2008/2009 õ.a. keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesannete lahendused

9. klass

1. a) $\rho(\mathbf{A_2}) = 35{,}5 \cdot \rho(H_2)$ $\qquad M(\mathbf{A_2})/V_m = 35{,}5 \cdot M(H_2)/V_m$

$M(\mathbf{A_2}) = 35{,}5 \cdot M(H_2) = 35{,}5 \cdot 2\ \text{g/mol} = 71\ \text{g/mol}$

$M_r(\mathbf{A}) = 71/2 = 35{,}5$ $\qquad$ **A** − Cl, kloor

b) **X** − Fe, raud $\qquad$ **A₂** − Cl_2, kloor

B − $FeCl_3$, raud(III)kloriid $\qquad$ **C** − $FeCl_2$, raud(II)kloriid

D − $Fe(OH)_3$, raud(III)hüdroksiid $\qquad$ **E** − $Fe(OH)_2$, raud(II)hüdroksiid

c) $2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$

$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2\uparrow$

$2FeCl_3 \overset{t^\circ}{=} 2FeCl_2 + Cl_2\uparrow$

$FeCl_3 + 3KOH = Fe(OH)_3\downarrow + 3KCl$

$FeCl_2 + 2KOH = Fe(OH)_2\downarrow + 2KCl$

$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3$

$$\begin{cases} Fe^{II} - 1e^- = Fe^{III} & |\times 4 \\ O_2^0 + 4e^- = 2O^{-II} \end{cases}$$

2. a) $Ag^+ + Cl^- = AgCl\downarrow$

$n(Cl^-) = n(AgCl)$

$$n(Cl^-) = \frac{1}{1} \cdot 143\ \text{mg} \cdot \frac{1\ \text{g}}{1000\ \text{mg}} \cdot \frac{1\ \text{mol}}{143\ \text{g}} = 0{,}001\ \text{mol}$$

$$m(Cl^-) = 0{,}001\ \text{mol} \cdot \frac{35{,}5\ \text{g}}{1\ \text{mol}} = 0{,}0355\ \text{g} \qquad m_{\text{lahus}} = 10\ \text{cm}^3 \cdot \frac{1\ \text{g}}{1\ \text{cm}^3} = 10\ \text{g}$$

$$\mathbf{\%(Cl^-) =} \frac{0{,}0355\ \text{g}}{10\ \text{g}} \cdot 100 = 0{,}355 \approx \mathbf{0{,}36}$$

b) $n(AgNO_3) = 3\ \text{cm}^3 \cdot \frac{1{,}2\ \text{g}}{1\ \text{cm}^3} \cdot 0{,}2 \cdot \frac{1\ \text{mol}}{170\ \text{g}} = \mathbf{0{,}004\ mol > 0{,}001\ mol}$

c) $3Mg^{2+} + 2PO_4^{3-} = Mg_3(PO_4)_2\downarrow$

$3Ca^{2+} + 2PO_4^{3-} = Ca_3(PO_4)_2\downarrow$

$$n(Cl^-, \text{poriloigus}) = 3{,}5\ \text{dm}^3 \cdot \frac{1000\ \text{cm}^3}{1\ \text{dm}^3} \cdot \frac{0{,}001\ \text{mol}}{10\ \text{cm}^3} = 0{,}35\ \text{mol}$$

$$n(PO_4^{3-}) = \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{10} \cdot 0{,}35\ \text{mol} = 0{,}07\ \text{mol}$$

$$\mathbf{m(Na_3PO_4) =} 0{,}07\ \text{mol} \cdot \frac{164\ \text{g}}{1\ \text{mol}} = 11{,}48\ \text{g} \approx \mathbf{11\ g}$$

3. a) CH_3COOH − äädikas, etaanhape $\qquad C_2H_5OH$ − piiritus, etanool

CH_2CH_2 − etüleen, eteen $\qquad CH_3(CH_2)_{17}CH_3$ − parafiin, nonadekaan

b) $CH_3COOH + 2O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$

$C_2H_5OH + 3O_2 = 2CO_2 + 3H_2O$

$CH_2CH_2 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$

$CH_3(CH_2)_{17}CH_3 + 29O_2 = 19CO_2 + 20H_2O$

c) Iga aine korral tuleb leida süsinikdioksiidi ruumala, kuna veeaur kondenseerub toatemperatuuril.

$$V(CH_3COOH) = \frac{2}{1} \cdot 1\ \text{g} \cdot \frac{1\ \text{mol}}{60\ \text{g}} \cdot \frac{22{,}4\ \text{dm}^3}{1\ \text{mol}} = 0{,}75\ \text{dm}^3$$

$$V(C_2H_5OH) = \frac{2}{1} \cdot 1\ \text{g} \cdot \frac{1\ \text{mol}}{46\ \text{g}} \cdot \frac{22{,}4\ \text{dm}^3}{1\ \text{mol}} = 0{,}97\ \text{dm}^3$$

$$V(CH_2CH_2) = \frac{2}{1} \cdot 1\ \text{g} \cdot \frac{1\ \text{mol}}{28\ \text{g}} \cdot \frac{22{,}4\ \text{dm}^3}{1\ \text{mol}} = 1{,}6\ \text{dm}^3$$

$$V(CH_3(CH_2)_{17}CH_3) = \frac{19}{1} \cdot 1\ \text{g} \cdot \frac{1\ \text{mol}}{268\ \text{g}} \cdot \frac{22{,}4\ \text{dm}^3}{1\ \text{mol}} = 1{,}6\ \text{dm}^3$$

Kõige suurema õhupalli saaksime 1,0 g etüleeni ja parafiini põletamisest.

4. a) emulsioon

b) Pentaan aurustub, oktaan jääb vee pinnale.

