

2025/26. öa keemiaolümpiaadi piirkonna

9. klass

Lahendused

1. Ballieelne keemiatest. Autor: Ivar Golubenko

(11 p)

a)

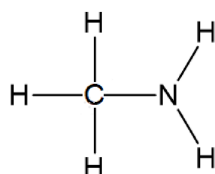
(8×0,25)

- i) Happelised: SeO_2 , SiO_2 ,
- ii) Aluselised: Rb_2O , FeO
- iii) Amfoteersed: ZnO , Al_2O_3
- iv) Neutraalsed: NO , CO

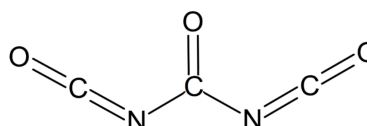
b)

(2×1)

i) CH_3NH_2



ii) $\text{CO}(\text{NCO})_2$



c)

(4×0,5)

- i) $\text{Pd} = \text{II} (+2)$
- ii) $\text{Au} = \text{III} (+3)$
- iii) $\text{Pt} = \text{IV} (+4)$
- iv) $\text{Ag} = +8/3$

d) i) $14,5 \mu\text{mol}/\text{cm}^3 = 1,45 \cdot 10^{-5} \text{ kmol}/\text{dm}^3$

(0,5)

ii) $4,4 \text{ g}/\text{mol} = 4,4 \cdot 10^5 \text{ cg}/\text{kmol}$

(0,5)

e) $M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 342,3 \text{ g}/\text{mol}$

$m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = n_{\text{suhkur}} \cdot M_{\text{suhkur}} \cdot (V_{\text{lahus}}/V_{100 \text{ ml}})$

$m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 0,012 \text{ mol} \cdot 342,3 \text{ g}/\text{mol} \cdot (1000 \text{ ml}/100 \text{ ml}) \approx 41 \text{ g}$

(0,5)

$N(\text{teelusikad}) = m_{\text{suhkur}}/c_{\text{suhkur teelusikas}} = 41 \text{ g}/5 \text{ g}/\text{tl} \approx 8 \text{ tl}$

(0,5)

f) $3\text{K}_2\text{O} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow 2\text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$

(1)

$3\text{PbO} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$

(1)

$\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow 2\text{AlPO}_4 \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$

(1)

2. Roostevabast terasest segisti. Autor: Jan Hendrik Järvemets

(10 p)

a) A = Fe

(0,5)

B = Cr

(1)

C = Ni

(0,5)

$A(\text{B}) \cdot 1,129 = A(\text{C})$ ehk $52,00 \text{ g}/\text{mol} \cdot 1,129 \approx 58,69 \text{ g}/\text{mol}$

Metalli B võib leida ka sooladest:

$M_2 - 2 \cdot A(\text{Cl}) = A(\text{B})$ ehk $122,90 \text{ g}/\text{mol} - 2 \cdot 35,45 \text{ g}/\text{mol} = 52,00 \text{ g}/\text{mol}$

$M_3 - 3 \cdot A(\text{Cl}) = A(\text{B})$ ehk $158,35 \text{ g}/\text{mol} - 3 \cdot 35,45 \text{ g}/\text{mol} = 52,00 \text{ g}/\text{mol}$

b) i) $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

(1)

või $\text{MgCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

ii) $\text{Cr} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CrCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$

(1)

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

(1)

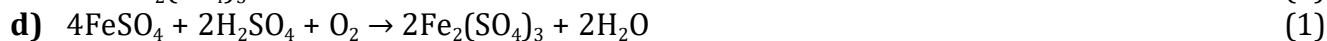
c) Rauda levinumad oksüdatsiooniastmed ühendites on II ja III. Juhul, kui soola N valemis on kaks Fe aatomit oksüdatsiooniastmega III, siis:

$M(\text{N}) = nM(\text{Fe})/w(\text{Fe}) = (2 \cdot 55,85 \text{ g}/\text{mol})/0,2793 = 399,93 \text{ g}/\text{mol}$

Võimalikud levinud tugevate mineraalhapete anioonid: Br^- , I^- , NO_3^- , SO_4^{2-} .

