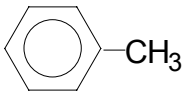
1997/98 õa keemiaolümpiaadi piirkondliku vooru ülesannete lahendused
12. klass

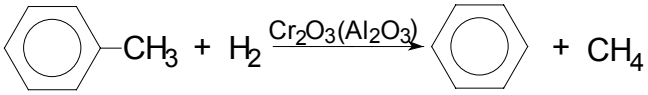
1. a) Lähtume täpselt 100 grammist

$$n(C) = 100\ g \cdot 0{,}913 \cdot \frac{1\ mol}{12{,}0\ g} = 7{,}61\ mol; \qquad n(H) = 100\ g \cdot 0{,}087 \cdot \frac{1\ mol}{1{,}01\ g} = 8{,}61\ mol$$

Üldvalem $\mathbf{C_nH_{n+1}}$. Aromaatse ühendina sobib metüülbenseen ehk

tolueen 

b)



c) $M(C_6H_6) = 78$ g/mol $\qquad M(CH_4) = 16$ g/mol

et $\rho = M \cdot \frac{1}{V_M}$, siis $\frac{\rho(C_6H_6)}{\rho(CH_4)} \Rightarrow \frac{78}{16} = 4{,}87 \approx$ **4,9**

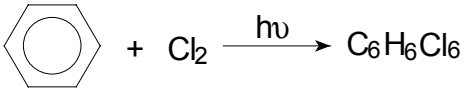
d) $n(C) = 100\ g \cdot 0{,}247 \cdot \frac{1\ mol}{12{,}0\ g} = 2{,}06\ mol$

$n(H) = 100\ g \cdot 0{,}0208 \cdot \frac{1\ mol}{1{,}01\ g} = 2{,}06\ mol$

$n(Cl) = 100\ g \cdot 0{,}732 \cdot \frac{1\ mol}{35{,}5\ g} = 2{,}06\ mol$

$\mathbf{C_nH_nCl_n}$ on **$C_6H_6Cl_6$ - heksaklorotsükloheksaan**

e)



f) **A** - $C_6H_5CH_3$, metüülbenseen; **B** - C_6H_6, benseen; **C** - CH_4, metaan; **D** - $C_6H_6Cl_6$, heksaklorotsükloheksaan.

2. a) **A** - Hg, elavhõbe; **B** - HgO, elavhõbe(II)oksiid; **C** - Hg_2Cl_2, elavhõbe(I)kloriid, kalomel; **D** - $HgCl_2$, elavhõbe(II)kloriid, sublimaat; **E** - $Hg(NO_3)_2$, elavhõbe(II)nitraat; **F** - $Hg_2(NO_3)_2$, elavhõbe(I)nitraat.

b) 1) $2Hg + O_2 \xrightarrow{^\circ t} 2HgO$

2) $2HgO \xrightarrow{^\circ t^\circ t} 2Hg + O_2$

3) $2Hg + Cl_2 \longrightarrow Hg_2Cl_2$

4) $Hg_2Cl_2 \longrightarrow Hg + HgCl_2$

5) $KMnO_4 + 8HCl \longrightarrow 5Cl + MnCl_2 + KCl + 4H_2O$

Märkus: Hg oksüdeerijaks on kloor tekkimise momendil. Cl_2 tekkimine lugeda õigeks.

6) $2Cl + 2Hg \longrightarrow Hg_2Cl_2$

7) $3Hg + 8HNO_3 \longrightarrow 3Hg(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

8) $6Hg + 8HNO_3 \longrightarrow 3Hg_2(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

c) $\%(N) = \frac{28{,}0}{525} \cdot 100 =$ **5,33**

d) Metallide lahuseid elavhõbedas nimetatakse amalgaamideks.

