

2000/2001 õa keemiaolümpiaadi lõppvoorülesanded

9. klass

1. Noor keemiahuviline soovis teada saada veetilga ruumala. Selgus, et büretist $3,00 \text{ cm}^3$ vee väljalaskmisel moodustus 110 tilka. Teatmiku järgi on ühe veemolekuli keskmiseks pikkuseks $1,50 \text{ \AA}$ (ongströmi) ja $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$. Vee tiheduseks võtta $1,00 \text{ g/cm}^3$; Avogadro arv on $6,02 \cdot 10^{23}$ molekuli/mol.

a) Arvutada ühe veetilga **i)** ruumala, **ii)** mass ja selles sisalduv **iii)** vee hulk (moolide arv) ning **iv)** vee molekulide arv. (4)

b) Kasutades andmeid, mis iseloomustavad ühte veetilka [punktis a)], arvutada vee molaarne kontsentratsioon. (3)

c) Arvutada, kui pika ahela moodustaksid ühes veetilgas olevad vee molekulid, kui nad asetada üksteise kõrvale. (Võrdluseks: kaugus Maast Päikeseni on 150 miljonit kilomeetrit.) (2) 9 p

2. Must (suitsuga) püssirohi on india salpeetri (KNO_3 – 75%), väävli (10%) ja söe (15%) mehhaaniline segu. Püssirohu plahvatamisel moodustuvad ainult lähtesegu komponentidest reaktsiooni saadusainetena kaaliumsulfiid (K_2S), süsihappegaas ja lämmastik. Puhast süsinikku (tahma) saadakse maagaasi (CH_4) termilisel töötlemisel. Puidusöes on peale süsiniku 20% lisandeid tuha ja niiskusega.

a) Arvutada süsiniku **i)** mass ja **ii)** protsendiline sisaldus 45 grammis püssirohus, mis on valmistatud puidusöest (20% lisandeid). (2)

b) Kirjutada püssirohu plahvatamise reaktsiooni võrrand. (1)

c) Arvutada, kas 100 grammi püssirohu (valmistamiseks kasutati tahma) plahvatamisel kogu **i)** süsinik ja **ii)** väävel muutus saadusaineks. (Kas lähtekomponentides oli hapnikku ja kaaliumi piisavalt?) (6) 9 p

3. Element **Q** on ühenditena looduses laialt levinud, kuid lihtainena esineb seda harva. Elemendil **Q** puuduvad allotroopsed teisendid. Hapnikuga moodustab see ühendi **A** ja ühendi **B**, millel on erinev kvantitatiivne koostis.

Ühend **A** on neutraalne, millel puuduvad selgeltväljendunud redutseerivad või oksüdeerivad omadused. Ühendi **A** reageerimisel binaarsete ühenditega saadakse nii aluseid kui ka happeid. Toimuvad reaktsioonid ei ole redoksreaktsioonid.

Ühendit **B** võib vaadelda nii redutseerijana kui oksüdeerijana. Tugeva oksüdeerija, nagu KMnO_4 , toimel happelises keskkonnas käitub ühend **B** nagu redutseerija, oksüdeerudes lihtaineks **Y**. Soojendamisel MnO_2 juuresolekul ühend **B** disproportsioneerub (sama element on nii oksüdeerija kui ka redutseerija) lihtaineks **Y** ja ühendiks **A**. Ühendi **A** redutseerimisel aktiivsete metallidega saadakse element **Q** lihtainena **X** ja ühend **D**, mis reageerib nii hapete kui happeliste oksiididega, andes ühendi **A**. Ühend **B** on kaaliumjodiidi (redutseerija) suhtes oksüdeerija. Moodustub lihtaine **Z** (kaheaatomiline) ja hüdroksiid **C**.

a) **i)** Identifitseerida element **Q** ja **ii)** kirjutada eraldi välja ainete **A**, **B**, **C**, **D**, **X**, **Y** ja **Z** valemid ning nimetused. (4)

b) Kirjutada reaktsioonivõrrandid: **i)** moodustub **A**, **ii)** $\text{A} \rightarrow$ alus, **iii)** $\text{A} \rightarrow$ hape, **iv)** $\text{D} +$ hape \rightarrow , **v)** $\text{D} +$ happeline oksiid. (5)

c) Kirjutada redoksreaktsioonide võrrandid, märkides redoksmuundumises osalevate elementide oksüdatsiooniastmed: i) $B \xrightarrow{MnO_2} Y + A$, ii) $A \rightarrow X$, iii) $B \rightarrow Z + C$.

