

KEEMIA ÜLESANNETE LAHENDAMINE II

ÜLESANDED JA LAHENDUSED

Ülesanne 1

Vana münt diameetriga 2,2 cm ja paksusega 3,0 mm on tehtud puhtast kullast ($\rho = 19300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$). Kulla hind on 410\$ ühe untsi eest (1 unts = 31,10 g). Kui palju maksab kuld, millest münt on tehtud?

Lahendus:

$$\text{Hind} = \frac{\rho \pi d^2 h}{4} \cdot \frac{410\$}{31,10 \text{ g}}$$

$$\text{Hind} = \left[\pi \left(\frac{2,2}{2} \text{ cm} \cdot \frac{0,01 \text{ m}}{1 \text{ cm}} \right)^2 \cdot 3,0 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right] \cdot 19300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \cdot 410 \frac{\$}{\text{unts}} \cdot \frac{1 \text{ unts}}{31,10 \text{ g}} = 290 \$$$

Ülesanne 2

Noor keemiahuviline soovis teada saada veetilga ruumala. Selgus, et büretist 3,00 cm³ vee väljalaskmisel moodustus 110 tilka. Teatmiku järgi on ühe veemolekuli keskmiseks pikkuseks 1,50 Å (ongtrömi).

Arvutage ühe veetilga ruumala, mass ja selles sisalduv vee hulk (moolide arv) ning vee molekulide arv.

Lahendus:

$$V(\text{tilk}) = \frac{3,00 \text{ cm}^3}{110} = 0,0273 \text{ cm}^3$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,0273 \text{ cm}^3 \cdot 1,00 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 0,0273 \text{ g}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,0273 \text{ g}}{18,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,52 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$N(\text{H}_2\text{O}) = 1,52 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 9,15 \cdot 10^{20} \text{ molekuli}$$

Ülesanne 3

Mitu km³ merevett on vaja kasutada 1,00 mln tonni väävelhappe saamiseks, kui sulfaationide sisaldus merevees on 2650 $\frac{\text{mg}}{\text{dm}^3}$.

Lahendus:

$$V = \frac{10^9 \text{ kg}}{2,65 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}} \cdot \left(\frac{1 \text{ km}}{10^4 \text{ dm}} \right)^3 = 0,377 \text{ km}^3$$

Ülesanne 4

Mikroosakeste loendusühikuks on mool, mis sisaldab $6,02 \cdot 10^{23}$ loenduselementi. Antud arvu suuruse mõistmiseks, ühikute teisendamiseks ja vastuses õigete tüvenumbrite kirjutamiseks püüame lahendada alljärgnevad probleemid.

Maa on $4,50 \cdot 10^9$ aastat vana. Oletame, et Maa tekkimise momendil oli Looja Pangas täpselt üks mool USD (\$). Maa eksisteerimise igal sekundil on pangast välja jagatud 1 miljon dollarit. Aasta keskmiseks kestvuseks võtta 365,25 päeva.

1. Arvutada, mitu dollarit on Maa eksisteerimise vältel Pangast välja jagatud.
2. Arvutada, mitu protsenti rahast on kulutamata.
3. Mitu dollarit koguneks keskmiselt ühe aasta vältel, kui igas sekundis makstaksetele üks dollar?

Lahendus:

$$t = 4,5 \cdot 10^9 \text{ a} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365,25 \frac{\text{s}}{\text{a}} = 1,42 \cdot 10^{17} \text{ s}$$

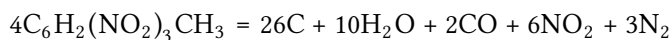
$$p = \frac{(6,02 - 1,42) \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} \cdot 100\% = 76,4\%$$

Ülesanne 5

1,00 kg trinitrotolueeni lagunemisel tekib [TNT $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3$] ($227 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$) tahm, vesi, süsinikmonooksiid, lämmastikdioksiid ja lämmastik. Viimased kolm tekivad vahekorras 2 : 6 : 3. Lagunemistemperatuur on 1500 °C. Õhurõhk on 101,3 kPa ($R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $\text{Pa} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$, $\text{J} = \text{N} \cdot \text{m}$). Arvutage välja tekkinud gaasi ruumala.

