

2001/2002 õa keemiaolümpiaadi lõppvoorülesanded
9. klass

1. Taimekaitset kasutatakse vaskvitrioli ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ja raudvitrioli ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Nendest sooladest valmistatakse kindla protsendilise sisaldusega lahused.

a) Mitu kg **i)** vaskvitrioli ja **ii)** vett tuleb võtta 5,0 kg 4,0% CuSO_4 (160 g/mol) lahuse valmistamiseks? (3)

b) Mitu kg raudvitrioli tuleb lisada 9,0 kg 3,0% lahusele, et saada 5,0% FeSO_4 (152 g/mol) lahus? (3) **6 p**

2. Õpetaja hõõrus metallist **X** valmistatud teelusika peene liivapaberiga puhtaks ja asetab selle lühikeseks ajaks läbipaistvasse lahusesse **A**, mis sisaldab soola $\text{Y}(\text{NO}_3)_2$. Võtnud "aktiveeritud" lusika lahusest, loputas ta selle veega ja asetab klaasalusele. Mõne aja möödudes hakkas lusikas kattuma valge koheva massiga ning lõpuks oli lusikast järele jäänud kuhi valget pulbrit **B** ja väikesed hallid tilgakesed **C**.

"Aktiveeritud" kuivatamata lusika korrosiooni üheks põhjustajaks õhus on lihtaine **D**. Õhus on liivapaberiga puhastatud lusika korrosioonireaktsiooni lähteaineks lihtaine **E**. "Aktiveeritud" lusika korrosiooni korral moodustub lihtaine **F**. Lihtainete **E** ja **F** ühinemisel moodustub lihtaine **D**.

a) **i)** Millisest metallist **X** (sümbol ja nimetus) oli valmistatud lusikas?

ii) Miks lusikas ei hävi tee või kohvi segamisel? (1)

b) **i)** Andke metalli **Y** sümbol ja nimetus. **ii)** Milline muutus toimus lusika puhastamisel liivapaberiga? **iii)** Milline aine moodustus lusika pinnale, et see peale lahusega **A** töötlemist hakkas korrodeeruma? **iv)** Millisest ainest koosnevad tilgakesed **C**? (3,5)

c) **i)** Miks liivapaberiga töödeldud lusika korrosioon seiskub nii vees kui õhus?

ii) Kirjutage reaktsioonivõrrand, mis kirjeldab korrosioonivastase kaitsekihi moodustumist metallil **X**. (1,5)

d) Kirjutage reaktsioonivõrrandid: **i)** $\text{X} + \text{A} \rightarrow$; **ii)** $\text{X}_{\text{akt}} + \text{D} \rightarrow \text{B} + \text{F}$;

iii) $\text{X}_{\text{akt}} + \text{D} + \text{E} \rightarrow \text{B}$; **iv)** $\text{E} + \text{F} \rightarrow$. Andke ainete **A**, **B**, **D**, **E**, **F** nimetused. (3) **9 p**

3. Vedelgaasi ballonis (21,0 kg gaasi) on vastavalt aastaajale kas propaan (C_3H_8) või butaan (C_4H_{10}). Propaani (44,1 g/mol) põlemisenergia $\Delta H = -2221$ kJ/mol ja butaani (58,1 g/mol) põlemisenergia $\Delta H = -2889$ kJ/mol. Miinusmärki kasutatakse seetõttu, et gaas kaotab põlemisel energiat.

a) Kirjutage **i)** propaani ja **ii)** butaani põlemisreaktsiooni võrrandid. (3)

b) Arvutage, milline kogus energiat eraldub ühe ballonitäie **i)** propaani ja **ii)** butaani põlemisel. (4)

c) Kui sõltumata gaasist on ballooni hind sama (250 krooni), siis

i) kirjutage, millise gaasi põletamisel saadud energia on odavam;

ii) arvutage ühe gigadžauli ($\text{GJ} = 10^9$ J) tootmiseks vajaliku gaasi (propaan ja butaan) keskmine hind. (3) **10 p**

4. Ühes tiiglis kuumutati pikema aja vältel 900°C juures peenestatud lubjakivi ja teises tiiglis 120°C juures peenestatud kipsi. Pärast pulbrite jahtumist segati need eraldi anumates veega pudruks ja jäeti seisma. Teises katses segati veega mõlemat peenestatud mineraali peale kuumutamist 300°C juures.

