

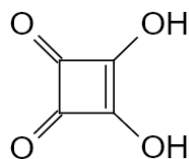
2021/22 õa keemiaolümpiaadi lõppvõoru ülesannete lahendused
9.-10. klass

Ülesanne 1. Lahustuvus (7 p)

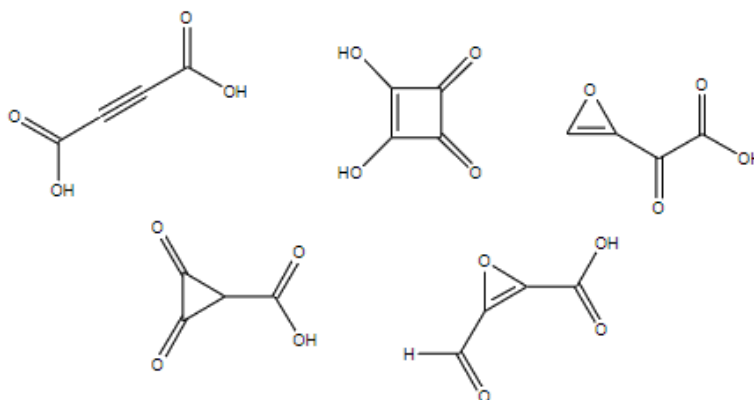
- a) 1 = Cu (0,5)
 b) 2 = CuSO₄ (0,5)
 c) 3 = KNO₃ (0,5)
 4 = Na₂CO₃ (0,5)
 5 = Li₂SO₄ (0,5)
 d) 6 = ZnO (0,5)
 e) i/ii Na₂CO₃ + Ba(OH)₂ = BaCO₃ + 2NaOH (1)
 i/ii Li₂SO₄ + Ba(OH)₂ = BaSO₄ + 2LiOH (1)
 iii 3Na₂CO₃ + 2CuSO₄ + 2H₂O = (CuOH)₂CO₃ + 2Na₂SO₄ + 2NaHCO₃ (1)
 voi Na₂CO₃ + CuSO₄ = CuCO₃ + Na₂SO₄
 iv ZnO + 4NaOH + 2H₂O = 2Na₂[Zn(OH)₄] (1)

Ülesanne 2. Ruuthape (8 p)

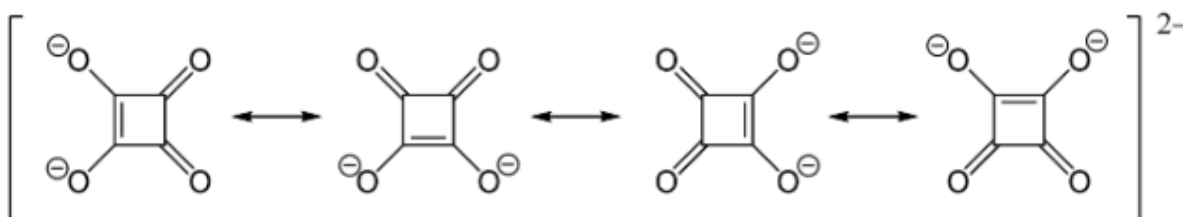
- a) $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,1580 \text{ g} / (18,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 0,008768 \text{ mol}$ (0,5)
 $n(\text{CO}_2) = 100 \text{ kPa} \cdot 0,8693 \text{ dm}^3 / (8,314 \text{ m}^3 \cdot \text{Pa} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}) = 0,03507 \text{ mol}$ (0,5)
 $n(\text{O}) = (1,000 \text{ g} - 2 \cdot 0,008768 \text{ mol} \cdot 1,008 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} - 0,03507 \text{ mol} \cdot 12,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) / (16,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1})$
 $n(\text{O}) = 0,03507 \text{ mol}$ (0,5)
 $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 2 : 1 : 2$
 C₂H₂O₂ on empiiriline valem ja C₄H₂O₄ on molekulivalem. (0,5)
 b) (1)



- c) Võimalikud struktuurivalemid: (4)



- d) Ruuthape on suhteliselt tugev tänu stabilisatsioonile läbi resonantsi. (1)



Ülesanne 3. Liitium-ioon aku (8 p)

