KEEMIAÜLESANNETE LAHENDAMISE LAHTINE VÕISTLUS

Noorem rühm (9. ja 10. klass)

Tallinn, Tartu, Kuressaare, Narva, Pärnu, Kohtla-Järve 7. november 2009

Ülesannete lahendused

1. **1)** $2Ba + O_2 = 2BaO$
2) $BaO + H_2O = Ba(OH)_2$
3) $Ba(OH)_2 + CO_2 = BaCO_3\downarrow + H_2O$
4) $Ba + 2H_2O = Ba(OH)_2 + H_2\uparrow$
5) $Ba + Cl_2 = BaCl_2$
6) $BaCl_2 + Na_2CO_3 = BaCO_3\downarrow + NaCl$
7) $BaCO_3 \overset{t^\circ}{=} BaO + CO_2\uparrow$
8) $Ba(OH)_2 + 2HCl = BaCl_2 + 2H_2O$

2. **A** – HCl, vesinikkloriidhape
B – H_2, vesinik (H on universiumis levinuim element.)
C – Cl_2, kloor
D – NaOH, naatriumhüdroksiid

M$(OH)_N$ $\quad \dfrac{A_r(\mathbf{M})}{A_r(\mathbf{M}) + NM_r(OH)} = 0{,}575 \quad A_r(\mathbf{M}) = \dfrac{0{,}575NM_r(OH)}{1 - 0{,}575} = 23{,}0N$

$N = 1 \quad A_r(\mathbf{M}) = 23{,}0$ **M** – Na, naatrium

E – NaCl, naatriumkloriid (Na annab põleti leegile kollaka tooni.)
F – AgCl, hõbekloriid
G – KI, kaaliumjodiid (K annab põleti leegile violetse tooni.)

MI $\quad \dfrac{A_r(\mathbf{M})}{A_r(\mathbf{M}) + A_r(I)} = 0{,}235 \quad A_r(\mathbf{M}) = 39$ **M** – K, kaalium

$H_2 + Cl_2 = 2HCl$ (**B** + **C** → **A**)
$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$ (**A** + **D** → **E** + H_2O)
$2NaCl + 2H_2O \overset{\text{elektrolüüs}}{=} 2NaOH + H_2\uparrow + Cl_2\uparrow$ (**E** + $H_2O \overset{\text{elektrolüüs}}{\rightarrow}$ **D** + **B** + **C**)
$NaCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + NaNO_3$ (**E** + $AgNO_3$ → **F** + ...)
$2KI + H_2O_2 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + I_2 + 2H_2O$ (**G** + $H_2O_2 + H_2SO_4$ → ...)

$$\begin{cases} 2\overset{-I}{I} - 2e^- = \overset{0}{I_2} \\ \overset{-I}{O_2} + 2e^- = 2\overset{-II}{O} \end{cases}$$

(I_2 lahus värvub tärklise lahuse toimel siniseks.)

3. **a)** Näiteks:
CuS (-II, vask(II)sulfiid) SO_2 (IV, vääveldioksiid) S (0, väävel)
FeS_2 (-I, rauddisulfiid) SO_3 (VI, väävelttrioksiid)
b) Need on **i)** mürgised ning **ii)** annaksid joogile ebameeldiva lõhna.
c) Etaanhape
i) $2SO_3^{2-} + O_2 = 2SO_4^{2-}$ **ii)** $C_2H_6O + O_2 = C_2H_4O_2 + H_2O$

d) **i)** $n(\textbf{etanool}) = 0{,}75\ dm^3 \cdot 0{,}12 \cdot \dfrac{1000\ cm^3}{1\ dm^3} \cdot \dfrac{0{,}789\ g}{1\ cm^3} \cdot \dfrac{1\ mol}{46\ g} =$

$= 1{,}54\ mol \approx \mathbf{1{,}5\ mol}$

ii) Kuna üks mool hapnikku reageerib ühe mooli etanooliga või kahe mooli sulfitioonidega, siis kaks mooli sulfitit kaitseb ühe mooli etanooli ehk:

$n(\mathbf{SO_3^{2-}}) = 2 \cdot 1{,}54\ mol = 3{,}08\ mol \approx \mathbf{3{,}1\ mol}$

iii) $n((\mathbf{NH_4})_2\mathbf{SO_3}) = 0{,}75\ dm^3 \cdot \dfrac{0{,}2\ g}{1\ dm^3} \cdot \dfrac{1\ mol}{116\ g} = 0{,}0013\ mol \approx \mathbf{0{,}001\ mol}$

iv) $\%(\textbf{kaitstud etanool}) = \dfrac{0{,}0013\ mol}{3{,}08\ mol} \cdot 100 = 0{,}042 \approx \mathbf{0{,}04}$

4. **a)** $m(\mathbf{SO_4^{2-}}) = 200\ g \cdot 0{,}02 = \mathbf{4{,}0\ g}$

b) $M_r(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = 250 \quad M_r(K_2SO_4) = 174 \quad M_r(SO_4^{2-}) = 96$

$\%(\mathbf{SO_4^{2-}}, \textbf{lahus A}) = 10\ g \cdot \dfrac{96}{250} \cdot \dfrac{1}{(10 + 230)\ g} \cdot 100 = \mathbf{1{,}6}$

Oletame, et lahust **B** on täpselt 100 g.

$\%(\mathbf{SO_4^{2-}}, \textbf{lahus B}) = 100\ g \cdot 0{,}05 \cdot \dfrac{96}{174} \cdot \dfrac{1}{100\ g} \cdot 100 = 2{,}75 \approx \mathbf{2{,}8}$

c) 200 g 2,0% SO_4^{2-} lahuse valmistamiseks tuleb võtta lahust **A** x ja lahust **B** $(200\ g - x)$. Koostame võrrandi:

$4{,}0\ g = x \cdot 0{,}016 + (200\ g - x) \cdot 0{,}0275$

$4{,}0\ g = 0{,}016x + 5{,}5\ g - 0{,}0275x \quad 0{,}0115x = 1{,}5\ g \quad x = 130\ g$

$m(\textbf{lahus A}) = x = \mathbf{130\ g}$

$m(\textbf{lahus B}) = 200\ g - x = (200 - 130)g = \mathbf{70\ g}$

5. **a)** **i)** $M_r(\mathbf{A}) = 29{,}0 \cdot 1{,}518 = \mathbf{44{,}0}$

(Eraldunud gaas on tõenäoliselt süsinikdioksiid CO_2 ja sellele vastav anioon on CO_3^{2-} ($M_r = 60$) või HCO_3^- ($M_r = 61$))

ii) Olgu anioonide molaarmassid x ja y, siis saadakse vastavalt võrrandite süsteemi:

$$\begin{cases} x + y = 187{,}9 & \boldsymbol{x} = (187{,}9 + 65{,}9)/2 = \mathbf{126{,}9\ (g\ /\ mol)} \\ x - y = 65{,}9 & \boldsymbol{y} = 187{,}9 - x = 187{,}9 - 126{,}9 = \mathbf{61{,}0\ (g\ /\ mol)} \end{cases}$$

(Kolm aniooni pärinevad tõenäoliselt VIIA rühmast, seega on üks anioonidest I^- ja teine võib olla HCO_3^-. Ülejäänud anioonid on Cl^- ja Br^-.)

iii) **B** – H, vesinik

C leidmiseks kirjutatakse võrrand:

$$\frac{N \cdot A_r(\mathrm{H})}{N \cdot A_r(\mathrm{H}) + A_r(\mathbf{C})} = 0{,}223 \qquad A_r(\mathbf{C}) = \frac{(1-0{,}223) N \cdot A_r(\mathrm{H})}{0{,}223} = 3{,}48N,$$

milles $A_r(\mathbf{C})$ on elemendi **C** aatommass, $A_r(\mathrm{H})$ on vesiniku aatommass ja N näitab, mitu vesiniku aatomit on ühes katioonis.

Kui $N = 4$, siis $A_r(\mathbf{C}) = 14{,}0$.

