

**2020/2021. õa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesannete lahendused**  
**9. klass**

**Ülesanne 1. Sünnipäev (10 p)**

a) Leiame lahuste segamisel saadud lõpplahuse massi ning selles sisalduva suhkru massi:

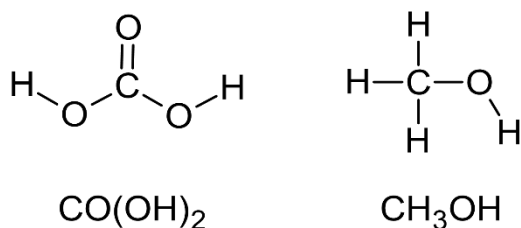
$$m_{\text{lahus}} = 500 \text{ g} + 1,00 \text{ kg} \cdot 1000 \text{ g/kg} = 1500 \text{ g} \quad (0,5)$$

$$m_{\text{suhkur}} = \frac{500 \text{ g} \cdot 20\%}{100\%} + \frac{1,00 \text{ kg} \cdot 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}} \cdot 5\%}{100\%} = 150 \text{ g} \quad (1)$$

Teades lahuse massi ning selles sisalduva suhkru massi, saame leida lahuse suhkruisalduse:

$$w_{\text{suhkur}} = \frac{150 \text{ g} \cdot 100\%}{1500 \text{ g}} = 10\% \quad (0,5)$$

b)



c) i) Happelise keskkonna anksid: SO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub>  
ii) Aluselise keskkonna anksid: BaO, CsOH (2)

d) i) 2H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> → 2H<sub>2</sub>O + O<sub>2</sub> (1)

ii) Leiame eraldunud hapniku moolide arvu:

$$n_{\text{O}_2} = \frac{79 \text{ cm}^3}{24,0 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}} \cdot 1000 \frac{\text{cm}^3}{\text{dm}^3}} \approx 0,003292 \text{ mol} \quad (1)$$

Teades, et 1 mooli hapniku tekkimiseks on vaja 2 mooli vesinikperoksiidi, saame leida vesinikperoksiidi moolide arvu ning seejärel selle massi:

$$n_{\text{H}_2\text{O}_2} = 2 \cdot 0,003292 \text{ mol} = 0,006584 \text{ mol} \quad (0,5)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}_2} = nM = 0,006584 \text{ mol} \cdot 34,02 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 0,2240 \text{ g} \quad (1)$$

Leiame H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> esialgse massiprotsendilise sisalduse vesilahuses:

$$w_{\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{0,2240 \text{ g} \cdot 100\%}{7,50 \text{ g}} \approx 3,0\% \quad (0,5)$$

**Ülesanne 2. Heitgaasid (10 p)**

a) i) Tundmatu elemendi (Y) molaarmassi võib leida hapniku massiprotsendilise sisalduse (w<sub>O</sub>) järgi ühendis Y<sub>n</sub>O<sub>m</sub> järgmise võrrandi abil:

$$M(Y) = \frac{m}{n} \cdot M(O) \cdot \frac{100\% - w_O}{w_O}$$

Oksiid	A	B	C	D	E
Valem	CO	CO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>

(5)

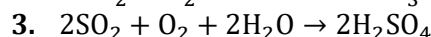
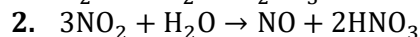
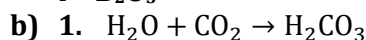
*CO on mürgine gaas, mis takistab inimese kehas hapniku transporti. CO<sub>2</sub> lahustumisel vees tekib nõrk hape, mille lahuseid toodetakse väga palju toiduainetööstuses. NO<sub>2</sub> reageerimisel kuuma veega tekivad lämmastikhape ja NO. SO<sub>2</sub> kasutatakse koos vee ja hapnikuga väävelhappe tööstuslikul tootmisel.*

ii) Ühend I on oksiid ( $Y_nO_m$ ),

$$M(Y) = \frac{m}{n} \cdot M(O) \cdot \frac{100\% - 68,94\%}{68,94\%} = \frac{m}{n} \cdot 7,21 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Kui  $n = 2$  ja  $m = 3$ ,  $M(Y) = 10,8 \text{ g/mol}$ , mis vastab boorile. (1)

I -  $B_2O_3$  (1)



### Ülesanne 3. Keemilised vulkaanid (10 p)

a)

Elemendi o.a	V	VI	V	IV
Ühendi valem	$KNO_3$	$(NH_4)_2Cr_2O_7$	$KClO_3$	$NaHCO_3$

b)