Lahendus:

Ülesande tekstist on teada, et $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3$ lagunemisel tekivad C, H_2O , CO, NO_2 , N_2 (ülesande tekst on ümberkirjutatud keemia keeles), mis vastab võrrandile:



Reaktsiooni kordajad saab leida kasutades suhet 2 : 6 : 3. Kui seda suhet ei ole ette entud, siis oleks vaja algul tasakaalustada vesiniku (H_2O paremal), seejärel hapniku (CO ja NO_2) ja alles siis N_2 ja C. 4 moolist TNT tekib 21 mooli gaase (10 + 2 + 6 + 3).

$$n(\text{gaas}) = \frac{21}{4} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{227 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 23,1 \text{ mol}$$

Ideaalgaasi võrrand tuletatakse ülesande tekstis loetletud temperatuuri, rõhu, konstandi R , ruumala dimensiooni ühikute analüüsi põhjal. Selles võrrandis peab olema ka moolide hulk.

Võrrand V jaoks võib olla tuletatud näiteks järgmiselt

$$\{V\}[\text{m}^3] = \frac{\{n\}[\text{mol}] \cdot \{R\} \left[\frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \right] \cdot \{T\}[\text{K}]}{\{p\}[\text{Pa}]} = \frac{\{nRT\}[\text{J}]}{\{p\}[\text{N} \cdot \text{m}^{-3}]} = \left\{ \frac{nRT}{p} \right\} [\text{m}^3]$$

$$V = \frac{23,13 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J} \cdot \text{K} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot (1500 + 273) \text{ K}}{101,3 \cdot 10^3 \text{ Pa}} \approx 3,37 \text{ m}^3$$

Ülesanne 6

Metallilist detaili üldpindala on $32,0 \text{ cm}^2$. Detaili nikliga katmiseks elektrolüüsiga NiSO_4 lahuses voolutugevusega $15,0 \text{ A}$ kulub üks tund. Kogu elektriühulgast kulub $40,0\%$ vee taandamiseks, millega kaasneb vesiniku eraldumine, mis kulges samal ajal nikli sadenemisega. Nikli tihedus on $8,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, Faraday konstant on $96500 \frac{\text{C}}{\text{mol}}$.

1. Arvutage välja sadenenud nikli mass.
2. Kui paks on nikli kiht, mis on metallilise detaili pinnale sadenenud?

Lahendus:

$$m(\text{Ni}) = \frac{15,0 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s}}{96500 \frac{\text{C}}{\text{mol}} \cdot 2} \cdot 58,7 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,600 = 9,85 \text{ g}$$

$$V(\text{H}_2) = \frac{15,0 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s}}{96500 \frac{\text{C}}{\text{mol}} \cdot 2} \cdot 0,400 \cdot \frac{8,314 \text{ J} \cdot \text{K} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot (20 + 273) \text{ K}}{101,3 \text{ kPa} \cdot \frac{780 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg}}} = 2,62 \text{ dm}^3$$

$$l(\text{Ni}) = \frac{9,85 \text{ g}}{8,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \cdot \frac{1}{32,0 \text{ cm}^2} = 0,035 \text{ cm}$$

Ülesanne 7

Keskmise suuresega maja on varustatud vett soojendava süsteemiga (boiler), mis produtseerib sooja vett külmal ajal. Boileri nominaalne kuumutamise võimsus on 116 kW . Hoonel on kütuse reservuall mis mahutab 4 m^3 kuumutamise kütust. Peamiselt rasketest küllastunud vedelatest süsivesinikest koosneva kütuse põlemise entalpia on $43000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, ning tema tihedus on umbes $0,73 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Kui kaua võib töötada boiler enne kui on vajalik reservuaari täiendada?