C – N, lämmastik

Katiooni valem NH_4^+ (lahus **3**).

iv) H^+ (lahus **4**) + HCO_3^- (lahus **2**) = $H_2O + CO_2\uparrow$

(Lahuses **4** on lahustunud hape, seega katioon on H^+. Ülejäänud katioonid on Li^+ ja Na^+)

b) **1** – Li^+, I^-

2 – Na^+, HCO_3^- (Naatrium ja kloor on 3. perioodis)

3 – NH_4^+, Br^-

4 – H^+, Cl^-

6. **a)** $TiO_2 + C + 2Cl_2 = TiCl_4 + CO_2$

$TiCl_4 + O_2 = TiO_2 + 2Cl_2$

b) $\boldsymbol{m}(\mathbf{pigment}) = \frac{1}{1} \cdot 2{,}0\ \mathrm{t} \cdot \frac{1000\ \mathrm{kg}}{1\ \mathrm{t}} \cdot 0{,}95 \cdot (1-0{,}15) = \mathbf{1600\ kg}$

c) $\boldsymbol{V}(\mathbf{Cl_2}) = \left\{\left[2500\ \mathrm{m^3} \cdot (1-0{,}11)\right] \cdot (1-0{,}11)\right\} \cdot (1-0{,}11) =$

$= 2500\ \mathrm{m^3} \cdot (1-0{,}11)^3 = 2500\ \mathrm{m^3} \cdot 0{,}705 = 1762\ \mathrm{m^3} = \mathbf{1800\ m^3}$

Peale kolmandat tsüklit on esialgsest kloorist alles 71%.

d) $TiCl_4 + 2H_2O = TiO_2 + 4HCl$

„Põletamise“ korral on võimalik kloori tootmises taaskasutada – see tõstab protsessi kasumlikkust.

KEEMIAÜLESANNETE LAHENDAMISE LAHTINE VÕISTLUS

Vanem rühm (11. ja 12. klass)

Tallinn, Tartu, Kuressaare, Narva, Pärnu, Kohtla-Järve 7. november 2009

Ülesannete lahendused

1. a) $C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$

b) Kasutades Hessi seadust saadakse:

$\Delta H^0 = 1\cdot\Delta_B H^0 - 2\cdot\Delta_A H^0 + 2\cdot\Delta_C H^0 - 4\cdot\Delta_D H^0$

$2CH_3COOH + 2H_2O = 2C_2H_5OH + 2O_2$	$-2\cdot$**A**
$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$	$+1\cdot$**B**
$4CO_2 + 8H_2 = 2CH_3COOH + 4H_2O$	$+2\cdot$**C**
$8H_2O = 8H_2 + 4O_2$	$-4\cdot$**D**
$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$	**B** − 2**A** + 2**C** − 4**D**

$\boldsymbol{\Delta H^0} = \left[-2559{,}8 - 2\cdot(-448) + 2\cdot(-180{,}7) - 4\cdot(-483{,}6)\right]$ kJ/mol =

$= \mathbf{-90{,}8\ kJ/mol}$

c) $\boldsymbol{\Delta_c H^0(CH_3COOH)} = 2\cdot\Delta_D H^0 - 1\cdot\Delta_C H^0 = \mathbf{-786{,}5\ kJ/mol}$

$CH_3COOH + 2H_2O = 2CO_2 + 4H_2$	$-1\cdot$**C**
$4H_2 + 2O_2 = 4H_2O$	$+2\cdot$**D**
$CH_3COOH + 2O_2 = 2H_2O + 2CO_2$	2**D** − **C**

$\boldsymbol{\Delta_c H^0(C_2H_5OH)} = 1\cdot\Delta_A H^0 - 1\cdot\Delta_C H^0 + 2\cdot\Delta_D H^0 = \mathbf{-1234{,}5\ kJ/mol}$

$C_2H_5OH + O_2 = CH_3COOH + H_2O$	$+1\cdot$**A**
$CH_3COOH + 2H_2O = 2CO_2 + 4H_2$	$-1\cdot$**C**
$4H_2 + 2O_2 = 4H_2O$	$+2\cdot$**D**
$C_2H_5OH + 3O_2 = 3H_2O + 2CO_2$	**A** − **C** + 2**D**