a) Kirjutage reaktsioonivõrrandid ja andke ainete rahvapärased nimetused:

i) lubjakivi $\xrightarrow{900\text{ }^\circ\text{C}}$; ii) lubjakivi $\xrightarrow{300\text{ }^\circ\text{C}}$; iii) kips $\xrightarrow{120\text{ }^\circ\text{C}}$; iv) kips $\xrightarrow{300\text{ }^\circ\text{C}}$. (5)

b) Kirjutada reaktsioonivõrrandid, mis toimuvad vee ja i) 900 °C juures kuumutatud lubjakiviga; ii) 300 °C juures kuumutatud lubjakiviga, iii) 120 °C juures kuumutatud kipsiga; iv) 300 °C juures kuumutatud kipsiga. (3)

c) i) Milliste ainete segamisel saadakse krohvisegu? Kirjutada reaktsioonivõrrandid, mis põhjustavad krohvisegu ii) esialgse kivistumise; iii) segu täiendava tugevuse aastasadade vältel. (3) 11 p

5. Veeauru liia juhtimisel üle soola **A**, mis on kuumutatud temperatuurini 500–600 °C, saadakse 8,00 grammi alust **B** ja 2,24 dm³ värvitut ning lõhnatud kolmeatomilist gaasi **C**. Sama kogus alust **B** saadakse 0,100 mooli leelismetalli **X** oksiidi **D** reageerimisel veega. 2,24 dm³ gaasi **C** reageerib täielikult soola **A** esialgse koguse lahjendatud vesilahusega, andes 16,8 g soola **E**. Saadud lahuse kuivaksaurutamisel keeval vesivannil saadakse esialgne kogus ainet **A**. Soolad **A** ja **E** tekivad ka gaasi **C** ja aluse **B** vesilahuse vahelisel reaktsioonil.

a) Leidke aluse **B** ja metalli **X** molaarmass, andke vastavalt nende valem ja sümbol ning mõlema nimetus. (2)

b) Identifitseerige gaas **C** (põhjendage). (2)

c) Kirjutage reaktsioonivõrrandid: i) **A** + veeaur \rightarrow ; ii) **D** + H₂O \rightarrow ;

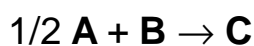
iii) **C** + **A** + H₂O \rightarrow ; iv) **E** $\xrightarrow{^\circ t}$ **A**; v) **B** + **C** \rightleftharpoons **A**; vi) **B** + **C** \rightleftharpoons **E**. (6)

d) Arvutage soola **A** mass. (2) 12 p

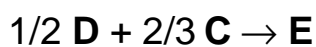
6. Demonstratsioonilaul on kaks 200 milliliitrit keeduklaasi, millest ühes on 100 ml lahust **A** ja teises 100 ml lahust **B**.

Allpool esitatud katsetes I, II ja III toodud lahuste antud ruumala osade (1, 1/2, 1/3 või 2/3) kokkuvalamisel ja segamisel moodustusid uued lahused **C**, **E** ja **G**, mida saadi 150 milliliitrit ja lahused **D**, **F** ja **H**, mida saadi 100 ml.

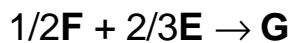
I katse:



II katse:



III katse:



Lahused **A**, **B**, **D** ja **F** on värvitud; lahused **C**, **E**, **G** ja **H** on värvilised (vaarikapunane). Üks alglahustest (1,011 g/cm³) sisaldab 3,24% HCl, teine (1,012 g/cm³) sisaldab 4,15% NaOH. Ühele alglahustest on lisatud indikaatorit.

a) Millist indikaatorit millisele alglahusele oli lisatud? (2)

b) Kirjutage toimunud reaktsiooni võrrand. (1)

c) Arvutage alglahustes i) happe hulk ja ii) aluse hulk. (3)

d) Arvutage happe ja aluse hulk lahustes i) **C**; ii) **D** ja iii) **E**. (4,5)

e) Millised lahustunud ained on lahuses **H**? (1,5) 12 p

2001/2002 õa keemiaolümpiaadi lõppvoorülesanded
10. klass

1. 20 °C juures on CuSO_4 (160 g/mol) lahustuvus 17,2 g (täpselt 100 grammis vees).

- a) Mitu grammi $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (250 g/mol) on vaja lahustada täpselt 100 grammis vees, et saada 20 °C juures küllastunud vasksulfaadi lahus? (3)
b) Mitme protsendiline on saadud küllastunud lahus? (1,5)
c) Mitu grammi küllastunud lahust saadakse? (1)
d) Mitu grammi veevaba soola see küllastunud lahus sisaldab? (0,5) **6 p**

2. 67,2 ml gaasi **X**, mille molekulis on 5 aatomit, hüdrolüüsiti vees. Moodustus hape **A** ja **B** lahus moolisuhtega 1:1. Hapete **A** ja **B** neutraliseerimiseks kulus a) 60,0 ml 0,100 M KOH lahust. Reageerimisel kaltsiumkloriidi lahusega moodustas hape **A** 408 mg sadet ja hape **B** moodustas 234 mg sadet. Hapetes **A** ja **B** on elementidel sama oksüdatsiooniaste nagu gaasis **X**.