3. a) $n(O) = 1\ \text{kg} \cdot \frac{1000\ \text{g}}{1\ \text{kg}} \cdot 0{,}700 \cdot 0{,}430 \cdot \frac{1\ \text{mol}}{16\ \text{g}} = 18{,}8\ \text{mol}$

$n(H) = 1000\ \text{g} \cdot 0{,}700 \cdot 0{,}060 \cdot \frac{1\ \text{mol}}{1{,}01\ \text{g}} = 41{,}6\ \text{mol}$

Hapnikuga reageerib: $n(H) = \frac{2}{1} \cdot 18{,}8\ \text{mol} = 37{,}6\ \text{mol}$

Energiat andev: n(H) = 41,6 mol - 37,6 mol **= 4,0 mol**

$n(C) = 1000\ \text{g} \cdot 0{,}700 \cdot 0{,}500 \cdot \frac{1\ \text{mol}}{12{,}0\ \text{g}} = 29{,}17\ \text{mol} \approx$ **29,2 mol**

b) Süsiniku põlemine: $\Delta H(C) = 29{,}17\ \text{mol} \cdot (-394)\ \text{kJ/mol} \approx -11493\ \text{kJ}$

Vesiniku põlemine: $\Delta H(H_2) = 1/2 \cdot 4{,}0\ \text{mol} \cdot (-242)\ \text{kJ/mol} = -484\ \text{kJ}$

Vee aurustumine:

$\Delta H(H_2O) = 1000\ \text{g} \cdot 0{,}300 \cdot \frac{1\ \text{mol}}{18\ \text{g}} \cdot (-242\ \text{kJ/mol} - (-286\ \text{kJ/mol}) = +733\ \text{kJ}$

$\Delta H = -11493\ \text{kJ} + (-484)\ \text{kJ} + 733\ \text{kJ} = -11244\ \text{kJ} \approx$ **-11200 kJ**

c) $m(puit) = 3{,}60\ \text{MJ} \cdot \frac{1}{0{,}300} \cdot \frac{1\ \text{kg}}{11200\ \text{kJ}} \cdot \frac{1000\ \text{kJ}}{1\ \text{MJ}} =$ **1,07 kg**

d) $C \Leftrightarrow CO_2$

$m(CO_2) = \frac{1}{1} \cdot 1070\ \text{g} \cdot 0{,}700 \cdot 0{,}500 \cdot \frac{1\ \text{mol}}{12{,}0\ \text{g}} \cdot \frac{44{,}0\ g}{1\ \text{mol}} = 1296\ \text{g} \approx 1{,}37\ \text{kg}$

$V(CO_2) = \frac{1}{1} \cdot 1070\ \text{g} \cdot 0{,}700 \cdot 0{,}500 \cdot \frac{1\ \text{mol}}{12{,}0\ \text{g}} \cdot \frac{22{,}4\ \text{dm}^3}{1\ \text{mol}} = 699\ \text{dm}^3 \approx$ **0,70 m^3**

4. a) $D_2(g) + 1/2O_2(g) \rightarrow D_2O(g)$ $\quad \Delta H_f^\circ = -249{,}20\ \text{kJ/mol}$

$H_2(g) + 1/2O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$ $\quad \Delta H_f^\circ = -241{,}82\ \text{kJ/mol}$

b) $V_M = \frac{1\ \text{mol} \cdot 0{,}08201\ \text{atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 298{,}15\ \text{K}}{1{,}000\ \text{atm}} = 24{,}45\ dm^3\ /\ mol$

$V(H_2)\ dm^3 \cdot \frac{1\ \text{mol}}{24{,}45\ \text{dm}^3} \cdot (-241{,}82)\ \text{kJ/mol} + [2{,}722 - V(H_2)]\ \text{dm}^3 \cdot \frac{1\ \text{mol}}{24{,}45\ \text{dm}^3} \cdot (-249{,}20)\ \text{kJ/mol} = 27{,}154\ \text{kJ}$

$-241{,}82\ V(H_2) + 249{,}20\ V(H_2) = -663{,}91 + 678{,}32$

$7{,}38\ V(H_2) = 14{,}41$

$V(H_2) = 1{,}953\ \text{dm}^3 \approx$ **1,95 dm^3**

$V(D_2) = 2{,}722\ \text{dm}^3 - 1{,}953\ \text{dm}^3 = 0{,}769\ \text{dm}^3$ **= 0,77 dm^3**

c) $m(H_2O) = \frac{1}{1} \cdot 1{,}953\ \text{dm}^3 \cdot \frac{1\ \text{mol}}{24{,}45\ \text{dm}^3} \cdot 18{,}0\ \text{g/mol} = 1{,}4378\ \text{g} \approx 1{,}44\ \text{g}$