(3) 12 p

4. Nimetus klorofüll ei ole seotud keemilise elemendiga kloor, vaid tuleneb sõnadest *chloros* (rohekas) ja *phyllon* (leht). Ühe mooli klorofüllil (892 g/mol) täielikuks põlemiseks kulub täiendavalt 71 mooli hapnikku. Põlemisel moodustub 2420 g gaasi **A**, mis põhjustab limonaadi kihisemise; 648 g ainet **B**, mida on limonaadis kõige rohkem; 44,8 dm³ gaasi **C**, mida on atmosfääris kõige rohkem ja 40,3 g kaheaatomilistoksiidi **D**.

a) Anda iga aine (**A**, **B**, **C** ja **D**) valem ja nimetus. (4)

b) Leida iga keemilise elemendi hulk, mis sisaldub ühes moolis klorofüllis. (4)

c) Kasutades arvutustes saadud elementide hulki, teadaolevat molaarmassi ja kulunud hapniku hulka, leida klorofüllil molekuli brutovalem. (4)

Aatommassid võtta kümnendikkoha täpsusega. 11 p

5. Keemilist elementi **X** toodetakse oksiidist. Oksiidil on polümorfseid teisendid **A** ja **B** (sama kvalitatiivne ja kvantitatiivne koostis, kuid erinev kristallstruktuur). Teisendid **A** ja **B** on järsult erinevate omadustega. Teisend **B**, mis saadakse keemiliste elementide ühinemisel (kõrge temperatuur) on tugev ja hapete ning aluste suhtes passiivne. Elemendi **X** kloriidist **C** saadakse sadestamise teel ühend **D**, mille ettevaatlikul kuumutamisel tekib oksidi polümorfne teisend **A**. Nii ühend **D** kui ka teisend **A** võivad reageerida aluste ja hapetega. Ühend **E**, kus elementi **X** on 12,9%, sisaldab molekulis veel 3 aatomit keedusoolas leiduvat keemilist elementi ja 6 aatomit kõige aktiivsemat mittemetalli.

a) Leida ühendit **E** iseloomustavate suuruste järgi elemendi **X** molaarmass ja identifitseerida element **X**. (4)

b) Millise meetodiga toodetakse elementi **X**? (1)

c) i) Kuidas nimetatakse polümorfset teisendit **B** ja ii) milleks seda kasutatakse? (1)

d) Kirjutada reaktsioonivõrrandid: i) saadakse **B**, ii) asendusreaktsioonil saadakse **C**, iii) $C \rightarrow D$, iv) $D \rightarrow A$. (4)

e) Kirjutada eraldi välja **A**, **C**, **D** ja **E** valemid ning anda ainete **A**, **C** ja **D** nimetused. (2) 12 p

6. Tahke või vedela aine maksimaalset massi, mis antud temperatuuril lahustub täpselt 100 g lahustis, nimetatakse selle aine lahustuvuseks *L*.

$$L(KNO_3, 10^\circ C) = 20,9 \text{ g}$$

200,0 g 15,0% KNO_3 lahusele lisati 50,0 g KNO_3 . Lahuse temperatuur oli 10 °C.

a) Leida segamisel moodustunud lahuses KNO_3 protsendiline sisaldus. (4)

b) Leida moodustunud lahuse mass. (3) 7 p

2000/2001 õa keemiaolümpiaadi lõppvoor ülesanded

10. klass

1. 380,0 g 18,5% K_2SO_4 (174 g/mol) lahusele lisati ekvivalentne (reaktsiooniks vajaminev) kogus tahket $Ba(NO_3)_2$. Suspensiooni segati, soojendati ja filtreeriti 60 °C juures. Filtraat jahutati 10 °C-ni ja jäeti sellel temperatuuril välja kristalluma.

KNO_3 (101 g/mol) lahustuvus täpselt 100 g vees on 10 °C ja 100 °C juures vastavalt 20,9 g ja 246 g. Arvutustel eeldada, et kõik protsessid toimuvad kvantitatiivselt.

- a) i) Kirjutada toimuva reaktsiooni võrrand. ii) Miks filtreeriti 60 °C juures? (1,5)
b) i) Millist ainet ja ii) mitu grammi eraldati filtreerimisel? (2)
c) Mitu grammi ainet oli lahuses i) enne ja ii) pärast väljakristalliseerumist? (3)
d) i) Mitu grammi ainet kristalliseerus välja ja ii) kui suur oli lahuse mass enne väljakristalliseerumist? (1,5) **8 p**

2. Kolmes ühesuguses katseklaasis oli võrdne ruumala (1,00 cm³) vedelikke: **A** (1,00 g/cm³; 0,0556 mol), **B** (0,0240 mol) ja **C** (0,0672 mol). Vedelikud **A** ja **B** on värvusetud, vedelik **C** – hõbevalge. Vedelikud **A** ja **C** ei reageeri omavahel ning vedelik **A** jääb vedeliku **C** pinnale. Ka vedelikud **B** ja **C** ei segune ega reageeri (märgatavalt) omavahel. Vedelik **B** jääb vedeliku **C** pinnale. Vedelikud **A** ja **B** reageerivad omavahel tormiliselt, moodustades aine **D** 80,5% lahuse. Kõigi kolme vedeliku üheaegsel kokkuvalamisel toimub tormiline reaktsioon, mille lõppedes vedeliku **A** ruumala võrdub tema esialgse ruumalaga, vedeliku **C** ruumala moodustab 64,3% tema esialgsest ruumalast. Reaktsioonil moodustuvad võrdsed hulgad soola **E** ja gaasi **F**, mis kokku annavad vedeliku **B** esialgse hulga. Sool **E** on mittelahustuv. Vedelikul **B** ning gaasil **F** on ühesugune kvalitatiivne koostis, kuid gaasis **F** on ühe elemendi oksüdatsiooniastme väärtus kahe võrra väiksem.

