 40,8$$

$$x = 0,2$$

A gázelegy **20,0 V/V %-a CO**, **80,0 V/V %-a CO_2** ***2 pont***

(Bármely más helyes eredményt adó megoldás elfogadható.)

e) $n(e^-) = 2 \cdot n(CO) = 2 \cdot$ (55 mg : 28 mg/mmol) = 3,93 mmol ***1 pont***

Q = 0,00393 mol · 96500 C/mol = **379 C** ***1 pont***

f) A készülék sípolni fog. ***1 pont***

A 408 mg keverék (M!) 10 mmol gázt tartalmaz, amelyből (az összetétel miatt) 2 mmol a CO. ***1 pont***

A CO tömege 56 mg, ami több, mint az egészségügyi határérték. ***1 pont***

5/e-19 (2014. május, 6. feladat) **13 pont**

a) m(telített oldat) = 150,0 g, $m(CuCl_2)$ = 150,0·0,420 = 63,0 g ***1 pont***

$M(CuCl_2 \cdot 3H_2O)$ = 188,6 g/mol, $M(CuCl_2)$ = 134,5 g/mol

$n(CuCl_2) = n(CuCl_2 \cdot 3H_2O)$ = 63,0 / 134,5 = 0,468 mol ***1 pont***

$\boldsymbol{m(CuCl_2 \cdot 3H_2O)}$ = 0,468 mol·188,6 g/mol = **88,3 g** ***1 pont***

b) Katódfolyamat: $Cu^{2+} + 2\ e^- = Cu$ ***1 pont***

Anódfolyamat: $2\ Cl^- = Cl_2 + 2\ e^-$ ***1 pont***

c) Az elektrolízis során mind az oldott anyag, mind az oldat tömege csökken.

A kapott oldat 21,0 tömeg%-os lesz:

Jelölje x az elektrolízis során átalakult $CuCl_2$ tömegét. Ekkor felírható:

$[(63,0 – x) / (150,0 – x)]\cdot 100 = 21,0$ ***2 pont***

x = 39,9 g ***1 pont***

átalakult: $m(CuCl_2)$ = 39,9 g, $n(CuCl_2)$ = 0,297 mol ***1 pont***

$Q = 2\cdot n(CuCl_2)\cdot F$ = 0,594 mol·96500 C/mol = 57321 C ***1 pont***

$Q = I\cdot t$ (vagy ennek alkalmazása) ***1 pont***

$\boldsymbol{t}$ = 57321 C / 12,0 A = 4777 s = **1,33 óra** ***1 pont***

d) $n(Cl_2)$ = 0,297 mol, $\boldsymbol{V(Cl_2)}$ = 0,297·24,5 dm^3 = **7,28 dm^3** ***1 pont***

(Minden más helyes levezetés maximális pontszámot ér!)

5/e-20 (2015. május, 9 feladat) **11 pont**

Faraday-törvény ismerete *(vagy helyes használata)*: ***1 pont***

Q = (19,3 · 60) s · 5 A = 5790 C ***1 pont***

$n(e^-)$ = 5790 C : 96500 C/mol = 0,06 mol ***1 pont***

m(fém) = 5,33 . 0,195 = 1,04 g ***1 pont***

M(fém) = 1,04 : (0,06/z) = 17,33z ahol z a fémion töltése ***2 pont***

z = 3-ra adódik megoldás, ekkor M = 52,0 g/mol, vagyis a fém a króm ***1 pont***

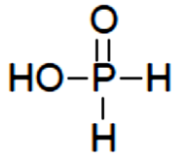
A kristályvizes só képlete: $CrCl_3 \cdot xH_2O$ ***1 pont***
$M(CrCl_3 \cdot xH_2O) = 52 : 0{,}195 = 266{,}7$ g/mol ***1 pont***
A kristályvíz meghatározása: $266{,}7 = 52 + 3 \cdot 35{,}5 + 18x$, $x = 6$ ***1 pont***
A képlet: **$CrCl_3 \cdot 6\ H_2O$** ***1 pont***
(Minden más helyes levezetés maximális pontszámot ér!)

