

2018/19 õ.a keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesannete lahendused
10. klass

1. a) Näiteks üks järgnevatest:
 $Zn + 2HCl \rightarrow Zn-Cl_2 + H_2\uparrow$
 $2Al + 2NaOH + 6H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow$
 $2H_2O \rightarrow 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$ (elektrolüüs) (1)
- b) 96% etanool (-114,1 °C), Hg (-38 °C), ookeani vesi(-2 °C), destilleeritud vesi (0 °C), parafiin (37 °C), Al (660 °C), NaCl (801 °C), Fe (1538 °C). (4)
- c) $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ (1)
 $K_2Cr_2O_7 + 14HCl \rightarrow 2KCl + 2CrCl_3 + 3Cl_2 + 7H_2O$ (1)
 Oksüdeerijad: O, Cr (0,5)
 Redutseerijad: C, Cl (0,5)
- d) $M(MgSO_4 \cdot 7H_2O) = 246,47 \text{ g/mol}$ (0,5)
 $M(MgSO_4) = 120,37 \text{ g/mol}$ (0,5)
 Soovitakse valmistada 7‰ lahust (st 1000 g lahuses on 7 g soola). Kuna tuleb valmistada 250 g lahust, on soola vaja:
 $m_{\text{sool_veeta}} = 250 \text{ g} \cdot 7 / 1000 = 1,75 \text{ g}$ (0,5)
 $n_{\text{sool_veeta}} = 1,75 \text{ g} / 120,37 \text{ g/mol} = 0,0145 \text{ mol}$ (0,5)
 Kuna soolas on vesi juba olemas, siis on vaja veega soola võtta:
 $m_{\text{sool_veega}} = 0,0145 \text{ mol} \cdot 246,47 \text{ g/mol} = \mathbf{3,58 \text{ g}}$ (0,5)
 ning vett: $m_{\text{vesi}} = 250 \text{ g} - 3,58 \text{ g} = \mathbf{246,41 \text{ g}}$ (0,5)
- e) $c(OH^-) = 0,0010 \text{ M}$, seega $pOH = -\log(0,0010) = 3,0$ (0,5)
 $pH + pOH = 14,0$ seega $pH = 14,0 - pOH = 14 - 3,0 = \mathbf{11}$ (0,5) **12 p**

2. a)

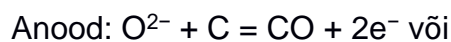
	A	B	C	D	E	F
kation	H^+	Na^+	Ba^{2+}	Mg^{2+}	Li^+	Pb^{2+}
anioon	SO_4^{2-} / HSO_4^-	CO_3^{2-}	I^-	Cl^-	OH^-	NO_3^-

(6)

- b) $H_2SO_4 + Na_2S = Na_2SO_4 + H_2S\uparrow$ (1)
 $LiOH + NH_4Cl = LiCl + NH_3\uparrow + H_2O$ (1)
- c) $LiAlH_4 + 4NaCl \rightarrow 4NaH + LiCl + AlCl_3$ (1)
 $2Mg + CO_2 \rightarrow 2MgO + C$ (1) **10 p**

3. a) Üks järgnevatest variantidest:

- $Al_2O_3 \cdot 3H_2O + 2NaOH \rightarrow Na_2O \cdot Al_2O_3 + 4H_2O$
 $Al_2O_3 \cdot 3H_2O + 2NaOH \rightarrow 2Na[Al(OH)_4]$ (1)
- b) $SiO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$ (1)
 $Fe_2O_3 + 2NaOH \rightarrow 2NaFeO_2 + H_2O$ (1)
 $CaCO_3 + 2NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + Ca(OH)_2$ (1)
- c) Katood: $Al^{3+} + 3e^- = Al$ (1)