Lahendamisel eeldada, et reaktsioonid toimuvad kvantitatiivselt ja kadudeta.

- a) Kirjutada eraldi välja ainete **A**, **B**, **C**, **D**, **E** ja **F** valemid ja anda nende ainete nimetused. (3)
b) i) Kirjutada reaktsioonivõrrand $A + B \rightarrow$. ii) Leida aine **D** protsendiline sisaldus moodustunud lahuses. (3)
c) i) Leida aine **C** ärareageerinud hulk. ii) Kirjutada aine **C** reageerimisega seotud reaktsioonide võrrandid. (3)
d) Näidata arvutustega, et aine **A** hulk enne ja pärast reaktsiooni jääb samaks. (1,5)
e) Põhjendada: i) miks ainete **A**, **B** ja **C** kokkuvalamisel reaktsioon toimub ja ii) miks kahest võimalikust soolast moodustus sool **E**. (1,5) **12 p**

3. 1960. aastal avastati ja kirjeldati Poolas uut helekollast mineraali. See mineraal koosneb täielikult ionidest. Üks ionidest esineb kujul, millisena ta eksisteerib vesilahuses. Ta on binaarne nelja-aatomiline ühelaenguline kation. Igal elemendil selles mineraalis on ainult üks oksüdatsiooniaste, mis on sellele elemendile tüüpiline. Mineraali elementanalüüsi andmed on järgmised: 34,85% Fe, 13,34% S, 1,89% H ja 49,92% O.

- a) Leida mineraali empiiriline valem. (3)
b) Leida raua oksüdatsiooniaste. (2)
c) Anda mineraali ionivalem kooskõlas ülesannete tingimustega. (3)

d) Kuidas nimetatakse binaarset nelja-aatomilist ühelaengulist katiooni? (2) 10 p

4. Keemiline element **X** on erakordselt suure aktiivsusega oksüdeerija. Väga paljud reaktsioonid selle elemendi osavõtul toimuvad leegi või plahvatusega. Kokkupuutel paljude metallide ja mittemetallidega algab reaktsioon juba toatemperatuuril. Selle elemendi atmosfääris põlevad sellised stabiilsed ained nagu veeaur ja klaasvatt (põlevaks komponendiks on SiO_2). Mõlemal juhul moodustub lihtaine **Y**. Klaasvati põlemisel tekib veel lihtaine **A**, veeauru põlemisel lihtaine **B**. Lihtained **A** ja **B** moodustuvad ka vastavate lihtainete ühinemisel. $3\text{A} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ortoränihape + 2C . Ühend **C** on kaheprootoniline hape, mis laguneb lihtaineteks **A** ja **B**. Elemendi **X** sisaldus apatiidis $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{X}]$ on 3,77%.

a) Identifitseerida element **X** arvutuse teel. (2)

b) Kirjutada reaktsioonivõrrandid: i) $\text{X} + \text{H}_2\text{O}$, ii) $\text{X} + \text{SiO}_2$, iii) $\text{X} +$ lihtaine \rightarrow **A**, iv) $\text{X} +$ lihtaine \rightarrow **B**, v) $3\text{A} \rightarrow$ **C**, vi) $\text{C} \rightarrow$ **A** + **B**. (6)

c) Kirjutada eraldi välja lihtainete **X** ja **Y** ning ainete **A**, **B** ja **C** valemid ja nimetused. (2) 10 p

5. Kolme värvitu gaasi koguruumala oli normaaltingimustel 1000 cm^3 . Pärast elektrisädemega süütamist tekkis kahe värvitu saadusgaasi segu, mille koguruumala oli samadel tingimustel lähtegaaside koguruumalast 100 cm^3 võrra väiksem. Sõltuvalt lähtesegus olevate gaaside ruumalade suhtest moodustus lõppsegu, mille molaarmass oli kas $40,4 \text{ g/mol}$ või $41,4 \text{ g/mol}$. Saadusgaaside juhtimisel läbi NaOH vesilahuse liia (moodustub ainult üks aine) suurenes lahuse mass $1,375$ grammi võrra.

a) Põhjendada, miks ülesande tingimustega sobib ainult kolm konkreetset gaasi ja identifitseerida need gaasid. (4)

b) Kirjutada gaasisegu i) põlemise ja ii) absorbeerumise reaktsiooni võrrand. (1)

c) Arvutada iga gaasi ruumala: i) lähtesegus ja ii) lõppsegus. (4)

d) Arvutada mõlema lõppsegu molaarmass ja näidata, millisele lähtesegule see vastab. (2) 11 p

