

2023/24. öa keemiaolümpiaadi piirkonnavoor

10. klass

Lahendused

1. Test (12 p) Autor: Kristi Koitla

- a) i) SiO_2 (0,5)
 ii) Na_2O , CaO , FeO (1,5)
 iii) Al_2O_3 , Cr_2O_3 (1)
 b) $m(\text{CaO}) = M(\text{CaO}) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_1 \cdot w(\text{HCl}) / M(\text{HCl}) \cdot V_3 / V_2$ (3)
 Lahendusteks sobivad ka $m(\text{CaO}) = 56,08 \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_1 \cdot 0,035 / 36,458 \cdot V_3 / V_2$,
 $m(\text{CaO}) = 0,054 \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_1 \cdot V_3 / V_2$ ja $m(\text{CaO}) = 0,027 \cdot \rho \cdot V_1 \cdot V_3 / V_2$.
 c) $\text{CO}_2 = +\text{IV}$; $\text{CH}_3\text{OH} = -\text{II}$; $\text{CH}_4 = -\text{IV}$; $\text{OCS} = +\text{IV}$; $\text{HCN} = +\text{II}$; $\text{C}_7\text{H}_8 = -8/7$ (6×0,5)
 d) $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} (\text{elektrolüüs}) \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2\uparrow + \text{H}_2\uparrow$ (3)
 $2\text{H}_2\text{O} (\text{elektrolüüs}) \rightarrow 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$
 $\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2\uparrow$
 $2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\uparrow$
 $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} (\text{t}^\circ) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\uparrow$

2. Jootesulam (10 p) Autor: Andreas Päkk

- a) Happe **D** molaarmassist ($168,7 \text{ g mol}^{-1}$) järeldub, et tegemist peab olema tinaühendiga. Valemi leidmiseks tähistame vesiniku ja hapniku aatomite kordajad x - ning y -iga (H_xSnO_y):
 $M(\text{H}_x\text{SnO}_y) - M(\text{Sn}) = x \cdot M(\text{H}) + y \cdot M(\text{O})$
 $(168,7 - 118,71) \text{ g mol}^{-1} = 1,008 \cdot x + 16,00 \cdot y$
 Kui $x = 1$, siis $y = 3,06$ (pole täisarv)
 Kui $x = 2$, siis $y = 3,00$
 Seega **D** valem on H_2SnO_3 (metatinahape). (1)
 b) (1-2) $\text{Bi} + 6 \text{ konts. HNO}_3 \rightarrow \text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ (1)
 $\text{Pb} + 4 \text{ konts. HNO}_3 \rightarrow \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (1)
 (3) $\text{Sn} + 4 \text{ konts. HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SnO}_3 + 4\text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (1)
 (4) $\text{H}_2\text{SnO}_3 \rightarrow \text{SnO}_2\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ (1)
 (5) $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NaOH} (\text{liias}) \rightarrow \text{Bi}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NaNO}_3$ (1)
 (6) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{NaOH} (\text{liias}) \rightarrow \text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4] + 2\text{NaNO}_3$ (1)
 c) Tina ehk aine **C** sisaldus jootesulamis:
 $m(\text{Sn})/m(\text{SnO}_2) = M(\text{Sn})/M(\text{SnO}_2)$
 $m(\text{Sn}) = 0,2408 \text{ g} \cdot 118,7 \text{ g mol}^{-1} / (150,7 \text{ g mol}^{-1}) = 0,1897 \text{ g}$ (0,5)
 $w(\text{Sn}) = 0,1897 \text{ g} / 0,8624 \text{ g} = 0,22$ ehk **22%** (0,5)
 Vismuti ehk aine **A** sisaldus jootesulamis:
 $m(\text{Bi})/m[\text{Bi}(\text{OH})_3] = M(\text{Bi})/M[\text{Bi}(\text{OH})_3]$
 $m(\text{Bi}) = 0,5954 \text{ g} \cdot 209,0 \text{ g mol}^{-1} / (260,0 \text{ g mol}^{-1}) = 0,4786 \text{ g}$ (0,5)
 $w(\text{Bi}) = 0,4786 \text{ g} / 0,8624 \text{ g} = 0,55$ ehk **55%** (0,5)
 Plii ehk aine **B** sisaldus jootesulamis:
 $m(\text{Pb}) = m(\text{proov}) - m(\text{Sn}) - m(\text{Bi})$
 $m(\text{Pb}) = 0,8624 \text{ g} - 0,1897 \text{ g} - 0,4786 \text{ g} = 0,1941 \text{ g}$ (0,5)
 $w(\text{Pb}) = 0,1941 \text{ g} / 0,8624 \text{ g} = 0,23$ ehk **23%** (0,5)

