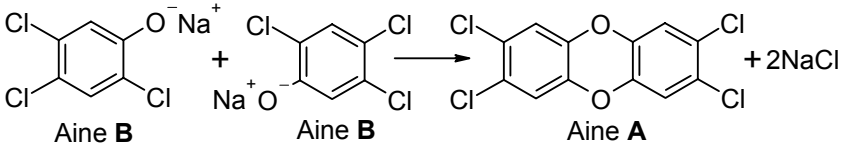
2010/2011 õ.a. keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesannete lahendused

9. klass

Dioksiinid meie ümber

1. a) Dioksiinid sisaldavad kahte hapniku aatomit (mis on „sildadeks" aromaatsete tuumade vahel).
Ülesande tekstis on öeldud (ja aine **A** struktuurist on näha), et dioksiinid on hüdrofoobsed, seega ei lahustu need kehavedelikes (kuid lahustuvad rasvkoes).

b)



Aine **B** Aine **B** Aine **A**

c) Tekib süsinikdioksiid, CO_2 ($o.a(C) = +IV$).

Kuna ühes aine **A** ($C_{12}H_4Cl_4O_2$) molekulis on 12 süsinikku, siis ühe aine **A** molekuli täielikul oksüdeerumisel tekib 12 CO_2 molekuli.

d) $m(\text{aine } \mathbf{A}, \text{söödas}) = 3000\ \text{t} \cdot \frac{1000\ \text{kg}}{1\ \text{t}} \cdot \frac{0,5\ \text{ng}}{1\ \text{kg}} \cdot 77 = 1,2 \cdot 10^8\ \text{ng}$

$M(C_{12}H_4Cl_4O_2) = 322\ \text{g/mol}$

$n(\text{aine } \mathbf{A}, \text{söödas}) = 1,2 \cdot 10^8\ \text{ng} \cdot \frac{1\ \text{g}}{10^9\ \text{ng}} \cdot \frac{1\ \text{mol}}{322\ \text{g}} = 3,7 \cdot 10^{-4}\ \text{mol}$

$n(CO_2, \text{ ainest } \mathbf{A}) = \frac{12}{1} \cdot 3,7 \cdot 10^{-4}\ \text{mol} = 4,3 \cdot 10^{-3}\ \text{mol}$

$\boldsymbol{V(CO_2, \text{ ainest } A)} = 4,3 \cdot 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \frac{22,4\ \text{dm}^3}{1\ \text{mol}} = \mathbf{0,096\ dm^3}$

Vesi akvaariumis

2. a) $\boldsymbol{p} = 1,00 + 0,5 \cdot 0,005 = 1,0025\ \text{g/cm}^3 \approx \mathbf{1,00\ g/cm^3}$
Lahuse tiheduse muutust ei ole vaja arvesse võtta edasistes arvutustes.

b) $pH = -\log[H^+]$

$c(HCl) = [H^+] = 10^{-pH} = 1,00 \cdot 10^{-6}\ \text{M}$

$n(HCl) = \frac{10^{-6}\ \text{mol}}{1\ \text{dm}^3} \cdot 100\ \text{dm}^3 = 10^{-4}\ \text{mol}$

$m(HCl) = 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \frac{36,5\ \text{g}}{1\ \text{mol}} = 3,65 \cdot 10^{-3}\ \text{g}$

$m(\text{HCl lahus}) = 3,65 \cdot 10^{-3}\ \text{g} \cdot \frac{1}{0,005} = 0,73\ \text{g}$

$\boldsymbol{V(\text{HCl lahus})} = 0,73\ \text{g} \cdot \frac{1\ \text{cm}^3}{1\ \text{g}} = \mathbf{0,730\ cm^3}$

Kuna 100 dm^3 >> 0,73 cm^3, siis polnud vajalik ka happe lisamisest tingitud vedeliku ruumala muutust.

c) i) pH **ei muutu**, sest pH on määratud ära puhta vee dissotsiatsiooniga, mis ei sõltu akvaariumis oleva vee ruumalast.

ii) $V(\text{arustunud vesi}) = \frac{500\ \text{cm}^3}{1\ \text{m}^2 \cdot 1\ \text{päev}} \cdot 62\ \text{päev} \cdot 25\ \text{dm}^2 \cdot \frac{1\ \text{m}^2}{100\ \text{dm}^2} \cdot \frac{1\ \text{dm}^3}{1000\ \text{cm}^3} = 7,75\ \text{dm}^3$

$c(\text{HCl lahus}) = \frac{10^{-4}}{100 - 7,75}\text{M} = 1,08 \cdot 10^{-6}\ \text{M}$

$pH = -\log(1,08 \cdot 10^{-6}\ \text{M}) = 5,97$

Lahuse pH akvaariumis praktiliselt ei muutu ($\boldsymbol{\Delta pH = -0,03}$).