6. Tahke aine **A** reageerimisel soolhappega eraldub iseloomuliku vastiku lõhnaga gaas **B**, mis põleb õhu käes, moodustades iseloomuliku terava lõhnaga gaasi **C**. Gaasid **B** ja **C** lahustuvad suhteliselt hästi vees ning nende vesilahuste kokkuvalamisel eraldub lahusest aine **D** sade. Gaaside **B** ja **C** omavaheline reaktsioon on eksotermiline, mistõttu reaktsiooni lõppedes on moodustunud saadusained vastavalt vedelas ja gaasifaasis. Jahtumisel (olenevalt tingimustest) võivad moodustuda tahked ained **E** või **F**. Ained **D**, **E** ja **F** reageerivad kuumutamisel nii vesiniku, hapniku, süsiniku kui ka kõikide metallidega (peale kulla ja plaatina). Ained **D**, **E** ja **F** reageerides metalli **G** pulbriga moodustavad aine **A**. Metallil **G** on ühendites oksüdatsiooniaste II ja III ning $2,00 \text{ g}$ metalli **G** pulbri reageerimisel lahjendatud soolhappega inertses atmosfääris eraldub 803 cm^3 vesinikku.

a) Identifitseerida (nimetus ja valem) ained **D**, **E** ja **F**. (1,5)

b) i) Kirjutada reaktsioonivõrrand $\text{G} + \text{HCl} \rightarrow$, ii) Arvutada metalli **G** molaarmass.

iii) Identifitseerida aine **A**. (4)

c) Kirjutada reaktsioonivõrrandid ja anda ainete nimetused: i) $\text{A} \rightarrow$ **B**, ii) $\text{B} \rightarrow$ **C**,

iii) $\text{B} + \text{C} \xrightarrow{\text{vesilahuses}}$, iv) $\text{B} + \text{C} \xrightarrow{\text{gaasifaasis}}$, v) $\text{D} + \text{H}_2 \rightarrow$, vi) $\text{D} + \text{O}_2 \rightarrow$,

vii) $\text{D} +$ süsinik \rightarrow .

(3,5) 9 p

2000/2001 õa keemiaolümpiaadi lõppvoorülesanded

11. klass

1. Laboratooriumisse toodi analüüsiks metalli **X** plaat. Laborant lõi kas plaadist kaks sama massiga tükki ning asetaski ühe nendest plii- ja teise vasesoola lahusesse. Kindla aja möödudes oli esimese plaadi mass suurenenud 19,0% ja teise plaadi mass vähenenud 9,8% võrra. Eeldada, et reaktsiooni kiirused on võrdsed ja kõikide metallide oksüdatsiooniastmed ühendas on II. Metall **X** redutseerib lahjendatud väävelhappes vesiniku ja tema sulfaat on vees hästi lahustuv.

a) Kirjutada ioonvõrrandid: i) **X** + pliiisool, ii) **X** + vasesool (**X** jätta identifitseerimata). (1)

b) Kasutades plaatide massi muutumise väärtusi koostada vastavad võrrandid ja identifitseerida metall **X**. (3,5)

c) Arvutada metalli **X** molaarmass, kui elektrolüüsil 1,000 A vooluga täpselt ühe tunni vältel katoodi mass kasvas 2,097 g võrra. $F = 96485 \text{ A}\cdot\text{s/mol}$. (2)

d) Kirjutada reaktsioonivõrrandid ja elektroodid, mis on vajalikud punktis c) kirjeldatud eksperimendi läbiviimiseks. Valida on nii grafiitelektroodid kui metallplaadid ja kasutada on väävelhape. (1,5) **8 p**

2. Fenüülrühma sisaldava optiliselt aktiivse ühendi **A** kvantitatiivsel oksüdeerimisel KMnO_4 -ga happelises keskkonnas saadi ühend **B**, mille molaarmass võrdub ühendi **A** molaarmassiga. Ühendite **A** ja **B** omavahelisel reageerimisel moodustub vedelik **C**, mille brutovalem on $\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{O}_2$. Vedelik **C** hüdrolyüsib NaOH toimel, mille tulemusena moodustub ühend **A** ja ühend **D**.

a) i) Millisesse orgaanilise ühendi rühma kuulub ühend **C**?

ii) Kirjutada brutovalemiga selle ühendi hüdrolyüsireaktsiooni võrrand naatriumhüdroksiidiga. (1,5)

b) Kirjutada ja põhjendada ühendite **B** ja **A** struktuurivalemid. (3)

c) Kirjutada struktuurivalemitega i) reaktsiooniskeem $\text{A} \rightarrow \text{B}$ ja ii) reaktsioonivõrrand $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$. (3)

d) Määrata ühendites **A** ja **B** mittetsükliliste süsinike oksüdatsiooniastmed ja kirjutada redoksreaktsiooni võrrand $\text{A} + \text{KMnO}_4 \rightarrow$. (2,5) **10 p**

