

2023/24. õa keemiaolümpiaadi piirkonnavor

11. ja 12. klass

Lahendused

1. Hapu olukord (10 p) Autor: Andreas Simson

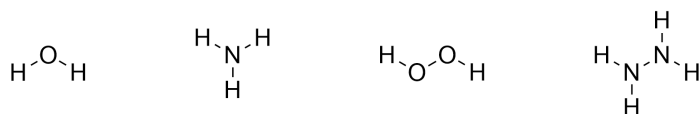
- a) Karboksüülrühm, hüdroksüülrühm (2)
- b) $B > C > A$ või $A > B > C$ (2)
 Oodatud järjekord ($B > C > A$) lähtub COOH ja OH rühmade arvust ning tugineb eeldusele, et funktsionaalrühmad määravad molekuli omadusi. Reaalne järjekord ($A > B > C$) viitab sellele, et praktikas mängivad molekulide füüsikalised omadused, nagu ruumala ja nende võime dissotsieeruda, olulisemat rolli kui lihtsalt funktsionaalrühmade arv.
- c) $B < C < A$ (2)
- d) $A - C_3H_6O_3$ (0,5)
 $B - C_6H_8O_7$ (0,5)
 $C - C_4H_6O_5$ (0,5)
- e) A (piimhape) – 2-hüdroksüpropanhape (0,5)
 B (sidrunhape) – 2-hüdroksüpropan-1,2,3- trikarboksüülhape (1)
 C (õunhape) – 2-hüdroksübutaandihape (1)

2. Hääletu tapja (10 p) Autor: Anne-Mai Adamberg

- a) Vihjeteks on küüslaugulõhn, surmav mürk, paiknemine perioodilisustabelis ning oksiidi molaarmass, mille järgi saab arvutada elemendi X molaarmassi. Kui elemendi o.a oleks I või II, siis selle molaarmassiga elementi ei ole metallide-mitmetallide piirilal, o.a III annab sobiva tulemuse
 $M(X) = (395,7/2 - 3 \cdot 16)/2 \text{ g mol}^{-1} = 74,9 \text{ g mol}^{-1} \rightarrow \text{As}$ (1)
 X on arseen
- b) A – As_4O_6 (või As_2O_3) (0,5)
 B – As_4S_6 (või As_2S_3 . Vihje: osakeste suhe sama, mis oksiidis A) (0,5)
 C – As_4O_{10} (või As_2O_5 . Vihje: elemendi X oksüdatsiooniaste muutub kahe võrra) (0,5)
 D – H_3AsO_3 (vastava oksiidi hape) (0,5)
- c) i) $4As + 3O_2 \rightarrow 2As_2O_3$ (1)
 ii) $2As_2S_3 + 9O_2 \rightarrow 2As_2O_3 + 6SO_2$ (1)
 iii) $As_2O_3 + 4HNO_3 \rightarrow As_2O_5 + 4NO_2 + 2H_2O$ (1)
 iv) $As_2S_3 + 6H_2O \rightarrow 2H_3AsO_3 + 3H_2S$ (1)
- d) i) $Zn + 2HNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + H_2\uparrow$ (10,5)
 ii) $As_2O_3 + 6H_2 \rightarrow 2AsH_3 + 3H_2O$ (1)
 iii) $4AsH_3 + 3O_2 \rightarrow 4As + 6H_2O$ (1)

3. Raketiteadus (10 p) Autor: Meelis Härmas

- a) $2NH_3 + H_2O_2 \rightarrow N_2H_4 + 2H_2O$ (1)
- b) (4×0,5)