5/e-21 (2017. október, 5. feladat) **14 pont**
a) Daniell-elem celladiagramos jelölése: (–) Zn(sz) │Zn^{2+}(aq) ‖ Cu^{2+}(aq) │Cu(sz) (+) ***1 pont***
Katódreakció egyenlete: $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$ *
Anódreakció egyenlete: $Zn = Zn^{2+} + 2e^-$ *
Az elektromotoros erő: $E_{ME} = \varepsilon_{katód} - \varepsilon_{anód} = 0{,}34\ V - (-0{,}76\ V) =$ **1,10 V** ***1 pont***
b) A hidratált Cu^{2+}-ionok kék; * a hidratált Ni^{2+}-ionok zöld színűek. *
c) $n(NiCl_2) = c \cdot V = 1{,}500$ mol
$M(NiCl_2 \cdot 6\ H_2O) = 237{,}7$ g/mol
$m(NiCl_2) = 1{,}500\ mol \cdot 237{,}7\ g/mol =$ **356,6 g** ***1 pont***
d) A galvánelemben zajló folyamat egyenlete: $Ni + Cu^{2+} = Ni^{2+} + Cu$ ***1 pont***
A lemezre kivált réz tömege: $\Delta m(Cu) = (57{,}63 – 51{,}92)g = 5{,}710\ g$
Anyagmennyisége: $\Delta n\ (Cu) = 5{,}710\ g / 63{,}46\ g/mol = 9{,}000 \cdot 10^{-2}\ mol$ ***1 pont***
A nikkellemezről oldatba kerülő anyagmennyiség: $\Delta n(Ni) = 9{,}000 \cdot 10^{-2}\ mol$
A nikkellemez tömegváltozása: $\Delta m(Ni) = 9{,}000 \cdot 10^{-2} mol \cdot 58{,}71 g / mol = 5{,}283$ g ***1 pont***
A nikkellemez tömege a kísérlet elvégzése után: $m_2(Ni) = 42{,}80 – 5{,}283$ g = **37,52 g** ***1 pont***
A kationok koncentrációja a kísérlet elvégzése után:
$c_2(Ni^{2+}) = (1{,}200 + 0{,}090)\ mol / 1{,}200\ dm^3 =$ **1,075 mol/dm³** ***1 pont***
e) A cellán áthaladt elektronok anyagmennyisége: $n(e^-) = 1{,}800 \cdot 10^{-1} mol$
A cellán áthaladt elektromos töltés:
$Q = F \cdot n(e^-) = 9{,}650 \cdot 10^4\ C/mol \cdot 1{,}800 \cdot 10^{-1}\ mol =$ **$1{,}737 \cdot 10^4$** C ***1 pont***
Az anódon zajló folyamat egyenlete:
$6\ H_2O = 4\ H_3O^+ + 4\ e^- + O_2$ ($2\ H_2O = 4\ H^+ + 4\ e^- + O_2$) ***1 pont***
A keletkező oxigén anyagmennyisége: $n(O_2) = ¼\ n(e^-) = 4{,}500 \cdot 10^{-2}\ mol$
A keletkező oxigén térfogata:
$V(O_2) = 4{,}500 \cdot 10^{-2}\ mol \cdot 24{,}5 dm^3/mol =$ **1,103 dm³** ***1 pont***
Az elektrolízis időtartama: $t = Q / I =$ **3474 s** ***1 pont***
A *-gal jelölt megállapítások közül ***bármely két helyes*** válasz együtt ***1 pont***.
(Minden más helyes levezetés maximális pontszámot ér!)