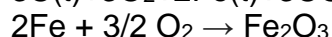
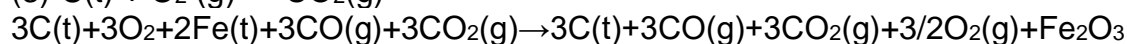
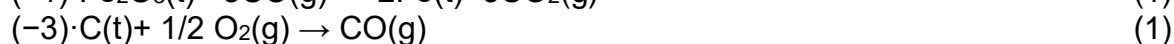
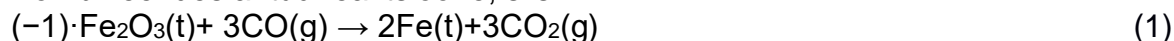
d) $m_{\text{Al}} = I \cdot t \cdot M / F \cdot z$

$$m_{\text{Al}} = 200 \cdot 1000 \text{ A} \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 \text{ s} \cdot 26,9815 \text{ g/mol} / (96485 \text{ A} \cdot \text{s/mol} \cdot 3) = 587830000 \text{ g} = \mathbf{588 \text{ tonni}} \quad (2)$$

e) $t = 100 \cdot 1000 \text{ kg} \cdot 21,6 / (200 \text{ kg} \cdot 365 \text{ päeva}) = \mathbf{30 \text{ aastat}} \quad (1) \mathbf{9 \text{ p}}$



Kombineerides antud reaktsioone, siis:



$$\Delta H_f(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 3 \cdot \Delta H(\text{iii}) - 3 \cdot \Delta H(\text{ii}) - \Delta H(\text{i})$$

$$\Delta H_f(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 3 \cdot (-393,5 \text{ kJ/mol}) - 3 \cdot (-110,5 \text{ kJ/mol}) - (-24,8 \text{ kJ/mol}) = \mathbf{-824,2 \text{ kJ/mol}} \quad (1)$$

c) $M(\text{Fe}) = 55,85 \text{ g/mol}$

$$m(\text{Fe}) = 84 \text{ g}$$

$$n_{\text{Fe}} = m / M = 84 \text{ g} / 55,85 \text{ g/mol} = 1,504 \text{ mol.} \quad (0,5)$$

Reaktsioon on $2\text{Fe} + 3/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$, seega 2 raua moolist tekib 1 mool raud(III)oksiidi. Seega:

$$n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 1,504 \text{ mol} / 2 = 0,752 \text{ mol} \quad (0,5)$$

Järelikult sooja vabaneb:

$$Q = 0,752 \text{ mol} \cdot 824,2 \text{ kJ/mol} = 619,81 \text{ kJ.} \quad (0,5)$$

(Kui kasutada 1000 kJ/mol , siis $Q = 1000 \text{ kJ/mol} \cdot 0,752 \text{ mol} = 752 \text{ kJ}$)

$$Q = C \cdot m \cdot \Delta t, \Delta t = 90^\circ - 20^\circ = 70^\circ, C(\text{H}_2\text{O}) = 4,2 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

Kilogrammi vee soojendamiseks läheb energiat tarvis:

$$E = 70^\circ\text{C} \cdot 4,2 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} = 294 \text{ kJ/kg} \quad (0,5)$$

Seega selle koguse rauaga saab soojendada

$$m_{\text{soojendatav_vesi}} = 619,81 \text{ kJ} / 294 \text{ kJ/kg} = 2,108 \text{ kg} = \mathbf{2,1 \text{ kg}}$$

$$(1000 \text{ kJ on vastus } 2,558 \text{ kg} = \mathbf{2,6 \text{ kg}}) \quad (0,5)$$



e) Naatriumatsetaadi üleküllastunud lahuses vabaneb soojus, kui lahuses asuvat väikest metalltükki väänatakse, st antakse kristallisatsioonitsenter, mis käivitab kogu lahusest naatriumatsetaadi kristallisatsiooni. Selle käigus vabaneb soojus, mis on sinna talletatud üleküllastunud lahuse valmistamisel. Taastamiseks sellist käesoojendajat, tuleb lahust vesivannis kuumutada, et kristall uuesti lahustuks ning täielikult lahustunud ainega kuuma lahuse jahutades tekib taas üleküllastunud lahus, mille kristallisatsiooni käivitumisel vabaneb soojus, mis lahuse soojendamise käigus sinna salvestus. (1) **9,5 p**



b) Olles atmosfääriga tasakaalus, on CO_2 osarõhk:

$$p_1 = 101300 \cdot 0,00041 = 41,5 \text{ Pa.} \quad (0,5)$$

Asendades $p = p_1 = 41,5 \text{ Pa}$ ja $t = t_1 = 22^\circ\text{C}$ valemisse, saame CO_2 kontsentratsiooniks $c_1 = \mathbf{1,56 \text{ g/dm}^3}$. (1)

c) Peale sekundaarset käärimist on CO_2 sisaldus õlles $c_2 = 5,0 \text{ g/l}$ ning temperatuur

