2009/2010 õ.a. keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesannete lahendused

10. klass

1. a) $78{,}918 \cdot \%(^{79}\mathrm{Br})/100 + (1 - \%(^{79}\mathrm{Br})/100) \cdot 80{,}916 = 79{,}904$

$0.01998\%(^{79}\mathrm{Br}) = 1.012$

%(^{79}Br) = 50,7 **%(^{81}Br) =** $100 - 50{,}65 =$ **49,3**

b) $c = \frac{n}{V} \Rightarrow n = c \cdot V$

$n_1 = 0{,}01 \cdot V_1$ $n_1 = 0{,}01 \cdot V_1$

$n_1 + n_2 = 0{,}02 \cdot (V_1 + V_2)$ $V_1 + V_2 = (0{,}01 \cdot V_1 + 0{,}1 \cdot V_2) \cdot 50$

$\frac{V_1}{V_2} = 8$

0,01M ja 0,1M lahust tuleb segada kokku ruumalavahekorrast **8:1**.

c) $m(\text{kogu } Na_2CO_3) = 350\ \text{g} \cdot 0{,}15 = 52{,}5\ \text{g}$

$m(10\%\ \text{lahus}) = \frac{m_1(Na_2CO_3)}{0{,}1}$ $m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 286 \cdot \frac{m_2(Na_2CO_3)}{106}$

$$\begin{cases} m_1(Na_2CO_3) + m_2(Na_2CO_3) = 52{,}5\ \text{g} \\ \frac{m_1(Na_2CO_3)}{0{,}1} + 286 \cdot \frac{m_2(Na_2CO_3)}{106} = 350\ \text{g} \end{cases} \Rightarrow m_1 = 28{,}5\ \text{g ja } m_2 = 24{,}0\ \text{g}$$

$\boldsymbol{m(\mathbf{10\%\ lahus}) =} \frac{28{,}5\ \text{g}}{0{,}1} =$ **285 g**

$\boldsymbol{m(\mathbf{Na_2CO_3 \cdot 10H_2O}) =} 286 \cdot \frac{24{,}0\ \text{g}}{106} =$ **64,8 g**

d) Kuna mõlemad koosnevad ühest katioonist ja ühest anioonist, siis on nende soolade lahustuvuskorrutised otseselt võrreldavad ning paremini lahustub suurema lahustuvuskorrutisega aine, **baariumkarbonaat**.

2. a) (1) $Si(OH)_4 + H_4Si = 2Si + 4H_2O$ (*väär*) (2) $Si + 2F_2 = SiF_4$

(3) $SiF_4 + H_2F_2 = H_2SiF_6$ (4) $2F_2 + 2H_2O = 2H_2F_2 + O_2$

b) Vastavad ühendid saavad sisaldada ainult Si, O ja H.

$M_r = \frac{28{,}1}{0{,}467} = 60$ SiO_2

$M_r = \frac{28{,}1}{0{,}36} = 78$ $SiO_2 \cdot H_2O$

$M_r = \frac{2 \cdot 28{,}1}{0{,}322} = 174$ $2SiO_2 \cdot 3H_2O$

Kõigi toodud ühendite üldvalem on **$mSiO_2 \cdot nH_2O$**.

c) Looduses moodustuvad need ühendid ortoränihappe polükondensatsioonil. Antud tingimustel reageerib Si-H side Si-O-H rühmaga, eraldades vesinikku, ja moodustades Si-O-Si sideme.

d) Andres arvas, et teises etapis reageerib ainult räni fluoriga ja tekib SiF_4. Kuid tegelikult reageerib kuumutatud fluoriga $mSiO_2 \cdot nH_2O$ ja tekivad nii O_2, H_2F_2 kui ka SiF_4.

