

2012/2013 õ.a. keemia lahtine võistlus

Vanem rühm

1.

a)  $\text{NaHCO}_3$  – naatriumvesinikkarbonaat, söögisooda

$\text{K}_2\text{CO}_3$  – kaaliumkarbonaat, potas

$\text{HCl}$  – vesinikkloriidhape, soolhape

$\text{CO}_2$  – süsinikdioksiid, süsihappegaas

$\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$

$\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$

b)  $\text{NaCl}$  ja  $\text{KCl}$  on mõlemad värvitud kristallid, tahke jääk on valge pulber.

c) c) i)

$$n = \frac{pV}{RT} = 1 \text{ atm} \cdot 19,7 \text{ dm}^3 \cdot \frac{1 \text{ mol} \cdot \text{K}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3} \cdot \frac{1}{(273 + 25) \text{ K}} = \mathbf{0,806 \text{ mol}}$$

ii) Tähistame söögisooda massi  $x$  ja potase massi  $y$ -ga

$$\begin{cases} \frac{x}{84} + \frac{y}{138} = 0,806 \\ \frac{58,5x}{84} + \frac{2 \cdot 74,5y}{138} = 56,72 \end{cases} \quad \begin{cases} m(\text{NaHCO}_3) = x = 58,8 \text{ g} \\ m(\text{K}_2\text{CO}_3) = y = 14,6 \text{ g} \end{cases}$$

$\text{NaHCO}_3$  ja  $\text{K}_2\text{CO}_3$  massivahekord on **4,03 : 1**.

$$\text{iii) } \%(\text{H}_2\text{O}) = \frac{75 \text{ g} - 58,8 \text{ g} - 14,6 \text{ g}}{75 \text{ g}} \cdot 100 = \frac{1,6 \text{ g}}{75 \text{ g}} \cdot 100 = \mathbf{2,1}$$

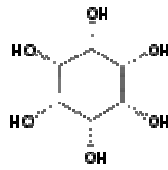
$$\text{d) } \frac{58,5x}{84} + \frac{2 \cdot 74,5y}{138} = x + y$$

$$\text{Otsitav suurus } \frac{x}{y} = \frac{1 - 1,08}{0,696 - 1} = 0,26 = \frac{1}{3,8}$$

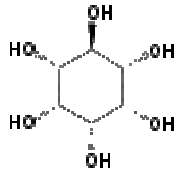
$\text{NaHCO}_3$  ja  $\text{K}_2\text{CO}_3$  massivahekord peab olema **1:3,8**.

2.

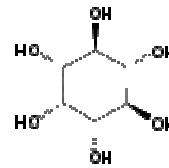
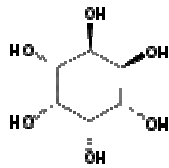
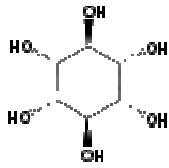
a)



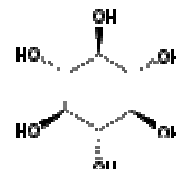
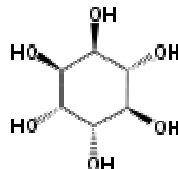
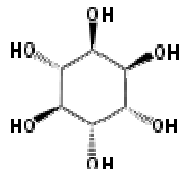
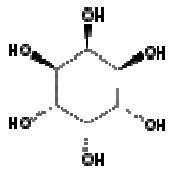
Kõik cis



1 trans

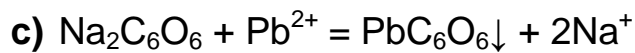
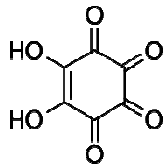


2 trans



3 trans

b)



3.

a) Suurem kui  $0,05 \cdot 212 = 10,6$  amü, väiksem kui  $0,25 \cdot 212 = 53,0$  amü.