$m(C_5H_{12}) = 500\ \text{t} \cdot 0{,}5 = 250\ \text{t}$

$$n(C_5H_{12}) = \frac{m}{M} = 250\ \text{t} \cdot \frac{10^6\ \text{g}}{1\ \text{t}} \cdot \frac{1\ \text{mol}}{72\ \text{g}} = 3{,}5 \cdot 10^6\ \text{mol}$$

$$\mathbf{V(C_5H_{12}) =} n \cdot V_m = 3{,}5 \cdot 10^6\ \text{mol} \cdot \frac{22{,}4\ \text{dm}^3}{1\ \text{mol}} \cdot \frac{1\ \text{m}^3}{1000\ \text{dm}^3} = 7{,}7 \cdot 10^4\ \text{m}^3 \approx$$

$$\approx \mathbf{8 \cdot 10^4\ m^3}$$

c) Merepinnale jääb oktaan, seega:

$m(C_8H_{18}) = 500\ \text{t} \cdot 0{,}5 = 250\ \text{t}$

$$\mathbf{V(C_8H_{18}) =} \frac{m}{\rho} = 250\ \text{t} \cdot \frac{10^3\ \text{kg}}{1\ \text{t}} \cdot \frac{1\ \text{dm}^3}{0{,}703\ \text{kg}} = 3{,}6 \cdot 10^5\ \text{dm}^3 \approx \mathbf{4 \cdot 10^5\ dm^3}$$

$$\mathbf{S(C_8H_{18}) =} 3{,}6 \cdot 10^5\ \text{dm}^3 \cdot \frac{1\ \text{ha}}{3\ \text{dm}^3} = 1{,}2 \cdot 10^5\ \text{ha} \approx \mathbf{1 \cdot 10^5\ ha}$$

d) Pentaani jaoks:

$$N(C_5H_{12}, g) = n \cdot N_A = \frac{V}{V_m} \cdot N_A = 1\ \text{dm}^3 \cdot \frac{1\ \text{mol}}{22{,}4\ \text{dm}^3} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \frac{\text{molekuli}}{\text{mol}} =$$

$$= 2{,}7 \cdot 10^{22}\ \text{molekuli} \approx \mathbf{3 \cdot 10^{22}\ molekuli}$$

$$N(C_5H_{12}, v) = n \cdot N_A = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{\rho \cdot V}{M} \cdot N_A = 1\ \text{dm}^3 \cdot \frac{1000\ \text{cm}^3}{1\ \text{dm}^3} \cdot \frac{0{,}629\ \text{g}}{1\ \text{cm}^3} \cdot \frac{1\ \text{mol}}{72\ \text{g}} \cdot$$

$$\cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \frac{\text{molekuli}}{\text{mol}} = 5{,}3 \cdot 10^{24}\ \text{molekuli} \approx \mathbf{5 \cdot 10^{24}\ molekuli}$$

Oktaani jaoks:

$$N\left(C_8H_{18}, v\right) = n \cdot N_A = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{\rho \cdot V}{M} \cdot N_A = 1\,dm^3 \cdot \frac{1000\,cm^3}{1\,dm^3} \cdot \frac{0{,}703\,g}{1\,cm^3} \cdot \frac{1\,mol}{114\,g} \cdot$$

$$\cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}\,\frac{\text{molekuli}}{mol} = 3{,}7 \cdot 10^{24}\ \text{molekuli} \approx \mathbf{4 \cdot 10^{24}\ molekuli}$$

5. a) Tselluloos on (polü)**sahhariid**.
Ühes lülis peab paiknema **kolm** hüdroksüülrühma, sest üks hapniku aatom on tsükli sees ja iga tsükli kohta tuleb ka üks tsükleid ühendav hapniku aatom.

$$M_r\left(C_6H_7O_2(OH)_3\right) = 6 \cdot 12 + 10 \cdot 1 + 5 \cdot 16 = 162$$

b) $\boldsymbol{n}(\mathbf{C}) = 4000 \cdot 6 \cdot \frac{1\,mol}{6{,}02 \cdot 10^{23}} = \mathbf{4{,}0 \cdot 10^{-20}\ mol}$

c) $(C_6H_7O_{11}N_3)_n$

$$M_r\left(C_6H_7O_2(ONO_2)_3\right) = 6 \cdot 12 + 7 \cdot 1 + 11 \cdot 16 + 3 \cdot 14 = 297$$

d) Lülide arv tselluloosi molekulis ei ole selle arvutuse jaoks oluline ja kogu arvutuse võib sooritada ühe molekuli korduva osa kohta.

$$\boldsymbol{m} = \frac{1}{1} \cdot 350\,g \cdot 0{,}9 \cdot \frac{297}{162} = 578\,g \approx \mathbf{580\,g}$$

6. a) **Z** − H_2O, vesi (vesi eraldus mineraalist **A**, $M_r(\mathbf{Z}) = \frac{1}{2} \cdot 258 \cdot 0{,}14 = 18$)

X − SiO_2, ränidioksiid (liiv, $M_r(\mathbf{X}) = \frac{1}{2} \cdot 258 \cdot 0{,}465 = 60$)

Q võib keemiliste omaduste alusel olla kas Al_2O_3 (102 g/mol) või Fe_2O_3 (160 g/mol), sest alumiinium ja raud passiveeruvad kontsentreeritud väävelhappe toimel. Täpsemalt saame tuvastada mineraali **A** kaudu:

$$M_r(\mathbf{Q}) = \frac{1}{1} \cdot 258 \cdot 0{,}395 = 102$$

Q − Al_2O_3, alumiiniumoksiid
mineraal **A** − $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ehk $Al_2Si_2O_9H_4$
mineraal **B** − $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ehk $Al_2Si_2O_7$
mineraal **D** − $2Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ ehk $Al_4Si_3O_{12}$
mineraal **E** − $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ehk $Al_6Si_2O_{13}$

b) $Al_2Si_2O_9H_4 \overset{t^\circ}{=} Al_2Si_2O_7 + 2H_2O$

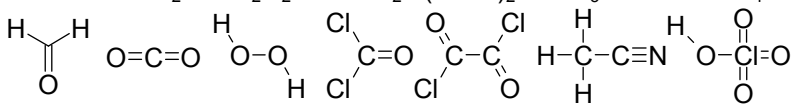
$2Al_2Si_2O_7 \overset{t^\circ}{=} Al_4Si_3O_{12} + SiO_2$

$3Al_4Si_3O_{12} \overset{t^\circ}{=} 2Al_6Si_2O_{13} + 5SiO_2$

2008/2009 õ.a. keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesannete lahendused

10. klass

1. a) HCHO CO_2 H_2O_2 $COCl_2$ $(COCl)_2$ CH_3CN $HClO_4$



b) $\boldsymbol{M}(\mathbf{H_2O}) = (2 \cdot 1{,}008 + 15{,}999)\ \text{g/mol} = 18{,}015\ \text{g/mol} \approx \mathbf{18{,}02\ g/mol}$

$\boldsymbol{M}(\mathbf{D_2O}) = (2 \cdot 2{,}014 + 15{,}999)\ \text{g/mol} = 20{,}027\ \text{g/mol} \approx \mathbf{20{,}03\ g/mol}$

