Keemia lahtise võistluse ülesannete lahendused

Noorem rühm (9. ja 10. klass)

15. november 2003. a.

1. a) **A** – mutant E.coli

B – β–galaktosidaas

C – allolaktoos

D – laktoos

b) $\mathbf{N} = \underset{C_{12}}{12\frac{\text{aatomit}}{\text{molekulis}}\cdot 6\frac{\text{prootonit}}{\text{aatomis}}} + \underset{O_{11}}{11\frac{\text{aatomit}}{\text{molekulis}}\cdot 8\frac{\text{prootonit}}{\text{aatomis}}} +$

$$+ \underset{H_{22}}{22\frac{\text{aatomit}}{\text{molekulis}}\cdot 1\frac{\text{prooton}}{\text{aatomis}}} = \mathbf{182\frac{prootonit}{molekulis}}$$

c) $\mathbf{M(C_{12}O_{11}H_{12})} = \frac{12}{1}\cdot 12\ \text{g/mol} + \frac{11}{1}\cdot 16\ \text{g/mol} + \frac{22}{1}\cdot 1\ \text{g/mol} = \mathbf{342\ g/mol}$

$\frac{12\ \text{mol}}{1\ \text{mol}} = \frac{12}{1}$ jne

d) $n(C_{12}O_{11}H_{12}) = 0{,}513\ \text{g}\cdot\frac{1\ \text{mol}}{342\ \text{g}} = 0{,}00150\ \text{mol}$

N(prooton) = N(elektron)

$\mathbf{N} = 0{,}00150\ \text{mol}\cdot 6{,}02\cdot 10^{23}\ \frac{\text{molekuli}}{\text{mol}}\cdot 182\ \frac{\text{elektroni}}{\text{molekul}} = \mathbf{1{,}64\times 10^{23}\ elektroni}$

e) i) $\mathbf{\%(O)} = \frac{11\ \text{mol}\cdot 16{,}0\ \text{g/mol}}{1\ \text{mol}\cdot 342\ \text{g/mol}}\cdot 100 = \mathbf{51{,}5}$

ii) $\mathbf{\%mol(O)} = \frac{11\ \text{mol}}{11\ \text{mol} + 12\ \text{mol} + 22\ \text{mol}}\cdot 100 = \mathbf{24{,}4}$

2. a) i) $CaCO_3 \xrightarrow{{}^0t} CaO + CO_2\uparrow$

A – kaltsiumoksiid **B** – süsinikdioksiid

ii) $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$

C – kaltsiumhüdroksiid

iii) $Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$

iv) $CO_2 + KOH = KHCO_3$

v) $2KHCO_3 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2H_2O + 2CO_2\uparrow$

D – kaaliumsulfaat

vi) $CaCl_2 + K_2SO_4 = CaSO_4\downarrow + 2KCl$

b)

1000 g	m
$CaCO_3$	$\Leftrightarrow$ $CaSO_4$
100 g/mol	136 g/mol

$\mathbf{m(CaSO_4)} = \frac{1}{1}\cdot 1000\ \text{g}\cdot\frac{1\ \text{mol}}{100\ \text{g}}\cdot 136\ \text{g/mol} = \mathbf{1360\ g}$

c) $KHCO_3$ moodustub siis, kui CO_2 ja KOH hulgad on võrdsed. Normaalsoola saamiseks peab KOH hulk ületama CO_2 hulga kaks korda.

3. a) Happelises keskkonnas, sest reaktsiooni käigus tekib aluseline keskkond.

b) $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$

c) Reaktsioonientalpia arvutamiseks tekkeentalpiate järgi tuleb saadusaine(te) tekkeentalpiast lahutada lähteainete tekkeentalpiad.

D**H(r-n)**=1 mol·(-1003 kJ/mol)-[1 mol·(-635 kJ/mol)+1 mol·(-286 kJ/mol)]=

= **-82 kJ**

d) 40 ^{0}C võrra ⇔ 40 K võrra

Q = 210 cm^3·1,0 g/cm^3·4,18 J·K^{-1}·g^{-1}·40 K = 35112 J ≈ **35 kJ** (vedelikud saavad energiat)

e) 56 g CaO ⇔ -82 kJ (eraldub)

56 g CaO ⇔ 82 kJ (vedelikud saavad)

m(CaO) = $35\ kJ \cdot \frac{56\ g}{82\ kJ} = 23{,}9\ g \approx$ **24 g**

Tegelikult kasutatakse ligi kolm korda suuremat kogust: 70 g, sest soojuskaod on suured.