- a) Arvutage ja määrake ülesandes toodud andmete põhjal ainete **A**, **B** ja **X** valemid (4)
b) Kirjutage reaktsioonivõrrandid ja andke kõikide saadusainete nimetused.
i) $\text{X} \textcircled{R} \text{A} + \text{B}$; ii) $\text{A} + \text{KOH} \rightarrow$; iii) $\text{B} + \text{KOH} \rightarrow$; iv) $\text{A} + \text{CaCl}_2$; v) $\text{B} + \text{CaCl}_2 \rightarrow$ (5) **9 p**

3. Ainete **A**, **B**, **C**, **D** ja **E** koostises on kokku kolm keemilist elementi. Üks loetletud ainetest on tahke, kolm nendest on mürgised, kolm on lihtained ja neli on gaasilised ained.

Üks liiter ainet **A** reageerib 3 liitri ainega **B**. 8 g ainet **A** reageerib lõplikult 3 g ainega **C**. 1 mool ainet **C** võib lõplikult reageerida 1920 g ainega **E**. 150 grammi ainet **B** reageerimisel 2,5 mooli ainega **E** saadakse 112 liitrit ainet **D**. On teada, et ainet **B** võib saada happe **F** lahjendatud lahuse reageerimisel punase tahke lihtainega **G**. Ainet **D** saadakse samadest lähteainetest, kui kasutatakse happe **F** kontsentreeritud lahust. Ainet **G** reageerimisel nii ainega **A** kui ainega **E** saadakse kõrgel temperatuuril ainsa saadusainena must tahke ainet **H**.

- a) Kirjutage ainete **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**, **H** valemid, andke nende nimetused ja ainete **A**, **B**, **C**, **D** ja **E** agregaatolek. Märkige, millised gaasid on mürgised. (4)
b) Kirjutage reaktsioonivõrrandid: i) $\text{A} + \text{B} \rightarrow$; ii) $\text{A} + \text{C} \rightarrow$; iii) $\text{C} + \text{E} \rightarrow$; iv) $\text{B} + \text{E} \rightarrow$; v) $\text{G} + \text{F}(\text{lahj.}) \rightarrow$; vi) $\text{G} + \text{F}(\text{konts.}) \textcircled{R}$; vii) $\text{G} + \text{A} \rightarrow$; viii) $\text{G} + \text{E} \rightarrow$ (8) **12 p**

4. Professor Snape andis Harry Potterile ülesandeks valmistada täpselt veerand untsi erilist pulbrit **A**, mille kuumutamisel tekkivate aurude sissehingamine aitavat kurvameelsuse vastu, suuremas koguses aga kammitsevat meeli. Selleks käskis ta Harryl võtta kusiainet, lisada sellele maomahla ja kuumutada, kuni segu mullitamise lõpetab. Segule lisada lahustatud põrgukivi ja eraldada tekkiv valge sade **B** (neid viimaseid operatsioone on soovitatav läbi viia kuuvalgel). Edasi tuleb lahusefaas ettevaatlikult kokku aurutada kuni valge tahke jäägini, mis ongi ihaldatud saaduseks.

- a) Aidake Harryl meelde tuletada, i) milline on kusiaine ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) struktuurivalem ja ii) kuidas kusiainet veel nimetatakse. (1)
b) Aidake Harryl nuputada, milline on pulbri **A** i) valem ja ii) nimetus. Hermione andmetel sisaldavat see massi järgi 35% N, 60% O ja vesinikku. (2,5)
c) Aidake Harryl välja mõelda, milliseid ühendeid sisaldavad pulbri **A** kuumutamisel moodustunud aurud, kui nendeks on kaks ühesuguse aatomite arvuga binaarset ühendit. Andke nende ühendite i) valemid ja ii) rahvakeelsed nimetused. (1,5)

d) Aidake Harryl kirja panna reaktsioonivõrrandid: i) kusiaine + maomahl;

ii) $\text{B} + \text{A}$; iii) $\text{A} \xrightarrow{\text{ot}}$. (3)

e) Aidake Harryl rehkendada, mitu untsi kusiainet peab vajaliku koguse pulbri **A** valmistamiseks võtma, kui sünteesi saagis on 40,0%? 1 unts \approx 28,5 g, vastus anda kolme tüvenumbri täpsusega. (2)

