

2024/25. öa keemiaolümpiaadi piirkonnavor

9. klass

Lahendused

- 1. Oksiidipõhised pigmendid. Autor: Liisa Tafenau (11 p)**
- a) Toatemperatuuril reageerivad veega järgmised oksiidid: CO_2 ja CaO . (2×0,5)
- b) Vees lahustumisel muudab keskkonna **i)** aluseliseks CaO ja **ii)** happeliseks CO_2 . (2×0,5)
- c) **i)** $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH}$ (1)
ii) $\text{P}_4\text{O}_{10} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4$ (1)
iii) $\text{BaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ba}(\text{OH})_2$ (1)
- d) **i)** $2\text{CoO} + \text{SnO}_2 \rightarrow \text{Co}_2\text{SnO}_4$ (1)
ii) $\text{CoO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CoAl}_2\text{O}_4$ (1)
- e) (4×0,5)
- i)** Co_2SnO_4 **ii)** CoAl_2O_4
- f) $M(\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}) = 376,0 \text{ g/mol}$ ja $M(\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}) = 473,2 \text{ g/mol}$
Aatomite arvu kindlakstegemiseks kasutame seost $n = m/M = N/N_A \Rightarrow N = m \cdot N_A/M$. Kuna mõlema pigmendi molekulivalem sisaldab 16 aatomit, tuleb N avaldis vastava väärtusega läbi korrutada: (1)
 $N(\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}) = 16 \cdot (10,0 \text{ g} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol})/376,0 \text{ g/mol} \approx 2,56 \cdot 10^{23}$ aatomit
 $N(\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}) = 16 \cdot (10,0 \text{ g} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol})/473,2 \text{ g/mol} \approx 2,04 \cdot 10^{23}$ aatomit
Arvutustest järeldub, et purgis **A** on Hani sinine ja purgis **B** Egiptuse sinine. (2×0,5)
- 2. Kosmilised seiklused. Autor: Gleb Vahtra (10 p)**
- a) $m_{\text{valgud}} = 850 \text{ mg} = 0,85 \text{ g}$ ja $V_{\text{veri}} = 5,0 \text{ cm}^3 = 0,005 \text{ dm}^3$
 $c = m/V = 0,85 \text{ g}/0,005 \text{ dm}^3 = \mathbf{170 \text{ g/dm}^3}$ (1)
- b) **i)** $m(\text{O}_2) = n \cdot M = 400 \text{ mol} \cdot 32,00 \text{ g/mol} = 12800 \text{ g} = \mathbf{12,8 \text{ kg}}$ (1)
ii) Arvutame valkude koguhulga (1 valgu molekul seob endaga 4 O_2 molekuli):
 $n_{\text{valgud}} = 400 \text{ mol}/4 = 100 \text{ mol}$
Arvutame valgu molekulide hulga 1 dm^3 veres:
 $n_{\text{valgud}} = c/M = 170 \text{ g/dm}^3/30000 \text{ g/mol} = 5,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ (0,5)
Arvutame hapniku sidumiseks vajamineva vere ruumala:
 $V_{\text{veri}} = 100 \text{ mol}/5,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 = 17637 \text{ dm}^3 \approx \mathbf{17,6 \text{ m}^3}$ (0,5)
- c) Võimalikud sobivad vastusevariandid:
Planeet Carbonicum: CO (0,5)
Planeet Nitrogenicum: N_2O , NO , N_2O_3 , N_2O_5 (0,5)
Planeet Sulphuricum: SO_3 (0,5)
- d) Võimalikud neutraalsed oksiidid: CO , N_2O ja NO . (0,5)
- e) **i)** $\text{O}_2 + 2\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
ii) $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (1)
iii) $2\text{NO}_2 + 7\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$ (1)
iv) $\text{SO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ (1)
- f) On teada, et $m_{\text{oksüdeerija}} = 12,8 \text{ kg}$.
 $m(\text{H}_2, \text{oksüdeerija } \text{O}_2) = 0,400 \text{ kmol} \cdot 2,02 \text{ kg/kmol} \cdot 2 = \mathbf{1,62 \text{ kg}}$ (0,5)
 $m(\text{H}_2, \text{oksüdeerija } \text{CO}_2) = 12,8 \text{ kg}/44,01 \text{ kg/kmol} \cdot 2,02 \text{ kg/kmol} \cdot 4 = \mathbf{2,35 \text{ kg}}$ (0,5)
 $m(\text{H}_2, \text{oksüdeerija } \text{NO}_2) = 12,8 \text{ kg}/46,01 \cdot 2,02 \text{ kg/kmol} \cdot 3,5 = \mathbf{1,97 \text{ kg}}$ (0,5)
 $m(\text{H}_2, \text{oksüdeerija } \text{SO}_2) = 12,8 \text{ kg}/64,07 \cdot 2,02 \text{ kg/mol} \cdot 3 = \mathbf{1,21 \text{ kg}}$ (0,5)