OKTV feladatok

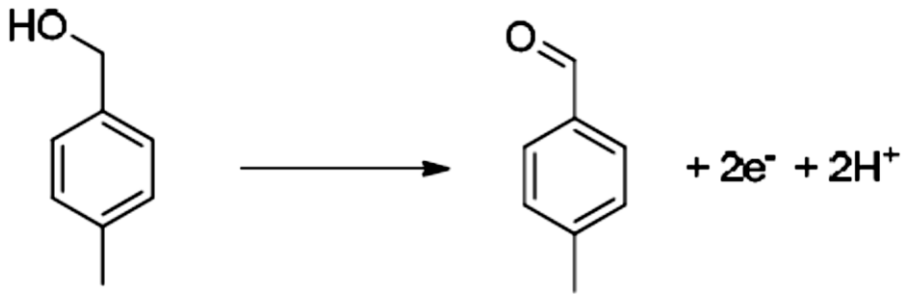
5/o-1 (2008/2/2/3) **7 pont**
$HCOOH + Br_2 = CO_2 + 2\ Br^- + 2\ H^+$
$2Br^- = Br_2 + 2e^-$
Az elektrolízis során $Q = I \cdot t = 251{,}1$ C töltés halad át az oldaton.
Tehát $n(Br_2) = Q/(2 \cdot F) = 1{,}3$ mmol.
Mivel $n(Br_2) = n(HCOOH)$, és $V(HCOOH) = 10{,}0\ cm^3$,
a hangyasavoldat koncentrációja: $c = 0{,}130\ mol/dm^3$.
Az oldat hidrogénion-koncentrációja: $[H^+] = (c \cdot Ks)^{1/2} \rightarrow [H^+] = 4{,}81 \cdot 10^{-3}\ mol/dm^3$.
(A másodfokú egyenlettel történő megoldás esetén is teljes pontszám jár.)
Tehát az oldat pH-ja: 2,32.

5/o-2 (2008/2/2/5) **7 pont**
a)



b) Mert a legtöbb műanyag nem vezeti az elektromos áramot.
c) $Ni^{2+} + H_2PO^{2-} + 4\ H_2O \rightarrow Ni + HPO_3^{2-} + 3\ H_3O^+$
d) V(Ni) = 0,72 cm^3 → m(Ni) = 6,408 g → n(Ni) = 0,109 mol
Az egyenlet szerint szükséges:
0,109 mol $NiSO_4 \cdot 7\ H_2O$, melynek tömege 30,62 g, ára 717 Ft
0,109 mol $NaH_2PO_2 \cdot H_2O$, melynek tömege 11,56 g, ára 185 Ft.
Az árammentes nikkelleválasztás költsége **902 Ft**.
Elektrolízis esetén a szükséges töltésmennyiség 0,109 · 2 · 96500 = 21037 C.
W = 3 · 21037 = 63100 Ws = 0,0175 kWh, ára kevesebb, mint 1 Ft.
Az elektrolitikus nikkelleválasztás költsége tehát **717 Ft**.

5/o-3 (2011/2/2/6) **10 pont**
a) Katód: $2\ H_2O + 2\ e– = H_2 + 2\ OH^-$ (1)
Anód : $2\ I^- = I_2 + 2\ e–$ (1)
b) $I_2 + 2\ S_2O_3^{2-} = 2\ I^- + S_4O_6^{2-}$ (1)
c) Az áthaladt töltés mennyisége:
Q =0,300 mol/dm^3 · 11,2 cm^3 / 1000 · 16 · 96485 C/mol = 5187 C. (1)
d) Az oldat áramvezetését biztosítja. (1)
e)



(1)
f) A kiindulási alkohol moláris tömege 122 g/mol, míg az aldehidé 120 g/mol. 100 %-os átalakulás esetén a keletkezett aldehid mennyisége 2,44 g / 122 g/mol · 120 g/mol = 2,40 g lenne. (1)
A folyamatban tehát a kitermelés 85,8%-os volt. (1)
g) Ezen átalakuláshoz szükséges töltés mennyisége:
2,06 g /120 g/mol · 2 · 96485 C/mol = 3311 C. (1)
Tehát az áramkihasználás 63,8 %-os volt. (1)