- a) i) $\text{CoO}_2 + \text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{LiCoO}_2$ (0,5)
 ii) $\text{LiC}_6 \rightarrow \text{C}_6 + \text{Li}^+ + \text{e}^-$ (0,5)
- b) Ogu **B** valem on $n\text{LiF} \cdot m\text{XF}_x$, kus **x** on elemendi **X** oa.
 $w_{\text{Li}} = nM(\text{Li}) / (nM(\text{LiF}) + mM(\text{X}) + mx \cdot M(\text{F}))$
 $M(\text{X}) = [(1 - w_{\text{Li}})nM(\text{Li}) - (n + mx) \cdot w_{\text{Li}} \cdot M(\text{F})] / w_{\text{Li}}$
 $M(\text{X}) = [125,9n - 19mx] \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 Olgu $n = 1$ ja $m = 2$
 Siis $M(\text{X}) = [125,9 - 38x] \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, kus $1 \leq x < 3$
 Kui $x = 1$, siis $M(\text{X}) = 88 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, sellist elementi pole olemas
 Kui $x = 2$, siis $M(\text{X}) = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, sellist elementi pole olemas
 Kui $x = 3$, siis $M(\text{X}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, sellist elementi pole olemas
 Olgu $n = m = 1$
 Siis $M(\text{X}) = [125,9 - 19x] \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, kus $1 \leq x < 6$ (1)
 Kui $x = 1$, siis $M(\text{X}) = 107 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, sellist elementi pole olemas
 Kui $x = 2$, siis $M(\text{X}) = 69 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, sellist elementi pole olemas
 Kui $x = 3$, siis $M(\text{X}) = 88 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, sellist elementi pole olemas
 Kui $x = 4$, siis $M(\text{X}) = 50 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, sellist elementi pole olemas
 Kui $x = 5$, siis $M(\text{X}) = 31 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, **X** on P ning **B** on LiPF_6 (1)
 Kui $x = 6$, siis $M(\text{X}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, sellist elementi pole olemas
 Kõik teised n ja m väärtused ei anna alternatiivset lahendust.
- c) $\text{LiPF}_6 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{LiF} + 5\text{HF} + \text{H}_3\text{PO}_4$ (1)
- d) $t = 2,80 \text{ A} \cdot \text{h} / 1,80 \text{ A} = 1,56 \text{ h}$ (1)
- e) i) $n(\text{Li}) = 1,80 \text{ A} \cdot 1,56 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s} / (96485 \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{mol}^{-1}) = 0,105 \text{ mol}$ (1)
 $m(\text{C}) = 0,105 \text{ mol} \cdot 6 \cdot 12,01 \text{ g/mol} = 7,5 \text{ g}$ (1)
 ii) $m(\text{CoO}_2) = 0,105 \text{ mol} \cdot 90,93 \text{ g/mol} = 9,5 \text{ g}$ (1)

Ülesanne 4. Kalorimeetria (9 p)

- a) $C = -20500 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 2,000 \text{ g} / (85,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) / -1,010 \text{ K} - 4,186 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 100,0 \text{ g}$
 $C = 59,0 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ (1)
- b) $\Delta H = -(59,0 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} + 4,186 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 100,0 \text{ g}) \cdot 4,660 \text{ K} \cdot 40,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} / 2,000 \text{ g}$
 $\Delta H = -44,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (2)
- c) (4×0,5)
- | | | | |
|----------------|-------|--------------|--------|
| HNO_3 | KOH | O_2 | AgCl |
| vähem | vähem | vähem | suurem |
- d) $\Delta H = -(59,0 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} + 4,186 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 100,0 \text{ g}) \cdot 10,70 \text{ K} \cdot 40,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} / 2,000 \text{ g} - (-44500 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1})$
 $\Delta H = -57,7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (2)
- e) (4×0,5)
- | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| $\text{HNO}_3 + \text{KOH}$ | $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{KOH}$ | $\text{HCl} + \text{NH}_4\text{OH}$ | $\text{TlOH} + \text{HI}$ |
| võrdne | kõrgem | kõrgem | väiksem |

Ülesanne 5. Värvimuutused (9 p)

a) Olgu $Y = X_2O_y$ ja $Z = X_2O_z$

Siis $y/z = \frac{52,0}{68,4} \cdot \frac{100-68,4}{100-52,0} = \frac{1}{2}$ ja z võib olla 2, 4, 6 ja 8.

$$\text{Ning } \frac{100}{w_x(Z)} - \frac{100}{w_x(Y)} = \frac{z-y}{2} \cdot \frac{M(O)}{M(X)} = \frac{z}{4} \cdot \frac{M(O)}{M(X)}$$

$$M(X) = \frac{z}{4} \cdot \frac{16,00}{0,461} \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 8,675 \cdot z \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad (1)$$

Kui $z = 2$, $M(X) = 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, sellist elementi pole olemas

Kui $z = 4$, $M(X) = 35 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, siis $X = \text{Cl}$ (mittemetall)

Kui $z = 6$, $M(X) = 52 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, siis $X = \text{Cr}$ (Cr_2O_3 ja CrO_3 on tuntud oksiidid) (1)

Kui $z = 8$, $M(X) = 69 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, siis $X = \text{Ga}$ (GaO_2 ja GaO_4 ei eksisteeri)

b) $A = \text{CrCl}_3$ (0,5)