2. a) $m_{kaalutis} = m_{NaOH} + m_{lisand,\,H_2O} = 0{,}51\ \text{M}\cdot 200\ \text{cm}^3\cdot\frac{1\ \text{dm}^3}{1000\ \text{cm}^3}\cdot\frac{40{,}0\ \text{g}}{1\ \text{mol}} = 4{,}08\ \text{g}$

$m_{lahus} = m_{NaOH} + m_{lahusti} = 200\ \text{cm}^3\cdot\frac{1{,}021\ \text{g}}{1\ \text{cm}^3} = 204{,}2\ \text{g}$

$m_{NaOH} = \frac{0{,}480\ \text{mol}}{1\ \text{kg}}\cdot\frac{1\ \text{kg}}{1000\ \text{g}}\cdot m_{lahusti}\cdot\frac{40{,}0\ \text{g}}{1\ \text{mol}} = 0{,}0192 m_{lahusti}$

$\Rightarrow \quad m_{lahusti} = 52{,}08 m_{NaOH}$

$m_{NaOH} + 52{,}08 m_{NaOH} = 53{,}08 m_{NaOH} = 204{,}2\ \text{g} \qquad m_{NaOH} = \frac{204{,}2\ \text{g}}{53{,}08} = 3{,}847\ \text{g}$

$m_{lisand,\,H_2O} = 4{,}08\ \text{g} - 3{,}847\ \text{g} = 0{,}233\ \text{g}$

$\boldsymbol{\%(H_2O)} = \frac{0{,}233\ \text{g}}{4{,}08\ \text{g}}\cdot 100 = \mathbf{5{,}7}$

b) $n(H_2SO_4) = \frac{1}{2}\cdot\frac{0{,}324\ \text{mol}}{1\ \text{dm}^3}\cdot 100\ \text{cm}^3\cdot\frac{1\ \text{dm}^3}{1000\ \text{cm}^3} = 0{,}0162\ \text{mol}$

$n(H_2SO_4) = 0{,}0162\ \text{mol} - n(SO_3)$

$\frac{80{,}07\ \text{g}}{1\ \text{mol}}\cdot n(SO_3) + \frac{98{,}08\ \text{g}}{1\ \text{mol}}\cdot\left(0{,}0162\ \text{mol} - n(SO_3)\right) = 1{,}5\ \text{g}$

$n(SO_3) = \frac{(98{,}08\cdot 0{,}0162 - 1{,}5)\ \text{g}}{(98{,}08 - 80{,}07)\ \text{g/mol}} = 0{,}00494\ \text{mol}$

$\boldsymbol{\%(SO_3)} = \frac{0{,}00494\ \text{mol}\cdot 80{,}07\ \text{g/mol}}{1{,}5\ \text{g}}\cdot 100 = \mathbf{26}$

c) $c(\text{NaOH}) = (4{,}08 - 0{,}235)\ \text{g}\cdot\frac{1\ \text{mol}}{40\ \text{g}}\cdot\frac{1}{200\ \text{cm}^3}\cdot\frac{1000\ \text{cm}^3}{1\ \text{dm}^3} = 0{,}481\ \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$

$\boldsymbol{V(\text{NaOH})} = \frac{2}{1}\cdot 0{,}0162\ \text{mol}\cdot\frac{1\ \text{dm}^3}{0{,}481\ \text{mol}}\cdot\frac{1000\ \text{cm}^3}{1\ \text{dm}^3} = \mathbf{67{,}4\ cm^3}$

3. a) i) $2Li + O_2 = Li_2O_2$ $\quad (4Li + O_2 = 2Li_2O)$

ii) $Si + O_2 = SiO_2$

iii) $2Al + 1{,}5O_2 = Al_2O_3$

b) i) $\boldsymbol{P(Li)} = \frac{1}{2}\cdot 561000\ \frac{\text{J}}{\text{mol}}\cdot\frac{1\ \text{W}\cdot 1\ \text{s}}{1\ \text{J}}\cdot\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\cdot\frac{1\ \text{mol}}{6{,}94\ \text{g}}\cdot\frac{1000\ \text{g}}{1\ \text{kg}}\cdot 0{,}5 =$