b) Eelmisest punktist on näha, et ühendis võib olla kokku 1, 2 või 3 lämmastiku molekuli (lämmastiku kogumass vastavalt 14, 28 või 42 amü). Iga lämmastikuaatom annab 3 elektroni kovalentsetesse sidemetesse; vesiniku, hapniku ja süsiniku aatomid annavad vastavalt igaks 1, 2 ja 4 elektroni. Lämmastiku, hapniku ja süsiniku vabade

valentselektronide summa on  $x = 1 \cdot h + 3 \cdot n + 2 \cdot o + 4 \cdot c = (h + n) + 2 \cdot n + 2 \cdot o + 4 \cdot c$ , kus  $h$ ,  $n$ ,  $o$  ja  $c$  on vastavate aatomite hulgad. Stabiilses ühendis peab valentselektronide arv olema paaris (st kõik vabad valentselektronid peavad olema sidemes). Näeme, et  $x$  on paaris vaid juhul, kui  $(h + n)$  on paaris. Seega peavad vesiniku ja lämmastiku aatomite arvud olema kas mõlemad paarisarvud või mõlemad paaritud arvud. On lihtne näha, et kui nii vesiniku kui ka lämmastiku aatomeid on paarisarv, on ühendi molaarmass samuti paarisarv; vastasel juhul on ühendi molaarmass paaritu. Seega kui lämmastikuaatomeid on 1, 3, 5, 7, ..., siis on ühendi molaarmass paaritu. Ühendi **A** molaarmass on paaris, järelikult peab seal olema paarisarv lämmastikuaatomeid. Ainuke paarisarv hulgas (1, 2, 3) on 2, seega on ühendis 2 lämmastikuaatomit.

Kui õpilane jõuab järeldusele, et lämmastiku aatomite arv peab olema paarisarv, erinevate molekulmasse arvutades või intuiivselt, anda sama palju punkte kui tõestuse eest.

- c)** Kui asetada  $a_3$ ,  $a_2$ ,  $a_1$  ja  $a_0$  väärtused otse antud valemisse, tekib kuupvõrrand, mille lahendamine viib tulemuseni  $x = 1,0 \cdot 10^{-4}$  ning  $\text{pH} = -\log(x) = -\log(1,0 \cdot 10^{-4}) = 4,0$ .

Kuna kuupvõrrandi lahendamine ilma vastava kalkulaatorita on keeruline, on võimalik teha enne lahendamist eeldus, et  $\text{pH}$  ei ole väga madal (st vesinikioonide kontsentratsioon ei ole väga kõrge), mistõttu on liige  $a_3 x^3$  palju väiksem kui ülejäänud liikmed summas, seega võib selle lugeda nulliks ning lahendada ruutvõrrandi  $a_2 x^2 + a_1 x + a_0 = 0$ . Ruutvõrrandi lahendamisel saadav tulemus on samuti  $x = 1,0 \cdot 10^{-4}$  ning  $\text{pH} = 4,0$ .

Eelduse kontroll: kui  $x = 1,0 \cdot 10^{-4}$ , siis  $a_3 x^3 = \sim 3 \cdot 10^{-8}$ ;  $a_2 x^2 = \sim 6 \cdot 10^{-5}$ ;  $a_1 x = \sim 2 \cdot 10^{-3}$ , seega eeldus kehtib ning saadud vastus on õige.

Kui õpilane on teinud mõne muu eelduse või lihtsustuse, jõudnud õigele vastusele ja kontrollinud eelduse kehtivust, anda sama palju punkte kui eelneva lahenduse eest.

- d)**  $\text{pH} = 2,677 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-2,677} = 2,1038 \cdot 10^{-3}$

$m = 1,00 \text{ g}$ ,  $M_r = 212 \text{ g/mol} \Rightarrow n = m / M_r = 1,00 \text{ g} / 212 \text{ g/mol} = 4,7170 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

$c = n / V = 4,7170 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / 1,00 \text{ L} = 4,7170 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

Avaldades eelmises alapunktis leitud valemist (10)  $K_a$ , saame:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+]^3 - K_w [\text{H}^+]}{K_w + c[\text{H}^+] - [\text{H}^+]^2}$$

Asendades tuntud suurused  $[\text{H}^+]$ ,  $K_w$  ja  $c$  ülalolevasse valemisse, saame, et  $K_a = 1,66 \cdot 10^{-3}$ .