$V(H_2O) = 1{,}44\ \text{g} \cdot \frac{1\ \text{cm}^3}{1{,}00\ \text{g}} = 1{,}44\ \text{cm}^3$

$V(D_2O) = 2{,}00\ \text{cm}^3 - 1{,}44\ \text{cm}^3 = 0{,}56\ \text{cm}^3$

$m(D_2O) = \frac{1}{1} \cdot 0{,}769\ \text{dm}^3 \cdot \frac{1\ \text{mol}}{24{,}45\ \text{dm}^3} \cdot 20{,}0\ g\ /\ mol = 0{,}629\ \text{g} \approx 0{,}63\ \text{g}$

$$\rho(D_2O) = \frac{0{,}63\ \text{g}}{0{,}56\ \text{cm}^3} = 1{,}125\ \text{g/cm}^3 \approx \mathbf{1{,}1\ g/cm^3}$$

5. a) **A** - HCl, H_2SO_4, H_2O; **B** - HCl; **C** - H_2SO_4, H_2O

b) 1) $HCl + NaOH = NaCl + H_2O$

$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$

2) $Na_2SO_4 + Ba(NO_3)_2 = BaSO_4\downarrow + 2NaNO_3$

3) $HCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + HNO_3$

c) $n(H^+) \Leftrightarrow n(NaOH)$

Vedelikus **A** on: $n(H^+) = \frac{1}{1} \cdot 122{,}5\ \text{cm}^3 \cdot \frac{1\ \text{dm}^3}{1000\ \text{cm}^3} \cdot 0{,}09820\ \text{mol/dm}^3 = \mathbf{0{,}01203\ m}\text{ol}$

d) Vedelikus **C** on: $2H^+ \Leftrightarrow BaSO_4$

$$n(H^+) = \frac{2}{1} \cdot 0{,}9018\ \text{g} \cdot \frac{1\ \text{mol}}{233{,}4\ \text{g}} = \mathbf{0{,}00773\ m}\text{ol}$$

e) HCl-i hulk ja mass gaasis **B** ja vedelikus A on:

n(HCl) = 0,01203 - 0,00773 = 0,00430 mol

m(HCl) = 0,00430 mol·36,45 g/mol = 0,157 g

H_2SO_4 mass vedelikus **C** ja vedelikus **A** on:

$n(H_2SO_4) \Leftrightarrow n(BaSO_4)$

$$m(H_2SO_4) = \frac{1}{1} \cdot 0{,}9018\ \text{g} \cdot \frac{1\ \text{mol}}{233{,}4\ \text{g}} \cdot 98{,}1\ \text{g/mol} = 0{,}379\ \text{g}$$

m(vedelik **C**) = 1,000 g - 0,157 g = 0,843 g

Vedelikus **C** on:

$$\%(H_2SO_4) = \frac{0{,}379\ \text{g}}{0{,}843\ \text{g}} \cdot 100 = 44{,}958 \approx \mathbf{45{,}0}$$

$$\%(H_2O) = \frac{0{,}843 - 0{,}379}{0{,}843} \cdot 100 = \frac{0{,}464}{0{,}843} \cdot 100 \approx \mathbf{55{,}0}$$