5/o-4 (2013/2/2/6) **14 pont**
a) $2\ Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2\ e^-$ (1)
$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$ (1)
$2\ H_2O + 2\ e– \rightarrow H_2 + 2\ OH^-$ (1)
b) $3\ HOCl \rightarrow 2\ Cl^- + 3\ H^+$ (1)
c) Végeredményben 1 mol NaCl-ból elvileg 1 mol $NaClO_3$ keletkezik, így 1,0 t $NaClO_3$ előállításához legalább $\frac{M_{NaCl}}{M_{NaClO_3}} =$ 549 kg NaCl szükséges. (1)
d) Az első reakcióút sztöchiometriája és elektronigénye:
$6\ Cl^- \rightarrow 3\ Cl_2 + 6\ e–$
$3\ Cl_2 + 3\ H_2O \rightarrow 3\ HOCl + 3\ H^+ + 3\ Cl^-$
$3\ HOCl \rightarrow 2\ Cl^- + + 3\ H^+$
Azaz 1 mol klorát előállítása 6 mol elektront igényel. (1)
A második reakcióút sztöchiometriája és elektronigénye:
$6\ Cl^- \rightarrow 3\ Cl_2 + 6\ e^-$
$3\ Cl_2 + 3\ H_2O \rightarrow 3\ HOCl + 3\ H^+ + 3\ Cl^-$
$3\ OCl^- + 1{,}5\ H_2O \rightarrow + 3\ H^+ + 2\ Cl^- + 0{,}75\ O_2 + 3\ e–$
Azaz 1 mol klorát előállítása 9 mol elektront igényel. (1)
A második reakcióút áramigénye tehát 50 %-kal nagyobb. (1)
e) 1 mol $NaClO_3$ előállítása ebben az esetben 0,85·6 + 0,15·9 = 6,45 mol e–-t igényel. (1)
75 kA áramerősség 24 órán át 75·103·24·3600 = 6,48·109 C töltést jelent.

$n(e^-) = 6{,}72 \cdot 10^4$ mol (1)

Ennek alapján $\frac{6{,}72 \cdot 10^4}{6{,}45} = 1{,}04 \cdot 10^4$ mol $NaClO_3$ keletkezik, ami 1,11 t. (1)

f) Vizsgáljuk 1 mol klorát képződését! 0,85 mol az első reakcióúton képződik, eközben 3·0,85 mol = 2,55 mol H_2 keletkezik a katódon.

0,15 mol a második reakcióúton képződik, eközben 4,5·0,15 mol = 0,675 mol H_2 keletkezik a katódon. (1)

Ugyanakkor az anódon fejlődik 0,15·0,75 = 0,1125 mol O_2. (1)

$\frac{V(H_2)}{V(O_2)} = \frac{0{,}675\ mol + 2{,}55\ mol}{0{,}1125} = \frac{28{,}1}{1}$ (1)

5/o-5 (2014/2/2/3) $\mathbf{14 \cdot \frac{5}{7} = 10}$ **pont**

a) Mert ionokra disszociál. (1)

b) Katód: $2\ H_2O + 2\ e^- \rightarrow H_2 + 2\ OH^-$ ($2\ H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$: 0,5 pont) (1)

Anód: maximális gáztérfogat: $4\ OH^- \rightarrow O_2 + 4\ e^- + 2\ H_2O$

(*vagy* $2\ H_2O \rightarrow O_2 + 4\ H^+ + 4e^-$) (1)

minimális gáztérfogat: $2\ NH_3 + 6\ OH^- \rightarrow N_2 + 6\ e^- + 6\ H_2O$ (3)

c) A katódon fejlődő hidrogén térfogata 12,0 cm^3.