f) Kas Harry saab kasutada oma tavalist tinasulamist katelt? (0,5)

g) Miks tuleb osa operatsioone läbi viia kuuvalgel? (0,5) **11 p**

5. Element **A** kuulub perioodilisussüsteemi peaalarühma. Selle aatomi tuumas ületab neutronite arv prootonite arvu 11 võrra. Lihtaine **A** sulab temperatuuril 38 °C ja selle ühendid värvivad gaasi leegi punaseks. Selle hapnikühendites (**B**, **C**, **D** ja **E**) on hapniku keskmine oksüdatsiooniaste vastavalt -II, -I, -1/2 ja -1/3. Lihtaine **A** sattumisel vette toimub plahvatus. Elemendi **A** reageerimisel: ühendiga **E** võib saada ühendi **D**, ühendiga **D** saadakse ühend **C** ja ühendiga **C** saadakse ühend **B**. Ainete **B**, **C**, **D** ja **E** kokkupuutumisel orgaaniliste ainetelega võib toimuda plahvatus, seda eriti ühenditega **D** ja **E**. Ainete **D** ja **E** reageerimisel kuivas õhus sisalduva kolmeaatomilise gaasiga **F** moodustub aine **G** ja gaas **I**. Seda reaktsiooni võib kasutada isoleeritud ruumis väljahingatava õhu regenereerimiseks. Eeldame, et elemendi **A** oksüdatsiooniaste on kõikides ühendites I.

a) i) Identifitseerige element **A** ja ii) põhjendage arvutustega oma valikut. (3)

b) Kirjutage reaktsioonivõrrandid: i) $\text{A} \textcircled{\text{R}} \text{B}$; ii) $\text{A} \textcircled{\text{R}} \text{C}$; iii) $\text{A} \textcircled{\text{R}} \text{D}$; iv) $\text{A} \textcircled{\text{R}} \text{E}$; v) $\text{E} \textcircled{\text{R}}$

D; vi) $\text{D} \textcircled{\text{R}} \text{C}$; vii) $\text{C} \textcircled{\text{R}} \text{B}$; viii) $\text{D} + \text{F} \textcircled{\text{R}}$ ja andke ainete **B**, **C**, **F**, **G** ja **I** nimetused. (8) **11 p**

6. Rootsi insener Alfred Nobel patenteeris 1867.a. meetodi, kuidas muuta nitroglütseriini (NG) ohutumaks dünaamiidiks. Nitroglütseriini ($\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_9\text{N}_3$) valmistamiseks vajatakse ainet **X** ja nitreerimissegu, mis koosneb hapetest **Y** ja **Z**. Ainet **X** võib saada rasvast, hapet **Y** võib saada, lähtudes õhust ja hapet **Z**, lähtudes väävlist.

a) Kirjeldage Nobeli patendi ideed. (2)

b) Rasva reageerimisel ainega **A** moodustuvad ained **X** ja **B**. Selle reaktsiooni tasakaalustatud reaktsiooniskeem on järgmine: $\text{rasv} + 3\text{A} \rightarrow \text{X} + 3\text{B}$

i) Kirjutage ainete **A** ja **X** valemid ja nimetused. ii) Kirjutage aine **B** kaubanduslik nimetus ja märkige, millisesse aineklassi see kuulub. (2)

c) Kirjutage nitreerimisseguks vajalike hapete **Y** ja **Z** saamise reaktsiooni võrrandid ja andke ainete nimetused. Ained **C**, **D**, **E** ja **F** on oksiidid.

õhk $\xrightarrow{\text{i) elektrikaar}}$ **C** $\xrightarrow{\text{ii)}}$ **D** $\xrightarrow{\text{iii)}}$ hape **Y**

väävel $\xrightarrow{\text{iv)}}$ **E** $\xrightarrow{\text{v) katalüsaator}}$ **F** $\xrightarrow{\text{vi)}}$ hape **Z** (3)

d) Kirjutage nitroglütseriini saamise reaktsiooni võrrand. Hape **Z** on katalüsaatoriks. Ained **X** ja NG kirjutage lihtsustatud struktuurivalemitega. (2)

e) Kirjutage NG (brutovalemiga) plahvatusreaktsiooni võrrand. Eeldage, et moodustub lämmastik ja süsinik oksüdeerub ainult süsinikmonooksiidiks. (2) **11 p**

