

2017/2018. õa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesannete lahendused  
10. klass

1. a) i)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0,5)  
 $\text{CH}_3\text{COOH}$  (0,5)  
 $\text{CO}_2$  (0,5)  
 $\text{NH}_4\text{Cl}$  (0,5)  
 ii)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  (0,5)  
 $\text{NH}_3$  (0,5)  
 $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_3\text{N}$  (0,5)  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (0,5)

Kui on validud ka  $\text{KCl}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{CO}$ , siis iga valiku eest  $-0,5$  p.

- b)  $\text{Ba}(\text{OH})_2 = 2\text{OH}^- + \text{Ba}^{2+}$  (1)  
 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$  (1)  
 $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_3\text{N} + \text{H}_2\text{O} = (\text{CH}_3\text{CH}_2)_3\text{NH}^+ + \text{OH}^-$  (1)  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}^+ + \text{OH}^- + \text{HCO}_3^-$  (1)

- c) i)  $c(\text{H}^+) = c(\text{HCl}) = 11,65 \text{ M} \cdot 0,0010 \text{ dm}^3 / 1,0 \text{ dm}^3 = \mathbf{0,012 \text{ M}}$  (1)  
 ii)  $c(\text{HCl}) = 11,65 \text{ M} \cdot 0,10 \cdot 10^{-6} \text{ dm}^3 \cdot 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ dm}^3 / 1,0 \text{ m}^3 = \mathbf{1,2 \cdot 10^{-9} \text{ M}}$  (1)  
 Õige vastus on  $1 \cdot 10^{-7} \text{ M}$ , sest happe lisamisel ei tohiks vesi aluselisemaks muutuda.

$$c(\text{H}^+) = \mathbf{1 \cdot 10^{-7} \text{ M}} \quad (1)$$

**11 p**

2. a)  $\text{As}_4^{\text{III}}\text{O}_6$  (0,5)  
 $\text{H}_3\text{As}^{\text{V}}\text{O}_4$  (0,5)  
 $\text{Mn}^{\text{IV}}\text{O}_2$  (0,5)  
 $\text{KMn}^{\text{VII}}\text{O}_4$  (0,5)  
 $\text{Mn}^{\text{II}}\text{SO}_4$  (0,5)  
 $\text{MnS}^{\text{VI}}\text{O}_4$  (0,5)

- b) i)  $4\text{MnO}_2 + \text{As}_4\text{O}_6 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = 4\text{H}_3\text{AsO}_4 + 4\text{MnSO}_4$  (1)  
 ii)  $8\text{KMnO}_4 + 5\text{As}_4\text{O}_6 + 18\text{H}_2\text{O} + 12\text{H}_2\text{SO}_4 =$   
 $= 20\text{H}_3\text{AsO}_4 + 8\text{MnSO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4$  (1)

c) i)  $n(\text{As}_4\text{O}_6) = 50,00 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3} \cdot 0,02018 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = \mathbf{0,001009 \text{ mol}}$  (1)

ii)  $n(\text{KMnO}_4) = 10,65 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3} \cdot 0,0127 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = \mathbf{0,000135 \text{ mol}}$  (1)

iii)  $\text{As}_4\text{O}_6 : \text{KMnO}_4 = 5 : 8$

Tiitrimisel kulus:

$$n(\text{As}_4\text{O}_6) = \frac{5}{8} \cdot 0,000135 = 0,0000844 \text{ mol} \quad (1)$$

Reageeris  $\text{MnO}_2$ -ga:

$$n(\text{As}_4\text{O}_6) = 0,001009 \text{ mol} - 0,0000844 \text{ mol} = 0,000925 \text{ mol} \quad (1)$$

$$n(\text{MnO}_2) = 4 \cdot 0,000925 \text{ mol} = \mathbf{0,00370 \text{ mol}} \quad (1)$$

$$\text{d) } \%(\text{MnO}_2) = 0,00370 \text{ mol} \cdot \frac{86,94 \text{ g/mol}}{0,324 \text{ g}} \cdot 100 = \mathbf{99,3} \quad (1)$$