- c) $\Delta H_r = \Delta H_{N_2H_4} + 2\Delta H_{H_2O} - 2\Delta H_{NH_3} - \Delta H_{H_2O_2}$ (1)
 $\Delta H_r = 51 \text{ kJ mol}^{-1} + 2 \cdot -242 \text{ kJ mol}^{-1} - (2 \cdot -46 \text{ kJ mol}^{-1} + -188 \text{ kJ mol}^{-1})$ (1)
 $\Delta H_r = -153 \text{ kJ mol}^{-1}$ (1)
- d) $m(N_2H_4) = 25 \text{ dm}^3 \cdot 1,03 \text{ kg dm}^{-3} \cdot 0,7 = 18,025 \text{ kg}$ (1)
 $n(N_2H_4) = 18025 \text{ g} / 32,05 \text{ g mol}^{-1} = 563,4 \text{ mol}$ (1)
 Toimub reaktsioon $3N_2H_4 \rightarrow 4NH_3 + N_2$ (see ainuke eksotermiline reaktsioon)
 $E = 563,28 \text{ mol} \cdot \frac{1}{3} \cdot (4 \cdot 46 - 3 \cdot 51) \text{ kJ mol}^{-1} = 5821 \text{ kJ}$ (1)
 $t = 5821 \text{ kJ} / 220 \text{ kJ s}^{-1} = 26 \text{ s}$ (1)

4. Põmm ja piraki (10 p) Autor: Andreas Päkk

a) Arvutame süsiniku, vesiniku ning lämmastiku moolide arvu ühendis **B**:

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 2,904 \text{ g} / 44,01 \text{ g mol}^{-1} = 0,0660 \text{ mol} \quad (0,5)$$

$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 0,990 \text{ g} / 18,02 \text{ g mol}^{-1} = 0,110 \text{ mol} \quad (0,5)$$

$$n(\text{N}) = 2n(\text{N}_2) = 2 \cdot 0,924 \text{ g} / 28,02 \text{ g mol}^{-1} = 0,0637 \text{ mol} \quad (0,5)$$

Hapniku moolide arvu leidmiseks tuleb esmalt arvutada eeltoodud elementide massid:

$$m(\text{C}) = 0,0660 \text{ mol} \cdot 12,01 \text{ g mol}^{-1} = 0,793 \text{ g}$$

$$m(\text{H}) = 0,110 \text{ mol} \cdot 1,008 \text{ g mol}^{-1} = 0,111 \text{ g}$$

$$m(\text{N}) = 0,0637 \text{ mol} \cdot 14,01 \text{ g mol}^{-1} = 0,892 \text{ g}$$

$$m(\text{O}) = m(\text{C}_a\text{H}_b\text{N}_c\text{O}_d) - m(\text{C}) - m(\text{H}) - m(\text{N})$$

$$n(\text{O}) = (5,000 \text{ g} - 0,793 \text{ g} - 0,110 \text{ g} - 0,892 \text{ g}) / 16,00 \text{ g mol}^{-1} = 0,1947 \text{ mol} \quad (0,5)$$

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) : n(\text{O}) = 0,0660 : 0,110 : 0,0637 : 0,1947 = 1,04 : 1,73 : 1 : 3,05$$

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) : n(\text{O}) \approx 3 : 5 : 3 : 9 \quad (1)$$

B on $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$

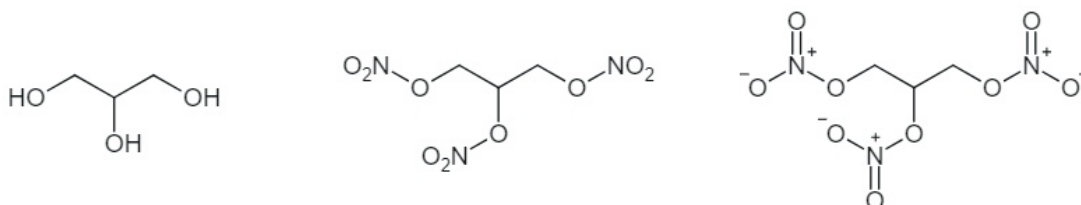
$$M(\text{B}) = (3 \cdot 12,01 + 5 \cdot 1,008 + 3 \cdot 14,01 + 9 \cdot 16,00) \text{ g mol}^{-1} = 227,1 \text{ g mol}^{-1} \approx 230 \text{ g mol}^{-1}$$