	Lähteaine 1	Lähteaine 2	Saadus 1	Saadus 2	Saadus 3
Reaktsioon 1	<b>Fe</b>	<b><math>KNO_3</math></b>	<b>NO</b>	$K_2FeO_4$	
Reaktsioon 2	<b><math>CH_3COOH</math></b>	<b><math>NaHCO_3</math></b>	<b><math>H_2O</math></b>	<b><math>CO_2</math></b>	<b><math>CH_3COONa</math></b>
Reaktsioon 3	<b><math>(NH_4)_2Cr_2O_7</math></b>		<b><math>H_2O</math></b>	<b><math>N_2</math></b>	$Cr_2O_3$
Reaktsioon 4	<b><math>KClO_3</math></b>	<b><math>C_{12}H_{22}O_{11}</math></b>	<b><math>H_2O</math></b>	<b><math>CO_2</math></b>	<b>KCl</b>

c) Mõned kasutatavad lähteained (nt  $(NH_4)_2Cr_2O_7$ ) ja reaktsiooniproduktid (NO,  $K_2FeO_4$ ) on mürgised või põhjustavad kokkupuutel naha ja silmadega ärritust; reaktsioonide ägedal kulgemisel võivad need ühendid lenduda. **Tõmbekapis töötamine tagab minimaalse ohu kahjulike ühenditega kokkupuuteks.** (1)

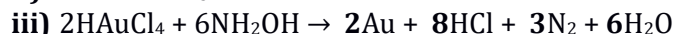
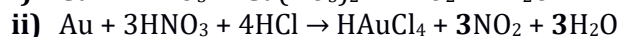
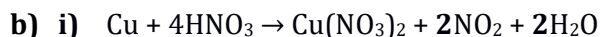
d) Kanda tuleks **laborikitlit** ja **laboriprille**, laboris **ei tohi süüa ega juua**, pärast laboris töötamist tuleb **pesta käsi** jne. *Sobivad ka muud asjakohased ohutusnõuded.* (1)

### Ülesanne 4. Völtuskuld (10 p)

a) Avaldame valemist  $K(Au)$  ning leiame metalli tiheduse järgi selle kullasisalduse karaatides:

$$\frac{1}{\rho(\text{sulam})} = \frac{K(Au)}{24} \cdot \left( \frac{1}{\rho(Au)} - \frac{1}{\rho(Cu)} \right) + \frac{1}{\rho(Cu)}$$

$$K(Au) = \frac{24 \cdot \left( \frac{1}{\rho(\text{sulam})} - \frac{1}{\rho(Cu)} \right)}{\frac{1}{\rho(Au)} - \frac{1}{\rho(Cu)}} = \frac{24 \cdot \left( \frac{667,6 \text{ cm}^3}{10000 \text{ g}} - \frac{1}{8,96 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \right)}{\frac{1}{19,30 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} - \frac{1}{8,96 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}} \approx \mathbf{18 \text{ karaati}}$$



c)

$$w(Au) = \frac{10,0 \text{ mg} \cdot 100\%}{20,0 \text{ mg}} = \mathbf{50\%}$$

d) Leidmaks laborisse saabunud metallitüki massi ja ruumala, võib selle koostismetallide masse ja ruumalasid liita. Sellele viitab ülesandes toodud valem ning fakt, et tantaalist vardad ei kuulunud sulami keemilisse koostisse.

$$m(Au) + m(Cu) + m(Ta) = m(\text{tükk}) = 10000 \text{ g} \quad (0,5)$$

$$V(Au) + V(Cu) + V(Ta) = V(\text{tükk}) = 667,6 \text{ cm}^3 \quad (0,5)$$

Alapunktis c) leidsime, et metallitüki pinnast võetud proovis on Au-Cu sulamis Au massiprotsent 50%, seega saame kirjutada järgnevad seosed:

$$m(\text{Au}) = m(\text{Cu}) \text{ ja } V(\text{Au}) = \frac{V(\text{Cu}) \cdot \rho(\text{Cu})}{\rho(\text{Au})} \quad (0,5)$$

Saame koostada võrrandisüsteemi: (0,5)

$$2 \cdot m(\text{Cu}) + m(\text{Ta}) = m(\text{tükk})$$

$$m(\text{Cu}) \left( \frac{\rho(\text{Ta})}{\rho(\text{Au})} + \frac{\rho(\text{Ta})}{\rho(\text{Cu})} \right) + m(\text{Ta}) = V(\text{tükk}) \cdot \rho(\text{Ta})$$