3. Kodune segadus (10 p) Autor: Anne-Mai Adamberg

- a) (7)

1	2	3	4	5	6	7
CH_3COOH	NaOH/KOH	CaCl_2	NaHCO_3	MgSO_4	NaI/KI	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

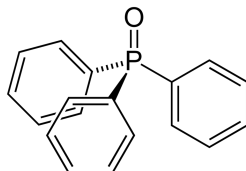
- b) i) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ (1)
 ii) $\text{CaCl}_2 + 2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ (1)
 iii) $2\text{KI} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbI}_2\downarrow + 2\text{KNO}_3$ (1)

4. Fosfororgaanilised ühendid (10 p) Autor: Vladislav Ivaništšev

a)

- ☒ Titrimetria (0,5)
☒ Gravimetria (0,5)
☐ Spektrofotometria
☐ Aatomabsorptsioonspektroskoopia
☐ Röntgenfluorometria
☐ Potentsiometria
☐ Polarograafia
☐ Neutronaktiveerimise analüüs

- b) i) $\text{PO}_4^{3-} + 12\text{MoO}_4^{2-} + 24\text{H}^+ = [\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3]^{3-} + 12\text{H}_2\text{O}$ (1)
 ii) $2\text{Mo(V)} + \text{IO}_4^- + 2\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Mo(VI)} + \text{IO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ (1)
 iii) $\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5\text{I}^- = 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ (1)
 iv) $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ (1)
 c) $x = 6$ (0,5)
 $y = 18$ (0,5)
 d) $\%(\text{P}) = 30,97 \text{ g mol}^{-1} \cdot 6,47 \text{ cm}^3 \cdot 0,0200 \text{ mol dm}^{-3} / 36 \cdot (50,00 / 10,00) / 5,00 \text{ mg} \cdot 100$
 $\%(\text{P}) = 11,1$ (2)
 e) $M(\text{X}) = 30,97 \text{ g mol}^{-1} / 0,1117 = 278,2 \text{ g mol}^{-1}$ (1)
 f) Aromaatse rühma molaarmass on $(278,2 - 30,97 - 16,00) / 3 = 77,1 \text{ g mol}^{-1}$, mis vastab fenüülrühmale valemiga C_6H_5 . Ühend X on trifenüülfosfiinoksiid: (1)



5. Merevee puhastamine (8 p) Autor: Kristi Koitla

- a) $\text{CaCO}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2\downarrow$ (1)
 $\text{MgCO}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow$ (1)
 b) $c(\text{Ca}^{2+}) = 0,410 \text{ g kg}^{-1} \cdot 1036 \text{ kg m}^{-3} / 40,08 \text{ g mol}^{-1} = 10,60 \text{ mol m}^{-3}$ (0,5)
 $c(\text{Mg}^{2+}) = 1,278 \text{ g kg}^{-1} \cdot 1036 \text{ kg m}^{-3} / 24,30 \text{ g mol}^{-1} = 54,49 \text{ mol m}^{-3}$ (0,5)
 $n(\text{OH}^-) = 2 \cdot [10,60 \text{ mol m}^{-3} + 54,49 \text{ mol m}^{-3}] \cdot 1 \text{ m}^3 = 130,18 \text{ mol}$ (1)
 $m(\text{NaOH}) = 130,18 \text{ mol} \cdot 40,00 \text{ g mol}^{-1} = 5207 \text{ g}$ (1)
 c) $c(\text{Na}^+) = c(\text{NaCl}) = 34,9 \text{ g kg}^{-1} / 58,44 \text{ g mol}^{-1} = 0,597 \text{ mol kg}^{-1}$ (1)
 $V(\text{merevesi}) = 130,18 \text{ mol} / (0,597 \text{ mol kg}^{-1} \cdot 0,82 \cdot 1036 \text{ kg m}^{-3}) = 0,257 \text{ m}^3$ (2)