$\boldsymbol{V_m}(\mathbf{H_2O}) = \dfrac{18{,}02\ \text{g}}{1\ \text{mol}} \cdot \dfrac{1\ \text{cm}^3}{0{,}9982\ \text{g}} = \mathbf{18{,}05\ cm^3/mol}$

$\boldsymbol{V_m}(\mathbf{D_2O}) = \dfrac{20{,}03\ \text{g}}{1\ \text{mol}} \cdot \dfrac{1\ \text{cm}^3}{1{,}106\ \text{g}} = \mathbf{18{,}11\ cm^3/mol}$

$\boldsymbol{V}(\mathbf{H_2O}) = \dfrac{18{,}05\ \text{cm}^3}{1\ \text{mol}} \cdot \dfrac{1\ \text{mol}}{6{,}022 \cdot 10^{23}\ \text{molek.}} \cdot \dfrac{1\ \text{dm}^3}{10^3\ \text{cm}^3} = \mathbf{2{,}997 \cdot 10^{-26}\ \dfrac{dm^3}{molek.}}$

$\boldsymbol{V}(\mathbf{D_2O}) = \dfrac{18{,}11\ \text{cm}^3}{1\ \text{mol}} \cdot \dfrac{1\ \text{mol}}{6{,}022 \cdot 10^{23}\ \text{molek.}} \cdot \dfrac{1\ \text{dm}^3}{10^3\ \text{cm}^3} = \mathbf{3{,}007 \cdot 10^{-26}\ \dfrac{dm^3}{molek.}}$

c) $V = 2{,}0\ \mu\text{m} \cdot \pi \cdot (0{,}5\ \mu\text{m})^2 = 1{,}57\ \mu\text{m}^3 = \mathbf{1{,}6 \cdot 10^{-18}}\ \text{m}^3$

$$\boldsymbol{c} = \frac{0{,}25 \cdot 1{,}57 \cdot 10^{-18}\ \text{m}^3 \cdot 1200\ \dfrac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1{,}57 \cdot 10^{-18}\ \text{m}^3 \cdot 90\ \dfrac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot 900} = 0{,}0037\ \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} = 3{,}7 \cdot 10^{-6}\ \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = \mathbf{3{,}7\ \mu M}$$

2. a)
A – NaCl (söögisool – nii maitseaine kui ka säilitusaine)
B – Cl_2 ($M_r(Cl_2) = 71$)
C – F_2 (Cl ja F on mõlemad VIIA rühmas)
D – ClF_3 (binaarne ühend, o.a(Cl) = +III)
E – ClF (binaarne ühend, o.a(Cl) = +I)
F – HF (binaarne ühend)
G – $HClO_2$ (hape)
H – HCl (hape)
I – $HClO_3$ (hape)
J – ClO_2 ($M_r(ClO_2) = 71 \cdot 0{,}95 = 35{,}5 + 2 \cdot 16 = 67{,}5$)

b) $2NaCl + MnO_2 + 2H_2SO_4 = Na_2SO_4 + MnSO_4 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$
$2F_2 + Cl_2 = ClF + ClF_3$
$ClF_3 + 2H_2O = 3HF + HClO_2$
$2HClO_3 + SO_2 = 2ClO_2 + H_2SO_4$

c) $4HClO_2 \overset{h\nu}{=} HCl + HClO_3 + 2ClO_2 + H_2O$

$$\begin{cases} Cl^{III} - 2e^- = Cl^{V} \\ Cl^{III} - 1e^- = Cl^{IV} \quad |\times 2 \\ Cl^{III} + 4e^- = Cl^{-I} \end{cases}$$

d) $HClO_2 < HClO_3 < HCl$

3. a) $\boldsymbol{m}(\mathbf{He}) = \dfrac{4\ \text{g}}{1\ \text{mol}} \cdot \dfrac{1\ \text{mol}}{22{,}4\ \text{dm}^3} \cdot 1\ \text{dm}^3 = \mathbf{0{,}179\ g}$

$\boldsymbol{m}(\mathbf{õhk}) = \dfrac{29\ \text{g}}{1\ \text{mol}} \cdot \dfrac{1\ \text{mol}}{22{,}4\ \text{dm}^3} \cdot 1\ \text{dm}^3 = \mathbf{1{,}29\ g}$

b) Kuna tihedused on võrdelised molaarmassidega ($\rho = M/V_m$), siis heeliumi tihedus on $29{,}00\ \text{g/mol}/4\ \text{g/mol} = 7{,}25$ korda väiksem. Et tihedused oleksid võrdsed, peab samas ruumalaühikus olema 7,25 korda rohkem heeliumi, seega **7,25** atmosfääri.

c) $pV = nRT = \dfrac{m}{M}RT = \dfrac{\rho V}{M}RT \quad => \quad p = \dfrac{\rho}{M}RT$

Kui p = const, ρ = const ja R = const, siis $T_1/T_2 = M_1/M_2$

$\boldsymbol{T}(\mathbf{õhk}) = \dfrac{29{,}00\ \text{g/mol}}{4{,}00\ \text{g/mol}} \cdot 273\ \text{K} = 1979\ \text{K} = \mathbf{1710\ °C}$

d) $\boldsymbol{\omega} = 5{,}2\ \text{ppm} \cdot \dfrac{4\ \text{g/mol}}{29\ \text{g/mol}} = \mathbf{0{,}72\ ppm}$

4. a) Metallihüdriidi üldine valem on MH_n, kus n on metalli o.a. Reaktsioon veega: $MH_n + nH_2O = M(OH)_n + nH_2\uparrow$. Kui ühe mooli hüdriidi reaktsioonil tekib üks mool vesinikku, siis $n = 1$. Oksüdatsiooniaste 1, aktiivsus ja hüdroksiidi tugev aluseline reaktsioon viitavad leelismetallile. Ülesande tingimustega on kooskõlas Li.

b) $\overset{-I}{Li}H + HO\overset{I}{H} = LiOH + \overset{0}{H_2}\uparrow$
Hüdriidi koostises olev vesinik käitub redutseerijana ja vees olev vesinik oksüdeerijana