(Suurbritannia, 2003)

4. a) NaCl – naatriumkloriid

Na_3PO_4 – naatriumfosfaat

NaH_2PO_4 – naatriumdivesinikfosfaat

$FeCl_3$ – raud(III)kloriid

K_2CrO_4 – kaaliumkromaat

b) **Nr 1** – $FeCl_3$ värviline lahus, mis tugeva happe ja nõrga aluse soolana on happeline

Nr 2 – NaCl värvitu neutraalne lahus (sool on moodustunud tugevast happest ja tugevast alusest)

Nr 3 - NaH_2PO_4 värvitu happeline lahus (kolmeprootonilises happes on kaks prootonit neutraliseerimata)

Nr 4 – Na_3PO_4 värvitu leeliseline lahus (tugeva aluse ja keskmise tugevusega happe sool)

Nr 5 – K_2CrO_4 värviline neutraalne lahus (tugeva happe ja tugeva aluse sool)

5. Võtame aluseks täpselt ühe liitri vett, siis selles lahustub 403,9 liitrit HCl

a) m(H_2O) = 1000 cm^3·0,9982 g/cm^3 = 998,2 g

$m(HCl) = 403{,}9\ dm^3 \cdot \frac{1\ mol}{24{,}04\ dm^3} \cdot 36{,}46\ g/mol = 612{,}6\ g$

%(HCl) = $\frac{612{,}6\ g}{998{,}2g + 612{,}6\ g} \cdot 100 =$ **38,03**

b) m(soolhape) = 612,6 + 998,2 = 1610,8 g

$V(soolhape) = 1610{,}8\ g \cdot \frac{1000\ cm^3}{1{,}189\ g} = 1354{,}8\ cm^3$

$n(HCl) = 403{,}9\ dm^3 \cdot \frac{1\ mol}{24{,}04\ dm^3} = 16{,}80\ mol$

c(HCl) = $\frac{16{,}80\ \text{mol}}{1{,}3548\ \text{dm}^3}$ = **12,40 mol/dm^3**

6. a) A – Al, alumiinium
B – Br_2, broom
C – $AlBr_3$, alumiiniumbromiid
D – $Al(OH)_3$, alumiiniumhüdroksiid
E – $Na[Al(OH)_4]$, naatriumtetrahüdroksoaluminaat
F – AgBr, hõbebromiid
G – $Na_3[Ag(S_2O_3)_2]$, naatriumditiosulfaatoargentaat
H – H_2, vesinik
I – Ag, hõbe

b) i) $2Al + 3Br_2 = 2AlBr_3$
ii) $AlBr_3 + 3NH_4OH = Al(OH)_3 + 3NH_4Br$
iii) $Al(OH)_3 + NaOH = Na[Al(OH)_4]$
iv) $AlBr_3 + 3AgNO_3 = 3AgBr + Al(NO_3)_3$
v) $AgBr + 2Na_2S_2O_3 = Na_3[Ag(S_2O_3)_2] + NaBr$
vi) $2Al + 2NaOH + 6H_2O = 3H_2 + 2Na[Al(OH)_4]$
vii) $3Na_3[Ag(S_2O_3)_2] + Al + 4NaOH = 3Ag + Na[Al(OH)_4] + 6Na_2S_2O_3$

Keemia lahtise võistluse ülesannete lahendused

Vanem rühm (11. ja 12. klass)

15. november 2003. a.

1. a) **YX_2** on $MgBr_2$

%(Mg) = $\frac{24}{184} \cdot 100 = 13$

X_2 on Br_2

X on broom

Y on Mg, magneesium

Ühend **C** on CH_3MgBr

%(Mg) = $\frac{24}{119} \cdot 100 = \approx 20$

b) **A** – CH_3Br

B – HBr

C – CH_3MgBr

D – $CH_3COOMgBr$

c) **i)** $CH_4 + Br_2 = CH_3Br + HBr$

ii) $CH_3Br + Mg = CH_3MgBr$

iii) $CH_3MgBr + CO_2 = CH_3COOMgBr$

iv) $CH_3COOMgBr + HBr = CH_3COOH + MgBr_2$

2. **a)** A_r(Me, kui ühend on MeCl) = $35{,}5 \cdot \frac{0{,}659}{0{,}341}$ = 69 (ei sobi)

A_r(Me, kui ühend on $MeCl_2$) = $71{,}0 \cdot \frac{0{,}659}{0{,}341}$ = 137, s.o. **Ba**

b) **i)** $SO_4^{2-} + Ba^{2+} = BaSO_4\downarrow$ (valge)

ii) $Fe^{3+} + SCN^- = Fe(SCN)_3$ (punane)

iii) $2Fe^{3+} + 2I^- = 2Fe^{2+} + I_2$ (I_2 annab tärklise lahusega sinise värvuse)

iv) $5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ = 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$