**11 p**

3. a) Kokkupuutel soolhappega reageeris ära tihe, aga õhuke oksiidikiht, mis takistab õhu juurdepääsu alumiiniumile. (1)

b) Alumiinium lahustus elavhõbedas, mistõttu selle pinnale ei saanud uuesti moodustuda oksiidikihti. Seega elavhõbe takistab alumiiniumi pinnale oksiidikihi taasteket. (1)

$$\text{c) Hg:N:O} = \frac{61,8 \text{ g}}{200,6 \text{ g/mol}} : \frac{8,6 \text{ g}}{14,01 \text{ g/mol}} : \frac{29,6 \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}}$$

$$\text{Hg:N:O} = 0,308 : 0,614 : 1,85 = 1 : 2 : 6 \quad (0,5)$$

**A** –  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  (0,5)

$$\%(\text{N}) = 100 - 70,5 - 11,2 - 8,4 = 9,9$$

$$\text{Hg:C:N:O} = \frac{70,5 \text{ g}}{200,6 \text{ g/mol}} : \frac{8,4 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} : \frac{9,9 \text{ g}}{14,01 \text{ g/mol}} : \frac{11,2 \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}}$$

$$\text{Hg:C:N:O} = 0,35 : 0,70 : 0,70 : 0,70 = 1 : 2 : 2 : 2 \quad (0,5)$$

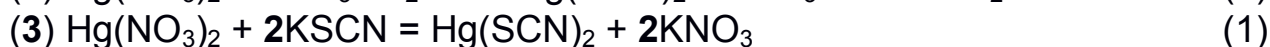
**B** –  $\text{Hg}(\text{CNO})_2$  (0,5)

$$\%(\text{S}) = 100 - 63,3 - 7,6 - 8,8 = 20,3$$

$$\text{Hg:S:C:N} = \frac{63,3 \text{ g}}{200,6 \text{ g/mol}} : \frac{20,3 \text{ g}}{32,06 \text{ g/mol}} : \frac{7,6 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} : \frac{8,8 \text{ g}}{14,01 \text{ g/mol}}$$

$$\text{Hg:S:C:N} = 0,315 : 0,63 : 0,63 : 0,63 = 1 : 2 : 2 : 2 \quad (0,5)$$

**C** –  $\text{Hg}(\text{SCN})_2$  (0,5)



**10 p**



b) 100 g lahuses:

$$n(\text{NaCl}) = \frac{25 \text{ g}}{58,44 \text{ g/mol}} = 0,428 \text{ mol} \quad (1)$$

$$c_m = \frac{0,428 \text{ mol}}{0,100 \text{ kg} - 0,025 \text{ kg}} = 5,7 \text{ mol/kg} \quad (1)$$

$$\Delta T = 2 \cdot 5,7 \text{ mol/kg} \cdot 1,86 \text{ K kg/mol} = \mathbf{21 \text{ K}} \quad (1)$$

Seega on lahuse hinnanguline külmumistemperatuur **-21°C**.

c) 100 g lahuses:

$$n(\text{CaCl}_2) = \frac{25 \text{ g}}{110,98 \text{ g/mol}} = 0,225 \text{ mol} \quad (1)$$

$$c_m = \frac{0,225 \text{ mol}}{0,100 \text{ kg} - 0,025 \text{ kg}} = 3,0 \text{ mol/kg} \quad (1)$$

$$\Delta T = 3 \cdot 3,0 \text{ mol/kg} \cdot 1,86 \text{ K kg/mol} = 17 \text{ K} \quad (1)$$

Seega on lahuse hinnanguline külmumistemperatuur **-17°C**.

d) 100 g lahuses:

$$n(\text{CaCl}_2) = \frac{25 \text{ g}}{110,98 \text{ g/mol}} = 0,225 \text{ mol}$$

Efektive lahusti mass:

$$m'(\text{H}_2\text{O}) = 75 \text{ g} - 9 \cdot 0,225 \text{ mol} \cdot 18,02 \text{ g/mol} = 38,5 \text{ g} \quad (1)$$

$$c_m = \frac{0,225 \text{ mol}}{0,0385 \text{ kg}} = 5,84 \text{ mol/kg} \quad (1)$$

$$\Delta T = 3 \cdot 5,84 \text{ mol/kg} \cdot 1,86 \text{ K kg/mol} = 33 \text{ K} \quad (1)$$

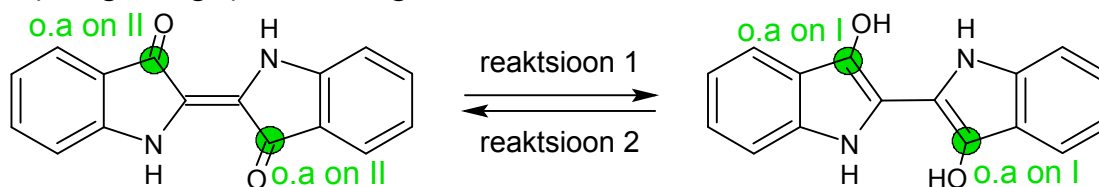
Seega on lahuse külmumistemperatuur **-33°C**. **11 p**

5. a) Indigosinine:  $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$  (1)

$$M(\text{indigosinine}) = 262,3 \text{ g/mol} \quad (0,5)$$

Indigovalge:  $\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_2$  (1)

$$M(\text{indigovalge}) = 264,3 \text{ g/mol} \quad (0,5)$$



b) sinine indigo (1) leukoindigo (2)

c) Reaktsioon 1 on redutseerumine, reaktsioon 2 on oksüdeerumine. (2×0,5)

d) Vesiniksüüd (1) **7 p**

## 6. Osa I

a) Kõik järgmised raud(II, III)oksiidid eksisteerivad või on suudetud neid sünteesida:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_4\text{O}_5$ ,  $\text{Fe}_5\text{O}_6$ ,  $\text{Fe}_5\text{O}_7$ . (4×0,5)

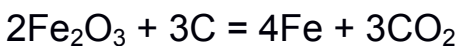
Tahke argooni maatriksis on uuritud kõrges oksüdatsiooniastmes rauaühendeid, näiteks  $\text{Fe}^{\text{VI}}\text{O}_3$  (oksiid) ja  $\text{Fe}^{\text{VI}}\text{O}_4$  (peroksiid).  $\text{Fe}^{\text{VII}}\text{O}_4^-$  on kõige kõrgemas oksüdatsiooniastmes raua esinemisvorm, mis on õnnestunud sünteesida. Spekuleeritakse, et  $\text{Fe}^{\text{II}}\text{O}_2$  (peroksiid) võib esineda vahevöös.



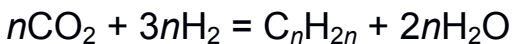
- d) Reaktsioonis **2** eraldub ühe mooli Fe tekkimisel  $3/2$  mooli  $\text{CO}_2$ .  
 Protsessis, mida kirjeldavad reaktsioonivõrrandid **3–6**, aga 1 mool  $\text{CO}_2$ .  
 Seega reaktsioonil **2** eraldub  **$3/2$  korda rohkem**  $\text{CO}_2$ . (1)

*Teoreetiliselt*  $\text{CO}_2$  eraldumine võiks olla täiesti elimineeritud.

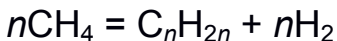
Näiteks:



Eraldatud  $\text{CO}_2$  redutseeritakse:



Vesinik saadakse summaarsest reaktsioonist:



Vesinikku võib saada ka elektrolüüsi teel, näiteks tuuleenergia kasutamisel. Ka rauda on võimalik saada otse elektrolüüsil – sellesuunalised uuringud on hetkel aktuaalsed. *Praktikas* võetakse arvesse raua mineraalide ja kivisöe kättesaadavust ning maagaasi hinda. Kuna probleem on oluline ja kompleksne, on tulevikus ka teil võimalus selle lahendamisel aktiivselt osaleda.