2001/2002 õa keemiaolümpiaadi lõppvoorülesanded
11. klass

1. Ained **X**, **Y**, **Z** ja **Q** on binaarsed orgaanilised ühendid. Lihtaine **A** aatomitel on suur ja lihtaine **B** aatomitel on väikene elektronegatiivsus. Ainete **X** ja **A** vahel toimub mitu järjestikust reaktsiooni, mille esimesel etapil saadakse aine **C** ja viimasel aine **D**. Aine **D** aurude tihedus aine **X** suhtes on 9,6. Sool **E**, mis värvib leegi kollaseks, tekib aine **C** reaktsioonil lihtainega **B**. Selles reaktsioonis on teiseks saadusaineks aine **Y**. Nii aine **X** pürolüüsil kui ka aine **Y** kuumutamisel Pt katalüsaatoril moodustub aine **Z**. Aine **Z** ja aine **Y** molekulmasside suhe on 0,867. Aine **Z** molekulide ühinemisel võib moodustuda aine **Q** (78 g/mol).

a) Identifitseerige ained **X**, **Y**, **Z**, **Q**, **A**, **B**, **C**, **D**, **E** (valem ja nimetus). (4,5)

b) Kirjutage reaktsioonivõrrandid: i) $X + A \rightarrow C$; ii) $X + A \rightarrow D$;

iii) $C + B \rightarrow Y$; iv) $X \xrightarrow{Pt, \Delta} Z$; v) $Y \xrightarrow{Pt, \Delta} Z$; vi) $Z \rightarrow Q$. (3)

c) Kasutades väärtusi i) 9,6; ii) 0,867; iii) 78, kontrollige lahenduskäigu õigsust. (1,5) **9p**

2. Alkaani **X** põlemissaadusteks olid 9,55 dm³ CO₂ ja 8,95 g vett (18,0 g/mol). Alkaani **X** töötlemisel AlCl₃-ga saadi selle isomeerid **A**, **B**, **C** ja **D**. Iga isomeeri töödeldi eraldi lühiajaliselt broomiga uv-valgusel. Selgus, et isomeeride **A** ja **B** massid suurenesid võrdselt 5,59 korda ning isomeeride **C** ja **D** massid suurenesid võrdselt 2,84 korda. Isomeerid **B** ja **C** on sümmeetrilised, **A** ja **D** aga mitte. Eeldada, et kõige halvemini asenduvad vesinikud ei osale antud tingimustel asendusreaktsioonides.

a) i) Arvutage, mitu vesiniku aatomit on alkaanis **X** ühe süsiniku aatomi kohta.

ii) Leidke alkaani **X** brutovalem. (2,5)

b) Kirjutage alkaani **X** isomeeride graafilised valemid. (2,5)

c) i) Kirjutage esitatud tingimustel moodustunud vastavate broomiühendite **A**^{*}, **B**^{*}, **C**^{*} ja **D**^{*} bruto- ja struktuurivalemid ning andke nende nimetused. ii) Kontrollige, kas bromeerimisel aset leidnud masside suurenemine on vastavuses ülesande tingimustega. (5)

d) Kirjutage brutovalemitega isomeeri **A** bromeerimisreaktsiooni võrrand. (1) **11 p**

3. Perioodilisussüsteemi sama perioodi neli üksteise kõrval olevat metalli **X**, **Y**, **Z** ja **Q** põhjustavad imelisi värvidemänge paljudes tuntud vääriskivides. Mineraalide valemid antakse oksiidide valemitega.

Vääriskivi	Koostisainete sisaldus (%)				Tüüpiline värvus	Värvust põhjustavad lisandid
	O	Si	Al	Be		
Rubiin	47,1	–	52,9	–	punane	Y , Q
Safiir	47,1	–	52,9	–	sinine	Q , Ti, Co
Aleksandriit	50,4	–	42,5	7,1	tehisvalguses punane, päeval tumeroheline	Y , Q
Smaragd	53,6	31,4	10,0	5,0	tumeroheline	Y , X
Akvamariin	53,6	31,4	10,0	5,0	helesinine	Q ²⁺ , Q ³⁺
Hiastoliit	49,4	17,3	33,3	–	pruun (läbipaistmatu)	Z

a) Arvutada i) rubiini ja safiiri; ii) aleksandriidi; iii) smaragdi ja akvamariini ning iv) hiastoliidi valemid. (6)

b) i) Identifitseerige elemendid **X**, **Y**, **Z** ja **Q** ja ii) püüdke oma valikut põhjendada (2) **8 p**

4. Naatriumhüdroksiidi saab toota NaCl vesilahuse elektrolüüsil. Protsessil moodustuvad vesinik ja kloor, mis on soolhappe tootmise lähteaineteks. Elektrolüüseris kasutatav pinge on 3,80 volti ja saagis voolu järgi on 90,0%. Ettevõtte maksab elektrienergia eest 80 senti/kWh.