Lihtsad orgaanilised molekulid

3. a) **A** – CH_3OH, metanool
B – CH_3CH_2OH, etanool
C – CH_3COOH, etaanhape
D – CH_3COCH_3, propaan-2-oon
E – $C_{12}H_{22}O_{11}$, sahharoos
F – $C_6H_{12}O_6$, glükoos
G – $C_6H_{12}O_6$, fruktoos
H – H_2O, vesi
I – CO_2, süsinikdioksiid ehk süsihappegaas

b) **reaktsioon 1**: $C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 = C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$
reaktsioon 2: $C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow$

Amfoteerne metall

4. **X** – Sn, tina
Z – Au, kuld
A – SnO_2, tina(IV)oksiid
B – $SnCl_2$, tina(II)kloriid
C – $SnCl_4$, tina(IV)kloriid
D – SnF_4, tina(IV)fluoriid
E – SnH_4, stannaan $\%(Sn) = \frac{118,7}{122,7} \cdot 100 = 96,72$
F – $LiAlCl_4$, liitiumalumiiniumkloriid $\%(Al) = \frac{26,98}{175,73} \cdot 100 = 15,35$

I $SnO_2 + C = Sn + CO_2$
II $Sn + O_2 = SnO_2$
III $Sn + 2HCl = SnCl_2 + H_2\uparrow$
IV $Sn + 2NaOH + 2H_2O = Na_2[Sn(OH)_4] + H_2\uparrow$
V $3SnCl_2 + 2AuCl_3 = 3SnCl_4 + 2Au$
VI $Sn + 2Cl_2 = SnCl_4$
VII $SnCl_4 + 4HF = SnF_4 + 4HCl$
VIII $SnCl_4 + LiAlH_4 = SnH_4 + LiAlCl_4$

Tundmatu aineklass

5. a) Peroksiidid

b) Peroksiidid on iseloomulikud leelis- ja leelismuldmetallidele. Seega oksiidis **A** peab metalli o.a olema kas +I või +II. Vaateleme mõlemat juhtu ja kasutame **c)** punktis toodud esimest reaktsioonivõrrandit.

+I: $2\mathbf{M}_2O + O_2 = 2\mathbf{M}_2O_2$

$$\frac{2\text{ g}}{2\cdot M(\mathbf{M}) + 16\text{ g/mol}} = \frac{2{,}209\text{ g}}{2\cdot M(\mathbf{M}) + 2\cdot 16\text{ g/mol}} \qquad M(\mathbf{M}) = 68{,}55\text{ g/mol}$$

Sellele molaarmassile ei vasta ükski leelismetall.

+II: $2\mathbf{M}O + O_2 = 2\mathbf{M}O_2$

$$\frac{2\text{ g}}{M(\mathbf{M}) + 16\text{ g/mol}} = \frac{2{,}209\text{ g}}{M(\mathbf{M}) + 2\cdot 16\text{ g/mol}} \qquad M(\mathbf{M}) = 137{,}1\text{ g/mol}$$

Tegu on baariumiga. **M** – Ba, baarium

A – BaO, baariumoksiid
B – BaO_2, baariumperoksiid
C – H_2O_2, vesinikperoksiid

c) $2BaO + O_2 = 2BaO_2$
$BaO_2 + 2HCl = H_2O_2 + BaCl_2$

$H_3PO_3 + H_2O_2 = H_3PO_4 + H_2O$

$$\begin{cases} \overset{III}{P} - 2e^- = \overset{V}{P} \\ \overset{-I}{O_2} + 2e^- = 2\overset{-II}{O} \end{cases}$$

$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$

$$\begin{cases} \overset{-II}{S} - 8e^- = \overset{VI}{S} \\ \overset{-I}{O_2} + 2e^- = 2\overset{-II}{O} \end{cases} \times 4$$