#### 4.

Eeldame, et aatomid on kera kujuga ning kahe süsiniku tuuma vaheline kaugus on võrdne aatomi diameetriga. Kuna 1 mool süsiniku aatomeid kaaluks 12 grammi, siis saab arvutada kui palju ruumi võtab täpselt 1 mool süsiniku aatomeid. Jagades saadud tulemuse 12 grammi teemanti ruumalaga, leiame pakkimisefektiivsuse.

$$\text{a) } \textit{pakketihedus}_{\textit{teemant}} = (N_A \times \frac{4}{3} \pi (\frac{d_{\textit{teemant}}}{2})^3) / \frac{M_C}{\rho_{\textit{teemant}}} = 31\%$$

b) Eeldame grafiidi korral lihtsustatud ühikrakku, mille kristallivõre-sõlmedeks on kuus tsüklit moodustavat süsinikku. Sellisel juhul on ühikrakus 12 süsinikuaatomit, mis on igaüks jagatud kuue ühikraku vahel, ehk siis ühes moolis süsinikus on pool mooli ühikrakke. Vastava ühikraku põhjapindala tähistame S-i ning otsitava kõrguse h-ga.

$$S_{\textit{põhi}} = \frac{3\sqrt{3}}{2} d_{\textit{grafiit}}^2$$

$$h_{\textit{ühikrakk}} = \frac{2M_C}{\rho_{\textit{grafiit}} \times N_A} / S_{\textit{põhi}} = 0,346\textit{nm}$$

$$\text{c) } \textit{pakketihedus}_{\textit{klaassüsinik}} = \rho_{\textit{klaassüsinik}} \times (N_A \times \frac{4}{3} \pi (\frac{d_{\textit{grafiit}}}{2})^3) / M_C = 10,9\%$$

d) Teemant juhib soojust kuid ei juhi elektrit. Grafiit juhib elektrit kuid ei juhi hästi soojust. Klaassüsinik juhib nii elektrit kui soojust.

$$\text{e) } \textit{pakketihedus}_{\textit{fullereen}} = (N_A \times \frac{4}{3} \pi (\frac{d_{\textit{grafiit}}}{2})^3) / \frac{M_C}{\rho_{\textit{fullereen}}} = 12,4\%$$

Ühes fullereeni tahkise ühikrakus on 4 C<sub>60</sub> molekuli, mis kokku teeb 240 süsiniku aatomit. Seega C<sub>60</sub> molekuli raadius on neljandi ühikraku külje diagonaali pikkusest. Jooniselt on näha, et tahktsentreeritud tihepakendis puutuvad omavahel kokku külje diagonaalil asuvad C<sub>60</sub> molekulid.