6. Kuum ja külm heelium (20 p) Autor: Tõnis Laasfeld

a)



c) Vastus leitakse kombinatoorikaga, mille mugavamaks teostamiseks on kasulik leida Rydbergi konstandi ja lainepikkuse jagatis

$$1/(\lambda_1 R) = 164,117 \text{ nm} / 1,09678 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} = 0,556$$

$$1/(\lambda_2 R) = 121,568 \text{ nm} / 1,09678 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} = 0,75$$

$$1/(\lambda_3 R) = 54,030 \text{ nm} / 1,09678 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} = 1,688$$

Edasi võib koostada tabeli võrrandis $(1/n_1^2 - 1/n_2^2)$ mõningate väiksemate n_1 ja n_2 kombinatsioonide vaatlemiseks (ridades n_1 , veergudes n_2):

	1	2	3	4
1	0	0,75	0,889	0,9375
2	–	0	0,139	0,1875
3	–	–	0	0,0486
4	–	–	–	0

Tabeli ja $1/(\lambda R)$ väärtuste kokkuvõimiseks tuleb arvutada võimalike elementide jaoks ka Z^2
 $Z^2(\text{H}) = 1^2 = 1$, $Z^2(\text{He}) = 2^2 = 4$ ja $Z^2(\text{Li}) = 3^2 = 9$

Nüüd saab teha tabeli ka $1/(\lambda_1 R Z^2)$ tabeli kõigi võimalike lainepikkuste ja elementide jaoks

	H	He	Li
$1/(\lambda_1 R Z^2)$	0,556	0,139	0,0618
$1/(\lambda_2 R Z^2)$	0,75	0,1875	0,0833
$1/(\lambda_3 R Z^2)$	1,688	0,422	0,1875

Tabelist selgub, et λ_1 saab vastata ainult He $n_3 \rightarrow n_2$ üleminekule, seega λ_3 peab kuuluma Li $n_4 \rightarrow n_2$ üleminekule ja ka λ_2 sobib H $n_2 \rightarrow n_1$ üleminekule.

λ_1 vastab He $n_3 \rightarrow n_2$ üleminekule

(1)

$$\lambda_2 \text{ vastab } H \quad n_2 \rightarrow n_1 \text{ üleminekule} \quad (1)$$

$$\lambda_3 \text{ vastab } Li \quad n_4 \rightarrow n_2 \text{ üleminekule} \quad (1)$$

d) Reaktsioonist 4: $m(4 \text{ } ^1\text{H}) = 4 \cdot 1,00782 \text{ amü} = 4,03128 \text{ amü}$

$$m(^4\text{He}) = 4,00260 \text{ amü}$$

$$\Delta m = m(^4\text{He}) - m(4 \text{ } ^1\text{H}) = 4,00260 \text{ amü} - 4,03128 \text{ amü} = -0,02868 \text{ amü} \quad (1)$$

$$\Delta E_{\text{Reaktsioon 4}} = -0,02868 \text{ amü} / (6,02 \cdot 10^{23} \text{ amü kg}^{-1}) \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}) / (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV})$$

$$\Delta E_{\text{Reaktsioon 4}} = -26,80 \text{ MeV} \quad (1)$$

Reaktsioon 3:

$$\Delta E_{\text{Reaktsioon 3}} = \Delta E_{\text{Reaktsioon 4}} - 2 \cdot (\Delta E_{\text{Reaktsioon 1}} + \Delta E_{\text{Reaktsioon 2}})$$

$$\Delta E_{\text{Reaktsioon 3}} = -26,80 \text{ MeV} - 2 \cdot (-0,42 \text{ MeV} - 5,5 \text{ MeV})$$

$$\Delta E_{\text{Reaktsioon 3}} = -14,96 \text{ MeV} \quad (1)$$

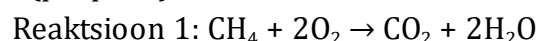
e) $T_{\text{gaas}} = 15^\circ\text{C} + 5 \text{ km} \cdot 25^\circ\text{C/km} = 140^\circ\text{C} = 413 \text{ K} \quad (0,5)$

$$n = 3 \cdot 10^7 \text{ Pa} \cdot 10^5 \text{ m}^3 / (413 \text{ K} \cdot 8,314 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}) = 8,74 \cdot 10^8 \text{ mol} \quad (0,25)$$