$\boldsymbol{V}(\mathbf{LiH}) = 1\ \text{g} \cdot \dfrac{1\ \text{mol}}{8\ \text{g}} \cdot \dfrac{22{,}4\ \text{dm}^3}{1\ \text{mol}} = \mathbf{2{,}8\ dm^3}$

c)
$4Li + O_2 = 2Li_2O$ liitiumoksiid
$2Li + H_2 = 2LiH$ liitiumhüdriid
$2Li + 2H_2O = 2LiOH + H_2\uparrow$ liitiumhüdroksiid
$6Li + N_2 = 2Li_3N$ liitiumnitriid
$Li_2O + H_2O = 2LiOH$
$Li_2CO_3 = Li_2O + CO_2\uparrow$ liitiumkarbonaat

5. a) $2C_4H_{10} + 13O_2 = 8CO_2 + 10H_2O$

$$\boldsymbol{Q}(\textbf{butaan}) = 33{,}0\ \text{kg} \cdot \frac{1000\ \text{g}}{1\ \text{kg}} \cdot \frac{1\ \text{mol}}{58{,}1\ \text{g}} \cdot \frac{2655\ \text{kJ}}{1\ \text{mol}} = \mathbf{1{,}51 \cdot 10^6\ kJ}$$

b) $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

$$n(CH_4) = \frac{1{,}507 \cdot 10^6\ \text{kJ}}{802\ \text{kJ/mol}} = 1{,}88 \cdot 10^3\ \text{mol}$$

i) $V_m(\text{talvel}) = 22{,}4\ \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}} \cdot \frac{263\ \text{K}}{273\ \text{K}} = 21{,}6\ \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$

$$\boldsymbol{V}(\mathbf{CH_4, talvel}) = 1{,}88 \cdot 10^3\ \text{mol} \cdot \frac{21{,}6\ \text{dm}^3}{1\ \text{mol}} \cdot \frac{1\ \text{m}^3}{1000\ \text{dm}^3} \cdot \frac{1}{0{,}98} = \mathbf{41{,}4\ m^3}$$

ii) $V_m(\text{suvel}) = 22{,}4\ \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}} \cdot \frac{293\ \text{K}}{273\ \text{K}} = 24{,}0\ \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$

$$\boldsymbol{V}(\mathbf{CH_4, suvel}) = 1{,}88 \cdot 10^3\ \text{mol} \cdot \frac{24\ \text{dm}^3}{1\ \text{mol}} \cdot \frac{1\ \text{m}^3}{1000\ \text{dm}^3} \cdot \frac{1}{0{,}98} = \mathbf{46{,}0\ m^3}$$

6. a) **A** – Ni **B** – Co **C** – Fe **D** – Os **E** – Ir **F** – Rh

b) $Fe^0 + 2Ni^{III}(OH)_3 = 2Ni^{II}(OH)_2 + Fe^{II}(OH)_2$

c) Aatomnumbri erinevus 31 võrra viitab sellele, et elemendid **D** ja **F** on 5. –7. perioodis. Arvestades aatomnumbrite erinevust 49 jõuame järeldusele, et **B** on 4., **F** – 5. ja **D** – 6. perioodis.

	B
	F
D	

Elementide **D** ja **E** aatommasside väikene erinevus ning see, et **B** ja **E** asuvad samas rühmas määrab ära elemendi **E** asendi.

	B
	F
D	**E**

Aatommasside erinevus 2,0 amü viitab, et **D** – Os ja **E** – Ir. Seega **F** – Rh ja **B** – Co. **A** ja **C** võivad olla kas raud või nikkel

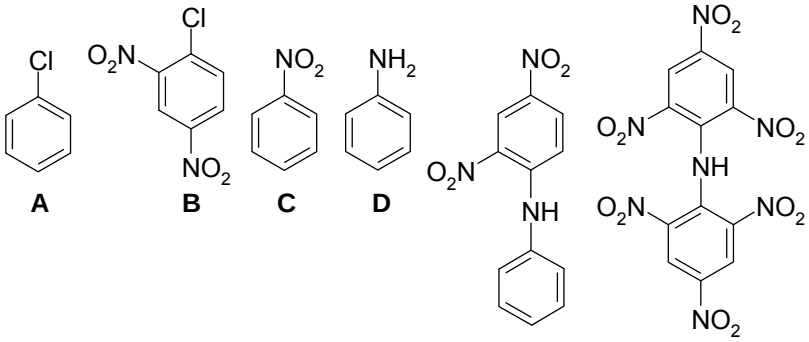
A/C	Co	**C/A**
	Rh	
Os	Ir	

Koobalt(III)hüdroksiid on tugevam oksüdeerija kui raud(III)hüdroksiid. Raud-nikkel elemendi töötamisel raud oksüdeerub ja $Ni(OH)_3$ redutseerub. Seega **A** – Ni ja **C** – Fe.

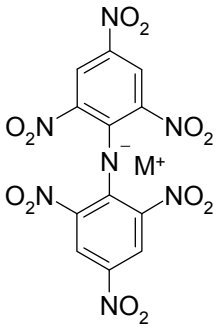
2008/2009 õ.a. keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesannete lahendused

11. klass

1. a)



b) Heksanitrodifenüülamiin moodustab vastavaid soolasid, sest kahe aktseptorrühma mõju tõttu on aminorühma vesinikuaatom happeliste omadustega.



2. a) $V\left(0{,}9\%\ \text{NaCl lahus}\right) = V\left(0{,}3\%\ \text{NaCl lahus}\right) =$

$$= 5\ \text{g} \cdot \frac{1\ \text{cm}^3}{1\ \text{g}} \cdot \frac{1\ \text{dm}^3}{1000\ \text{cm}^3} = 0{,}005\ \text{dm}^3$$

0,9% lahuse valmistamine:

$m\left(\text{NaCl}\right) = 5\ \text{g} \cdot 0{,}009 = 0{,}045\ \text{g}$

$\boldsymbol{m}\left(\mathbf{1\%\ lahus}\right) = 0{,}045\ \text{g} \cdot \frac{1}{0{,}01} = \mathbf{4{,}5\ g}$ $\quad \boldsymbol{m}\left(\mathbf{vesi}\right) = \left(5 - 4{,}5\right)\ \text{g} = \mathbf{0{,}5\ g}$

$\boldsymbol{c}\left(\mathbf{0{,}9\%\ lahus}\right) = \frac{n}{V} = 0{,}045\ \text{g} \cdot \frac{1\ \text{mol}}{58{,}4\ \text{g}} \cdot \frac{1}{0{,}005\ \text{dm}^3} = 0{,}154\ \text{M} = \mathbf{0{,}15\ M}$

0,3% lahuse valmistamine:

$m\left(\text{NaCl}\right) = 5\ \text{g} \cdot 0{,}003 = 0{,}015\ \text{g}$

$\boldsymbol{m}\left(\mathbf{1\%\ lahus}\right) = 0{,}015\ \text{g} \cdot \frac{1}{0{,}01} = \mathbf{1{,}5\ g}$ $\quad \boldsymbol{m}\left(\mathbf{vesi}\right) = \left(5 - 1{,}5\right)\ \text{g} = \mathbf{3{,}5\ g}$

$\boldsymbol{c}\left(\mathbf{0{,}9\%\ lahus}\right) = 0{,}0154\ \text{M} / 3 = 0{,}0513\ \text{M} = \mathbf{0{,}051\ M}$

b) $T = \left(21 + 273\right)\ \text{K} = 294\ \text{K}$

$$\pi\left(\mathbf{0{,}9\%\ lahus}\right) = 2 \cdot \frac{0{,}154\ \text{mol}}{1\ \text{dm}^3} \cdot \frac{0{,}082\ \text{dm}^3\ \text{atm}}{1\ \text{mol K}} \cdot 294\ \text{K} = \mathbf{7{,}5\ atm} > 3\ \text{atm}$$

0,9% NaCl lahuses **ei toimu** hemolüüsi.

$\pi\left(\mathbf{0{,}3\%\ lahus}\right) = 7{,}5\ \text{atm} / 3 = \mathbf{2{,}5\ atm} < 3\ \text{atm}$

0,3% NaCl lahuses **toimub** hemolüüs.

3. a) **X** – Si, räni

A – SiO_2, räni(IV)oksiid ehk kvarts (piesoefekt)

B – HF, vesinikfluoriidhape

C – Si_3H_8, trisilaan

D – $[(CH_3)_2SiO]_n$ ($(R_2SiO)_n$), silikoon

$Na_4Al_4\mathbf{X}_4H_{18}O_{25}$ – $2Na_2O{\cdot}2Al_2O_3{\cdot}4SiO_2{\cdot}9H_2O$, alumosilikaat ehk tseoliit

$\mathbf{X}_3\mathbf{Z}_4$ – Si_3N_4, räninitriid

b) $Si + O_2 = SiO_2$,

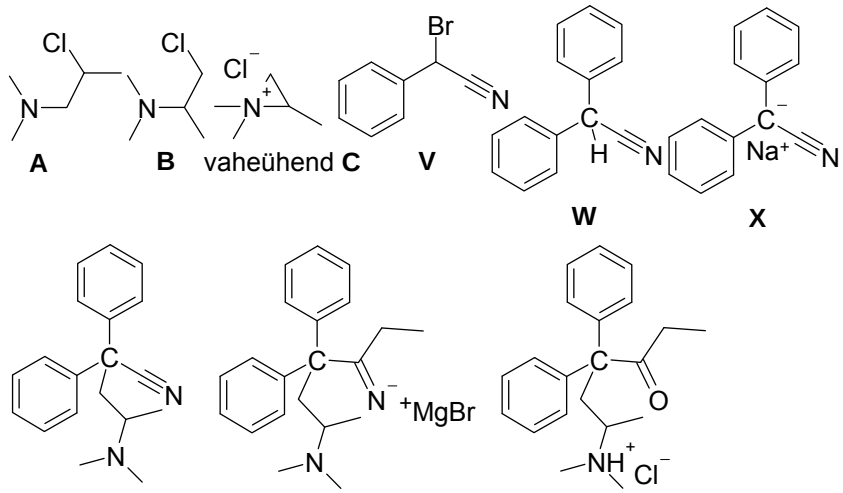
$SiO_2 + 6HF = H_2SiF_6 + 2H_2O$

$Si + 4NaOH = Na_4SiO_4 + 2H_2\uparrow$

$Si_3H_8 + 5O_2 = 3SiO_2 + 4H_2O$

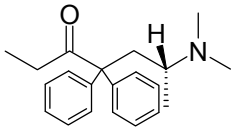
$Si_3N_4 + 22HF = 3H_2SiF_6 + 4NH_4F$

4. a)



Metadooni vesinikkloriidhappe sool

b) Metadooni (*R*)-enantiomeer



5. a) Naatriumuraadi lahustuvus puhtas vees:

$C_5H_3N_4O_3Na \rightleftarrows Na^+ + C_5H_3N_4O_3^-$ $\quad K_L = [Na^+][C_5H_3N_4O_3^-]$

$s = [Na^+] = [C_5H_3N_4O_3^-]$ $\quad K_L = s \cdot s = s^2 \quad s = \sqrt{K_L}$

$\boldsymbol{s} = \sqrt{6{,}04 \cdot 10^{-5}} = \mathbf{0{,}00777\ M}$

Dinaatriumuraadi lahustuvus puhtas vees:

$C_5H_2N_4O_3Na_2 \rightleftarrows 2Na^+ + C_5H_2N_4O_3^{2-}$ $\quad K_L = [Na^+]^2[C_5H_2N_4O_3^{2-}]$

$s = \frac{1}{2}[Na^+] = [C_5H_3N_4O_3^-]$ $\quad K_L = (2s)^2 \cdot s = 4s^3 \quad s = \sqrt[3]{\frac{K_L}{4}}$

$\boldsymbol{s} = \sqrt[3]{\frac{7{,}8 \cdot 10^{-7}}{4}} = \mathbf{0{,}0058\ M}$

b) Leiame NaCl kontsentratsiooni peale lahuste kokku valamist

$c_{NaCl} = \frac{0{,}25\ M \cdot 20\ cm^3}{(20+80)\ cm^3} = 0{,}05\ M$

Naatriumuraadi lahustuvus 0,05 M NaCl vesilahuses:

$C_5H_3N_4O_3Na \rightleftarrows Na^+ + C_5H_3N_4O_3^-$ $\quad K_L = [Na^+][C_5H_3N_4O_3^-]$

$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$

$[Na^+] = c_{NaCl} + s \quad [C_5H_3N_4O_3^-] = s$ $\quad K_L = (c_{NaCl} + s) \cdot s = c_{NaCl}s + s^2$

$s^2 + c_{NaCl}s - K_L = 0 \quad s = -0{,}5c_{NaCl} \pm \sqrt{0{,}25c_{NaCl}^2 + K_L}$

$s = (-0{,}025 \pm 0{,}0262)\ M \quad s_1 = 0{,}0012\ M$

Lahustuvuste erinevus on $0{,}00777\ M/0{,}0012\ M =$ **6,6 korda**

Dinaatriumuraadi lahustuvus 0,05 M NaCl vesilahuses:

$C_5H_2N_4O_3Na_2 \rightleftarrows 2Na^+ + C_5H_2N_4O_3^{2-}$ $\quad K_L = [Na^+]^2[C_5H_2N_4O_3^{2-}]$

$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$

$[Na^+] = c_{NaCl} + 2s \quad [C_5H_3N_4O_3^-] = s$ $\quad K_L = (c_{NaCl} + 2s)^2 \cdot s$

Teeme lihtsustuse $c_{NaCl} \gg 2s \quad c_{NaCl} + 2s \approx c_{NaCl} \quad K_L \approx c_{NaCl}^2 \cdot s$

$s \approx \frac{K_L}{c_{NaCl}^2} = \frac{7{,}8 \cdot 10^{-7}}{0{,}05^2} = 3{,}1 \cdot 10^{-4}\ M$ (Täpne lahend on $3{,}05 \cdot 10^{-4}$ M.)

Lahustuvuste erinevus on $0{,}0058\ M/0{,}00031\ M =$ **19 korda**

6. a) mitte radioaktiivne – **Bi**, vismut
(õigeks võib lugeda ka – Pb, plii
Kuigi vismutit on kaua aega peetud mitteradioaktiivseks, on hiljuti leitud, et vismut on siiski radioaktiivne ülipika poolestusajaga $1{,}9 \cdot 10^{19}$ aastat)
radioaktiivsed – **Tc**, tehneetsium ja **Pm**, promeetium

b) **+VII** (Cl, Br, I, Mn, Re) ja **+VIII** (Xe, Ru, Os)

c) **Kolme käiguga**:

1. (1.)	2. (1.)	3. (2.)	4. (2.)	5. (3.)	6. (3.)	7. (4.)
Jörgen	Andres	Jörgen	Andres	Jörgen	Andres	Jörgen
Cl^{I}	Mn^{II}	Br^{III}	Re^{IV}	I^{V}	Os^{VI}	
KClO	MnO	**$KBrO_2$**	ReO_2	**KIO_3**	K_2OsO_4	

Jörgen võitis, sest nimetatud on kõik elemendid, mis võivad esineda o.a-s +VII.

d) **Kolme käiguga**:

1. (1.)	2. (1.)	3. (2.)	4. (2.)	5. (3.)	6. (3.)	7. (4.)	8. (4.)
Jörgen	Andres	Jörgen	Andres	Jörgen	Andres	Jörgen	Andres
Li^{I}	Xe^{II}	Br^{III}	Os^{IV}	I^{V}	Ru^{VI}	Mn^{VII}	
LiF	**XeF_2**	$KBrO_2$	**OsO_2**	KIO_3	**K_2RuO_4**	$KMnO_4$	

Andres võitis, sest nimetatud on kõik elemendid, mis võivad esineda o.a-s +VIII.

e) Elemendid oksüdatsiooniastmega 8: Xe, Ru, Os – 24 käiku
Elemendid oksüdatsiooniastmega 7: Cl, Br, I, Mn, Re veel 7 käiku
Summaarselt **31** käiku.

2008/2009 õ.a. keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesannete lahendused
12. klass

1. a) $C_{20}H_{27}NO_{11} + 2H_2O = HCN + 2C_6H_{12}O_6 + C_6H_5CHO$

b) H**A** − HCN, sinihape

c) $K_a = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]}$ $\quad (HCN \rightleftarrows H^+ + CN^-)$

Soola hüdrolüüs: $CN^- + H_2O = HCN + OH^-$

$[HCN] = [OH^-]$ $\quad [CN^-] = c(NaCN) - [OH^-]$

$[H^+] = K_w/[OH^-]$ $\quad (H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-)$

$$K_a = \frac{K_w(c(NaCN) - [OH^-])}{[OH^-]^2}$$

$K_a[OH^-]^2 + K_w[OH^-] - K_W c(NaCN) = 0$ $\quad \left(c(NaCN) = \frac{0{,}21\,\text{mol}}{0{,}25\,\text{dm}^3} = 0{,}84\,\text{M}\right)$

[HCN] = $[OH^-]$ **= 3,7·10^{-3} M**

(Võib ka lihtsustada: $c(NaCN) >> [OH^-]$, $[CN^-] \approx c(NaCN)$

$$[HCN] = [OH^-] = \sqrt{\frac{K_W}{K_a} \cdot c(NaCN)} = \sqrt{\frac{10^{-14}}{10^{-9{,}22}} \cdot 0{,}84} = 3{,}7 \cdot 10^{-3}\,\text{M})$$

d) n(amügdaliin) = n(HCN, $C_{20}H_{27}NO_{11}$ hüdrol.) = n(HCN, NaCN hüdrol.)

$$\boldsymbol{N}(\textbf{kirsikivid}) = 3{,}7 \cdot 10^{-3}\,\text{M} \cdot 0{,}25\,\text{dm}^3 \cdot \frac{457\,\text{g}}{1\,\text{mol}} \cdot \frac{1}{0{,}008} \cdot \frac{1}{2\,\text{g}} = \mathbf{27}$$

(Amügdaliini hüdrolüüsil tekkinud sinihape on praktiliselt kõik dissotsieerumata HCN kujul)

2. a) 4 mol D_2O, **32 mol DHO** ja **64 mol H_2O**

H ja D aatomid on vedelikus vahetuvad ja kombineeruvad seetõttu statistiliselt (eeldame, et vee ioonkorrutis ei muutu $K_w = \text{const}$).

(80 mol) $\quad H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$

(20 mol) $\quad D_2O \rightleftarrows D^+ + OD^-$

Vesiniku ja deuteeriumi leidumise tõenäosused on vastavalt:

$$P(H) = \frac{80}{80+20} = 0{,}8 \qquad P(D) = \frac{20}{100} = 0{,}2$$

Leiame kombinatsioonide D_2O, DOH, HOD ja H_2O esinemise tõenäosused kerge ja raske vee segus:

$P(D_2O) = 0{,}2 \cdot 0{,}2 = 0{,}04$

$P(DOH) = P(HOD) = 0{,}8 \cdot 0{,}2 = 0{,}16$

$P(H_2O) = 0{,}8 \cdot 0{,}8 = 0{,}64$

Arvutame segu lõppkoostise:

$\boldsymbol{n}(\mathbf{D_2O}) = 100\,\text{mol} \cdot 0{,}04 =$ **4 mol**

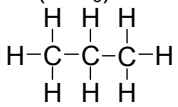
$\boldsymbol{n}(\mathbf{DHO}) = 100\,\text{mol} \cdot (0{,}16 + 0{,}16) =$ **32 mol**

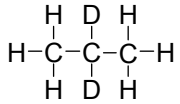
$\boldsymbol{n}(\mathbf{H_2O}) = 100\,\text{mol} \cdot 0{,}64 =$ **64 mol**

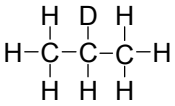
b) $CH_2TCH_2CH_2CH_3$ (**A**) ja $CH_3CHTCH_2CH_3$ (**B**).