$t_2 = 6^\circ\text{C}$. Selle põhjal saab arvutada CO_2 osarõhu pudelis olevas gaasis:

$$p_2 = \frac{c_2}{10^{-4} \times 10^{-4,664 + \frac{1137}{t_2 + 273,15}}} - 101300 = 93600 \text{ Pa} \quad (1)$$

See CO_2 osarõhk on tekkinud pudelis toimuva käärimise käigus peale villimist. Et villimine toimus atmosfäärirõhul ja käärimise käigus rõhk suurenes, siis lõplik rõhk pudelis on $p_{\text{pudel}} = p_{\text{atm}} + p_2 = 195000 \text{ Pa}$. (0,5)

Kuna CO_2 osarõhk atmosfääris (p_1) on piisavalt väike, siis villimisel gaasifaasis oleva CO_2 mõju pudelis olevale rõhule on tühine.

d) Pudelis olevas vedelikus on CO_2 hulk $m_v = 0,5 \text{ dm}^3 \cdot 5,0 \text{ g/dm}^3 = 2,5 \text{ g}$ (0,5)

Teades gaasifaasi rõhku, temperatuuri ja ruumala, saab leida CO_2 koguse gaasifaasis: $m_g = \frac{p_2 V M_{\text{CO}_2}}{RT_2} = 0,036 \text{ g}$ (1)

Eeldades, et villimise ajal gaasifaasis olnud CO_2 kogus oli tühiselt väike, siis saab villimise ajal pudelis oleva CO_2 koguse m_{v0} leida vedelikus oleva CO_2 kontsentratsiooni c_1 järgi:

$$m_{v0} = 0,5 \text{ dm}^3 \cdot c_1 = 0,78 \text{ g}. \quad (0,5)$$

Järelikult käärimise käigus tekkinud CO_2 kogus on

$$m_{\text{CO}_2} = m_v + m_g - m_{v0} = 1,756 \text{ g}. \quad (0,5)$$

Kasutades reaktsioonivõrrandit punktist a), saame leida vajaliku glükoosi

$$\text{koguse: } m_{\text{glükoos}} = \frac{m_{\text{CO}_2} M_{\text{glükoos}}}{2 M_{\text{CO}_2}} = 3,6 \text{ g} \quad (1)$$

e) $\text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{v}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 (\text{v})$ (1)

i) temperatuuri tõustes liigub tasakaal CO_2 ja H_2O tekkimise suunas. (0,5)

ii) rõhu tõustes liigub tasakaal H_2CO_3 tekkimise suunas. (0,5) **9,5p**

6. a) Tegu peab olema sulfiidiga (VIII etapi järgi) – Po_xS_y .

Oletame, et $x = 1$, seega saab leida ühendi molaarmassi:

$$M_{\text{ühend}} = 210 \text{ g/mol} \cdot 100\% / (100\% - 13,2\%) = 242 \text{ g/mol} \quad (0,5)$$

$$\text{Järelikult } y = (242 \text{ g/mol} - 210 \text{ g/mol}) / 32,06 \text{ g/mol} \approx 1. \quad (0,5)$$

Seega on soola valem **PoS**. (0,5)

b) i) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 \downarrow + 2 \text{HNO}_3$ (1)

ii) Lämmastik esineb ammooniumioonis, seega saame kirjutada reaktsioonis tekkiva ühendi valemi järgnevalt: $(\text{NH}_4)_x\text{As}_y\text{S}_z$.

Oletame, et $y = 1$, seega saab arvutada tekkiva ühendi molaarmassi:

$$M_{\text{ühend}} = 74,92 \text{ g/mol} \cdot 100\% / 33,3\% \approx 225,0 \text{ g/mol} \quad (0,5)$$

$$\text{Järelikult } x = (225,0 \text{ g/mol} \cdot 18,7\% / 100\%) / 14,01 \text{ g/mol} \approx 3; \quad (0,5)$$

$$z = (225,0 \text{ g/mol} - 74,92 \text{ g/mol} - 3 \cdot 14,01 \text{ g/mol} - 3 \cdot 4 \cdot 1,008 \text{ g/mol}) / 32,06 \text{ g/mol} \approx 3 \quad (1)$$