$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2+} + 14H^+ = 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$

soolas **A** on ioonid Fe^{2+} ja SO_4^{2-}

soolas **B** on ioonid Fe^{3+} ja SO_4^{2-}

c) **i)** Raua sulfaadid kristalliseeruvad koos kristallveega (aine **E**), mis mõõdukal kuumutamisel eraldub

n(H_2O, aines **A**) = $45{,}3\ \text{g} \cdot \frac{278\ \text{g}}{100\ \text{g}} \cdot \frac{1\,\text{mol}}{18\ \text{g}} \approx$ **7 mol**

n(H_2O, aines **B**) = $28{,}8\ \text{g} \cdot \frac{562\ \text{g}}{100\ \text{g}} \cdot \frac{1\,\text{mol}}{18\ \text{g}} \approx$ **9 mol**

ii) Raua sulfaatide väga tugeval kuumutamisel lendub SO_3 (aine **F**).

n(SO_3, aines **A**) = (100,0 g - 45,3 g - 25,9 g) $\cdot \frac{278}{100} \cdot \frac{1\,\text{mol}}{80\ \text{g}} \approx$ **1 mol**

n(SO_3, aines **B**) = (100,0 g - 28,8 g - 28,5 g) $\cdot \frac{562}{100} \cdot \frac{1\,\text{mol}}{80\ \text{g}} \approx$ **3 mol**

d) **i)** Raud(II)sulfaat annab väga tugeval kuumutamisel FeO (aine **C**)

$$n(FeO) = 25{,}9\ g \cdot \frac{278}{100} \cdot \frac{1\ mol}{71{,}9\ g} \approx \mathbf{1\ mol}$$

ii) Raud(III)sulfaat annab väga tugeval kuumutamisel Fe_2O_3 (aine **D**)

$$n(Fe_2O_3) = 28{,}5\ g \cdot \frac{562}{100} \cdot \frac{1\ mol}{160\ g} \approx \mathbf{1\ mol}$$

e) i) $\overset{0}{t}\overset{0}{t}$

$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ = FeO + SO_3 + $7H_2O$

raud(II)sulfaat-7-vesi — raud(II)oksiid — vääveltrioksiid — vesi

$\overset{0}{t}\overset{0}{t}$

ii) $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ = Fe_2O_3 + $3SO_3$ + $9H_2O$

raud(III)sulfaat-9-vesi — raud(III)oksiid — vääveltrioksiid — vesi

3. a) i) Aku töötamisel

katood(+) $2NiO(OH)(t) + 2H_2O + 2e^- = 2Ni(OH)_2(t) + 2OH^-$

anood(-) $Cd(t) + 2OH^- = Cd(OH)_2(t) + 2e^-$

ii) aku laadimisel

katood(-) $Cd(OH)_2(t) + 2e^- = Cd(t) + 2OH^-$

anood(+) $2Ni(OH)_2(t) + 2OH^- = 2NiO(OH)(t) + 2H_2O + 2e^-$

b) **EMJ**(Ni–CAD) = 0,490 V - (-0,809 V) = **1,299 V**

c) $n(e^-) = 1300\ mA \cdot h \cdot \frac{1\ A}{1000\ mA} \cdot \frac{3600\ s}{h} \cdot \frac{1\ mol}{96485\ A \cdot s} = 0{,}0485\ mol$

i) $2e^- \Leftrightarrow 2Ni$

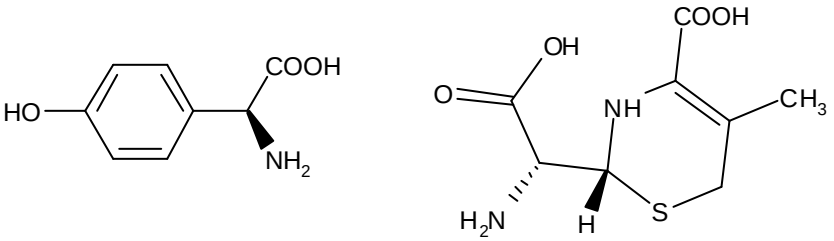
$$\mathbf{m(Ni)} = \frac{2}{2} \cdot 0{,}0485\ mol \cdot 58{,}7\ g/mol = 2{,}846\ g \approx \mathbf{2{,}8\ g}$$

ii) $2e^- \Leftrightarrow Cd$

$$\mathbf{m(Cd)} = \frac{1}{2} \cdot 0{,}0485\ mol \cdot 112\ g/mol = 2{,}716\ g \approx \mathbf{2{,}7\ g}$$

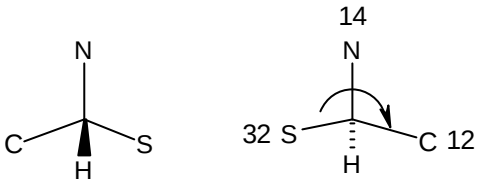
4. a) **$M(C_{16}H_{17}N_3O_5S)$ = 363 g/mol**

b)