Vedelikus **A** on:

$$\%(H_2SO_4) = \frac{0{,}379}{1{,}000} \cdot 100 = \mathbf{37{,}9}$$

$$\%(HCl) = \frac{0{,}157}{1{,}000} \cdot 100 = \mathbf{15{,}7}$$

$$\%(H_2O) = \frac{0{,}464}{1{,}000} \cdot 100 = \mathbf{46{,}4}$$

6. a) Täpselt 100 grammis ühendis oleksid elementide hulgad järgmised:

$$n(C) = 65{,}20\ g \cdot \frac{1\ mol}{12{,}01\ g} = 5{,}429\ mol$$

$$n(H) = 8{,}75\ g \cdot \frac{1\ mol}{1{,}008\ g} = 8{,}68\ mol$$

$$n(O) = (100{,}00 - 65{,}20 - 8{,}75)\ g \cdot \frac{1\ mol}{16{,}00\ g} = 1{,}628\ mol$$

b) Leiame sellise n(O) väärtuse, mille korral ka vesiniku ja süsiniku hulk moolides oleks täisarv. Tegur x on kordajaks esialgsele moolide arvule

n(C)	n(H)	n(O)	x
5,429	8,68	1,628	1
3,3	5,3	1	1/1,628 = 0,61
6,6	10,6	2	2/1,628 = 1,22
10,0	16,0	3	3/1,628 = 1,843

Ühendi **Q** lihtsaim empiiriline valem on $\mathbf{C_{10}H_{16}O_3}$

c) $$n(NaOH) = 23{,}7\ cm^3 \cdot \frac{1\ dm^3}{1000\ cm^3} \cdot 1{,}00 \cdot 10^{-2}\ mol/dm^3 = 2{,}37 \cdot 10^{-4}\ mol$$

$$43{,}7\ mg \cdot \frac{1\ g}{1000\ mg} = 4{,}37 \cdot 10^{-2}\ g$$

$4{,}37 \cdot 10^{-2}$ g (Q) $\Leftrightarrow$ $2{,}37 \cdot 10^{-4}$ mol (NaOH)

$$m(Q) = 1\ mol\ (NaOH) \cdot \frac{4{,}37 \cdot 10^{-2}\ g\ (Q)}{2{,}37 \cdot 10^{-4}\ mol\ (NaOH)} = 184{,}4\ g \approx 184\ g$$

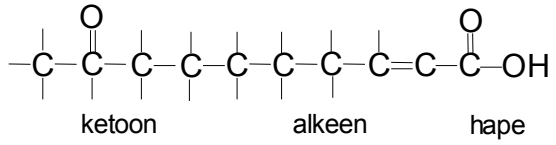
d) Et ühendi **Q** molaarmass on väiksem kui 200 ja lihtsaima empiirilise valemi korral tuleb ühe mooli massiks

100 g · 1,843 = 184,3 g, siis peavad empiiriline ja molekulvalem olema samad.

$$M(C_{10}H_{16}O_3) = 10 \cdot 12{,}01\ g/mol + 16 \cdot 1{,}008\ g/mol + 3 \cdot 16{,}00\ g/mol = 184{,}2\ g/mol$$

Märkus: Tegurite 10,16 ja 3 ühikuks on mol/mol, mis taanduvad välja.

e) Molekulis **Q** sisaldub üks –COOH rühm, sest ühe mooli neutraliseerimiseks kulub üks mool naatriumhüdroksiidi. Molekulis **Q** peab sisalduma süsiniku aatomite vahel üks kahekordne side, –CH=CH–, sest üks mool ühendit **Q** valastab ühe mooli Br_2-te. Molekulis olevast kolmest hapnikuaatomist üks jääb üle, mis peab moodustama karbonüülrühma, –CO–. Karbonüülrühm saab olla seotud ainult süsinikkudega, sest ta ei saa moodustada aldehüüdrühma (ei anna hõbepeegli reaktsiooni). Kõnealune kolmas hapniku aatom ei saa moodustada hüdroksüülrühma ega ka eetrit, sest sellisel juhul jääks molekulis kaks vesiniku aatomit puudu. *Tsis-trans*-isomeeria olemasolu viitab kaksiksidemele süsiniku aatomite vahel, kuid ta ei määra kaksiksidemete arvu. Selle määras Br_2 ekvimolaarsus.

f) 

g) R–COOH + NaOH $\rightarrow$ R–COONa

R–CH=CH–R_1 + Br_2 $\rightarrow$ R–CHBr–CHBr–R_1