- 3. Väetiste keemia. Autor: Jörgen Metsik (10 p)**
- a) i) $2\text{HNO}_3 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ (1)
 ii) $2\text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (1)
 iii) $\text{MgO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (0,5)
 iv) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$ (0,5)
 v) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (0,5)
 vi) $2\text{CaSO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CaSO}_4$ (1)
- b) $n(\text{KOH}) = m(\text{KOH})/M(\text{KOH}) = 2 \cdot (1000 \text{ g}/174,3 \text{ g/mol}) = 11,47 \text{ mol}$ (1)
 $m(\text{KOH lahus}) = m(\text{KOH})/w(\text{KOH}) = (11,47 \text{ mol} \cdot 56,11 \text{ g/mol})/0,3 = 2145 \text{ g}$ (1)
 $V(\text{KOH lahus}) = m_{\text{lahus}}/\rho_{\text{lahus}} = 2145 \text{ g}/1,29 \text{ g/cm}^3 = 1662 \text{ cm}^3 \approx \mathbf{1,66 \text{ dm}^3}$ (1)
- c) $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 5,0 \text{ ha} \cdot 10000 \text{ m}^2/1 \text{ ha} \cdot 25 \text{ g/m}^2 \cdot 1 \text{ tonn}/10^6 \text{ g} = \mathbf{1,25 \text{ tonni}}$ (1)
- d) $m(\text{KNO}_3) = 25 \text{ g} : 174,3 \text{ g/mol} \cdot 2 \cdot 101,1 \text{ g/mol} \approx \mathbf{29 \text{ g}}$ (1,5)

4. Metallid puhastavad või määrivad ühendid? Autor: Anette Kipso (9 p)

Allikad:

- T. Gray. Keemilised elemendid. Lk 67
- H. Karik, K. Truus. Elementide keemia. Lk 204–207
- <https://www.rsc.org/periodic-table/element/25/manganese>

- a) Olgu oksiid **B** üldvalem X_mO_n .
 $w(\text{O}) = 100\% - w(\text{X}) = 100\% - 49,52\% = 50,48\%$
 $w(\text{O}) = n \cdot M(\text{O})/[n \cdot M(\text{O}) + m \cdot M(\text{X})] \Rightarrow 0,5048 = n \cdot 16,00/[n \cdot 16,00 + m \cdot M(\text{X})]$ (1)
 $8,077n + 0,5048m \cdot M(\text{X}) = 16,00n \Rightarrow 0,5048m \cdot M(\text{X}) = 7,923n$
 $M(\text{X}) = 15,70 \cdot n/m$ (1)
 Oksiidis saab metalli oksüdatsiooniaste olla vahemikus 1–8.
 Kui $n = 7$ ja $m = 2$, siis $M(\text{X}) = 54,94 \text{ (g/mol)}$, mis vastab **mangaanile**. (1)
 Seega on oksiid **B** valem $\mathbf{Mn}_2\text{O}_7$. (1)
- b) $n(\text{Mn}) = m/M = 2,50 \text{ g}/54,94 \text{ g/mol} = 0,0455 \text{ mol}$ (0,5)
 $n(\text{O}_2) = V/V_m = 1,02 \text{ dm}^3/22,4 \text{ dm}^3/\text{mol} = 0,0455 \text{ mol}$ (0,5)
 $n(\text{O}) = 2 \cdot n(\text{O}_2) = 2 \cdot 0,0455 \text{ mol} = 0,0910 \text{ mol}$ (0,5)
 $n(\text{Mn}) : n(\text{O}) = 0,0455 : 0,0910 = 1 : 2$
 Oksiid **A** on \mathbf{MnO}_2 (0,5)
- c) $2\text{Mn}_2\text{O}_7 \rightarrow 4\text{MnO}_2 + 3\text{O}_2$ (1)
- d) $w(\text{O}) = 100\% - w(\text{K}) - w(\text{Mn}) = 100\% - 24,74\% - 34,76\% = 40,50\%$
 $n(\text{K}) : n(\text{Mn}) : n(\text{O}) = w(\text{K})/A_r(\text{K}) : w(\text{Mn})/A_r(\text{Mn}) : w(\text{O})/A_r(\text{O})$ (1)
 $n(\text{K}) : n(\text{Mn}) : n(\text{O}) = \frac{0,2474}{39,10} : \frac{0,3476}{54,94} : \frac{0,4050}{16,00} = 0,006327 : 0,006327 : 0,02531 = 1 : 1 : 4$
 Soola **C** valem on \mathbf{KMnO}_4 . (1)

5. Muutuv molaarmass. Autor: Vladislav Ivaništšev (10 p)

Allikas:

- <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020EA001321>

- a) $\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}$ (1)
- b) i) <200 km: Ar või He või O (1)
 ii) 200–350 km: He (1)
- c) <100 km $\text{N}_2 \rightarrow \text{N}_2^*$ – virmalised on **violetset** värvi. (0,5)
 100–200 km $\text{O} \rightarrow \text{O}^*$ – virmalised on **rohelist** värvi. (0,5)
- d) i) **Kõrgusel 200–250 km:** (1)
 $M = (0,48 \cdot 28 + 0,48 \cdot 16 + 0,04 \cdot 32) \text{ g/mol} = 22 \text{ g/mol}$
 või $M \approx (0,50 \cdot 28 + 0,50 \cdot 16) \text{ g/mol} = 22 \text{ g/mol}$

ii) Kõrgusel 450–500 km: (1)

$$M = (0,05 \cdot 4,0 + 0,05 \cdot 28 + 0,9 \cdot 16) \text{ g/mol} = 16 \text{ g/mol}$$

iii) Kõrgusel 650–700 km: (1)

$$M = (0,3(3) \cdot 4,0 + 0,6(6) \cdot 16) \text{ g/mol} = 12 \text{ g/mol}$$

iv) Kõrgusel >700 km: (1)

$$M = (0,50 \cdot 4,0 + 0,50 \cdot 16) \text{ g/mol} = 10 \text{ g/mol}$$

e) Tiheduse valemi tuletuskäik: $\rho_{\text{õhk}} = m/V = m/n \cdot V_m = M_{\text{õhk}}/V_m$

i) Huvilistele: V_m on arvatud tingimustel $T = 270 \text{ K}$ ja $p = 80 \text{ Pa}$ ($V_m = RT/p$).

50 km kõrgusel:

$$\rho_{\text{õhk}} = 29 \text{ g/mol} / 28 \cdot 10^3 \text{ dm}^3/\text{mol} = \mathbf{0,0010 \text{ kg/m}^3} \quad (1)$$

ii) Huvilistele: V_m on arvatud tingimustel $T = 600 \text{ K}$ ja $p = 10^{-6} \text{ Pa}$.

150 km kõrgusel:

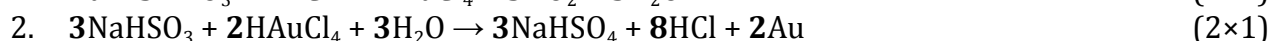
$$\rho_{\text{õhk}} = (0,66 \cdot 28 + 0,28 \cdot 16 + 0,06 \cdot 32) \text{ g/mol} / 5,0 \cdot 10^{12} \text{ dm}^3/\text{mol} \approx \mathbf{5 \cdot 10^{-12} \text{ kg/m}^3} \quad (1)$$

6. Kulla keemia. Autor: Anette Kipso (20 p)

a) Hindamine: Iga korrektne oksüdatsioonaste annab 0,5 p, kokku 3 p. (3)

-I	I	II	III	V	III
CsAu	K[Au(CN) ₂]	AuXe ₄ ²⁺	H[AuCl ₄]	AuF ₆ ⁻	AuCl ₃

b) Hindamine: korrektsed põhikordajad annavad 1 p (st elektronide üleminekuvõrrandi järgi saadud kordajad), teised õiged kordajad annavad 1 p, st korrektselt tasakaalustatud võrrand annab 2 p.



c) Hindamine: Kui õpilane määrab alapunktis i) katoodi ja anoodi valesti, kuid skeem ii) on korrektselt vormistatud, anda 1 p.

i) Nikkel on anood, kuld on katood (2×0,5)

ii) $\text{Ni (t)} \mid \text{Ni}^{2+} \text{ (aq)} \parallel \text{Au}^{3+} \text{ (aq)} \mid \text{Au (t)}$ (2)

Hindamine: 1 p korrektse reaktsiooni eest, 1 p korrektse tasakaalustamise eest, kokku 2 p.



iv) $E^{\circ}_{\text{rakk}} = E_{\text{katood}} - E_{\text{anood}} = +1,40 \text{ V} - (-0,257 \text{ V}) = \mathbf{1,657 \text{ V}}$ (0,5)

v) $\Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ} = -(6 \cdot 96485 \cdot 1,657) = -959254 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} = \mathbf{-959 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}$ (1)

d) i) ${}^1_1\text{H} + {}^{200}_{80}\text{Hg} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{197}_{79}\text{Au}$ (1)

ii) $n_{\text{Hg}} = m/M = 1000 \text{ g} / 200 \text{ g/mol} = 5 \text{ mol}$ (0,5)

$$n_{\text{Hg, mis reageerib}} = (1 - 0,993) \cdot 5 \text{ mol} = 0,035 \text{ mol} \quad (0,5)$$

$$n_{\text{Au}} = n_{\text{Hg}} = 0,035 \text{ mol} \quad (0,5)$$

$$m_{\text{Au}} = nM = 0,035 \text{ mol} \cdot 197 \text{ g/mol} = \mathbf{6,895 \text{ g}} \quad (0,5)$$



e) A – O₂, B – F₂, C – O₂AuF₆, D – AuF₅ (4×1)