Võib küll nimetada aminohapeteks, sest mõlemas ühendis on nii amino- kui karboksüülrühmad.

c) Vaatleme tärniga süsinikku eraldi, märkides ära vaid temaga otse seotud aatomid ning pöörame seda struktuuri nii, et vesinik jääks tasapinna taha:



Määrame aatomite vanemuse (aatommassi järgi). Kuna kõik aatomid on erinevad, saab kohe nende aatomite järgi määrata RS-konfiguratsiooni. Tärniga tähistatud süsinik on R-konfiguratsioonis.

d) c(toimeaine) = 28 mg/l · 0,55 = 15,4 mg/l ≈ **15 mg/l**

e) %(imendunud, veres) = $\frac{15\text{mg/l} \cdot 5{,}0\text{ l}}{1000\text{ mg}} \cdot 100$ = **7,5**

5. I a) n(HCl) = $\frac{100\text{ ml}}{20\text{ ml}} \cdot 0{,}0127\text{dm}^3 \cdot 0{,}1015\text{ mol/dm}^3 = 0{,}006445\text{ mol} \approx$

$\approx$ **6,45×10^{-3} mol**

b) V(tilk) = $0{,}006445\text{ mol} \cdot 36{,}5\text{ g/mol} \cdot \frac{1}{0{,}394} \cdot \frac{1\text{ cm}^3}{1{,}195\text{ g}} \cdot \frac{1}{10} = 0{,}04996\text{ cm}^3 \approx$

» **5,00×10^{-2} cm^3**

II a) i) $[H^+] = \sqrt{2{,}1 \cdot 10^{-13}} = 4{,}58 \cdot 10^{-7}$

pH = -lg $4{,}58 \cdot 10^{-7}$ = 6,34

ii) Neutraalne, sest $[H^+] = [OH^-]$

b) Summaarne $[H^+] = 10^{-\lg pH} = 10^{-6}$ = [H^+, HCl-st] + [H^+, H_2O-st]

[H^+, H_2O-st] = [OH^-, antud pH juures]

$[OH^-] = \frac{2{,}1 \cdot 10^{-13}}{10^{-6}} = 2{,}1 \cdot 10^{-7}$ = [H^+, H_2O-st]

n(H^+, 1 tilgas) = $6{,}445 \cdot 10^{-4}$ mol

$10^{-6}\ \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = \frac{6{,}445 \cdot 10^{-4}\text{ mol}}{V} + 2{,}1 \cdot 10^{-7}\ \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$

$V \cdot 10^{-6}\ \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 6{,}445 \cdot 10^{-4}\text{ mol} + V \cdot 2{,}1 \cdot 10^{-7}\ \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$

V = $\frac{6{,}445 \cdot 10^{-4}\text{ mol}}{7{,}9 \cdot 10^{-7}\text{ mol/dm}^3} = 0{,}8158 \cdot 10^3\text{ dm}^3 \approx$ **820 dm^3**

6. a) $NH_4Cl(t) \rightleftharpoons NH_3(g) + HCl(g)$

b) kogurõhk = p(HCl) + p(NH_3); p(HCl) = p(NH_3)

427 ^{0}C juures p(HCl) = p(NH_3) = $\frac{608\text{ kPa}}{2}$ = **304 kPa**

459 ^{0}C juures p(HCl) = p(NH_3) = $\frac{1115\text{ kPa}}{2}$ = **557,5 kPa**

c) Tasakaalukonstant K_p = p(HCl) · p(NH_3) antakse baarides.

K_p(427 ^{0}C) = $(304 \cdot 10^3)^2$ = **9,24 bar^2**

K_p(459 ^{0}C) = $(557{,}5 \cdot 10^3)^2$ = **31,1 bar^2**

d) 427 ^{0}C = 700 K

$\Delta G(700\text{ K}) = -RT\ln K = -8{,}314\text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 700\text{K} \cdot \ln 9{,}24 = -12941\text{ J} \approx$ **-13 kJ**

e) $\ln\frac{K_p(732\text{ K})}{K_p(700\text{ K})} = \frac{\Delta H}{8{,}314\text{ J/K}}\left(\frac{1}{700\text{ K}} - \frac{1}{732\text{ K}}\right)$

Lahendamisel saame

Δ**H(700K)** = **162 kJ**

$\Delta G(700\ K) = \Delta H(700\ K) - T \cdot \Delta S(700\ K)$

Δ**S(700 K)** = $\frac{\Delta H(700\ K) - \Delta G(700\ K)}{700\ K} \Rightarrow \frac{162\ kJ - (-13\ kJ)}{700\ K}$ = **250 J$\times$K^{-1}**