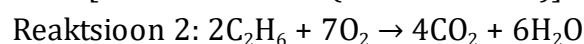
$$n(\text{metaan}) = 8,74 \cdot 10^8 \text{ mol} \cdot 0,890 = 7,78 \cdot 10^8 \text{ mol} \quad (0,25)$$

$$n(\text{etaan}) = 8,74 \cdot 10^8 \text{ mol} \cdot 0,050 = 4,37 \cdot 10^7 \text{ mol} \quad (0,25)$$

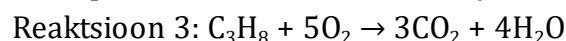
$$n(\text{propaan}) = 8,74 \cdot 10^8 \text{ mol} \cdot 0,005 = 4,37 \cdot 10^6 \text{ mol} \quad (0,25)$$



$$\Delta H = [4 \cdot 413 + 2 \cdot 498 - (2 \cdot 745 + 4 \cdot 461)] \text{ kJ mol}^{-1} = -686 \text{ kJ mol}^{-1} \quad (0,5)$$



$$\Delta H = [6 \cdot 413 + 3,5 \cdot 498 + 1 \cdot 347 - (4 \cdot 745 + 6 \cdot 461)] \text{ kJ mol}^{-1} = -1178 \text{ kJ mol}^{-1} \quad (0,5)$$



$$\Delta H = [8 \cdot 413 + 5 \cdot 498 + 2 \cdot 347 - (6 \cdot 745 + 8 \cdot 461)] \text{ kJ mol}^{-1} = -1670 \text{ kJ mol}^{-1} \quad (0,5)$$

$$E = -(7,78 \cdot 10^8 \text{ mol} \cdot (-686 \text{ kJ mol}^{-1}) + 4,37 \cdot 10^7 \text{ mol} \cdot (-1178 \text{ kJ mol}^{-1}) + 4,37 \cdot 10^6 \text{ mol} \cdot (-1670 \text{ kJ mol}^{-1})) = 5,9 \cdot 10^{11} \text{ kJ} \quad (1)$$

f) Summaarne reaktsioon: $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb} + 7 \text{ He}$.

$$\Delta m / \text{lagunemine} = 235,04393 \text{ amü} - 206,97590 \text{ amü} - 7 \cdot 4,00260 \text{ amü} = 0,04983 \text{ amü} \quad (1)$$

$$n(\text{He}) = 8,74 \cdot 10^8 \text{ mol} \cdot 0,01 = 8,74 \cdot 10^6 \text{ mol} \quad (0,5)$$

$$\Delta m = 0,04983 \text{ g mol}^{-1} \cdot 8,74 \cdot 10^6 \text{ mol} / (7 \text{ He aatomit/lagunemine}) = 6,2 \cdot 10^4 \text{ g} = 62 \text{ kg} \quad (1)$$

$$E = 62 \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 = 6,0 \cdot 10^{15} \text{ kJ} \quad (0,5)$$

g) Jooniselt saab leida, et tekivad Faas 1 ^3He sisaldusega 21% ja Faas 2 ^3He sisaldusega 89%.

Kui x on Faas 1 osakaal ja y on Faas 2 osakaal ja esialgses segus oli ^3He osakaal 50%, siis saab koostada võrrandisüsteemi

$$x + y = 1$$

$$x \cdot 0,21 + y \cdot 0,89 = 0,5$$

$$y = 0,43 \text{ ja } x = 0,57 \quad (1)$$

$$\text{Faas 1 : Faas 2} = 1 : 0,75 \quad (1)$$

h) $\Delta H > 0$, kuna on öeldud, et lahjenemine jahutab $(0,5)$

$$\Delta S > 0, \text{ kuna siis spontaanne endotermiline reaktsioon saab kulgeda} \quad (0,5)$$

i) Maksimaalse temperatuuride erinevuse korral langeb jahutusvõimsus nulli, seega $P = 0 \text{ W}$.

$$95 T_m^2 - 11 T_i^2 = 0$$

$$95 T_m^2 = 11 T_i^2$$

$$T_i / T_m = \sqrt{\frac{95}{11}} = 2,94 \quad (1)$$