Lahendus:

$$t = \frac{4,3 \cdot 10^7 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 4,00 \text{ m}^3 \cdot 0,73 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3}}{116 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{s}}} \cdot \frac{1 \text{ t}}{3600 \text{ s}} = 300 \text{ t} \approx 13 \text{ p}$$

Ülesanne 8

Autojuht viskas auto aknast teeäärele tühja alumiiniumipurgi. Alumiiniumi töötlus vajab energiat. Kujutage ette, et autojuht ei oleks purgi ära visanud, vaid oleks viinud selle

jäätmekäitlusesse ning säästetud energiat tagastataks talle tasuta bensiini kujul. Kui pikka teed võib sõita tema auto selle bensiiniga (saadud ühe purgi eest), kui on teada, et purgi mass on 15,0 g; alumiiniumoksiidi moodustumise temperatuur (maak) on $1676 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$; elektrienergia kasutamise koefitsient alumiiniumi saamisel oksiidist, arvestades tooraine ettevalmistamist, on 45%; soojuselektrijaama kütuse kulutamise koefitsient elektrienergia saamiseks on 35%; 1 L bensiini põlemisel eraldub 34000 kJ energiat; auto bensiini kulutamine on 6 L 100 km kohta.

Lahendus:

$$n(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{1}{2} \cdot \frac{15,0 \text{ g}}{27,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,278 \text{ mol}$$

$$E = 0,278 \text{ mol} \cdot 1676 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = 466 \text{ kJ}$$

$$V_{\text{bensiin}} = \frac{466 \text{ kJ}}{0,45 \cdot 0,35 \cdot 34000 \frac{\text{kJ}}{\text{L}}} = 0,0870 \text{ L}$$

$$s = 0,0870 \text{ L} \cdot \frac{100 \text{ km}}{6 \text{ L}} = 1,45 \text{ km}$$

Ülesanne 9

Tüüpilisel pereautol on neli silindrit üldruumalaga 1600 cm^3 ja kütusekulu 7,0 L 100 km kohta sõidukiirusel $90 \frac{\text{km}}{\text{tunnis}}$. Ühe sekundi jooksul läbib iga silinder 25 tsükli ja kulutab 0,4 g kütust. Eeldake, et kütus koosneb 2,2,4-trimetüülpentaanist, C_8H_{18} .

Leidke õhu kasutamise kiirus mootoris ($\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$). Kütus ja õhk pumpatakse silindrisse, kui silindri ruumala on maksimaalne ning rõhk saavutab väärtuste 101,0 kPa. Silindrisse jõudva õhu ja kütuse temperatuur on 100°C . Õhk sisaldab 21,0% (ruumala järgi) O_2 ja 79,0% N_2 . Eeldatakse, et 10,0% süsiniku moodustavad CO ja lämmastik ei reageeri.

Lahendus:

$$M(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 114,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, \text{ silindri ruumal } V_0 = 4,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3, P_0 = 101000 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}, T_0 = 373 \text{ K}.$$

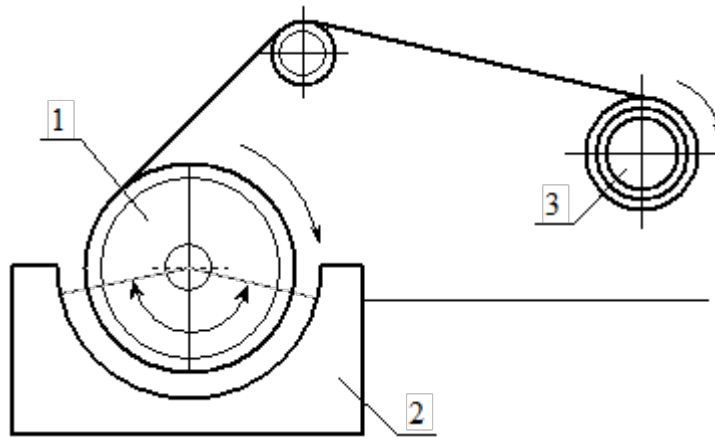
$$m_f = \frac{0,400}{25 \text{ g}} = 0,0160 \text{ g}, n_f = 1,403 \cdot 10^{-4} \text{ mol}.$$

$$n_g = n_f + n_A = \frac{P_0 V_0}{RT_0} = 0,0130 \text{ mol}, n_g - \text{ gaasi moolide hulk}, n_A - \text{ õhu moolide hulk}. n_A = 0,0129$$

$$\text{mol. 25. tsükli jooksul: } V_A = 25 \cdot \frac{n_A RT_0}{P_0} = 9,902 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}. \text{ Üldruumal neljas silindris: } V_{\text{total}} = 4 V_A = 0,0396 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}.$$

Ülesanne 10

Õhukeseid vaselehti võib saada pideva elektrokeemilisi protsessi käigus.