Võrrandisüsteemi lahendus:

$$m(\text{Cu}) = \frac{V(\text{tükk}) \cdot \rho(\text{Ta}) - m(\text{tükk})}{\frac{\rho(\text{Ta})}{\rho(\text{Au})} + \frac{\rho(\text{Ta})}{\rho(\text{Cu})} - 2}$$

$$m(\text{Cu}) = \frac{667,6 \text{ cm}^3 \cdot 16,65 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} - 10000 \text{ g}}{\frac{16,65 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}{19,30 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} + \frac{16,65 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}{8,93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} - 2} = 1548 \text{ g}$$

$$w(\text{Cu}) = \frac{1548 \text{ g} \cdot 100\%}{10000 \text{ g}} = 15,48\% \approx \mathbf{15\%}$$

(1)

$$m(\text{Au}) = m(\text{Cu}) = 1548 \text{ g}$$

$$K(\text{Au}) = \frac{1548 \text{ g}}{10000 \text{ g}} \cdot 24 \approx \mathbf{3,7 \text{ karaati}}$$

(1)

$$m(\text{Ta}) = 10000 \text{ g} - 2 \cdot 1548 \text{ g} = 6904 \text{ g}$$

$$w(\text{Ta}) = \frac{6904 \text{ g} \cdot 100\%}{10000 \text{ g}} = 69,04\% \approx \mathbf{69\%}$$

(1)

### Ülesanne 5. Vahuvein (10 p)

a)  $M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g/mol}$

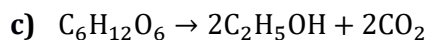
$$V = \frac{22,4 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}} \cdot 7,5 \text{ g}}{44,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx \mathbf{3,8 \text{ dm}^3}$$

(1)

b)

$$\frac{V}{V_{\text{pudel}}} = \frac{3,8 \text{ dm}^3}{0,75 \text{ dm}^3} = \mathbf{5,1 \text{ korda suurem}}$$

(1)



d) Arvuta lihtsuhkru mass, mida on vaja kääritamise **i)** teises ja **ii)** esimeses etapis, et saada vahuvein, mis sisaldab 7,5 g  $\text{CO}_2$  ja 74 g etanooli. (3)

**i)** Teine etapp:

$$M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g/mol ja } M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180,18 \text{ g/mol ning } n(\text{CO}_2):n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 2:1$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_{2.\text{etapp}} = \frac{7,5 \text{ g}}{44,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot \frac{1}{2} \cdot 180,18 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 15,35 \text{ g} \approx \mathbf{15 \text{ g}}$$

(1)

**ii)** Esimene etapp:

$$M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46,08 \text{ g/mol ja } M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180,18 \text{ g/mol ning } n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}):n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 2:1$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_{\text{kokku}} = \frac{74 \text{ g}}{46,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot \frac{1}{2} \cdot 180,18 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 144,68 \text{ g}$$

(1)

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_{1.\text{etapp}} = 144,68 \text{ g} - 15,35 \text{ g} \approx \mathbf{129 \text{ g}} \quad (1)$$

e)

$$p(\text{CO}_2)_{\text{pudel}} = \frac{7,4 \text{ g}}{0,75 \text{ dm}^3 \cdot 2,07 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3 \cdot \text{atm}}} \approx \mathbf{4,8 \text{ atm}} \quad (1)$$

f)

$$c(\text{CO}_2) = 0,0004 \text{ atm} \cdot 1,44 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3 \cdot \text{atm}} \approx \mathbf{0,0006 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}}$$

Süsinikdioksiid on peaaegu täielikult eraldunud. (1)

g)  $\text{CO}_2$  Henry konstandi sõltuvus temperatuurist kinnitab, et  $\text{CO}_2$  lahustuvus kasvab, kui temperatuur langeb.

i)  $25^\circ\text{C}$

**Põhjendus: Pudeli avamisel pritsib seda rohkem vahuveini pudelist välja, mida kõrgem on  $\text{CO}_2$  osarõhk pudelis. Osarõhk tõuseb temperatuuri tõusmisega, seega pritsimiseks tasub pudelit hoida toatemperatuuril.** (1)

Lisaks tuleb enne pudeli avamist seda korralikult raputada, et tekiksid mullid.

ii)  $10^\circ\text{C}$

**Põhjendus: Pritsimise vältimiseks peaks  $\text{CO}_2$  osarõhk olema pudelis suhteliselt väike, mis on saavutatav madalamal temperatuuril.** (1)

Seega on hea, kui pudelit hoitakse enne avamist külmas ning seda ei raputada.