## Osa II

- a) **4** raua aatomit moodustavad  $\gamma$ -raua ühikraku.  
 Iga tahu keskmis olev aatom on ühikrakus poolikult ja igast nurgas olevast aatomist paikneb ühikrakus kaheksandik.

$$\text{Kokku seega } 6 \cdot \frac{1}{2} + 8 \cdot \frac{1}{8} = 4. \quad (1)$$

- b) Seega on ühikrakus kolm raua aatomit ja üks kroomiaatom.

$$\%(\text{Cr})_{4622} = \frac{A_{\text{Cr}}}{A_{\text{Cr}} + 3A_{\text{Fe}}} \cdot 100 = \frac{52,00 \text{ amü}}{52,00 \text{ amü} + 3 \cdot 55,85 \text{ amü}} \cdot 100 = \mathbf{24} \quad (1)$$

- c) Seega on ühikrakus üks süsinikuaatom ja neli raua aatomit.

$$\%(\text{C})_{\text{malm}}^{\text{max}} = \frac{A_{\text{C}}}{A_{\text{C}} + 4A_{\text{Fe}}} \cdot 100 = \frac{12,01 \text{ amü}}{12,01 \text{ amü} + 4 \cdot 55,85 \text{ amü}} \cdot 100 = \mathbf{5,1} \quad (1)$$

- d) Seega kahe ühikraku kohta on üks süsinikuaatom ja kaheksa raua aatomit.

$$\%(\text{C})_{\text{teras}}^{\text{max}} = \frac{A_{\text{C}}}{A_{\text{C}} + 8A_{\text{Fe}}} \cdot 100 = \frac{12,01 \text{ amü}}{12,01 \text{ amü} + 8 \cdot 55,85 \text{ amü}} \cdot 100 = \mathbf{2,6} \quad (1)$$

- e) Kuna on teada, et raud(II, III)oksiidis on  $\text{Fe}^{\text{II}}$  ja  $\text{Fe}^{\text{III}}$  suhe 1:2, siis seega on kaksikoksiidi valem järgnev:



$$n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \frac{935 \text{ kg}}{231,55 \text{ g/mol}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 4038 \text{ mol} \quad (1)$$

$$n(\text{CO}_2) = 2 \cdot 4038 \text{ mol} = 8076 \text{ mol ja } n(\text{Fe}) = 3 \cdot 4038 \text{ mol} = 12114 \text{ mol}$$

$$n(\text{C}) = \frac{125 \text{ kg}}{12,01 \text{ g/mol}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 10408 \text{ mol} \quad (1)$$

$$n(\text{C})_{\text{liig}} = 10408 \text{ mol} - 8076 \text{ mol} = 2332 \text{ mol} \quad (0,5)$$

$$\%(\text{C}) = \frac{n_{\text{C}} A_{\text{C}}}{n_{\text{C}} A_{\text{C}} + n_{\text{Fe}} A_{\text{Fe}}} \cdot 100$$

$$\%(\text{C}) = \frac{2332 \text{ mol} \cdot 12,01 \text{ g/mol}}{2332 \text{ mol} \cdot 12,01 \text{ g/mol} + 3 \cdot 4038 \text{ mol} \cdot 55,85 \text{ g/mol}} \cdot 100 = \mathbf{4,0} \quad (1)$$

Moodustub **malm**. (1)

f) 1 tonnis magnetiidis on seega raud(II, III)oksiidi:

$$n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \frac{1 \text{ t} \cdot 0,9}{231,55 \text{ kg/kmol}} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 3887 \text{ mol} \quad (1)$$

$$m(\text{malm}) = \frac{3 \cdot 3887 \text{ mol} \cdot 55,85 \text{ g/mol}}{0,93} \cdot \frac{1 \text{ t}}{1000 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = \mathbf{0,70 \text{ t}} \quad (1) \mathbf{20 \text{ p}}$$