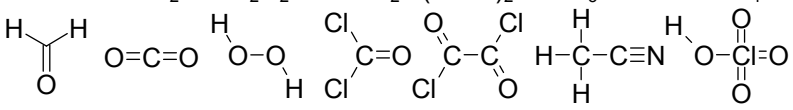
2008/2009 õ.a. keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesannete lahendused

10. klass

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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) $pV = nRT = \frac{m}{M}RT = \frac{\rho V}{M}RT \quad \Rightarrow \quad p = \frac{\rho}{M}RT$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\boldsymbol{V(\text{CH}_4, \text{talvel})} = 1{,}88 \cdot 10^3\ \text{mol} \cdot \frac{21{,}6\ \text{dm}^3}{1\ \text{mol}} \cdot \frac{1\ \text{m}^3}{1000\ \text{dm}^3} \cdot \frac{1}{0{,}98} = \mathbf{41{,}4\ m^3}$$

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

$$\boldsymbol{V(\text{CH}_4, \text{suvel})} = 1{,}88 \cdot 10^3\ \text{mol} \cdot \frac{24\ \text{dm}^3}{1\ \text{mol}} \cdot \frac{1\ \text{m}^3}{1000\ \text{dm}^3} \cdot \frac{1}{0{,}98} = \mathbf{46{,}0\ m^3}$$

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.