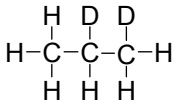
$N(\mathbf{A})/N(\mathbf{B}) >$ **6 / 4**

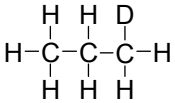
Suhe on 6/4 suurem, sest **A** derivaat on lisaks veel steeriliselt eelistatum, kuna metüülrühmad (-CH_3) on triitiumile kergemini kätte saadavad.

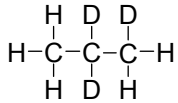
c) **A** − $CH_3CH_2CH_3$, 

D − $CH_3CD_2CH_3$, 

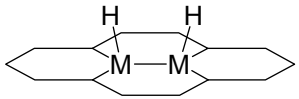
B − CH_3CDHCH_3, 

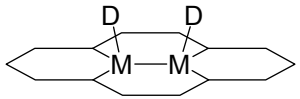
E − $CH_3CDHCDH_2$, 

C − $CH_3CH_2CDH_2$, 

F − $CH_3CD_2CDH_2$, 

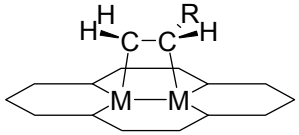
$H_2 + 2M \rightleftarrows 2MH$ **(I)**



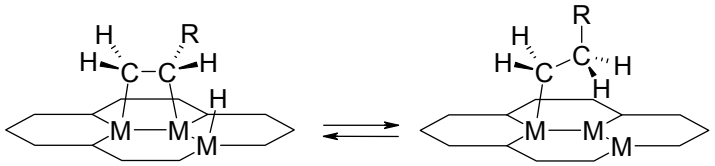


või

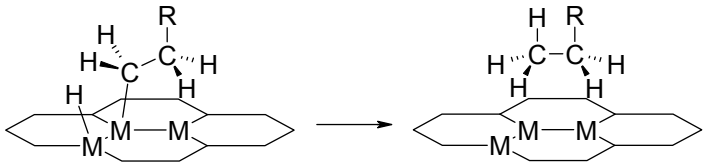
$CH_3CH_2R + 4M \xrightarrow{1} CMH_2CMHR + 2MH$ **(II)**



$MH + CMH_2CMHR \underset{3}{\overset{2}{\rightleftarrows}} 2M + CMH_2CH_2R$ **(III)**

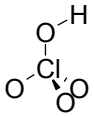


$MH + CMH_2CH_2R \xrightarrow{4} 2M + CH_3CH_2R$ **(IV)**



Kui esimeses reaktsioonis osaleb $^1H_2$, siis reaktsioonides (**II**-**IV**) tekib ainult ühend **A**.
Ühendid **B**-**F** tekivad, siis kui **I** reaktsioonis osalevad nii $^1H_2$ kui ka D_2.
B tekkimisel vahetatakse H välja D vastu 2. etapis.
C tekkimisel vahetatakse H välja D vastu 4. etapis.
D tekkimisel vahetatakse H välja D vastu 2. etapis (kordub 2 korda).
E tekkimisel vahetatakse H välja D vastu 2. ja 4. etapis.
F tekkimisel vahetatakse H välja D vastu 2. (kordub 2 korda) ja 4. etapis.

3. a) **A** – $\overset{IV}{Cl}O_2$ **B** – $H\overset{V}{Cl}O_3$ **C** – $H\overset{VII}{Cl}O_4$

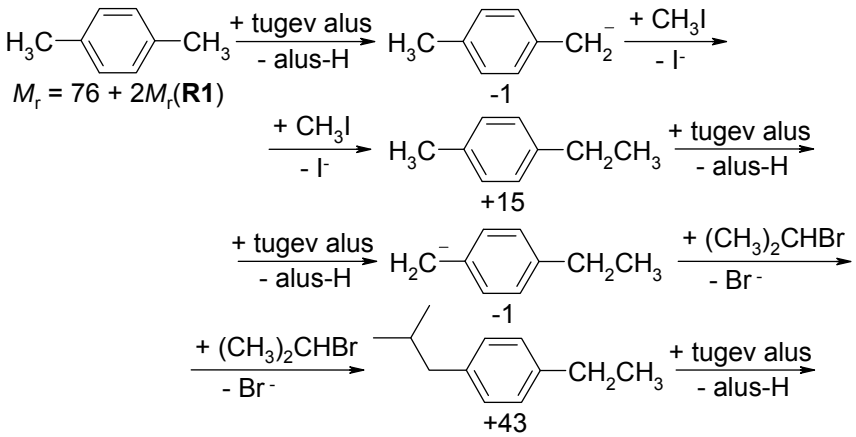
b)  , nurk 110°;  , nurgad (OClO): 113° ja 106° (keskm. 109,5°)

c) $2KClO_3 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HClO_3$
(**1**) $3HClO_3 = 2ClO_2 + HClO_4 + H_2O$
(**2**) $2NaClO_3 + SO_2 = 2ClO_2 + Na_2SO_4$
(**3**) $2NaClO_3 + (COOH)_2 + H_2SO_4 = 2ClO_2 + Na_2SO_4 + 2CO_2 + 2H_2O$
(**4**) $2NaClO_2 + Cl_2 = 2ClO_2 + 2NaCl$