Ennek anyagmennyisége 0,490 mmol. (1)

$n(e^-) = 0{,}980$ mmol (1)

$Q = 0{,}980$ mmol · 96485 C/mol = 94,5 C

$t = 189$ s (1)

d) Az anódon eközben nitrogén és oxigén elegye képződik: $V(N_2) + V(O_2) = 4{,}4\ cm^3$.

$12{,}0\ cm^3 \cdot 2 = V(N_2) \cdot 6 + V(O_2) \cdot 4$ (3)

A két összefüggésből: $V(N_2) = 3{,}2\ cm^3$ $V(O_2) = 1{,}2\ cm^3$ (1)

A gázelegy 72,7 térfogatszázalék nitrogént és 27,3 térfogatszázalék oxigént tartalmazott.(1)

5/o-6 (2015/2/2/3) $\mathbf{12 \cdot \frac{9}{12} = 9}$ **pont**

a) K: $2\ H_2O + 2\ e^- \rightarrow H_2 + 2\ OH^-$ (1)

A: $2\ H_2O \rightarrow O_2 + 4\ H^+ + 4\ e^-$ (1)

$3\ H_2O \rightarrow O_3 + 6\ H^+ + 6\ e^-$ (1)

b) A katódon fejlődő hidrogén térfogata 22,00 cm^3.

Ennek anyagmennyisége az ideális gáztörvény alapján $8{,}94 \cdot 10^{-4}$ mol. (1)

$n(e^-) = 2 \cdot 8{,}94 \cdot 10^{-4}$ mol $= 1{,}79 \cdot 10^{-3}$ mol (1)

$Q = 1{,}79 \cdot 10^{-3}$ mol · 96485 C/mol = 172,6 C

$I = 0{,}29$ A (1)

c) Az anódon eközben ózon és dioxigén elegye képződik: $V(O_3) + V(O_2) = 10{,}60\ cm^3$.

$22{,}00\ cm^3 \cdot 2 = V(O_3) \cdot 6 + V(O_2) \cdot 4$ (2)

A két összefüggésből: $V(O_3) = 0{,}80\ cm^3$ $V(O_2) = 9{,}80\ cm^3$ (1)

A gázelegy 7,5 térfogatszázalék ózont tartalmazott. (1)

d) Bármennyi ózont is tartalmaz az anódon fejlődő gázelegy, dioxigénné történő bomlása során térfogata 11,00 cm^3 lesz (a katódon fejlődő hidrogén térfogatának a fele). (1)

Esetünkben a térfogat-növekedés tehát 0,40 cm^3, ami a kiindulási gázelegy térfogatának 3,8%-a. (1)

5/o-7 (2016/2/2/1) **8 pont**

a) A fertőtlenítő hatás csökkenését csapadékleválás okozza.

$Cu^{2+} + 2\ OH^- \rightarrow Cu(OH)_2$ (1)

$2\ Ag^+ + 2\ OH^- \rightarrow Ag_2O + H_2O$ (1)

b) Anódként (1)

c) A hatásos koncentrációk eléréséhez percenként 39 mg, azaz 0,614 mmol réz és 3,9 mg, azaz 0,036 mmol ezüst kell, hogy oldódjon az anódon. (1)

Az ehhez szükséges töltésmennyiség:

$Q\text{Cu} = 2 \cdot 0{,}614\ \text{mmol} \cdot 96{,}485\ \text{C}\cdot\text{mmol}^{-1} = 118$ C

$Q\text{Ag} = 0{,}036\ \text{mmol} \cdot 96{,}485\ \text{C}\cdot\text{mmol}^{-1} = 3{,}49$ C (1)

Percenként ennyi töltés 2,0 A és 58 mA áramot jelent a réz és az ezüstelektródon. (1)

d) Ezüst. (Elfogadható még: Ag_2S, CuS) (1)

e) A jódos fertőtlenítés terméke a jodidion, ami az oldott ezüsttel reagálna: $Ag^+ + I^- \rightarrow AgI$(1)