$\mathbf{= 5610\ W\cdot h/kg}$

$P(Si) = \frac{1}{1}\cdot 856000\ \frac{\text{J}}{\text{mol}}\cdot\frac{1\ \text{W}\cdot 1\ \text{s}}{1\ \text{J}}\cdot\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\cdot\frac{1\ \text{mol}}{28{,}09\ \text{g}}\cdot\frac{1000\ \text{g}}{1\ \text{kg}}\cdot 0{,}5 =$

$= 4230\ \text{W}\cdot\text{h/kg}$

$P(Al) = \frac{1}{2}\cdot 1582000\ \frac{\text{J}}{\text{mol}}\cdot\frac{1\ \text{W}\cdot 1\ \text{s}}{1\ \text{J}}\cdot\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\cdot\frac{1\ \text{mol}}{26.98\ \text{g}}\cdot\frac{1000\ \text{g}}{1\ \text{kg}}\cdot 0{,}5 =$

$= 4072\ \text{W}\cdot\text{h/kg}$

Suurim võimsus massi ühiku kohta (W·h/kg) on liitium akul.

ii) $P(Li) = \frac{5610\ \text{W}\cdot\text{h}}{1\ \text{kg}}\cdot\frac{0{,}535\ \text{g}}{1\ \text{cm}^3}\cdot\frac{1000\ \text{cm}^3}{1\ \text{dm}^3}\cdot\frac{1\ \text{kg}}{1000\ \text{g}} = 3000\ \text{W}\cdot\text{h/dm}^3$

$P(Si) = \frac{4230\ \text{W}\cdot\text{h}}{1\ \text{kg}}\cdot\frac{2{,}33\ \text{kg}}{1\ \text{dm}^3} = 9860\ \text{W}\cdot\text{h/dm}^3$

$\boldsymbol{P(Al)} = \frac{4072\ \text{W}\cdot\text{h}}{1\ \text{kg}}\cdot\frac{2{,}70\ \text{kg}}{1\ \text{dm}^3} = \mathbf{10990\ W\cdot h/dm^3}$

Suurim võimsus ruumala ühiku kohta (W·h/dm^3) on alumiinium akul.

c) Li-aku lahusti ja elektrolüüt: CH_3COOH

Anood: $Li + CH_3COOH = CH_3COOLi + H^+ + e^-$ |·4

Katood: $O_2 + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O$

Kokku: $4Li + O_2 + 4CH_3COOH = 4CH_3COOLi + 2H_2O$

Li-õhk akud pole veel kommertsiaalselt saadaval, kuid neid arendatakse paljudes laborites.

Al-aku: lahusti: H_2O elektrolüüt: NaOH

Anood: $Al + 4OH^- = [Al(OH)_4]^- + 3e^-$ |·4

Katood: $O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$ |·3

Kokku: $4Al + 3O_2 + 6H_2O + 4OH^- = 4[Al(OH)_4]^-$

Selline patarei (mitte taaslaetav) võimsustihedusega 1300 Wh kg^{-1} on kasutatav USA sõjaväes.