$B = \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ (0,5)

$C = \text{K}_2\text{CrO}_4$ (0,5)

$D = \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (0,5)

c) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{CrCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (1)

$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 6\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ (1)

$\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{KClO}_3 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 2\text{CO}_2 + \text{KCl}$ (1)

$2\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (1)

$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{CrO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (1)

Ülesanne 6. Pepto-bismol (10 p)

a) $m(\text{CaCO}_3) = (155550 + 39600 - 193040) \text{ mg} \cdot \frac{100,0 \text{ g/mol}}{44,0 \text{ g/mol}} \cdot \frac{1}{24} = 200 \text{ mg}$ (2)

b) $A = \text{CO}_2$ (0,5)

$C : H : O = \frac{60,87}{12,01} : \frac{4,38}{1,008} : \frac{34,75}{16,00} = 5,07 : 4,34 : 2,17 = 7 : 6 : 3$ (0,5)

$B = \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ (0,5)

$C = \text{Bi}$ (0,5)

c) $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (1)

$\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_4\text{Bi} + 3\text{HCl} \rightarrow \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3 + \text{BiCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (1)

$\text{BiCl}_3 + \text{Al} \rightarrow \text{AlCl}_3 + \text{Bi}$ (1)

d) $n(\text{Bi}) = 7272 \text{ mg} / (209,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 34,79 \text{ mmol}$ (1)

$m(\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3\text{Bi}) = 34,79 \text{ mmol} \cdot 362,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \frac{1}{24} = 525 \text{ mg}$ (1)

e) $m = 0,03479 \text{ mol} \cdot 138,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 4,80 \text{ g}$ (1)

Ülesanne 7. Homöopaatia (10 p)

a) $A = \text{Hg}$ (0,5)

$B = \text{I}$ (0,5)

$C = \text{Sb}$ (0,5)

$D = \text{S}$ (0,5)

b) $m(\text{HgI}_2) = 25 \text{ km}^3 \cdot 1,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot 10^{15} \text{ cm}^3 \cdot \text{km}^{-3} / (18,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) \cdot 10^{-15} \cdot 454,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $m(\text{HgI}_2) = 630 \text{ g}$ (2)

c) $V = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,200 \text{ dm}^3 / (200,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) \cdot 10^{15} \cdot 18,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} / 1000 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$
 $V = 1,8 \cdot 10^4 \text{ dm}^3$ (2)

d) $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O}) = 10 \text{ cm}^3 \cdot 0,935 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} / (1374 \text{ g}) \cdot [374/46,07 + 1000/18,02] \text{ mol}$
 $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O}) = 0,433 \text{ mol}$ (2)

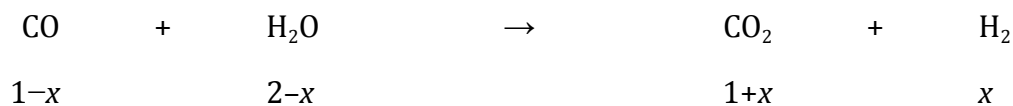
$N(\text{Sb}_4\text{S}_6) = 0,433 \text{ mol} \cdot 365 \cdot 10^{-24} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 95 \text{ molekuli Sb}_4\text{S}_6$ (1)

Ülesanne 8. Tõde või väär (10 p)