3. a) **A** – $ZnCl_2$, tsinkkloriid **E** – $Zn(OH)^+$, tsinkhüdroksiidioon

B – Na_2CO_3, naatriumkarbonaat **F** – HCO_3^-, vesinikkarbonaatioon

C – HCl, soolhape **G** – H_2CO_3, süsihape

D – NaCl, naatriumkloriid

b) $ZnCl_2 + Na_2CO_3 = ZnCO_3\downarrow + 2NaCl$

Cl^-, Na^+, CO_3^{2-}, HCO_3^-, OH^- (vähesel määral H^+).

c) Aluseline, sest Na_2CO_3 on liias (pH > 7)

d) Näiteks Cr_2S_3

$2Cr^{3+} + 3S^{2-} + 6H_2O \rightarrow 2Cr(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow$

4. a) **A** – B **D** – I_2 **G** – $B(OH)_3$

B – BCl_3 **E** – MgO **H** – HBO_2

C – HCl **F** – CO **I**– BN

b) i) $2BCl_3 + 3H_2 = 2B + 6HCl$

ii) $2BI_3 = 2B + 3I_2$

iii) $B_2O_3 + 2Mg = 2B + 3MgO$

iv) $B_2O_3 + 3C + 3Cl_2 = 2BCl_3 + 3CO$

v) $BCl_3 + 3H_2O = B(OH)_3 + 3HCl$

vi) $B(OH)_3 = HBO_2 + H_2O$

vii) $2HBO_2 = B_2O_3 + H_2O$

viii) $B_2O_3 + N_2 + 3C = 2BN + 3CO$

5. a) $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

$\Delta_c H^0(CH_4) = \Delta_f H^0(CO_2) + 2\Delta_f H^0(H_2O) - \Delta_f H^0(CH_4) - 2\Delta_f H^0(O_2)$

$\Delta_c H^0(CH_4) = [-393{,}5 + 2 \cdot (-285{,}8) - (-74{,}82) - 0]\ \text{kJ/mol} = -890{,}3\ \text{kJ/mol}$

$\boldsymbol{Q =} -1\ \text{mol} \cdot \frac{-890{,}3\ \text{kJ}}{1\ \text{mol}} =$ **890 kJ**

(miinusmärk tähistab keskkonda vabanevat energiat)

b) $E = \frac{110\ \text{J}}{1\ \text{s}} \cdot 24\ \text{h} \cdot \frac{3600\ \text{s}}{1} = 9504\ \text{kJ}$

$\boldsymbol{m(\mathbf{C_6H_{12}O_6}) =} 9504\ \text{kJ} \cdot \frac{1\ \text{mol}}{2826\ \text{kJ}} \cdot \frac{180\ \text{g}}{1\ \text{mol}} =$ **605 g**

c) $2NaHCO_3 + H_2SO_4 = 2H_2O\uparrow + 2CO_2\uparrow + Na_2SO_4$
($NaHCO_3 + H_2SO_4 = H_2O\uparrow + CO_2\uparrow + NaHSO_4$)

$$n(NaHCO_3) = n(H_2SO_4) = 2{,}0\ \text{kg} \cdot \frac{1000\ \text{g}}{1\ \text{kg}} \cdot \frac{1\ \text{mol}}{(84+98)\ \text{g}} = 11\ \text{mol}$$

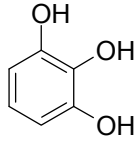
$$n(CO_2) = n(H_2O) = n(NaHCO_3) = 11\ \text{mol}$$

$$\boldsymbol{V} = \frac{nRT}{p} = (11+11)\ \text{mol} \cdot 0{,}082 \frac{\text{atm} \cdot \text{dm}^3}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot (177+273)\text{K} \cdot \frac{1}{1235\ \text{torr}} \cdot \frac{760\ \text{torr}}{1\ \text{atm}} =$$

$$= \mathbf{500\ dm^3}$$

6. a) $2KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O$
$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$
$2H_2 + O_2 = 2H_2O$

b)



c) Lähtekompleksi valem on $[Cu(NH_3)_x]Cl$.

$$M_r(\text{lähteaine}) = \frac{63{,}55}{0{,}478} = 132{,}9 = 63{,}55 + x \cdot 17{,}03 + 35{,}45$$