Si-aku: lahusti: H_2O elektrolüüt: NaOH

Anood: $Si + 6OH^- = [SiO_2(OH)_2]^{2-} + 2H_2O + 4e^-$

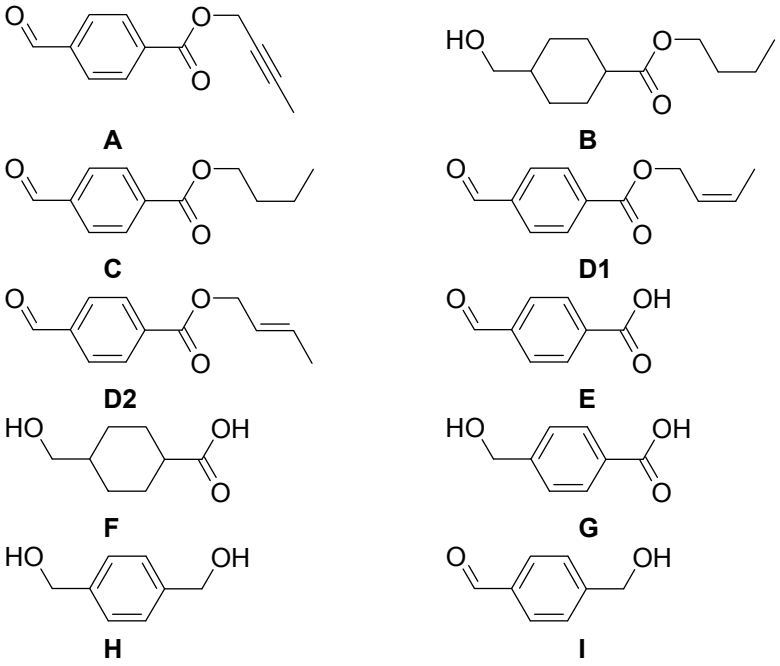
Katoodil: $O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$

Kokku: $Si + O_2 + 2OH^- = [SiO_2(OH)_2]^{2-}$

d) Si (25,7%) < Al (8,1%) < Li (0,002%)

Liitium on kaks suurusjärku kallim kui räni ja alumiinium.

4.



5. a) **X** – H

A – H_2O_2 **D** – CH_4 **G** – SiH_4 **J** – Cl_2 **M** – $HSiCl_3$

B – H_2O **E** – H_2S **H** – HF **K** – H_2 **N** – $SiCl_4$

C – NH_3 **F** – HCl **I** – O_2 **L** – Si **O** – SiO_2

b) $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$ $4HCl + MnO_2 = Cl_2 + 2H_2O + MnCl_2$

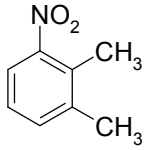
$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ $Si + 3HCl = HSiCl_3 + H_2$

$4S + CH_4 = CS_2 + 2H_2S$ $4HSiCl_3 = SiH_4 + 3SiCl_4$

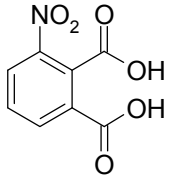
$CS_2 + 3O_2 = CO_2 + 2SO_2$ $SiCl_4 + 2H_2O = SiO_2 + 4HCl$

$H_2 + Cl_2 = 2HCl$ $4HF + SiO_2 = 2H_2O + SiF_4$

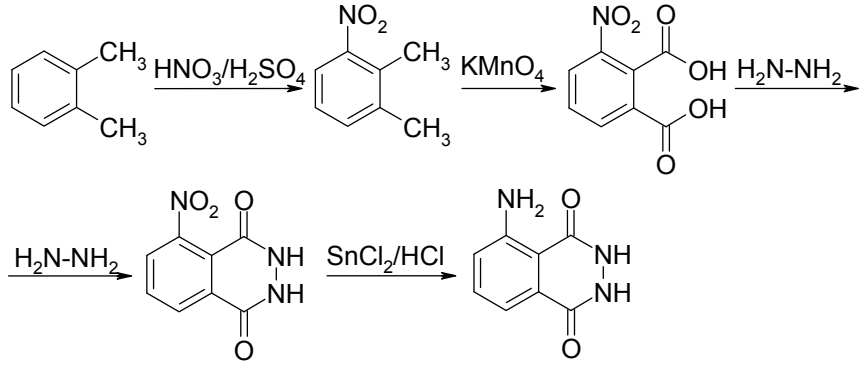
6. a) **A** – 2,3-dimetüülnitrobenseen



B – 3-nitro-1,2-benseendikarboksüülhape



b)



c) Luminooli helenduse kutsuvad esile Fe^{2+} ioonid. Seega Hundi rinnaesisel olev plekk võis olla ükskõik milline raud(II)ioone sisaldav lahus – sealhulgas veri. Karu tehtud test ei öelnud täiesti kindlalt, et tegemist oli verega. Isegi kui see oleks Jänese veri, ei tõestaks see, et Hunt Jänese ära sõi. See oleks ainult tõenäoline.