$2KMnO_4 + 5H_2O_2 + 3H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 5O_2\uparrow + 8H_2O + K_2SO_4$

$$\begin{cases} \overset{-I}{O_2} - 2e^- = \overset{0}{O_2} \\ \overset{VII}{Mn} + 5e^- = \overset{II}{Mn} \end{cases} \times 5 \quad \times 2$$

$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2\uparrow$

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

$H_2O_2 + 2KI + H_2SO_4 = K_2SO_4 + I_2 + 2H_2O$

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

Vedelgaas

6. a) $M(\text{propaan}) = 1{,}5\cdot 29 = 44$ $\qquad M(\text{butaan}) = 2\cdot 29 = 58$

Alkaani üldvalem on C_nH_{2n+2}. Nüüd võib leida valemid:

$n\cdot 12 + (2n+2)\cdot 1 = 44$ $\qquad n\cdot 12 + (2n+2)\cdot 1 = 58$

$n = 3$ $\qquad n = 4$

propaan – C_3H_8 $\qquad$ butaan – C_4H_{10}

b) $C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O$
$2C_4H_{10} + 13O_2 = 8CO_2 + 10H_2O$

c) $$n(\text{propaan}) = 0{,}8\cdot 11\text{ kg}\cdot\frac{1000\text{ g}}{1\text{ kg}}\cdot\frac{1\text{ mol}}{44\text{ g}} = 200\text{ mol}$$

$$n(\text{butaan}) = 0{,}2\cdot 11\text{ kg}\cdot\frac{1000\text{ g}}{1\text{ kg}}\cdot\frac{1\text{ mol}}{58\text{ g}} = 37{,}9\text{ mol}$$

$$n(\text{eralduv gaas}) = \frac{7}{1}\cdot 200\text{ mol} + \frac{18}{2}\cdot 37{,}9\text{ mol} = 1741\text{ mol}$$

$$\boldsymbol{V}(\textbf{eralduv gaas}) = 1741\text{ mol}\cdot\frac{22{,}4\text{ dm}^3}{1\text{ mol}}\cdot\frac{1\text{ m}^3}{1000\text{ dm}^3} = \mathbf{39{,}0\text{ m}^3}$$

d) $$V(\text{vedeldatud propaan}) = 0{,}8\cdot 11\text{ kg}\cdot\frac{1\text{ m}^3}{600\text{ kg}}\frac{1000\text{ dm}^3}{1\text{ cm}^3} = 14{,}7\text{ dm}^3$$

$$V(\text{vedeldatud butaan}) = 0{,}2\cdot 11\text{ kg}\cdot\frac{1\text{ m}^3}{580\text{ kg}}\frac{1000\text{ dm}^3}{1\text{ cm}^3} = 3{,}79\text{ dm}^3$$

$$V(\text{vedelgaas}) = (14{,}7 + 3{,}79)\text{dm}^3 = 18{,}5\text{ dm}^3$$

$$\boldsymbol{V}(\textbf{balloon}) = 18{,}5\text{ dm}^3\cdot\frac{1}{0{,}8}\cdot\frac{1000\text{ cm}^3}{1\text{ dm}^3} = \mathbf{23\,000\text{ cm}^3}$$

e) $$1\text{ kWh} = 1\text{ kW}\cdot 1\text{ h}\cdot\frac{3600\text{ s}}{1\text{ h}} = 3600\text{ kJ}\cdot\frac{1\text{ MJ}}{1000\text{ kJ}} = 3{,}6\text{ MJ}$$

$$E(\text{balloon}) = \frac{12{,}8\text{ kWh}}{1\text{ kg}}\cdot\frac{3{,}6\text{ MJ}}{1\text{ kWh}} = 46{,}1\text{ kWh/kg}$$

$$m(\text{vedelgaas}) = 5500\text{ MJ}\cdot\frac{1\text{ kg}}{46{,}1\text{ MJ}} = 119\text{ kg}$$

$$\boldsymbol{N}(\textbf{balloonid}) = 119\text{ kg}\cdot\frac{1\text{ balloon}}{11\text{ kg}} = 10{,}8\text{ ballooni} \approx \mathbf{11\,balloni}$$

$$\textbf{Hind} = 11\text{ ballooni}\cdot\frac{20\text{ EUR}}{1\text{ balloon}} = \mathbf{220\text{ EUR}}$$