

2017/2018. öa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesanded  
10. klass

1. a) Valige antud loetelust ained, mis muudavad vesilahuse **i)** happeliseks ja **ii)** aluseliseks: KCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, Ba(OH)<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>OH, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, CH<sub>3</sub>COOH, (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>N, NH<sub>4</sub>Cl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, CO. NB! Neutraalse vesilahuse andvate ainete valimise eest antakse miinuspunkte. (4)
- b) Kirjutage punktis a) ii) valitud aluste jaoks reaktsioonivõrrandid, mis kirjeldavad nende aluselisust vesilahuses. (4)
- c) i) 1,0 dm<sup>3</sup> veele (pH = 7,0) lisati 1,0 cm<sup>3</sup> kontsentreeritud HCl (11,65 M) vesilahust. ii) 1,0 m<sup>3</sup> veele (pH = 7,0) lisati 0,10 µL kontsentreeritud HCl (11,65 M) vesilahust. Arvutage saadud lahustes vesinikioonide molaarne kontsentratsioon (mol/dm<sup>3</sup>). (3) 11 p

2. MnO<sub>2</sub> sisalduse määramiseks võeti 0,324 g mineraali. Proov peenestati ja lahustati 50,00 cm<sup>3</sup> As<sub>4</sub>O<sub>6</sub> (0,02018 M) hapestatud lahuses, milles MnO<sub>2</sub> redutseerus MnSO<sub>4</sub>-ni. Reageerimata As<sub>4</sub>O<sub>6</sub> tiitrimiseks kulus 10,65 cm<sup>3</sup> KMnO<sub>4</sub> (0,0127 M) lahust.

- a) Määrake arseeni, mangaani ja väävli oksüdatsiooniastmed ühendites As<sub>4</sub>O<sub>6</sub>, H<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub>, MnO<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub>, MnSO<sub>4</sub>. (3)
- b) Tasakaalustage võrrandid: (2)
- i)  $\text{MnO}_2 + \text{As}_4\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{MnSO}_4$ ;  
ii)  $\text{KMnO}_4 + \text{As}_4\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$ .
- c) Arvutage i) esialgse As<sub>4</sub>O<sub>6</sub> moolide arv; ii) KMnO<sub>4</sub> moolide arv, mis kulus As<sub>4</sub>O<sub>6</sub> liia tiitrimiseks; iii) proovis olnud MnO<sub>2</sub> moolide arv. (5)
- d) Arvutage MnO<sub>2</sub> massiprotsent proovis. (1) 11 p

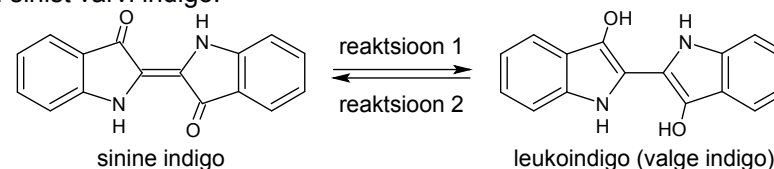
3. Ronald Weasley töötles alumiiniumfooliumit soolhappega ning pani selle peale ühe tilga elavhõbedat. Niiskes õhus tekkis alumiiniumhüdrosiid.

- a) Miks oli vaja Al(OH)<sub>3</sub> moodustumiseks fooliumit enne elavhõbeda lisamist töödelda soolhappega? (1)
- b) Kuidas aitas elavhõbe kaasa Al(OH)<sub>3</sub> moodustumisele? (1)
- Järgmisena lahustas Ron elavhõbedat lämmastikhappes (reaktsioon 1), saades lämmastikmonooksiidi, vee ja soola **A**, mis sisaldas massi järgi 61,8% Hg, 29,6% O ja 8,6% N. Osa soolast **A** eraldas ta koos lämmastikhappega ja lisas CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH (reaktsioon 2), valmistades soola **B** (70,5% Hg, 11,2% O, 8,4% C). Reaktsioonil 2 tekkisid ka CH<sub>3</sub>CHO ja vesi. Teisele osale soolast **A** lisas ta KSCN lahust (reaktsioon 3), saades soola **C** (63,3% Hg, 7,6% C, 8,8% N). Sool **B** lagunes kuumutamisel plahvatuslega ja soolast **C** eraldus põledes "madu".
- c) Leidke arvutustega ainete **A**, **B** ja **C** valemid. (3)
- d) Kirjutage ja tasakaalustage reaktsioonide 1–3 võrrandid. (5) 10 p

4. Talviti puistatakse jäistele teedele soola. Selle tulemusena jää sulamistemperatuur langeb ning jää sulab. See on seletatav lahuse kolligatiivsete omadustega, kus lahuse omadused sõltuvad lahustunud aine osakeste arvust ning lahusti massist. Vee krüoskoopiline konstant (*K*), mis väljendab ühemolaalse (mol/kg) vesilahuse külmumistemperatuuri langust, võrdub 1,86 K·kg/mol. Külmumistemperatuuri langus on arvutatav kui  $\Delta T = iKc_m$ , kus *c<sub>m</sub>* on lahustunud aine molaalne kontsentratsioon ning *i* on van't Hoffi tegur, mis näitab, mitu mooli ioone on lahuses ühe mooli lahustatud aine kohta.

- a) Kirjutage ja tasakaalustage NaCl ja CaCl<sub>2</sub> dissotsiatsioonivõrrandid. (2)
- b) Hinnake arvutustega 25% NaCl lahuse külmumistemperatuuri. (3)
- c) Hinnake arvutustega 25% CaCl<sub>2</sub> lahuse külmumistemperatuuri. (3)
- d) Arvutage 25% CaCl<sub>2</sub> lahuse külmumistemperatuur arvestades, et üks Ca<sup>2+</sup> ioon seob endaga üheks osakeseks lahusest keskmiselt üheksa veemolekuli ning seeläbi lahusti hulk lahuses väheneb. (3) 11 p

5. Sinine indigo on värvaine, mida kasutatakse riiete (näiteks teksa) värvimiseks. Sinine indigo vees ei lahustu, mistõttu viiakse läbi keemiline reaktsioon, et saada leukoindigo ehk valge indigo. See lahustub vees ja seostub riidekiududega. Viimases etapis viiakse läbi pöördreaktsioon, et saada tagasi sinist värvi indigo.



- a) Leidke sinise ja valge indigo molekulivalemid ning molaarmassid. (3)
- b) Joonistage oma töösse ümber sinise ja valge indigo struktuurivalemid ning märkige oksüdatsiooniastmed aatomitele, mis muudavad mainitud reaktsioonide käigus oma oksüdatsiooniastet. (2)
- c) Kumb joonisel märgitud reaktsioonidest on värvaine oksüdeerumine ja kumb redutseerumine? (1)
- d) Nimetage molekulidevahelise vastastikmõju tüüp, mis muudab valge indigo vesilahustuvaks. (1) 7 p

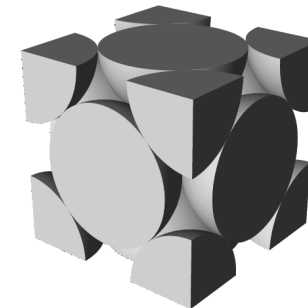
NB! 6. ülesanne on lehekülje teisel poolel.

6. ülesanne on eelmistest mahukam, kuid kogu ülesande lahendamiseks vajalik info on ülesande tekstis olemas. 6. ülesande tulemust ei võeta arvesse piirkondliku paremusjärjestuse moodustamisel, aga arvestatakse keemiaolümpiaadi lõppvooru kutsumisel.

**6. Osa I.** Raud on tööstuslikult enim toodetav metall. Kahjuks selle tootmine on väga energiamahukas protsess, mille käigus paisatakse atmosfääri suurel hulgal süsihappegaasi. Klassikaliselt toodetakse rauda mineraalseid raudoksiide sisaldava maagi töötlemisel kivisöega (1).