- a) Kirjutage **i)** NaCl vesilahuse elektrolüüsireaktsiooni summaarne võrrand, **ii)** anoodprotsessi võrrand, **iii)** katoodeprotsessi võrrand ja **iv)** vesinikkloriidi moodustumise reaktsiooni võrrand. (4)
- b) Arvutage täpselt ühe kilogrammi **i)** NaOH tootmiseks kulunud elektrienergia maksumus ja **ii)** 36,5% soolhappe tootmiseks kulunud elektrienergia maksumus. (6)
- c) Arvutage, mitu kilogrammi NaOH ja mitu kilogrammi 36,5% soolhapet saab toota elektrienergiaga, mille eest on makstud 100 krooni. (2)
- 1 kWh \Leftrightarrow kA·V·3600 s; 1 mol (e⁻) \Leftrightarrow 96500 A·s **12 p**

5. Lahuses **A** on ammooniumkloriidi kontsentratsioon sama, mis NaCl kontsentratsioon lahuses **X**. Lahuses **X** on hõbedaioonide kontsentratsioon $1,56 \cdot 10^{-9}$ mol/dm³. Lahuses **B** on ammoniaakhüdraadi kontsentratsioon 0,125 mol/dm³. Puhverlahus **Y** saadi 0,750 dm³ lahuse **A** segamisel sama ruumala lahusega **B**. Saadud puhverlahusele **Y** lisati 1,50 dm³ 0,125 molaarset soolhapet, mille tulemusena saadi lahus **Z**.

- a) Arvutage lahuses **X** NaCl kontsentratsioon. (2)
- b) Arvutage puhverlahuse **Y** pH. (2)
- c) Arvutage lahuse **Z** pH. (4)

Eeldame, et lahuste segamisel puudub kontraktsioon.

$LK(\text{AgCl}) = 1,56 \cdot 10^{-10} \text{ mol}^2/(\text{dm}^3)^2$; $K(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1,79 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ ja aluselises puhverlahuses $[\text{OH}^-] = K(\text{alus}) \cdot \frac{c(\text{alus})}{c(\text{sool})}$ **8 p**

6. Mittemetalli **X** abil saadakse naatriumi ühenditest **A** ja **B** vastavalt vedelat lihtainet **Y** ja tahket lihtainet **Z**. **X** ühineb perioodilisustabelis oleva naaberelemendi oksiidiga (madalam oksüdatsiooniaste). Moodustub kolmest elemendist koosnev ühend **C**, kus naaberelement on oksüdeerunud maksimaalselt. Fosfor oksüdeerub aine **X** liias maksimaalselt, moodustades ühendi **D**. Aine **X** ja metaani vahel toimub astmeline asendusreaktsioon, mille lõppsaaduseks on ühend **E**. Ühend **E** on 80 °C juures aurustuv vedelik, mida kasutatakse süttinud vedelkütuste kustutamiseks. Aine **X** ja vesiniku segu plahvatab valguskvantide toimel, moodustades ühendi **F**. Ühend **F** moodustub ka aine **X** reageerimisel nii veega kui ka metaaniga ning ühendite **C** ja **D** hüdroolüüsil. **C** ja **D** hüdroolüüsil moodustuvad veel vastavalt tuntud hapnikhapped **G** ja **H**. Aine **X** reageerib peaaegu kõikide metallidega, moodustades binaarseid ühendeid, millest väävelhappe toimel on võimalik saada ühendit **F**. Aine **X** reageerimisel kuumale KOH lahusega saadakse ühend **I** (Berthollet' sool). Ühendi **I** kuumutamisel MnO₂ juuresolekul moodustub hapnik. Ettevaatlikul kuumutamisel ilma katalüsaatorita toimub disproportsioneerimise reaktsioon, kus üheks saadusaineks on tugevaima anorgaanilise happe sool **J**.