Vastava elektrolüüsi seadme skeem on kujutatud joonisel. Katoodiks on siis pöörlev pliist trumm 1 pikkusega 1,50 m ja diameetriga 1,00 m. Trummi sukeldumise nurk on $a = 150^\circ$. Anoodiks on reservuaari pliist põhi 2. Katoodil sadenenud vasest plekk võetakse küljest ära ja peale pesemist ja kuivatamist keritakse trummile 3. Elektrolüüsi asemel kasutatakse läbivoolavat lahust, mis sisaldab elektrolüüsi seadmesse sisenemisel 0,922 M Cu SO_4 ja 0,714 M H_2SO_4 . Voolutihedus katoodil on $10,0 \frac{\text{A}}{\text{dm}^2}$, elektrolüüsi seadme klemmi pinge on 8,4 V. Saadus voolu järgi on 100%. Vase tihedus on $8,93 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$.

1. Vajalik on saada metallplekk paksusega 0,01 mm. Leidke, millise kiirusega (pöörded/min) peab keerlema katoodi trumm.
2. Vasksulfaadi sisaldus (ümberarvutusel $\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) elektrolüüsi seadme väljumisel peab olema mitte madalam, kui $210 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$. Arvutage välja toitva elektrolüüdi juurdevoolu minimaalne kiirus ($\frac{\text{dm}^3}{\text{tunnis}}$). Arvutage elektrolüüsi seadmest väljavoolava elektrolüüsi koostis ($\frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$) (ignoreerige lahuse ruumala muutust).
3. Arvutage pideva elektrivoolu energia kulu, mis on vajalik 1000 m² ülaltoodud paksusega pleki saamiseks.

Lahendus:

$$1. m = \frac{ItM}{zF} = \rho V$$

$$t = \frac{zF\rho V}{IM} = \frac{2 \cdot 96485 \frac{\text{C}}{\text{mol}} \cdot 8930 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3} \cdot \frac{10 \text{ dm}}{\text{m}} \cdot 1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot 2\pi \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 1,50 \text{ m}}{10 \frac{\text{A}}{\text{dm}^2} \cdot 2\pi \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 1,50 \text{ m} \cdot \frac{150}{360} \cdot 63,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 650 \text{ s}$$

$$s = \frac{1}{t} = \frac{1}{650 \text{ s}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} = 0,092 \frac{\text{pöörded}}{\text{min}}$$

$$2. c(\text{Cu SO}_4) = 210 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3} = \frac{210}{250} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 0,84 \text{ M}$$

$$\Delta c = 0,922 \text{ M} - 0,842 \text{ M} = 0,080 \text{ M}$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,714 \text{ M} + 0,080 \text{ M} = 0,794 \text{ M}$$

$$t = \frac{\Delta czF}{I} = \frac{0,080 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 2 \cdot 96485 \frac{\text{C}}{\text{mol}}}{10 \frac{\text{A}}{\text{dm}^2} \cdot 2\pi \cdot 5 \text{ dm} \cdot 15,0 \text{ dm} \cdot \frac{150}{360}} = 7,86 \frac{\text{s}}{\text{dm}^3}$$

$$s = \frac{1}{t} = \frac{\text{dm}^3}{7,86 \text{ s}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{\text{t}} = 458 \frac{\text{dm}^3}{\text{t}}$$

$$3. Q = It = \frac{mzF}{M} = \frac{1000 \text{ m}^2 \cdot 1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot 8930 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3} \cdot \frac{1000 \text{ dm}^3}{\text{m}^3}}{63,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 2 \cdot 96485 \frac{\text{C}}{\text{mol}} = 2,71 \cdot 10^8 \text{ C}$$

$$E = QU = 2,71 \cdot 10^8 \text{ C} \cdot 8,4 \text{ V} = 2,3 \cdot 10^9 \text{ J} = \frac{2,3 \cdot 10^9 \text{ J}}{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}} \cdot \text{kW} \cdot \text{h} = 633 \text{ kW} \cdot \text{h}$$