$M_{\text{anioon}} = (M(\text{N}) - nM(\text{Fe}))/3 = (399,93 \text{ g}/\text{mol} - 2 \cdot 55,85 \text{ g}/\text{mol})/3 \approx 96,06 \text{ g}/\text{mol}$

Leitud aniooni molaarmass vastab sulfaatioonile (SO_4^{2-}), millest järeldub, et hape **K** on väävelhape. Kuna soolas **N** on raua o.a III, peab soolas **M** sisalduvate raua aatomite oksüdatsiooniaste olema II.



f) Sobib üks järgmistest teguritest: kõrge õhuniiskus; veeaur; pidev märgumine; soe keskkond; vees lahustunud soolad/elektrolüüdid; pesuvahendite jäägid pinnal. (0,5)

3. Hommikune mõistatus. Autor: Kristi Koitla (9 p)

a) (6×1)

1. KI

2. H_2SO_4

3. NH_4Cl

4. MgSO_4

5. NaOH

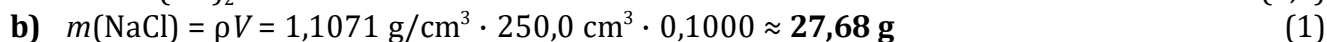
6. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$



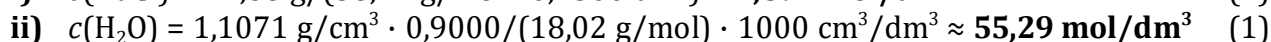
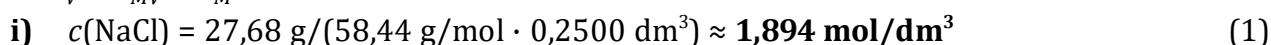
4. Suur segadus. Autor: Gleb Vahtra (10 p)

Allikas:

- Keemia õpik IX klassile. Martin Saar, Neeme Katt.



c) $c = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV} = \frac{\rho}{M}$



d) Ruumala muutuse tõttu peab lahendama masside kaudu:

1) $m(\text{lahus})_{\text{küllastunud}} + m(\text{lahus})_{5\%} = m(\text{lahus})_{10\%}$

$1,201 \cdot V_{\text{küllastunud}} + 1,034 \cdot V_{5\%} = 1,1071 \cdot 250 \text{ (cm}^3\text{)}$ (1)

2) $m(\text{NaCl})_{\text{küllastunud}} + m(\text{NaCl})_{5\%} = m(\text{NaCl})_{10\%}$

$35,8 / (100 + 35,8) \cdot 1,201 \cdot V_{\text{küllastunud}} + 0,0500 \cdot 1,034 \cdot V_{5\%} = 0,100 \cdot 1,1071 \cdot 250$ (1)

$V_{\text{küllastunud}} \approx 53,9 \text{ cm}^3$ (0,5)

$V_{5\% \text{ lahus}} \approx 205 \text{ cm}^3$ (0,5)



$N(\text{Ag}^+) = n(\text{NaCl}) \cdot N_A = \frac{mN_A}{M} = \frac{\rho V N_A}{M}$

$N(\text{Ag}^+) = (200 \text{ cm}^3 \cdot 1,1071 \text{ g/cm}^3 \cdot 0,1 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}) / 58,44 \text{ g/mol} \approx 2,28 \cdot 10^{23}$ (1)



5. Kihisevad tabletid. Autor: Karl Adler**(10 p)**

- a) i) $m(\text{gaas}) = 20,0 \text{ g} \cdot (0,350 + 0,459) - 9,40 \text{ g} - 1,97 \text{ g} = 4,81 \text{ g}$ (0,5)
 $M(\text{gaas}) = (V_m \cdot m)/V(\text{CO}_2) = (22,4 \text{ dm}^3/\text{mol} \cdot 4,81 \text{ g})/2,45 \text{ dm}^3/\text{mol} = \mathbf{44,0 \text{ g/mol}}$ (0,5)
ii) 1. $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 + 3\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2\uparrow$ (1)
- b) i) 2. $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ (1)
3. $\text{Ba}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{BaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (1)
ii) $n = cV \Rightarrow n_{\text{alg}}(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 400 \text{ cm}^3 \cdot 1 \text{ dm}^3/1000 \text{ cm}^3 \cdot 0,300 \text{ mol/dm}^3 = \mathbf{0,120 \text{ mol}}$ (0,5)
iii) $n_{\text{jääk}}(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0,5 \cdot n(\text{HCl})$
 $n_{\text{jääk}}(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0,5 \cdot 26,25 \text{ cm}^3 \cdot 1 \text{ dm}^3/1000 \text{ cm}^3 \cdot 0,800 \text{ mol/dm}^3 = \mathbf{0,0105 \text{ mol}}$ (1)
iv) $n(\text{CO}_2) = n_{\text{alg}}(\text{Ba}(\text{OH})_2) - n_{\text{jääk}}(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0,120 \text{ mol} - 0,0105 \text{ mol} = 0,1095 \text{ mol}$
 $V = nV_m = 0,1095 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol} \approx \mathbf{2,45 \text{ dm}^3}$ (1)
- c) i) $n(\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7) = n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) = (20,0 \text{ g} \cdot 0,350)/192,12 \text{ g/mol} \approx 0,03644 \text{ mol}$
 $c(\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7) = 0,03644 \text{ mol}/0,500 \text{ dm}^3 \approx \mathbf{0,0729 \text{ mol/dm}^3}$ (0,5)
ii) 4. $2\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 + 3\text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2\downarrow + 6\text{NaCl}$ (1)
iii) $n[\text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2] = \frac{2}{5} \cdot 0,03644 \text{ mol} \cdot \frac{1}{2} \approx \mathbf{7,29 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}$ (0,5)
iv) $n(\text{Na}^+) = 3 \cdot \frac{2}{5} \cdot 0,03644 \text{ mol} \approx \mathbf{0,0438 \text{ mol}}$ (0,5)
- d) Endotermiline (0,5)
- e) $(20 \cdot 500 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot 10^6 \text{ mg/1 kg})/80,0 \text{ mg} = \mathbf{125 \text{ korda}}$ (0,5)

6. Teeme pauku! Autor: Jörgen Metsik**(20 p)**

Allikad:

- J. A. Conkling ja Christopher J. Mocella (2010). *Chemistry of Pyrotechnics. Basic Principles and Theory. Second Edition*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- <https://www.nakka-rocketry.net/sucrose.html>

- a) $x = 6, y = 10, z = 5$ (3×0,5)
- b) Iga hüdroksüülühma asendumisel nitraatühmaga muutub monomeerlülil molaarmass kui
 $\Delta M = 2M(\text{O}) + M(\text{N}) - M(\text{H}) = 45,00 \text{ g/mol}$ (0,5)
Kui ühe monomeerlülil kohta asendatakse α-hüdroksüülühma, kasvab puuvilla mass m_1 monomeerlülil suhtelise massi muutuse võrra:
 $m_2 - m_1 = \Delta m = m_1 \cdot \alpha(\Delta M)/M_{\text{monomeerlülil}}$ (0,5)
Avaldades α ja asendades arvud võrrandisse, saame, et:
 $\alpha = (\Delta m \cdot M_{\text{monomeerlülil}})/(m_1 \cdot \Delta M)$
 $\alpha = (0,721 \text{ g} \cdot 162,14 \text{ g/mol})/(1,019 \text{ g} \cdot 45,00 \text{ g/mol}) = \mathbf{2,55}$ (1)
- c) Hindamine: 0,5 p õigete saaduste valemite eest, 1 p õige tasakaalustamise eest.
 $2\text{C}_6\text{H}_7\text{N}_3\text{O}_{11} \rightarrow 9\text{CO} + 3\text{CO}_2 + 3\text{N}_2 + 7\text{H}_2\text{O}$ (1,5)
- d) i) H (-10), ii) K (+1), iii) H (-1), iv) K (+21) (4×0,5)
- e) $8\text{Al} + 3\text{KClO}_4 \rightarrow 4\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{KCl}$ (0,5)
 $5\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 24\text{NH}_4\text{ClO}_4 \rightarrow 30\text{CO}_2 + 66\text{H}_2\text{O} + 12\text{N}_2 + 24\text{HCl}$ (1)
- f) i) $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ püro-valents = $12(+4) + 22(+1) + 11(-2) = +48$
 KNO_3 püro-valents = $1 + 0 + 3(-2) = -5$ (0,5)
 $n(\text{KNO}_3) = 150 \text{ g}/101,10 \text{ g/mol} = 1,484 \text{ mol}$
 KNO_3 püro-valents = $1,484 \text{ mol} \cdot (-5) = -7,418 \text{ mol}$ (0,5)
 $n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = |-7,418 \text{ mol}|/48 = 0,1545 \text{ mol}$
 $m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 0,1545 \text{ mol} \cdot 342,3 \text{ g/mol} \approx \mathbf{52,9 \text{ g}}$ (0,5)
ii) Hindamine: 0,5 p õigete saaduste valemite eest, 1 p õige tasakaalustamise eest.
 $48\text{KNO}_3 + 5\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \rightarrow 24\text{K}_2\text{CO}_3 + 24\text{N}_2 + 36\text{CO}_2 + 55\text{H}_2\text{O}$ (1,5)
- g) $m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 1,484 \text{ mol}/6,29 \cdot 342,3 = \mathbf{80,8 \text{ g}}$ (0,5)