- a) Kirjutage reaktsioonivõrrandid, märkides ainete nimetused: **i)** **A** + **X** →; **ii)** **B** + **X** →; **iii)** oksiid + **X** ® **C**; **iv)** fosfor + **X** ® **D**; **v)** CH₄ + **X** $\xrightarrow{\text{summaarselt}}$ **E**; **vi)** vesinik + **X** →. (6)
- b) Kirjutage hüdroolüüsireaktsioonide võrrandid, märkides ainete nimetused: **i)** **C** + H₂O →; **ii)** **D** + H₂O →. (2)
- c) Kirjutage redoksreaktsioonid, märkides ainete nimetused: **i)** **X** + H₂O →; **ii)** **X** + KOH(kuum lahus) →; **iii)** **I** $\xrightarrow{\text{MnO}_2, t}$; **iv)** **I** $\xrightarrow{t^\circ}$ **J**. (4) **12 p**

2001/2002 õa keemiaolümpiaadi lõppvoorülesanded
12. klass

Ni, t°

1. Metaani katalüütilise konversiooni reaktsioon $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO} + 3\text{H}_2$ on vesiniku tööstuslikul saamisel protsessi esimene etapp. Reaktsioonis osalevate ainete standardsed tekkeentalpiad ning standardsed entroopiad on järgmised:

	CH_4	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	CO	H_2
ΔH_f° (kJ/mol)	-75,0	-242	-110	0
S° [J/(mol·K)]	186	189	197	131

- a) Leidke standardne reaktsioonientalpia ΔH° . (1,5)
- b) i) Leidke standardne reaktsiooni vabaenergia ΔG° . ii) Kas otsesuunaline reaktsioon toimub? (2,5)
- c) Leidke reaktsiooni tasakaalukonstant K_f standardtingimustel. (2)
- d) i) Milline tingimus määrab tasakaaluoleku? ii) Millisel temperatuuril ($^\circ\text{C}$) see tingimus on täidetud? (3)
- Arvutamisel eeldage, et reaktsioonientalpia ΔH ja reaktsioonientroopia ΔS ei sõltu temperatuurist. **9 p**

2. Ühend **A**, mille triviaalnimetus on oksamiid, koosneb süsinikust, vesinikust, hapnikust ja lämmastikust. Ühendi **A** molekulmass on 88. Molekulis on kolme elemendi aatomeid võrdselt, neljanda elemendi aatomite arv on kahe võrra väiksem, kui ülejäänud elementide aatomite summa. Ühendi **A** hüdroolüüsil moodustub terava lõhnaga gaas **B**, mis värvib niisutatud lakmuspaberi siniseks. Hüdroolüüsi teiseks saadusaineks on orgaaniline hape **C**, mille kuumutamisel moodustub lõhnatu gaas **D** (1,52 korda õhust raskem) ja kergeim orgaaniline hape **E**. Hapet **E** on võimalik saada teravalõhnalise, vees hästi lahustuva gaasi **F** oksüdeerimisel. Orgaanilised ühendid **E** ja **F** annavad mõlemad hõbepeegli reaktsiooni. Gaaside **B** ja **F** ühinemisel saadakse vahesaadusena ebapüsiv aminometanool. Summaarse reaktsiooni tulemusena saadakse ühend **X** (urotropiin, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$) ja eraldub vesi. Ühendi **X** reageerimisel lämmastikhappe liiaga moodustub ühend **Y** (heksogeen, $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6$) ning ühend **G**, mis on gaasist **B** ja lämmastikhapest saadud sool. Ühendis **Y** ja soolas **G** on lämmastikul kaks erinevat oksüdatsiooniastet.

- a) i) Põhjendage ühendi **A** brutovalem. ii) Andke ühendi **A** struktuurivalem. (2,5)
- b) Kirjutage reaktsioonivõrrandid ja andke reaktsioonis osalevate ainete nimetused (orgaanilised ühendid andke struktuurivalemitega): i) $\text{A} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$; ii) $\text{C} \xrightarrow{t^\circ}$; iii) $\text{B} + \text{F} \rightarrow$ aminometanool; iv) $\text{B} + \text{F} \rightarrow \text{X}$; v) $\text{X} \textcircled{R} \text{Y}$. (7,5)
- c) Kirjutage heksogeeni plahvatusreaktsiooni võrrand (brutovalemitega) eeldades, et hapnik saadakse ainult heksogeenist. (1) **11 p**

3. Arhitektuuriliste jooniste valguskopeerimise leiutas briti astronoom sir John Herschel 1840.a. Meetod põhineb raua valgustundliku soola **X** molekulisisesel redoksreaktsioonil, mis on initsieeritud valguskvantide poolt. Moodustunud kation annab kaaliumi soolaga **Y** lahustumatu sinise värvusega ühendi **Z**. Soolade **X** ja **Y** lahusega kaetud ja hiljem kuivatatud paberile jäävad joonise valgustamise järel valged jooned sinisel foonil. Reageerimata soolad pestakse paberist välja. Sool **X** on raua ja ammooniumi orgaaniline kaksiksool, mis kristalliseerub koos kolme veega. Valgustamisel moodustub sama kvalitatiivse koostisega kaksiksool **Q**, mis