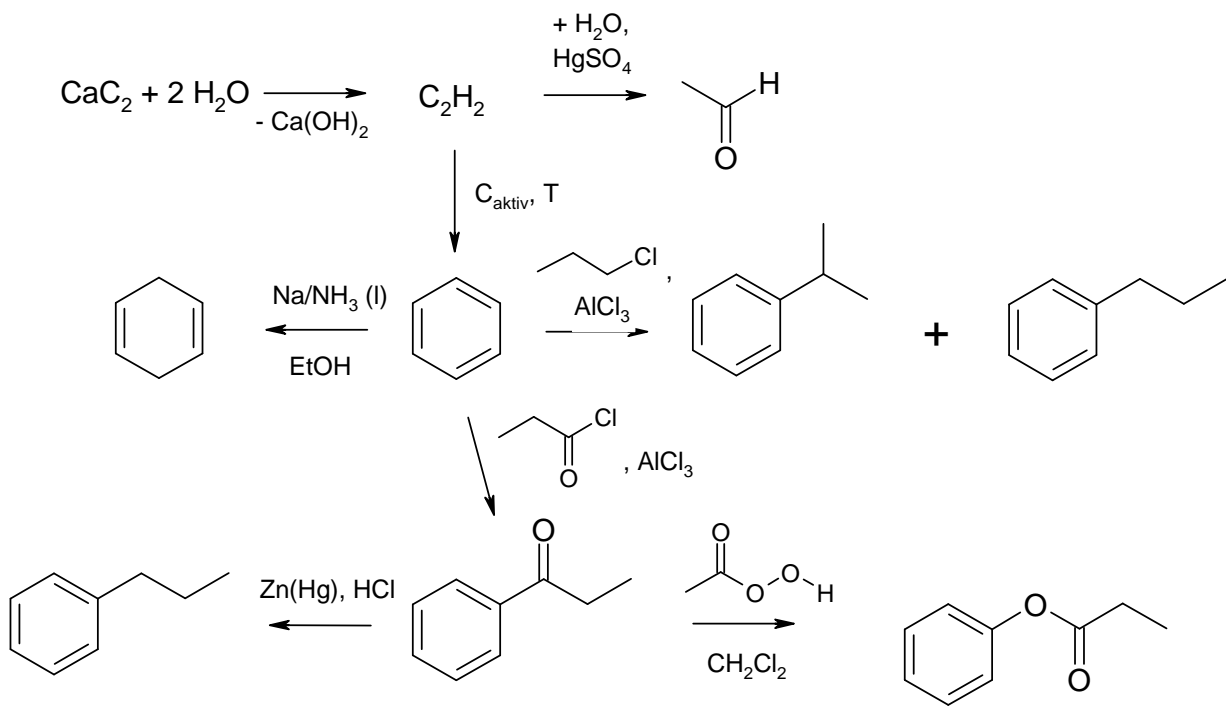
$$r_{\textit{C60}} = \sqrt[3]{\frac{240M_C}{\rho_{\textit{fullereen}} \times N_A}} \times \frac{\sqrt{2}}{4} = 0,504\textit{nm}$$

$$\textit{pakketihedus}_{\textit{C60}} = \frac{60 \times (\frac{d_{\textit{grafiit}}}{2})^3}{r_{\textit{C60}}^3} = 16,8\%$$

või

kuna tahktsentreeritud kuubilise tihepakendi pakketihedus on 74%, siis C<sub>60</sub> molekuli oma peab olema 12,4% / 74% = 16,8 %

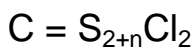
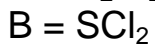
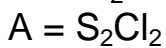
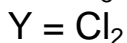
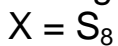
#### 5. a) ja b)



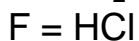
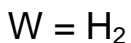
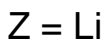
- c) i) Friedel-Craftsi alküleerimine  
 ii) Friedel-Craftsi atsüleerimine  
 iii) Baeyer-Villigeri oksüdeerimine

6.

a) Võrrandi **3** põhjal saab aru, et **H** on liitiumsool ja **B** on väevli ühend antud soola aniooniga, mida võib kirja panna **S(anioon)<sub>2</sub>**. Võrrandite **1** ja **2** põhjal on saab tuletada, et **Y** on halogeen, mis ei oksüdeeri väevlit täielikult ära – seega **Cl**. Sellest tulenevalt:



5. ja 6. võrrandist on näha, et lihtaine **Z** peab olema Li ning **W** on seega H<sub>2</sub>, millest tulenevalt on **F** näol tegemist HCl-ga.



Võrrandi **9** ja molekulmassi põhjal **E** – S<sub>4</sub>N<sub>4</sub>, mida tõestab ka võrrand **10**.

Võrrandi **12** põhjal saab tuletada aine **I**:

