

2022/23. õa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesanded

g. klass

Lahendused

1. Kõõgikeemia (11 p)

- a) i) CH_3COOH – happeline, CO_2 – happeline (1)
 ii) NaHCO_3 – aluseline (0,5)
 iii) NaCl – neutraalne, SiO_2 – neutraalne (1)
- b) i) 2 – jaotuslehter (0,5)
 ii) alumisse kihti (0,5)
 iii) 1 – jahuti, 3 – bürett, 4 – lehter (1,5)
- c) i) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ (1)
 ii) $2\text{C}_3\text{H}_5(\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2)_3 + 163\text{O}_2 \rightarrow 114\text{CO}_2 + 110\text{H}_2\text{O}$ (2)
- d) $N = 10,0 \text{ g} \div 180,16 \text{ g/mol} \cdot (6 + 12 + 6) \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol} = 8,02 \cdot 10^{23}$ (2)
- e) $V = 10,0 \text{ g} \div 180,16 \text{ g/mol} \cdot 6 \cdot 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol} = 7,46 \text{ dm}^3$ (1)

11 p

2. Tundmatu element (13 p)

- a) B – O_2 (0,5)
 C – S (S_8) (0,5)
 D – SO_2 (0,5)
 E – SO_3 (0,5)
 F – H_2 (0,5)
 G – H_2O (0,5)
 H – H_2SO_4 (0,5)
 I – H_2SO_3 (0,5)
- b) Kuna elavhõbedaühendi A kuumutamisel moodustuvad ainult lihtained, peab A üldvalem olema Hg_yX_x . Seega avaldub elemendi X sisaldus kui

$$x \cdot M(\text{X}) / (x \cdot M(\text{X}) + y \cdot M(\text{Hg})) = 0,0739$$
 (1)
 Avaldise lihtsustamisel saame, et $M(\text{X}) = 16,0 \cdot y / x$ (1)
 Ainult siis, kui $x = 1$ ja $y = 1$, vastab molaarmass elemendile, mis annab gaasilise lihtaine ($M(\text{O}) \approx 16,0 \text{ g/mol}$), seega on A valem HgO. (1)
- c) i) $2\text{HgO} \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{Hg}$ (0,5)
 ii) $\text{O}_2 + \text{S} \rightarrow \text{SO}_2$ (0,5)
 iii) $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ (0,5)
 iv) $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ (0,5)
 v) $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ (0,5)
 vi) $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ (0,5)
- d) i) $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (0,5)
 ii) $\text{SO}_3 + \text{Li}_2\text{O} \rightarrow \text{Li}_2\text{SO}_4$ (0,5)
 iii) $3\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (1)
 iv) $3\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$ (1)

13 p

3. Proua Winslow Rahustav Siirup (4,5 p)

- a) $m = 30 \text{ cm}^3 \cdot 2,2 \text{ mg/cm}^3 = 66 \text{ mg}$ (0,5)
- b) $m(\text{morfiin}) = 10 \text{ cm}^3 \cdot 27 \text{ mg/cm}^3 = 270 \text{ mg}$ (0,5)
 $V(\text{lahus}) = 270 \text{ mg} \div 2,2 \text{ mg/cm}^3 = 123 \text{ cm}^3$ (0,5)
 $V(\text{vesi}) = 123 \text{ cm}^3 - 10 \text{ cm}^3 = 113 \text{ cm}^3 \approx 110 \text{ cm}^3$ (0,5)
- c) $V(\text{lahus}) = 60 \text{ kg} \cdot 0,20 \text{ mg/kg} \div 2,2 \text{ mg/cm}^3 = 5,5 \text{ cm}^3$ (1)
- d) $m(\text{morfiin})/\text{kehamass} = 10 \cdot 0,050 \text{ cm}^3 \cdot 2,2 \text{ mg/cm}^3 \div 4,3 \text{ kg} \approx 0,26 \text{ mg/kg}$ (1)
- e) Beebile manustatud doos oli $0,256 \text{ mg/kg} \div 0,20 \text{ mg/kg} \approx 1,3$ korda suurem. (0,5)

4,5 p

4. Juhendaja mõistatus (10 p)

- a) i) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ (1)
ii) $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{NaNO}_3 + \text{MgCO}_3\downarrow$ (1)
iii) $\text{Na}_2\text{S} + \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{CuS}\downarrow + 2\text{NaCl}$ (1)
iv) $\text{Na}_2\text{S} + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{S}\uparrow$ (1)
- b) A – AgNO_3 (1)
B – NaCl (1)
C – HCl (1)
D – Na_2CO_3 (1)
E – BaCl_2 (1)
F – Na_2SO_4 (1)

10 p

5. Riikalik retsept (11,5 p)

- a) $M(\text{NaCl}) = 22,99 + 35,45 = 58,44 \text{ g/mol}$ (0,5)
 $m(\text{NaCl}) = 58,44 \cdot 0,50 \approx 29 \text{ g}$ (0,5)
- b) $M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 12 \cdot 12,01 + 22 \cdot 1,008 + 11 \cdot 16,00 = 342,296 \text{ g/mol} \approx 342 \text{ g/mol}$ (0,5)
 $n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \text{ toosis}) = 9,0 \text{ g} \div 342 \text{ g/mol} = 0,0263 \text{ mol} \approx 0,026 \text{ mol}$; **rohkem kui 0,025 mol**
ehk piisab küll (0,5)
Või:
 $m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \text{ vaja}) = 0,025 \text{ mol} \cdot 342 \text{ g/mol} \approx 8,6 \text{ g}$; **vähem kui 9 g ehk piisab**
- c) $c = 0,0263 \text{ mol} / 5,0 \text{ dm}^3 = \mathbf{0,0053 \text{ mol/dm}^3}$ (0,5)
- d) $c(\text{NaCl} \text{ alguses}) = 0,50 \div 5,0 = 0,10 \text{ mol/dm}^3$ (0,5)
 $n(\text{NaCl} \text{ kruusis peale joomist}) = 0,10 \text{ mol/dm}^3 \cdot (0,100 - 0,015) \text{ dm}^3 = 0,0085 \text{ mol}$ (1)
 $c(\text{NaCl} \text{ peale vee lisamist}) = 0,0085 \text{ mol} \div (0,085 + 0,050) \text{ dm}^3 = 0,063 \text{ mol/dm}^3$ (1)
Või:
lahjendus = $(0,100 - 0,015 + 0,050) \div (0,100 - 0,015) = 1,59 \text{ korda}$ (1)
 $c(\text{NaCl} \text{ peale vee lisamist}) = 0,1 \div 1,59 \text{ mol/dm}^3 = \mathbf{0,063 \text{ mol/dm}^3}$ (1)
- e) Olgu suhkru moolide arv x ja soola oma y .
 $m(\text{suhkur}) = 342x \text{ g}$ ja $m(\text{sool}) = 58,5y \text{ g}$ (1)
 $m(\text{puljong}) = 5,0 \text{ dm}^3 \cdot 1,0 \text{ kg/dm}^3 = 5 \text{ kg} = 5000 \text{ g}$ (0,5)
 $\% \text{sisaldus}(\text{suhkur}) = 342x \div 5000 \cdot 100 = 6,84x$ (0,5)
 $\% \text{sisaldus}(\text{sool}) = 58,5y \div 5000 \cdot 100 = 1,17y$ (0,5)
Võrrand: $1,17y + 6,84x = 0,6246\%$ (0,5)
 $c(\text{suhkur}) = x/5 \text{ mol/dm}^3$ (0,5)
 $c(\text{sool}) = y/5 \text{ mol/dm}^3$ (0,5)
Võrrand: $0,2x + 0,2y = 0,068 \text{ mol/dm}^3$ (0,5)
Võrrandisüsteemi lahendid on $x = 0,040 \text{ mol}$ ja $y = 0,30 \text{ mol}$ (2)

11,5 p

6. Süsiniku pinnakeemia (20 p)

a) Leiame südamikruumala:

$$V = 0,11 \text{ m} \cdot \pi \cdot (0,00050 \text{ m})^2 = 8,6 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \quad (0,5)$$

Kristallstruktuurist on näha, et kui panna see kogu ruumala ühte kihti, oleks tema "kõrgus" 335 pm. (0,5)

Selise monokihi pindala on siis leitav:

$$A = 8,6 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 / (335 \cdot 10^{-12} \text{ m}) = \mathbf{260 \text{ m}^2}. \quad (0,5)$$

b) Antud valemi järgi iga kuusnurga pindala on $A = 5,24 \text{ \AA}^2 = 5,24 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2$.

Iga süsiniku aatom on osa kolmest kuusnurgast heksagooni. Iga aatom annab siis $\frac{1}{3}$ oma massist igale kuusnurgale. Järelikult ühe kuusnurgase struktuuriühiku kohta on grafeenis $6 \cdot \frac{1}{3} = 2$ aatomit. (0,5)

Üks mool heksagoone annab pindalat:

$$A_{\text{mol}} = A \cdot N_A = 5,24 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 3,15 \cdot 10^4 \text{ m}^2 \text{ mol}^{-1}. \quad (0,5)$$

Ühele moolile heksagoone vastab 2 mol süsiniku aatome. Nende mass mooli heksagoone kohta:

$$M = 2 \cdot 12,0 \text{ g mol}^{-1} = 24,0 \text{ g mol}^{-1}.$$

Ühe külje eripindala on siis leitav:

$$A_{\text{mol}} / M = 1310 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}. \quad (0,5)$$

Grafeenil on aga kaks külge, ehk kogu eripindala on kaks korda rohkem:

$$\sigma_g = \mathbf{2620 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}} \quad (0,5)$$

Ilma moolidesse ülemineku lahendus ka võimalik, kasutades aatomite masse otseselt.

c) Tasakaalulises reaktsioonis edasi- ja vastassuunalise protsesside kiirused on võrdsed:

$$k_a p [A] = k_d [N_{2(\text{ads})}] \quad (0,5)$$

Kogu pinnapunktide kontsentratsioon on $[A] + [N_{2(\text{ads})}]$. Pinna kattuvus θ on siis:

$$\theta = [N_{2(\text{ads})}] / ([A] + [N_{2(\text{ads})}]) \quad (0,5)$$

Avaldame $[N_{2(\text{ads})}]$ läbi $[A]$:

$$k_a/k_d p [A] = \theta ([A] + k_a/k_d p [A])$$

$$K p = \theta (1 + K p)$$

$$\theta = K p / (1 + K p) \quad (1)$$

d) $K p \ll 1$: $\theta \rightarrow K p$ (0,5)

$K p \gg 1$: $\theta \rightarrow 1$ (0,5)

e) Pinna kattuvus θ on võrdne adsorbeerunud N_2 hulga ja võimalikult palju adsorbeeritava hulga suhele. Viimane on Langmuiri mudeli järgi monokihi juhtum, ehk molekulid on paigutatud pinnal nii tihedalt, kui võimalik.

Seega $\theta = m_p / m_0$, kus m_0 on antud proovil kogu pinna katva N_2 monokihi mass. Otsime seda väärtust. (0,5)

Koostame võrrandisüsteem:

$$150 \text{ mg} / m_0 = K \cdot 71 \text{ kPa} / (1 + K \cdot 71 \text{ kPa}) \quad (1)$$

$$190 \text{ mg} / m_0 = K \cdot 140 \text{ kPa} / (1 + K \cdot 140 \text{ kPa})$$

$$m_0 / 150 \text{ mg} = 1 / (K \cdot 71 \text{ kPa}) + 1 \quad | \quad 1/K = (m_0 / 150 \text{ mg} - 1) \cdot 71 \text{ kPa}$$

$$m_0 / 190 \text{ mg} = 1 / (K \cdot 140 \text{ kPa}) + 1$$

$$m_0 / 190 \text{ mg} = (m_0 / 150 \text{ mg} - 1) \cdot 71 \text{ kPa} / 140 \text{ kPa} + 1$$

$$m_0 / 190 \text{ mg} = 71 \text{ kPa} / 140 \text{ kPa} \cdot m_0 / 150 \text{ mg} - 71 \text{ kPa} / 140 \text{ kPa} + 1$$

$$m_0 = 260 \text{ mg} \quad (1)$$

$$\text{Moolihulk } n_0 = 260 \text{ mg} / 28 \text{ g mol}^{-1} = 0,0093 \text{ mol}$$

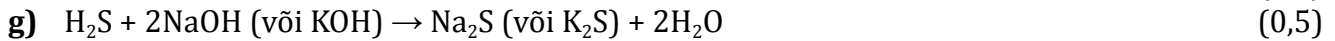
$$\text{Molekulide arv } N_0 = 0,0093 \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 5,6 \cdot 10^{21}$$

Monokihi poolt hõlmatav pindala ehk aktiveeritud süsiniku proovi kogu väline pindala siis:

$$A = 5,6 \cdot 10^{21} \cdot 0,162 \text{ nm}^2 = 910 \text{ m}^2$$

Proovi eripindala siis:

$$\sigma_a = 910 \text{ m}^2 / 0,59 \text{ g} = \mathbf{1500 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}} \quad (0,5)$$



i) Hüpokloorishape dissotsieerumine:



pH on happelisuse, ehk H^+ ionide kontsentratsiooni määr. Mida madalam pH, seda suurem H^+ ionide kontsentratsioon. (0,5)

Seega pH-i suurendamine vastab H^+ ionide kontsentratsiooni vähendamisele. Le Chatelier'i printsiibi kohta, süsteemi tasakaal hakkab liikuma produktide (paremale) poole ühe neist (H^+) vähendamisel (dissotsieerumise suund kiirendab), ehk $HClO$ kontsentratsioon väheneb ja ClO^- oma suureneb. (2,5)

Vastupidine on ka õige: pH-i vähendamisel suureneb H^+ kontsentratsioon, ehk süsteemi tasakaal liigub reagendi (vasakus) suunas (rekombineerumise suund kiirendab), ehk $HClO$ kontsentratsioon suureneb ja ClO^- oma väheneb.

j) Mõlemas vees pH jääb konstantseks, ehk $HClO$ ja ClO^- osakaalud jäävad samaks, ehk kogu filtreerimise kiirused on ka konstantsed. Isegi kui üks neist reageerib kiiremini, dissotsieerumise tasakaal korrigeerib seda, et osakaal jääks samaks. (0,5)

Molekuli või iooni filtreerimise kiirus on võrdeline siis eripindalale, filtri massile ja korrutisele 1 ClO^- jaoks ning 3,0 $HClO$ jaoks. Kokku mõlema filtreerimise kiirused osakaalude koeffitsientidega (tabelist) annavad kogu filtreerimise kiiruse.

pH = 6 jaoks:

$HClO$ kiirus $\sim 2900 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} \cdot 4,5 \text{ g} \cdot 3,0$

ClO^- kiirus $\sim 2900 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} \cdot 4,5 \text{ g} \cdot 1,0$

Kogu kiirus $\sim 0,97 \cdot (2900 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} \cdot 4,5 \text{ g} \cdot 3,0) + 0,03 \cdot (2900 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} \cdot 4,5 \text{ g} \cdot 1,0)$ (1)

pH = 8 jaoks:

$HClO$ kiirus $\sim 3200 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} \cdot m \cdot 3,0$

ClO^- kiirus $\sim 3200 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} \cdot m \cdot 1,0$

Kogu kiirus $\sim 0,23 \cdot (3200 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} \cdot m \cdot 3,0) + 0,77 \cdot (3200 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} \cdot m \cdot 1,0)$ (1)

Otsime uue filtri massi m , kui kogu kiirused on samad:

$0,97 \cdot (2900 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} \cdot 4,5 \text{ g} \cdot 3,0) + 0,03 \cdot (2900 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} \cdot 4,5 \text{ g} \cdot 1,0) =$

$= 0,23 \cdot (3200 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} \cdot m \cdot 3,0) + 0,77 \cdot (3200 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} \cdot m \cdot 1,0)$

$38000 \text{ m}^2 = 4700 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} \cdot m$

$m = 8,2 \text{ g}$ (1)

20 p