

2016/2017 õa keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesanded

10. klass

1. Kaevandustes kasutatavate lampide kütuse tähtsaks koostisosaks on aine **A**, mis on süsiniku binaarne ühend metalliga, milles süsiniku massiprotsent võrdub 37,5%. Aine **A** saadakse aine **B**, mille põlemisel kiirgab valgus.

- a) Kirjutage ja tasakaalustage võrrandid: **i) A** saamine lihtainetest; **ii) A** tööstuslik saamine metallioksiidist; **iii) A** → **B**; **iv) aine B** täieliku põlemise reaktsioon. (8)
 b) Kirjutage aine **B** triviaalnimetus. (1)
 c) Põhjendage, millises alapunktis **a)** toodud reaktsioonis (**i–iv**) toimub disproportsioneerumine. (1) **10 p**

2. Vesinikjodiidi (keemistemperatuur $-35,4^{\circ}\text{C}$) saadakse vesiniku ja joodi (keemistemperatuur 185°C) reageerimisel. Reaktsiooni tulemusena püstitub tasakaal lähteainete ja produktide vahel. Eeldage, et gaasilised ained käituvad ideaalgaasina. $R = 0,0831 \text{ dm}^3 \cdot \text{bar}/(\text{K} \cdot \text{mol})$.

30,0 dm³ suurusesse reaktorisse lisati 460°C juures 3,36 mol H₂ ja 8,52 mol I₂. Sellel temperatuuril HI lagunemisreaktsiooni tasakaalukonstant on 0,0204.

- a) Kirjutage ja tasakaalustage vesinikjodiidi tekkereaktsiooni võrrand 460°C juures, märkides ära ka ainete agregaatolekud. (1)
 b) Arvutage HI *tekkereaktsiooni* tasakaalukonstant. (1)
 c) Arvutage, mitu mooli HI on tasakaaluolekus reaktoris. (3)
 Temperatuuril 500 K on vesinikjodiidi tekkereaktsiooni tasakaalukonstant 160. Samal temperatuuril lisati reaktorisse H₂, I₂ ja HI osarõhuga vastavalt 4,39 atm, 622 kPa ja 567 kPa.
 d) Põhjendage arvutustega, kas reaktoris hakkab toimuma vesinikjodiidi teke või lagunemine. (2)
 e) **i)** Kuidas muutub reaktsioonisegus joodi osarõhk kui vesiniku osarõhku tõsta? **ii)** Kuidas muutub reaktsiooni tasakaalukonstant kui vähendada vesiniku kontsentratsiooni? **iii)** Kuidas muutub reaktsiooni tasakaal kui summaarset rõhku suurendada kokkusurumise teel? **iv)** Tööstuses kasutatakse reaktsiooni katalüsaatorina platineeritud asbesti. Kuidas mõjutab katalüsaatori kasutamine tasakaalukonstanti? (4) **11 p**

3. Ainete kvalitatiivsel analüüsil kasutatakse lihtsalt läbiviidavaid reaktsioone, et saada kiiresti vihjeid proovi võimaliku koostise kohta. All on toodud reaktsioonid erinevate kationide ja anioonide identifitseerimiseks. Lõpetage ja tasakaalustage reaktsioonivõrrandid **i)–ix)**, kui on teada, et reaktsioonis **i)** tekib kollane aine; reaktsioonis **viii)** tekib lilla aur. Vajadusel lisage võrrandisse vee molekule, H⁺ ja OH⁻ ioone, et võrrandid oleks nii aine- kui ka laengutasakaalus.

- i)** $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{KNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_2 + \text{CO}_2 + \dots$
ii) $\text{As}_2\text{O}_3 + \text{Zn} \rightarrow \text{AsH}_3 + \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ **vi)** $\text{S}^{2-} + \text{I}_2 \rightarrow \text{S} + \text{I}^-$
iii) $\text{As} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{AsO}_4^{3-} + \text{NH}_4^+$ **vii)** $\text{S} + \text{N}_3^- \rightarrow \text{S}^{2-} + \text{N}_2$
iv) $\text{As}^{3+} + \text{Sn}^{2+} + \text{Cl}^- \rightarrow \text{As} + [\text{SnCl}_6]^{2-}$ **viii)** $\text{HI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} + \dots$
v) $\text{Sn}^{2+} + \text{HgCl}_2 \rightarrow \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{Sn}^{4+} + \text{Cl}^-$ **ix)** $\text{Fe}^{2+} + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO} + \text{Fe}^{3+}$ **11 p**