b) Nitraatestri funktsionaalrühm vastab valemile $\text{R}-\text{ONO}_2$. Kuna ühend **B** sisaldab kolme lämmastiku aatomit, peab alkohol **A** reageerima kolme ekvivalendi lämmastikhappega. Seega sisaldab alkohol **A** niisamuti kolme hüdroksüülrühma ($-\text{OH}$), mis annab ühendi molekulivalemi $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ehk $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ ($M = 92,1 \text{ g mol}^{-1}$). (1)

c) i) $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + 3\text{HNO}_3 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9 + 3\text{H}_2\text{O}$ (1)

ii) $4\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9 \rightarrow 12\text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O} + 6\text{N}_2 + \text{O}_2$ (1)

d) Alkoholi **A** ja selle nitraatestri **B** graafilised struktuurivalemid: (2×1)



Glütserool ehk
propaan-1,2,3-triool

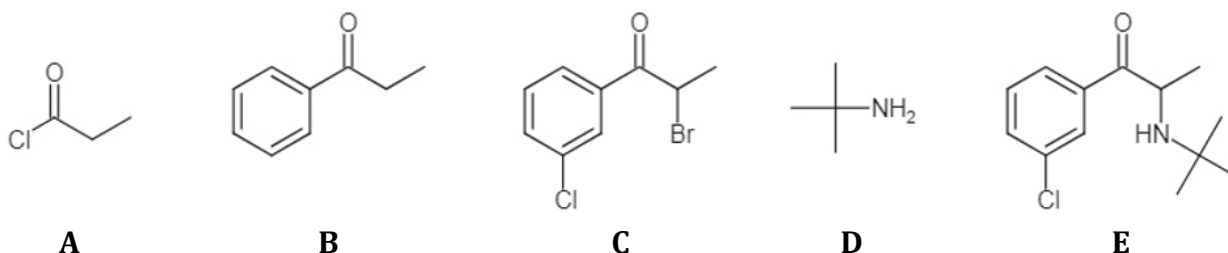
Trinitroglütseriin ehk propaan-1,2,3-triüültrinitraat

e) $20 \mu\text{g min}^{-1} \cdot 60 \text{ min} \cdot 10^{-3} = 1,2 \text{ mg h}^{-1}$ (1)

$$\text{voolukiirus} = (250 \text{ cm}^3 \cdot 1,2 \text{ mg h}^{-1}) / 50 \text{ mg} = 6 \text{ cm}^3 \text{ h}^{-1} \quad (1)$$

5. Mitmekülgne ravim (10 p) Autor: Andreas Päkk

a) Ainete **A-E** graafilised struktuurivalemid: (5×1)



A

B

C

D

E

b) $\text{X} = \text{AlCl}_3$; $\text{Y} = \text{FeCl}_3$; $\text{Z} = \text{Cl}_2$ (3×1)

c) $n(\text{benseen}) = 14,25 \text{ cm}^3 \cdot 0,877 \text{ g cm}^{-3} / 78,11 \text{ g mol}^{-1} = 0,160 \text{ mol}$ (1)