- a) Kirjutage kõigi võimalike raua kaksikoksiidide summaarsed valemid, kus raud esineb nii oksüdatsiooniastmes II kui ka III (nn raud(II, III)oksiidid), ning milles raua aatomeid on *vähem kui kuus*. (2)
- b) Kõrgema oksüdatsiooniastmega raudoksiidid on ebastabiilsed. Siiski on suudetud sünteesida soolasid, kus raua oksüdatsiooniaste on kõrgem kui III:  $\text{Na}_2\text{FeO}_4$ ,  $\text{Na}_3\text{FeO}_4$ ,  $\text{Na}_4\text{FeO}_4$ . Need soolad lagunevad vees raud(III)hüdrosiidiks, naatriumhüdrosiidiks ning üheks lihtaineks. Kirjutage ja tasakaalustage vastavate soolade lagunemisreaktsioonide võrrandid. (3)
- Üha enam kasutatakse rauatootmises raudoksiidide asemel raud(II)karbonaati ja kivisütt (2). Muutmaks raua tootmist keskkonnasäästlikumaks, asendatakse reaktsioonis 2 kivisüsi vesinikuga (3). Sel juhul redutseerub ka reaktsioonil 3 tekkiv süsihappegaas vesiniku toimele ja katalüsaatori juuresolekul  $\text{C}_4\text{H}_8$ -ks (4). Reaktsiooniks vajalikku vesinikku toodetakse maagaasi katalüütilisel konversioonil veeauruga (5) ja vee ning vingugaasi (CO) vahelisel reaktsioonil (6). Reaktsioonis 5 tekib lisaks vingugaas ja reaktsioonis 6 süsihappegaas.
- c) Kirjutage ja tasakaalustage reaktsioonivõrrandid 1–6. Eeldage, et reaktsioonides kasutatav raudoksiid on vaid raud(III)oksiid, maagaas koosneb ainult metaanist ning kivisüsi on puhas süsinik. (3)
- d) Arvutage, mitu korda rohkem  $\text{CO}_2$ -te eraldub reaktsioonil 2, võrreldes keskkonnasäästlikuma protsessiga, mida kirjeldavad võrrandid 3–6. (1)

**Osa II.** Rauasulamite koostis sõltub lisandite lahustuvusest  $\gamma$ -rauas kõrgetel temperatuuridel.  $\gamma$ -raua kristallvõre on tahktsentreeritud kuubilise struktuuriga. Joonisel on toodud  $\gamma$ -raua ühikrakk. Ühikrakk on “väljalõige” korrapärasest kristallist, millega on võimalik kirjeldada kogu kristalli ehitust. Aatomid paiknevad kuubi iga tipus ning iga tahu keskel ning nad kuuluvad võrdset naaberühikrakkudele.



- a) Mitu aatomit on  $\gamma$ -raua ühikrakus? (1)
- b) Roostevabas terases “Core 4622” on  $\gamma$ -raua ühikrakus üks raua aatom asendatud krooni aatomiga. Arvutage Cr massiprotsent antud sulamis. (1)
- c) Erinevalt roostevabast terasest, ei asendata terase ja malmi puhul raua aatomeid ühikrakus süsinikuga, vaid süsinikuaatomid täidavad raua aatomite vahelised tühimikud. Eeldage, et süsinikuaatomite maksimaalne lahustuvus  $\gamma$ -rauas saavutatakse, kui üks tühimik ühikrakus täidetakse ühe süsinikuaatomiga. Arvutage teoreetiline maksimaalne süsiniku massiprotsent *malmis*. (1)
- d) Eeldage, et terases täidavad süsinikuaatomid igas teises ühikrakus oleva tühimiku. Arvutage maksimaalne süsiniku massiprotsent *teras*. (1)
- e) Tegelikult on süsiniku massiprotsent malmis 2,1%–6,7% ja terases kuni 2,1%. Leidke arvutustega, kas 935 kg raud(II, III)oksiidi (milles  $\text{Fe}^{\text{II}}$  ja  $\text{Fe}^{\text{III}}$  suhe on 1:2) redutseerimisel 125 kg süsinikuga moodustub rauasulamina malm või teras. Oletage, et reaktsioonil tekib  $\text{CO}_2$  ning ülehulgas olev süsinik lahustub tekkinud rauas. (5)
- f) Magnetiidis on 90% raud(II, III)oksiidi. Arvutage, mitu tonni malmi, mis sisaldab 93% rauda, võib toota täpselt 1 tonnist sellisest magnetiidist. (2) **20 p**