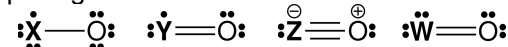
4. Keemiatudeng Juhan otsustas määrata bensoehappe ja sidrunhappe sisaldust multimahlajoogis vedelikchromatograafia meetodil. Juhani oli olemas sidrunhappe standardaine ning bensoehappe sünteesis ta ise, segades kokku 0,70 g tolueni (C₆H₅CH₃) ja 3,0 g kaaliumpermanganaati (KMnO₄) (**reaktsioon 1**). Saadud lahuse ta tseentrifuugis, et eemaldada MnO₂. Seejärel lisas Juhan bensoehappesadestamiseks ja keskkonna neutraliseerimiseks 2,5 ml konts. soolhapet (**reaktsioon 2**) ning jahutas lahust. Saagisega 78% tekkis bensoehappe sade.

- a) Kirjutage ja tasakaalustage reaktsioonivõrrandid **1** ja **2**. (4)
 b) Arvutage bensoehappe sademe mass. (2)
 Sünteesitud bensoehapest valmistati kalibratsioonilahused, mille analüüsimisel saadi lineaarne kalibratsioonisirge võrrand: $y = 22,5 \text{ ml}/\mu\text{g} \cdot x + 31,6$, kus y tähistab mõõdetud signaali ja x bensoehappe kontsentratsiooni (μg/ml). Sidrunhappe (2-hüdroksüpropan-1,2,3-trikarboksüülhape) puhul sai Juhan kalibratsioonisirge võrrandi: $y = 358,5 \text{ ml}/\mu\text{g} \cdot x + 15,7$, kus x tähistab sidrunhappe kontsentratsiooni (μg/ml). Seejärel kaalus Juhan 10,0 g multimahlajoogi, viis 50,0 ml kolbi ja täitis märgini. Saadud lahust analüüsis ta samadel tingimustel nagu vastavaid kalibratsiooniproove, kummagi aine jaoks eraldi. Ta sai multimahla proovi bensoehappe signaaliks 4481 ja sidrunhappe signaaliks 6450.
 c) Joonistage sidrunhappe struktuurivalem. (1)
 d) Arvutage happete sisaldused (% massi järgi) multimahlajoogis. (4) **11 p**

5. Tahke lihtaine **A** reageerib kollakasroheline gaasiga **B**, andes ühendi **C** (elemendi **X** massiprotsent $\omega_X = 35,77\%$). Ühend **C** hüdrolüüsub, moodustades hapete **D** ($\omega_X = 61,23\%$) ja **E** segu. Aine **A** reaktsioonil lämmastikhappe lahusega moodustub samuti hape **D** ja binaarne kaheaatomiline gaas **F**. Hape **D** oksüdeerimisel saadakse hape **G**. Kontsenteeritud hape **G** on tugev oksüdeerija, mis reageerib kuumalt isegi kullaga, andes soola **H** ($\omega_X = 28,79\%$).

- a) Kirjutage ja tasakaalustage reaktsioonide võrrandid:
i) A + B → **C**; **ii) C + H₂O** → **D + E**;
iii) A + HNO₃ + H₂O → **D + F**; **iv) G + Au** → **H + D + H₂O**. (8)
 b) Põhjendage, kumb on tugevam hape, kas **D** või **G**. (1) **9 p**

6. **X**, **Y**, **Z** ja **W** asuvad perioodilisustabelis samas perioodis. Need elemendid moodustavad hapnikuga kaheaatomilisi molekule:



Nende lainearvud on juhuslikus järjekorras 1053, 1580, 1904 ja 2170 cm⁻¹. Atmosfääris leidub *jälgi* ühenditest **XO**, **YO**, **ZO**. Kaheaatomiliste molekulide vibratsioonilist liikumist kirjeldab harmoonilise ostsillaatori mudel, mille järgi lainearv avaldub kui $\nu = \sqrt{k/\mu}/(2\pi c)$, kus k on jõukonstant, $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, $c = 2,9979 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}$, $\mu = M_1 \cdot M_2/[N_A \cdot (M_1 + M_2)]$, kus M_1 ja M_2 tähistavad vastavate aatomite molaarmasse. Jõukonstandi k väärtus **XO** jaoks on 567 kg/s².

- a) Arvutage **XO**-le vastavad taandatud massid igast esitatud lainearvust lähtudes. Tuvastage element **X**. (3)
 b) Tuvastage element **W**, kui on teada, et **WO** ei neela infrapunakiirgust. (1)
 c) Kirjeldage kvalitatiivset seost lainearvude ja sideme energia vahel. Põhjendage, miks **WO** lainearv on väiksem kui **YO**-l. (2)
 d) Määrake **YO**, **ZO** ja **WO** vastavad lainearvud. (2) **8 p**