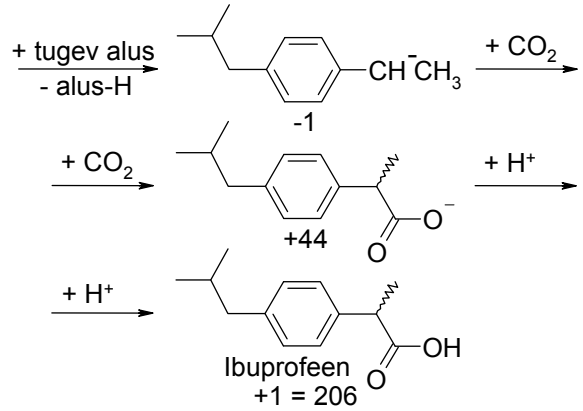
4. a) **R1** – metüülrühm [$-CH_3$]

$$M_r(\mathbf{R1}) = (206 - 76 + 1 - 15 + 1 - 43 + 1 - 44 - 1)/2 = 15$$

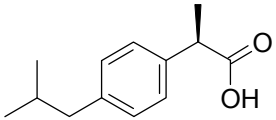
R2 – etüülrühm [$-CH_2CH_3$]
R3 – 2-metüülpropüülrühm [$-CH_2CH(CH_3)_2$]
R4 – 1-karboksüetüülrühm [$-CH(CH_3)COOH$]
Et molekulis oleks kiraalne tsenter, peab CO_2 liitumine toimuma etüülrühma esimesse asendisse



$M_r = 76 + 2M_r(\mathbf{R1})$



b) (2*R*)-2-[4-(2-metüülpropüül)fenüül]propaanhape



c) $(0,8)^3 = 0,5$. Summaarne saagis on **50%**.

d) Kuna karboksüülhape on märksa tugevam hape, deprotoneerub esimesena karboksüülrühm ja moodustub liitiumatsetaat.
$CH_3COOH + C_4H_9Li = CH_3COOLi + C_4H_{10}\uparrow$

5. a) $Fe + H_2O = FeO + H_2$

b) $V_m = \frac{V}{n} = \frac{RT}{p} = \frac{8,314\,J/(mol\cdot K)\cdot(273,15+15)K}{10^5\,Pa} = 24\cdot10^{-3}\,\frac{m^3}{mol} = 24\,\frac{dm^3}{mol}$

$$\boldsymbol{V}(\mathbf{H_2}) = 2\,kg\cdot\frac{1000\,g}{1\,kg}\cdot\frac{1\,mol}{55,85\,g}\cdot\frac{24,0\,dm^3}{1\,mol} = 858\,dm^3 \approx \mathbf{0,86\,m^3}$$

c) $\Delta H^0 = [-217 + 0 - (0 - 204)]\,kJ/mol = -13\,kJ/mol$

$\Delta S^0 = [141 + 174 - (78 + 243)]\,J/(mol\,K) = -6\,J/(mol\,K)$

$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0 = \frac{-13000\,J}{1\,mol} - (1000 + 273)K\cdot\frac{-6\,J}{1\,mol\cdot K} = -5362\,\frac{J}{mol}$

$$\boldsymbol{K} = \exp\left(-\frac{\Delta G}{RT}\right) = \exp\left(\frac{5362}{8,314\cdot1273}\right) = \mathbf{1,66}$$

d) i) Rõhk praktiliselt **ei mõjuta** tasakaalu, sest gaasimolekulide arv mõlemal pool võrrandit on võrdne.
ii) Kõrgemal temperatuuril reaktsiooni tasakaalukonstant väheneb ($\Delta H^0 < 0$). Tasakaal on **nihutatud** rohkem **reagentide tekke suunas**.

e) Õhu keskmine molaarmass on 29 g/mol.

$$V(\mathrm{H_2}) = \frac{24{,}0\ \mathrm{dm^3/mol}}{(29-2)\ \mathrm{g/mol}} \cdot 200\ \mathrm{kg} \cdot \frac{1000\ \mathrm{g}}{1\ \mathrm{kg}} \cdot \frac{\mathrm{m^3}}{1000\ \mathrm{dm^3}} = 178\ \mathrm{m^3}$$

$$\boldsymbol{N}(\textbf{püssitorud}) = \frac{178\ \mathrm{m^3}}{0{,}859\ \mathrm{m^3}} = 207 \approx \mathbf{210}$$

f) $$V_\mathrm{m} = \frac{V}{n} = \frac{RT}{p} = \frac{8{,}314\ \mathrm{J/(mol \cdot K)} \cdot (273{,}15+2)\mathrm{K}}{0{,}78 \cdot 10^5\ \mathrm{Pa}} = 29{,}3\ \frac{\mathrm{dm^3}}{\mathrm{mol}}$$

$$\boldsymbol{V}(\mathbf{H_2}) = \frac{29{,}3\ \mathrm{dm^3/mol}}{(29-2)\ \mathrm{g/mol}} \cdot 200\ \mathrm{kg} \cdot \frac{1000\ \mathrm{g}}{1\ \mathrm{kg}} \cdot \frac{\mathrm{m^3}}{1000\ \mathrm{dm^3}} = \mathbf{217\ m^3}$$

6. a) **A** – $H_2PO_4^-$, divesinikfosfaatioon
B – $Ca_3(PO_4)_2$, kaltsiumfosfaat
C – Cl^-, kloriidioon
D – $CoCl_2$, koobalt(II)kloriid $\%(\mathrm{Co}) = \frac{58{,}93}{129{,}84} \cdot 100 = 45{,}39$
E – $Co_3(PO_4)_2$, koobalt(III)fosfaat
Y – Co, koobalt

b) $ATP^{4-} + H_2O \xrightleftharpoons{\text{ATP-aas}} ADP^{3-} + H_2PO_4^-$

$2PO_4^{3-} + 3CaCl_2 = Ca_3(PO_4)_2\downarrow + 6Cl^-$

$(K_\mathrm{L} = 2 \cdot 10^{-29} \quad L = 7 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{M})$

$Ca_3(PO_4)_2 + 3CoCl_2 = Co_3(PO_4)_2\downarrow + 3CaCl_2$

$(K_\mathrm{L} = 2 \cdot 10^{-35} \quad L = 5 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{M})$

$3(NH_4)_2S + Co_3(PO_4)_2 = 3CoS\downarrow + 2(NH_4)_3PO_4$

$(K_\mathrm{L}(\alpha\ \mathrm{CoS}) = 4 \cdot 10^{-21} \quad L = 6 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{M})$

c) Lihaskiudude tumedaksvärvumine näitab suure hulga ATP-aasi olemasolu neis kiududes, seega on need kiud võimelised kiiresti lagundama ATP-d ja saama lühikese aja jooksul palju energiat. Tumedaks värvuvad on nn 2. tüüpi ehk sprinterikiud. Kuna opossumil neid eriti palju ei olnud, sobiks ilmselt pikamaajooks talle paremini ning sprinteriks saamise unistus on veidi ebareaalne.