3. 949 mg orgaanilist ainet põletati täielikult. Saadi $1,15 \text{ dm}^3$ süsihappegaasi ja sellest 1000 korda väiksem ruumala (4°C) vett.

a) Leida selle aine empiiriline valem. (3)

b) Joonistada saadud empiirilisele valemile vastavate isomeeride struktuurid ja anda neile süstemaatilised nimetused. (7)

c) Joonistada ühe võimaliku stereoisomeeri R ja S konfiguratsioonid. (2) **12 p**

4. Ühendi **A** (naatriummetanaat) vesilahuse elektrolüüsil moodustuvad ained **B**, **C**, **D** ja **E**. Aine **D** reageerimisel aine **C** vesilahusega võib moodustuda nii normaalsool **F** kui ka vesiniksool **G**. Ühendi **B** dehüdrogeenimisel moodustub ühend **H**. Ühendi **H** reaktsioonil broomiga tekib ühend **I**. Ühendi **I** kuumutamisel $\text{KOH}/\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ keskkonnas tekib ühend **J**, mida võib kasutada benseeni saamisel lähteainena. Benseeni kiiritamisel ultravioletse kiirgusega moodustub benseeni kolm

valentsisomeeri (sidemete C-C arv muutub; sidemete C-H arv säilib) – **K, L, M**, millest **K** on kahe, **L** on kolme ja **M** on viietsükliline.

a) Kirjutada eraldi välja ainete **B, C, D, E, F, G, H, I** ja **J** valemid ja nimetused (4,5)

b) Kirjutada reaktsioonivõrrandid i) **B** → **H**, ii) **H** → **I**, iii) **I** → **J**, iv) **D** → **F**,

v) **D** → **G**. (5)

c) Kirjutada benseeni kahe võimaliku valentsisomeeri (**K, L, M**) struktuurivalemid.

(2,5) 12 p

5. Inimvere pH väärtus on vahemikus 7,35–7,45. Sellist väikest intervalli aitab säilitada mitmesuguste puhversüsteemide koosmõju. Tähtsamaks puhversüsteemiks on karbonaatpuhver, kus soola ja happe (HCO_3^- ja H_2CO_3) moolivahekord on täpselt 20:1. Väljahingatav CO_2 eraldub tasakaaluliselt veres olevast süsihapest.

a) Kirjutada süsihappe esimese ja teise astme i) dissotsiatsioonivõrrandid ja

ii) nendele võrranditele vastavad dissotsiatsioonikonstantide K_1 ja K_2 avaldised (3)

b) Arvutada puhvri HCO_3^- – H_2CO_3 (dissotsiatsiooni teist astet mitte vaadelda)

i) pH väärtus ja ii) $[\text{H}^+]$, kui $\text{p}K_1 = 6,10$. (2)

c) Põhjendada pH arvutusvalemi abil, kas esialgse pH väärtuse saavutamiseks

hingamine kiireneb või aeglustub, kui vere pH väärtus on langenud. (3) 8 p

6. Metallidel **X** ja **Y** on ühendites kaks ühesugust oksüdatsiooniastet. Metallil **X** on madalama oksüdatsiooniastmega ühend tugevaks redutseerijaks. Metallil **Y** on kõrgema oksüdatsiooniastmega ühend tugevaks oksüdeerijaks. Element **X** annab väävliga kollase ühendi **A** ja vesilahuses annavad elemendi **Y** ioonid jodiidioonidega kollase sademe **B**. Need ühendid on stabiilsed. Metallil **X** reageerimisel väga lahja lämmastikhappe lahusega saadakse NO ja metallil **X** ioon, mida tuntakse orgaanilises keemias hea redutseerijana. Metallil **Y** ja tema kõrgema oksüdatsiooniastmega oksiidi kasutatakse happes pöördvalt töötavas vooluallikas, mille tühjenemisel moodustub metallil **Y** madalama oksüdatsiooniastmega ühend. Metallil **X** kasutatakse raua kaitseks korrosiooni eest. Metallil **X** töötlemisel klooriga moodustub kergesti lenduv ühend **C**. Seda meetodit kasutatakse metallil **X** regenereerimisel. Väga madalal temperatuuril võib metall **X** muutuda pulbriks, mis on selle elemendi üks allotroopseid teisendeid. Metall **X** annab metahappe **D**. Metall **Y** moodustab oksiidi **E**, mida võib vaadelda metallil **Y** ortohappe soolana. Selle soola molekulis on kokku seitse aatomit. Metallil **Y** on oksiidis **E** mõlemad oksüdatsiooniastmed.