- a) tõde – Tegelikult eraldub loomakasvatuse tulemusena umbes sama palju gaasi kui kõikidest sõiduautodest.
 $m(\text{lehmad}) > m(\text{sõiduaudod})$
 $m(\text{lehmad}) < 1 \cdot 10^9 \cdot 30 \text{ kg/p} \cdot 10^{-12} \text{ Gt/kg} = \mathbf{0,03 \text{ Gt/p}}$ (liialdatud hinnang) (1)
 $m(\text{sõiduaudod}) = 10^9 \cdot 3000 \text{ kg/a} \cdot 10^{-12} \text{ Gt/kg} / (365 \text{ p/a}) = \mathbf{0,008 \text{ Gt/p}}$ (1)
- b) väär – Kuigi lennundus ei ole peamine heitmete allikas, on murettekitavad suurel kõrgusel atmosfääri sattuvad lämmastikoksiidid ja vesi.
 $m(\text{lennundus}) = 107 \cdot 10^3 \text{ t/h} \cdot 24 \text{ h/p} \cdot \text{Gt}/10^9 \text{ t} = \mathbf{0,0026 \text{ Gt/p}}$ (1)
 $\%(\text{lennundus}) = 0,0026 \text{ Gt/p} \cdot 365 \text{ p/a} / 50 \text{ Gt} \cdot 100 \approx \mathbf{2\%}$ (või sarnane arvutus) (1)
- c) väär – Mõnes ajakirjandusartiklis on teatatud pursetest, mille käigus eraldus 3000000 t CO₂. Teaduslikud aruanded ei kinnita neid numbreid, mis on ikkagi väiksemad kui sõiduaudode igapäevane heitkogus.
 $m(\text{Etna}) < m(\text{autod})$
 $m(\text{Etna}) = 8000 \text{ t/p} \cdot 10^{-9} \text{ Gt/t} = \mathbf{8 \cdot 10^{-6} \text{ Gt/p}}$ (1)
 $m(\text{autod}) = 0,300 \text{ Gt/kuu} / (30 \text{ kuu/p}) + 0,046 \text{ Gt/nädal} / (7 \text{ p/nädal}) \approx \mathbf{0,017 \text{ Gt/p}}$ (1)
- d) väär – Meie arvutus ei võta arvesse kogu geoloogiliste protsesside tulemusena eralduvat CO₂. Täpsem hinnang on 3–4 Gt, mis on siiski palju väiksem kui inimtekkelise CO₂ mass.
 $m(\text{vulkaanid}) < m(\text{transport})$
 $m(\text{vulkaanid}) = (18,5 + 20,0 + 14,8) / 1000 \text{ Gt/a} / (365 \text{ p/a}) = \mathbf{0,00015 \text{ Gt/p}}$ (1)
 $m(\text{transport}) = (0,0022 + 0,0166 + 0,0026) \text{ Gt/p} = \mathbf{0,021 \text{ Gt/p}}$ (1)
- e) väär – Metsade ja soode pindala tuleks suurendada 74%-ni maismaa kogupindalast, mis on peaaegu võimatu.
 $m(\text{metsad+sood}) = 135 \cdot 10^6 \text{ km}^2 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{km}^2 \cdot (0,27+0,03) \cdot 0,5 \text{ kg/a} / (365 \text{ p/a}) \cdot 10^{-12} \text{ Gt/kg}$
 $m(\text{metsad+sood}) = \mathbf{0,055 \text{ Gt/p}}$ (1)
 $A(\text{metsad+sood}) = 30\% \cdot 50 \text{ Gt/a} / (0,055 \text{ Gt/p} \cdot 365 \text{ p/a}) = 74\%$ (või sarnane arvutus) (1)

Ülesanne 9. Tasakaal (12 p)

- a) i) $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}$ ja ii) $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ (1)
- b) $n_{\text{gaas}} = 400 \text{ kPa} \cdot 2,00 \text{ dm}^3 / (1053 \text{ K} \cdot 8,314 \text{ m}^3 \cdot \text{Pa} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) = 0,0914 \text{ mol}$ (1)
 $m(\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = \frac{1}{4} \cdot 0,0914 \text{ mol} \cdot 164 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = \mathbf{3,75 \text{ g}}$ (1)
- c) $\Delta_r H^\circ = [-393,5 + 0 - (-110,5 + -241,8)] \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{mol} = \mathbf{-41,2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}$ (1)
 $\Delta_r S^\circ = [130,7 + 213,8 - (197,7 + 188,8)] \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = \mathbf{-42,0 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}}$ (1)
- d) $\Delta_r G^\circ = -41,2 \text{ kJ} - 1053 \text{ K} \cdot (-0,042 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1}) = \mathbf{3,0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}$ (1)
- e) $a = -0,434 \cdot 3000 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} / (1053 \text{ K} \cdot 8,314 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) = -0,15$
 $K = 10^{0,15} = \mathbf{0,71}$ (1)
- f) $K = [\text{H}_2][\text{CO}_2] / \{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]\}$

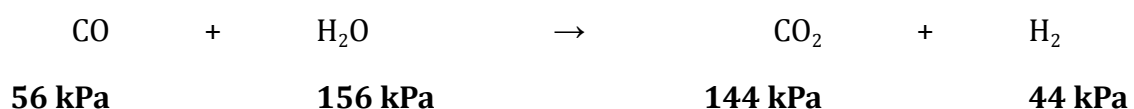


$$K = (1+x) \cdot x / (1-x) / (2-x) = 0,71 \quad (1)$$

$$(1-K)x^2 + (1+3K)x - 2K = 0$$

$$0,29 \cdot x^2 + 3,13 \cdot x - 1,42 = 0 \Rightarrow x^2 + 10,79 \cdot x - 4,90 = 0 \Rightarrow x \approx 4,90 / 10,79 = 0,454$$

$$\text{Täpsem lahendus: } x = \frac{1}{2} \cdot [-4,41 + (4,41^2 + 4 \cdot 4,90)^{1/2}] = \mathbf{0,436} \quad (2)$$



(4×0,5)