Reaktsiooni käigus tekkiva ühendi valem on seega: $(\text{NH}_4)_3\text{AsS}_3$ (0,5)



c) ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + {}^4_2\text{He}$ (1,5)

d) $\tau = 138$ päeva, mis tähendab, et 138 päeva möödudes on alles pool esialgsest kogusest ehk 1/2. Järgneva 138 päeva möödudes laguneb sellest eelnevalt alles jäänud 1/2st veel pool ehk esialgsest kogusest 1/4. Seega alles jääbki 1/4 esialgsest kogusest.

$$t = 2 \cdot 138 \text{ päeva} = \mathbf{276 \text{ päeva}} \quad (1)$$

e) $140 \text{ W/g} = 140 \text{ kW/kg}$

$$P_{\text{esialgne}} = 11 \text{ kg} \cdot 140 \text{ kW/kg} = 1540 \text{ kW} \quad (0,5)$$

$\tau = 138$ päeva

321 päeva on seega võrdne $321/138 \approx 2,33$ poolestusajaga. (0,5)

$P_{\text{pärast missiooni}} = 1540 \text{ kW} \cdot (0,5^{2,33}) \approx 306 \text{ kW}$ (1)

Seega alles jäänud Po-210st on võimalik saada $306 \text{ kW} \cdot 100\% / 1540 \text{ kW} =$
19,9% esialgsest võimsusest. (0,5)

f) Ühes ühikrakus on $8 \cdot 1/8$ aatomit = 1 aatom (0,5)

$m_{\text{aatom}} = 210 \text{ g mol}^{-1} / 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \approx 3,49 \cdot 10^{-22} \text{ g}$ (0,5)

Kuna tegu on kuubiga, siis ühikraku ruumala on:

$V_{\text{ühikrakk}} = a^3 = (334 \cdot 10^{-12} \text{ m})^3 \approx 3,73 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$ (0,5)

$\rho = m/V = 3,49 \cdot 10^{-22} \text{ g} / (3,73 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3) \approx$ **9,36 g cm⁻³** (0,5)

g) 1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq

$doos_{\text{max}} = (0,03 \cdot 10^{-6} \text{ Ci} \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}) / 1 \text{ Ci} = 1110 \text{ Bq}$ (1)

$doos_{\text{sigaret}} = 37 \text{ mBq g}^{-1} \cdot 0,748 \text{ g} = 2,77 \cdot 10^{-2} \text{ Bq}$ (0,5)

$N_{\text{sigaretid}_{\text{teor}}} = doos_{\text{max}} / doos_{\text{sigaret}}$

Kuna aga suitsetaja hingab sisse 5% sigaretis olevast Po-210st, siis:

$N_{\text{sigaretid}} = N_{\text{sigaretid}_{\text{teor}}} \cdot 100\% / 5\% = (1110 \text{ Bq} / (2,77 \cdot 10^{-2} \text{ Bq})) \cdot 100\% / 5\% =$
 $8,01 \cdot 10^5$ sigaretti (0,5)

h) $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2^{2+}$ (1)

i) $n_{\text{H}^+} = 4,8 \text{ cm}^3 \cdot 0,025 \text{ mol} / 1000 \text{ cm}^3 = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ (0,5)

$n_{\text{nikotiin}_{25 \text{ ml}}} = n_{\text{H}^+} / 2 = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol} / 2 = 6,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ (0,5)

$n_{\text{nikotiin}_{100 \text{ ml}}} = n_{\text{nikotiin}_{25 \text{ ml}}} \cdot 4 = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ (0,5)

$n_{\text{nikotiin}_{100 \text{ ml}}} = n_{\text{nikotiin}_{4 \text{ sigaretti}}}$

$n_{\text{nikotiin}_{\text{pakk}}} = n_{\text{nikotiin}_{4 \text{ sigaretti}}} \cdot 5 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ (0,5)

$m_{\text{nikotiin}_{\text{pakk}}} = n_{\text{nikotiin}_{\text{pakk}}} \times M(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2) =$ **0,19 g** (0,5)

j) $m_{\text{surmav}_{\text{doos}}} = 70 \text{ kg} \cdot 13 \text{ mg/kg} = 910 \text{ mg}$ (0,5)

$N_{\text{sigaretid}} = 910 \text{ mg} / 1,04 \text{ mg/sigaret} =$ **875 sigaretti** (0,5)

k) Polooniumi lubatud maksimaalsele doosile vastab $8,01 \cdot 10^5$ sigaretti / 875 sigaretti = **915 korda rohkem** sigarette. (0,5) **20 p**