a) Identifitseerida metallid **X** ja **Y** ja anda nende nimetused. (1)

b) Kirjutada reaktsioonivõrrandid: i) $\text{X} + \text{S} \rightarrow \text{A}$, ii) $\text{Ysool} + \text{KI} \rightarrow \text{B}$,

iii) $\text{X} + \text{HNO}_3$ (lahj.) $\rightarrow \text{Xsool}$. (4)

c) Kirjutada elemendi **Y** baasil koostatud vooluallika skeem (elektroodid, elektrolüüt, poolused). (1)

d) Kirjutada punktis c) kirjeldatud vooluallika tühjenemisel i) katoodreaktsiooni

võrrand, ii) anoodreaktsiooni võrrand, iii) summaarse reaktsiooni võrrand. (2)

e) Kirjutada i) ühendi **D** valem ja ii) ühendi **E** valem ning märkida metallide **X** ja **Y** oksüdatsiooniastmed. (2) 10 p

2000/2001 õa keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesanded

12. klass

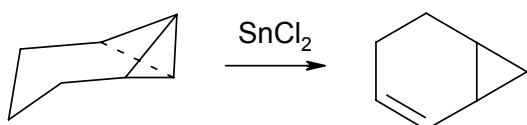
1. II maailmasõjas hõivasid sakslased Taani. Natsid tahtsid ka rekvireerida Nobeli preemia laureaadile Niels Bohrile kuuluvat kulla (23 karaati) ja hõbeda (1 karaat) sulamist valmistatud Nobeli medalit. Legendi järgi aetas Niels Bohr medali kuningveega täidetud kolbi. Seetõttu otsiti medalit edutult igalt poolt, kuigi see oli kõikide silma all klaaskolvis. Pärast sõda Niels Bohr regenereeris lahusest väärismetalli elektrolüüsi abil ning laskis saadud materjalist vermida uue medali Rootsi rahapajas.

- a) Kirjeldada, mis toimus medaliga kuningvees ja kirjutada vastava reaktsiooni võrrand. (2)
- b) Milline moodustuv reagent on kuningvees väärismetalli lahustavaks komponendiks? (1)
- c) Kirjutada reaktsioonivõrrandid väärismetalli regenereerimisel, mis toimuvad i) katoodil ja ii) anoodil. (1)
- d) Arvutada Nobeli medali esialgne mass, kui 4 tunni vältel toimunud elektrolüüsil 20 A vooluga regenereeriti voolu järgi 90% saagise korral ainult 90% lahuses olnud väärismetallist. Kõik siintoodud arvud lugeda täpseteks. Vastus anda 5 tüvenumbri täpsusega. (4)
- Väärismetallide sulamite korral 1 karaat tähistab 1/24 sulami massist. **8 p**

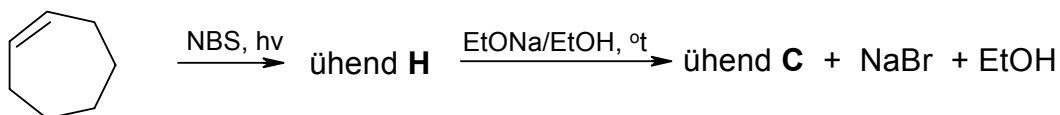
2. Trieen **A** (brutovalem $C_{10}H_{12}$) reageerib osooniga, moodustades 5 tsüklist koosneva osoniidi **B**. Ühe molekuli osoniidi **B** hüdroolüüsil redutseerivas keskkonnas tekib ainsa saadusena kaks sümmeetrilist kolme karbonüülrühmaga molekuli **C**. Aine **C** oksüdeerimisel kuuma kontsentreeritud lämmastikhappega saadakse dihapete homoloogilise rea esimene liige **D** ja teine (sümmeetriline) liige **E**. Dihape **D** kristalliseerub kahe kristallveega, andes aine **F**. Aine **F** laguneb kuumutamisel oksiidideks. Aine **F** täpset kaalutist kasutatakse $KMnO_4$ lahuse standardiseerimiseks.

- a) Kirjutada i) aine **A** ja ii) aine **B** tasapinnalised struktuurivalemid. (3)
- b) Kirjutada reaktsioniskeemid (tasapinnaliste struktuurivalemitega):
i) $B \rightarrow C$ ja ii) $C \rightarrow D + E$ (2)
- c) Kirjutada reaktsioonivõrrandid: i) $F \xrightarrow{^o t}$ ja ii) $D + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$. (2)
- d) Arvutada aine **F** hulk, kui tema termilisel lagunemisel moodustunud gaaside ruumala on 100 °C juures 1,53 dm³. (1,5)
- e) Arvutada $KMnO_4$ lahuse molaarne kontsentratsioon, kui punktis d) arvatud aine **F** hulk on lahustunud 100 cm³ lahuses ja saadud lahuse 10,0 cm³ tiitrimiseks kulus 13,2 cm³ $KMnO_4$ lahust. (1,5) **10 p**

3. Isomerisatsioonil säilib molekuli kvalitatiivne ja kvantitatiivne koostis. Isomerisatsioonireaktsioonide katalüsaatoriteks on tavaliselt siirdemetallide ühendid. Järgnevate isomerisatsioonireaktsioonide lähteaineks on ühend **A** – tritsüklo[4,1,0,0^{2,7}]heptaan. Katalüsaatori $SnCl_2$ toimel leiab aset järgmine isomerisatsioon:



Katalüsaatoriga AgBF_4 moodustub ühendist **A** isomeer **B** ja katalüsaatoriga $[\text{Rh}(\text{CO})_2\text{Cl}]_2$ moodustub ühendist **A** isomeer **C**. Isomeeride **B** ja **C** molekulides on ainult üks tsükkel. Ühendi **B** hüdrogeenimisel Pt katalüsaatoriga tekib küllastunud süsivesinik **D**. Ühendit **D** võib saada ka tolueni hüdrogeenimisel kõrgel rõhul. Ühendites **B** ja **D** on süsiniku aatomite paigutus (skelett) ühesugune. Ühendi **B** oksüdeerimisel KMnO_4/H^+ toimel eraldub esialgu CO_2 ja tekib ühend **E**, mis on ketodikarboksüülhape. Edasisel kuumutamisel samas keskkonnas eraldub ühendist **E** üks molekul CO_2 . Tekib vaheühend **F**, mis kohe oksüdeerub 1,5-pentaandihappeks (ühend **G**). Ühendit **C** võib saada tsüklohepteenist järgmise skeemi kohaselt:



NBS on N-bromosuktsiinimiid, mida kasutatakse nn allüülseks bromeerimiseks. Allüülisel bromeerimisel saadakse bromoderivaat, kus alkeeni kaksikside säilib.

- Kirjutada struktuurivalemitega reaktsioonivõrrand: toluen \rightarrow ühend **D** ja anda nende nomenklatuursed nimetused. (0,5)
- Joonistada 7 võimaliku isomeeri struktuurid, mille süsinikskelett ja koostis vastab ühendi **B** skeletile ja koostisele ning mille hüdrogeenimisel tekib ühend **D**. (3,5)
- Kirjutada struktuurivalemitega reaktsiooniskeemid: i) **B** \rightarrow **E**, ii) **E** \rightarrow **F**, iii) **F** \rightarrow **G** (3)
- Joonistada i) ühendi **H** ja ii) ühendi **C** struktuurivalemid. (2) 9 p

4. Binaarne ühend **A** sisaldab 20,24% metalli **X**. Ühe mooli sulandi **A** elektrolüüsil moodustub 1 mool metalli **X** ja 1,5 mooli lihtainet **B**, mille tihedus CO_2 järgi on 1,611. Aine **A** reageerib hüdriidiga **C**, moodustades ühendid **D** ja **E**. Ühendi **E** sulandi elektrolüüsil on saadud metalli **Y** hulk kaks korda lihtaine **B** hulgast suurem. Ühend **D** koosneb kuuest aatomist ega sisalda elementi **B**. Ühendi **D** molaarmass moodustab 28,5% ühendi **A** molaarmassist. Ühendit **A** ja ühendit **D** kasutatakse väga sageli orgaanilises sünteesis. Toatemperatuuril võib ühend **D** reageerida erineva hulga *tert*-butüülalkoholiga, andes vastavalt ühendid **F**, **G** ja **H**. Ühendi **H** kuumutamisel *tert*-butüülalkoholiga moodustub ühend **I**. Nimetatud ühendite moodustumisel eraldub erinev kogus vesinikku. Ühendite **F**, **G**, **H** ja **I** reageerimisel NaOH vesilahusega tekib *tert*-butüülalkohol, alus **J**, heksahüdroksükompleksühend ning ühendite **F**, **G** ja **H** puhul ka vesinik. Ühendi **I** puhul vesinikku ei teki. Teatud koguse ühendi **H** reageerimisel NaOH vesilahusega eraldus 11,2 cm^3 vesinikku. Sama koguse ühendi **H** täieliku põlemise saadused andsid $\text{Ca}(\text{OH})_2$ lahusega 1,20 g valget sadet.

- Määrata i) aine **B** (arvutada), ii) ühendi **A** (arvutada), iii) ühendi **C**, iv) ühendi **E** ja v) ühendi **D** (kontrollida molaarmassi) valemid. (2,5)
- Kirjutada reaktsioonivõrrand **A** + **C** \rightarrow **D** + **E**. (0,5)
- Kirjutada ühendi **D** ja *tert*-butüülalkoholi vahelise reaktsiooni võimalike saadusainete lihtsustatud valemid (lühendatult $\text{CH}_3 = \text{Me}$; $\text{C}_2\text{H}_5 = \text{Et}$ jne). (2)
- Määrata ühendi **H** lihtsustatud valem. (2)
- Kirjutada reaktsioonivõrrand **D** + *tert*-butüülalkohol \rightarrow ühend **H** + (1)
- Kirjutada reaktsioonivõrrand: ühend **H** + NaOH + H_2O \rightarrow . (1)
- i) Määrata ühendi **I** valem. ii) Miks ühendi **I** saamiseks on vaja reaktsioonisegu kuumutada? (1) 10 p