## Ülesanne 6. Mangaani ja reeniümi keemia (20 p)

### I osa — Mangaan

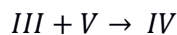
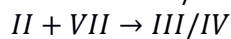
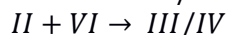
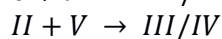
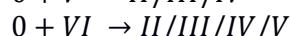
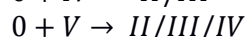
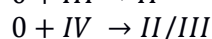
a) Vastavalt Frosti diagrammile on mangaani stabiilseim oksüdatsiooniaste vesilahuses **II** (+2). (0,5)

b) Disproportsioneeruvad:  **$\text{Mn}^{3+}$ ,  $\text{H}_3\text{MnO}_4$ ,  $\text{HMnO}_4^-$**  (1,5)

c) (3,5)

Osake	Mn	$\text{Mn}^{2+}$	$\text{Mn}^{3+}$	$\text{MnO}_2$	$\text{H}_3\text{MnO}_4$	$\text{HMnO}_4^-$	$\text{MnO}_4^-$
Reaktsioonide arv	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>7 või 6</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

Kokku saab toimuda 24 komproportsioneerumisreaktsiooni, milles o.a-d muutuvad järgmiselt:



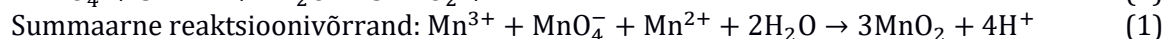
d) Alles jääb ainult  **$\text{MnO}_2$** . (0,5)

Reaktsioonid:

Esmalt 1 mool  $\text{Mn}^{3+}$  disproportsioneerub ning selle käigus tekib 0,5 mooli  $\text{Mn}^{2+}$  ja 0,5 mooli  $\text{MnO}_2$ , mis ei lahustu vees.



Lahusesse jääb 1,5 mooli  $\text{Mn}^{2+}$  ja 1 mool  $\text{MnO}_4^-$ , mis komproportsioneeruvad ning moodustub  $\text{MnO}_2$ .



## II osa — Reenium

Huvitav teada: Selleaastane rahvusvaheline keemiaolümpiaad toimub Osakas Jaapanis, mis on üks vähestest riikidest, mille järgi on oma nime saanud keemiline element. Jaapani järgi nimetati nihoonium, mis on 2016. aastal avastatud perioodilisustabeli 113. element. Tegelikult, ei ole nihoonium ainuke element, mida on soovitud nimetada tõusva päikese maa järgi. 1909. aastal uuris Masataka Ogawa ühe haruldase mineraali, torianiit, koostist. Ta eraldas sellest varasemalt tundmatu elemendi. Keemik arvas, et tegu on 43. elemendiga (tänapäeval tehneetsium) ning nimetas selle nipponiumiks. Hiljem aga selgus, et tegelikult oli tema avastatud element hoopis 75. element – reenium.

e) Leiame ühendis X reeniumi- ja klooriaatomite suhte ja sellele vastava empiirilise valem:

$$\text{Re} : \text{Cl} = \frac{(100 - 48,77)\text{g}}{186,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{48,77 \text{ g}}{35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1 : 5$$



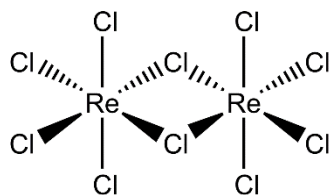
Leiame ühendis Y reeniumi- ja klooriaatomite suhte ja sellele vastava empiirilise valem:

$$\text{Re} : \text{Cl} = \frac{(100 - 36,35)\text{g}}{186,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{36,35 \text{ g}}{35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1 : 3$$

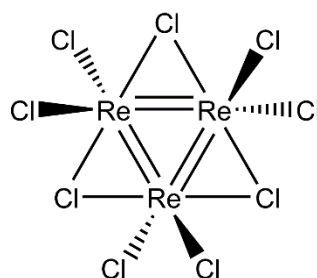


Teades, et kloriid Z tekib X-i (Re o.a on V) ja Y-i (Re o.a on III) komproportsioneerumisel, saame, et Z on **ReCl<sub>4</sub>** (Re o.a on IV). (1)

f)



X



Y

Huvitav teada: Y-s on Re aatomi ümbruses 7 elektroni. Igal reeniumiaatomil on kaks sildsidet kloori aatomiga. Võime eeldada, et üks neist sidemetest on tavaline kovalentne side ja teine koordinatiivne ehk doonor-aktseptorside, st elektronipaar, mis osaleb sideme moodustamises pärineb ühelt aatomilt (antud juhul kloorilt). Re aatom moodustab 3 kovalentset sidet klooriaatomitega, seega moodustab see lisaks veel 2 kahekordset sidet teiste Re aatomitega.