$x = 2$ $[Cu(NH_3)_2]Cl$

Saaduse valem on $[Cu(NH_3)_x(CO)_y]Cl$.

$$M_r(\text{saadus}) = \frac{63{,}55}{0{,}357} = 178{,}0 = 63{,}55 + x \cdot 17{,}03 + y \cdot 28{,}01 + 35{,}45$$

Proovimise teel saame $x = 3$ ja $y = 1$. $[Cu(NH_3)_3CO]Cl$

d) Neeldunud gaaside (CO_2, O_2, CO) ruumalad:

$$V(CO_2) = (90-82)\text{cm}^3 = 8\ \text{cm}^3 \qquad \%_{\text{vol}}(\mathbf{CO_2}) = \frac{8\ \text{cm}^3}{90\ \text{cm}^3} \cdot 100 = 8{,}8 \approx \mathbf{9}$$

$$V(O_2) = (82-76)\text{cm}^3 = 6\ \text{cm}^3 \qquad \%_{\text{vol}}(\mathbf{O_2}) = \frac{6\ \text{cm}^3}{90\ \text{cm}^3} \cdot 100 = 6{,}6 \approx \mathbf{7}$$

$$V(CO) = (76-64)\text{cm}^3 = 12\ \text{cm}^3 \qquad \%_{\text{vol}}(\mathbf{CO}) = \frac{12\ \text{cm}^3}{90\ \text{cm}^3} \cdot 100 = 13{,}3 \approx \mathbf{13}$$

Üle jäänud gaaside (CH_4, H_2) ruumalad määrati põletamisel.
Teada on:

$V(CH_4) = V(CO_2) = 3\ \text{cm}^3$ $V(H_2O) = 0$ $V(N_2) = \text{const}$

Põlemise tõttu väheneb gaasisegu ruumala:

$$\Delta V = V_{\text{lõpp}} - V_{\text{alg}} = V(CO_2) + V(H_2O) - V(CH_4) - V(O_2) - V(H_2)$$

Avaldame hapniku ruumala süsinikdioksiidi vesiniku ruumalade kaudu:

$$V(O_2) = 2V(CO_2) + 0{,}5V(H_2)$$

$$\Delta V = -2V(CO_2) - 0{,}5V(H_2) - V(H_2) = -2V(CO_2) - 1{,}5V(H_2)$$

Avaldame vesiniku ruumala:

$$V(H_2) = \left[-\Delta V - 2V(CO_2)\right] : 1{,}5 = \left[-(-9) - 2 \cdot 3\right]\text{cm}^3 : 1{,}5 = 2\ \text{cm}^3$$

$$V(CH_4,\ \text{proov}) = 3\ \text{cm}^3 \cdot \frac{64\ \text{cm}^3}{18\ \text{cm}^3} = 10{,}7\ \text{cm}^3$$

$$\%_{\text{vol}}(\mathbf{CH_4}) = \frac{10{,}7\ \text{cm}^3}{90\ \text{cm}^3} \cdot 100 = 11{,}9 \approx \mathbf{12}$$

$$V(H_2,\ \text{proov}) = 2\ \text{cm}^3 \cdot \frac{64\ \text{cm}^3}{18\ \text{cm}^3} = 7{,}11\ \text{cm}^3$$

$$\%_{\text{vol}}(\mathbf{H_2}) = \frac{7{,}11\ \text{cm}^3}{90\ \text{cm}^3} \cdot 100 = \mathbf{7{,}9}$$

$$V(N_2) = (90-8-6-12-10{,}7-7{,}11)\text{cm}^3 = 46{,}2\ \text{cm}^3$$

$$\%_{\text{vol}}(\mathbf{N_2}) = \frac{46{,}2\ \text{cm}^3}{90\ \text{cm}^3} \cdot 100 = 51{,}3 \approx \mathbf{51}$$

Seda gaaside segu **ei tohi sisse hingata**.