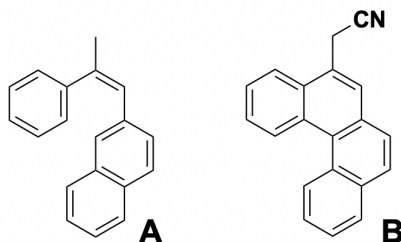
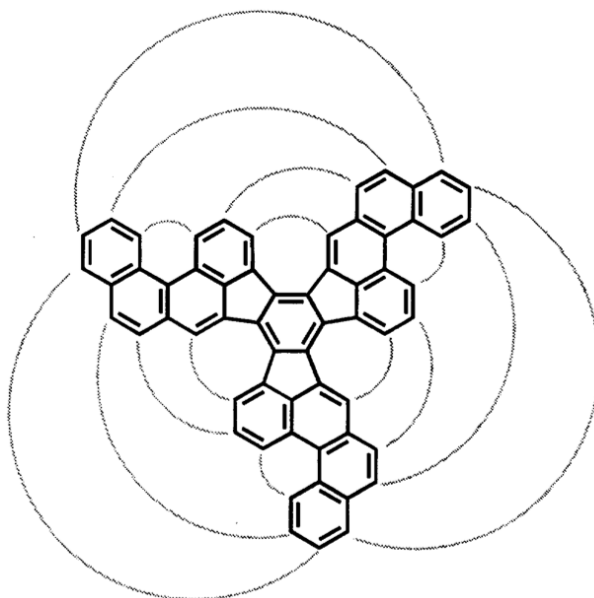
$$m(\text{saadus}) = 0,160 \text{ mol} \cdot 0,95 \cdot 0,90 \cdot 168,6 \text{ g mol}^{-1} = 23 \text{ g} \quad (1)$$

Allikad:

www.chemtube3d.com/ss-c60k/

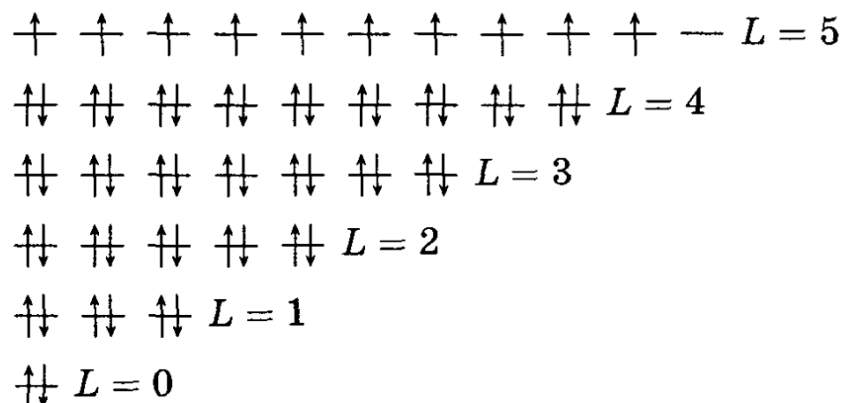
- $(2 \times 0,5)$

- (2×2)

 $(12 \times 1/3)$ 

(1)

(2)



(2)

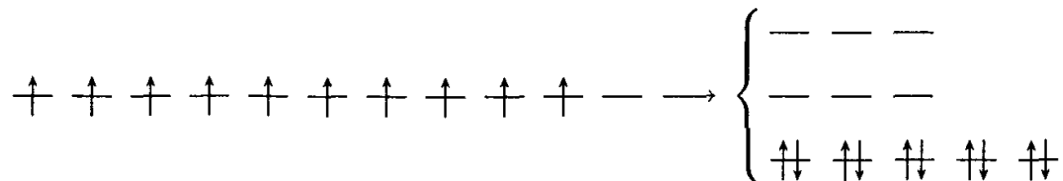
(1)

g) Hinnanguline raadiuse väärtus langeb kokku C₆₀ sisemise raadiuse väärtusega.

$$\rho = \frac{4 \cdot 60 \cdot M_c}{(r\sqrt{8})^3 N_A} = \frac{4 \cdot 60 \cdot 12,01 \text{ g mol}^{-1}}{(0,351 \cdot 10^{-7} \text{ cm} \cdot \sqrt{8})^3 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = \mathbf{4,8 \text{ g cm}^{-3}} \quad (1)$$

C₆₀ tihedus on 1,7 g cm⁻³. Erinevus tuleneb asjaolust, et fullereeni välisraadius (0,50 nm) on suurem kui sisemine raadius (0,35 nm).

h) (2)



i) 3 ja 0 (1)

j) Neli K⁺ täidavad oktaeedrilised augud (6. naabriga) ning 8 K⁺ täidavad tetraeedrilised augud (4. naabriga). Keskmiselt igal K⁺ on **4,67** naabri. (1)