g) Leiame anioonis 1 kaltsiumi-, reeniumi- ja klooriaatomite suhte ja sellele vastava aniooni brutovalemi:

$$\text{Ca} : \text{Re} : \text{Cl} = \frac{5,76 \text{ g}}{40,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{53,50 \text{ g}}{186,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{(100 - 5,76 - 53,50)\text{g}}{35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1 : 2 : 8,$$

seega Re aatomite arv on 2 ning iooni laeng 2- ja aniooni 1 brutovalem **[Re<sub>2</sub>Cl<sub>8</sub>]<sup>2-</sup>** (1)

Leiame anioonis 2 kaltsiumi-, reeniumi- ja klooriaatomite suhte ja sellele vastava aniooni brutovalemi:

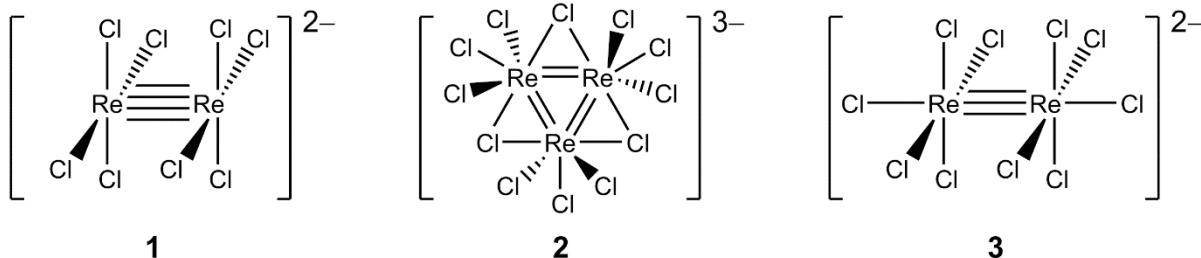
$$\text{Ca} : \text{Re} : \text{Cl} = \frac{5,76 \text{ g}}{40,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{53,50 \text{ g}}{186,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{(100 - 5,76 - 53,50)\text{g}}{35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1 : 2 : 8,$$

seega Re aatomite arv anioonis 2 on ühe võrra suurem kui anioonis 1, ehk 3 ning aniooni brutovalem seega **[Re<sub>3</sub>Cl<sub>12</sub>]<sup>3-</sup>**. (1)

Leiame anioonis 3 kaltsiumi-, reeniumi- ja klooriaatomite suhte ja sellele vastava aniooni brutovalemi:

$$\text{Ca} : \text{Re} : \text{Cl} = \frac{5,23 \text{ g}}{40,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{48,56 \text{ g}}{186,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{(100 - 5,23 - 48,56) \text{ g}}{35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \mathbf{1 : 2 : 10},$$

seega Re aatomite arv on **2** ning iooni laeng on **2-** ja aniooni 3 brutovalem  $[\text{Re}_2\text{Cl}_{10}]^{2-}$  (1)  
**h)** (3)



*Huvitav teada:  $[\text{Re}_2\text{Cl}_8]^{2-}$  – iga Re aatomit võib vaadelda nii, et selle ümbruses on  $7 + 2/2 = 8$  valents elektroni, kusjuures 7 pärinevad Re väliskihist ja üks elektron tuleneb negatiivsest laengust. St, et reenumil peab kokku olema 8 sidet – 4 klooriaatomitega ja 4 teise Re aatomiga. Anioonis **1** on Re–Re sideme kordsus  $8 - 4 = 4$ .*

*$[\text{Re}_3\text{Cl}_{12}]^{3-}$  – Re aatomi ümbruses on  $7 + 3/3 = 8$  valents elektroni. Igal reenumiaatomil on kaks sildsidet kloori aatomiga, võime eeldada, et üks neist sidemetest on tavaline kovalentne ja teine on koordinatiivne side. Re aatom moodustab 4 tavalist kovalentset sidet klooriaatomitega. Re–Re sideme kordsus  $(8 - 4)/2 = 2$ , mis on sama nagu Y-s.*

*$[\text{Re}_2\text{Cl}_{10}]^{2-}$  – sarnaselt **1**-ga on iga Re aatomi ümbruses 8 elektroni, seega saab see moodustada 5 sidet klooriaatomitega ja 3 sidet teise Re aatomiga. Anioonis **3** on Re–Re sideme kordsus  $8 - 5 = 3$ .*