h) i) Gaasi hulk pudelis enne nitrovati põlemist:

$$n(\text{gaas}) = 0,50 \text{ dm}^3 / 24,5 \text{ dm}^3/\text{mol} = 0,02041 \text{ mol} \quad (0,5)$$

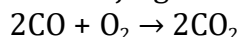
Gaaside hulk, mis tekib nitrovati põlemisel:

$$n(\text{gaasid}) = (1,740 \text{ g} / 297,15 \text{ g/mol}) \cdot 11 = 0,06441 \text{ mol} \quad (0,5)$$

$$\text{Põlemisgaasidest moodustab CO } \frac{9}{22} \cdot 0,06441 \text{ mol} = 0,02635 \text{ mol.}$$

Õhus on $0,20 \cdot 0,02041 \text{ mol} = 0,004082 \text{ mol}$ hapnikku.

CO reageerib hapnikuga järgmise võrrandi järgi:



Kuna süsinikoksiidi on reaktsiooniks rohkem kui vaja, reageerib ära kogu hapnik ja gaaside moolide arv väheneb hapniku moolide arvu võrra. (0,5)

Gaaside hulk pudelis pärast nitrovati põlemist:

$$n(\text{gaasid}) = 0,02041 \text{ mol} + 0,06441 \text{ mol} - 0,004082 \text{ mol} = 0,08074 \text{ mol} \approx \mathbf{0,081 \text{ mol}} \quad (0,5)$$

ii) Hindamine: 0,5 p õige järelduse eest, 1 p valemi kasutamise eest järelduseni jõudmisel.

$$Q = nC_v \Delta T \quad \left| \cdot \frac{1}{nC_v} \Rightarrow \Delta T = Q / nC_v \right.$$

$$\Delta T = (1,740 \text{ g} \cdot 10,9 \text{ kJ/g} \cdot 1000 \text{ J/1 kJ}) / (0,08074 \text{ mol} \cdot 20 \text{ J/(mol} \cdot ^\circ\text{C)}) \approx \mathbf{10\,000\,^\circ\text{C}} \quad (1)$$

Niivõrd kõrge temperatuuri saavutamine ei ole realistlik, sest juba tuhandetesse kraadidesse küündiva temperatuuri juures ei oleks kõik põlemisgaasid stabiilsed, mis piirab maksimaalset saavutatavat temperatuuri. Gaasi soojusmahtuvus C_v ei ole temperatuuri tõusul päris konstantne ja samuti ei ole põlemine päris momentaalne (arvesse tuleks võtta ka soojusülekannet pudelile). (0,5)

iii) Hindamine: 1 p õige järelduse eest, 1 p ideaalgaasi olekuvõrrandi kasutamise eest järelduseni jõudmisel.

$$pV = nRT \quad \left| \cdot \frac{1}{V} \Rightarrow p = nRT/V \right.$$

Kui rõhk kasvaks ainult gaasi moolide arvu kasvu arvelt, kasvaks rõhk $p = 0,08074 \text{ mol} / 0,02041 \text{ mol} \cdot 1 \text{ atm} = 3,95 \text{ atm}$. Sellest ei piisaks pudeli õhku laskmiseks.

h) ii) põhjal võib temperatuur tõusta pudelis väga kõrgeks. Kuigi täpset väärtust ei saa meie lihtsa mudeliga välja arvutada, on vaja pudeli õhku laskmiseks ainult temperatuuri kasvu $10/3,95 = 2,53$ korda ehk väärtuseni $(273,15 + 25) \text{ K} \cdot 2,53 \approx 750 \text{ K}$. Selle temperatuuri saavutamiseks on nitrovati põlemisel vabanev energia enam kui piisav. (2)

i) A = NO₂, D = NO (1)

j) i) $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$ (1)

ii) $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ (0,5)