5. 1828.a. otsustas Berzeliuse õpilane saada järgnevateks katseteks soola **B**. Selleks otstarbeks segas ta ammooniumkloriidi ja soola **A** lahused vastavalt reaktsioonivõrrandile. Reaktsiooni lõppedes ta eraldas sademe ning aurutas lahuse kuivaks. Saadi läbipaistvad nõeljad kristallid, mille mass ühtis arvutatud massiga. Suureks üllatuseks avastas sünteesija, et saadusaine **X** ei anna kustutatud lubjaga kuumutamisel ainele **B** iseloomulikku lõhna. Analüüsil nähtus, et saadusaine **X** mass on soola **A** massist 2,50 korda väiksem ja aine **X** koosneb 4 elemendist, kusjuures lämmastikku on 46,67%, süsinikku on 20,00% ja hapnikku on 26,67%. Kaasajal teame, et alates temperatuurist 60 °C moodustub ühendist **B** ühend **X**.

- a) Määrata saadusaine **X** brutovalem ja sellele vastavate võimalike ühendite valemid. (2,5)
- b) Leida soola **A** valem ja anda tema nimetus. (1,5)
- c) Kirjutada reaktsioonivõrrandid: i) $A \rightarrow B$, ii) $B \rightarrow X$, iii) $B + Ca(OH)_2 \rightarrow$. (1,5)
- d) i) Kirjutada kirjeldatud eksperimendi sooritaja nimi. ii) Milline nähtus keemiliste ühendite kirjeldamisel selle eksperimendiga avastati? iii) Miks peetakse keemilises sünteesis seda eksperimenti pöördeliseks? (1,5) 7 p

6. Värviliste kroonlehtedega õisik saadi paberi katmisel värviliste ainetega. Õpetaja andis analüüsida seitsmevärvilise õisiku, kus kroonleht **A** oli valge, **B** – violetne, **C** – roheline, **D** – kollakasroheline, **E** – helesinine, **F** – oranžikaspunane ja **G** – kollane. Aineid **A**, **B** ja **C** oli 1,00 g. Aine **A** muutus päikese käes seismisel ja hilisemal fototöötlemisel punakaks aineks **H**, mida tekkis 0,333 g. Aine **B** andis soolhappe toimetel helerooasa lahuse, eraldades 354 cm³ gaasi **I**. Aine **C** kuumutamisel moodustus 0,72 g musta ainet **J**. Aine **J** reageerimisel soolhappega tekkis helesinine aine **K** lahus. Ained **D** ja **E** on sama metalli **L** binaarsed ühendid. Nii **D** kui **E** annavad veega lahustumisel hüdroksiidi **M** (58 g/mol) ning vastavalt neljaaatomilise gaasi **N** ja viieaatomilise gaasi **O**. Gaasid **N** ja **O** põlevad õhus, moodustades vee ning vastavalt lihtaine **P** ja vees lahustumatu happelise oksiidi **R**. Ainet **F** võib vaadelda nii oksiidi kui orto-soolana ja temas on hapniku protsendiline sisaldus 9,34. Aine **G** lahustub ainult kuningvees, moodustades happe **Q**. 1,00 grammist ainet **G** moodustunud hape **Q** annab CsCl-ga 2,40 g kompleksühendit **S**, kus aatomite arv on sama, mis happes **Q**.

- a) i) Identifitseerida aine **H**.
ii) Arvutada aine **A** aniooni molaarmass ja identifitseerida aine **A**. (2)
- b) i) Kirjutada aine **B** reaktsioonivõrrand soolhappega, ii) arvutada eraldunud gaasi ruumala ja identifitseerida aine **B**. (2,5)
- c) i) Identifitseerida aine **J**, ii) arvutada aine **C** molaarmass ning identifitseerida aine **C**, iii) kirjutada reaktsioonivõrrand $C \rightarrow J$ ja iv) $J \rightarrow K$. (2,5)
- d) i) Identifitseerida ained **L** ja **M**, ii) kirjutada reaktsioonivõrrandid $D + H_2O \rightarrow N + O_2 \rightarrow$ ning identifitseerida ained **D**, **N** ja **P**, iii) kirjutada reaktsioonivõrrandid $E + H_2O \rightarrow$ ja $O + O_2 \rightarrow$ ning identifitseerida ained **E**, **O** ja **R**. (5)
- e) i) Identifitseerida aine **F**. Kirjutada tema valem oksiidina ja soolana, ii) arvutada hapniku protsendiline sisaldus aines **F**. (1,5)
- f) i) Identifitseerida aine **G**, ii) kirjutada reaktsioonivõrrand $Q \rightarrow S$ ja identifitseerida ained **Q** ja **S** ning iii) arvutada aine **S** mass. (2,5)

Tähelepanu: Identifitseerimine tähendab valemi ja nimetuse andmist. 16 p