kristalliseerub kahe veega. Soola **X** molekulisisesel redoksreaktsioonil osa oksalaatioonidest laguneb süsihappegaasiks. Sool **Y** saadakse raua soola reageerimisel soola **A** kontsentreeritud lahusega. Sool **A** saadakse KOH reageerimisel väga mürgise üheprootonilise nõrga lenduva happega **B**. Happe **B** aurude tihedus on vesiniku tihedusest 13,5 korda suurem. Soolas **X** ja soolas **Y** on raua oksüdatsiooniaste sama ja nende molekulis on üks raua aatom. Soola **Y** ja soola **Z** anioonide koostis on identne, kus raud (56,0 g/mol) moodustab 26,4% aniooni massist. Kristallhüdraatides **X** ja **Q** on raua sisaldus vastavalt 13,1% ja 18,4% ning soolades **Y** ja **Z** vastavalt 17,0% ja 47,3%.

a) Leidke ja põhjendage ülesande andmete põhjal soolade **Y** ja **Z** aniooni kvalitatiivne ja kvantitatiivne koostis. (4)

b) Kirjutage kristallveega soolade **X** ja **Q** ning ainete **Y**, **Z**, **A** ja **B** valemid. (5)

c) Kirjutage reaktsioonivõrrandid i) ioon + **Y** → **Z** + ioon; ii) raua sool + **A** → **Y**.

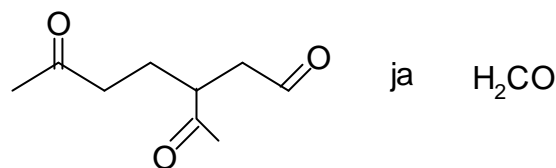
iii) $\text{X} \xrightarrow{hn} \text{Q} + (\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 + \dots + \dots$ (4) 13 p

4. 2001.a. Nobeli preemia omistati katalüütiliste asümmeetriliste sünteesimeetodite väljatöötajatele. Sama aine erinevatel stereoisomeeridel võivad olla väga erinevad omadused. Selletõttu kasutatakse asümmeetrilist sünteesi eelkõige efektiivsete ravimite ja bioloogiliselt aktiivsete ainete saamiseks.

Kõikidel aminohapetel (peale glütsiini) on R ja S enantiomeersed vormid (stereoisomeerid). Näitena vaatleme 2-aminopropaanhapet.

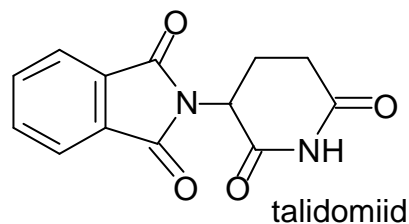
a) Kirjutage aminohappealaniini (2-aminopropaanhape) R ja S vormi Fischeri projektsioonid. Märkige S-isomeeris aatomite vanemus. (3)

Omaduste erinevuste näiteks on limoneen ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}$). Selle R-isomeeril on apelsini lõhn, S-isomeeril aga sidruni lõhn. Limoneeni molekulis on kuuelüliline tsükkel ja selle osonolüüsi saaduseks on kõrvaltoodud ühendid suhtes 1:1



b) Kirjutage struktuurivalemitega limoneeni osonolüüsi-reaktsiooni võrrand, joonistage limoneeni R- ja S-isomeerid ja märkige R-isomeeris aatomite vanemus. (3)

Omaduste erinevuse kõige traagilisemaks näiteks on 1961.a. apteekidesse ilmunud ravim talidomiid, millel oli efektiivne unetuse, depressiooni ja ärrituse vastane toime. Pärast arvukaid teratogeneesi (embrüonaalse arengu häire) juhtumeid selgus põhjalikul uurimisel, et ülalloetletud head raviomadused on ainult R-isomeeril, kuna S-isomeer osutus väga tugevaks teratogeeniks.



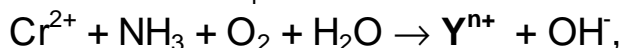
c) Märkige tärniga (*) talidomiidi molekulis kiraalne süsinik ning joonistage talidomiidi R- ja S-isomeerid. Märkige S-isomeeris aatomite vanemus. (2) 8 p

5. Bensaldehüüd ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$) tekib KCN katalüütilisel toimel aine **A** ($\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{O}_2$). Selle ühendi redutseerimisel NaBH_4 abil saadakse ühend **B** ($\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{O}_2$), aga oksüdeerimisel CrO_3 toimel ühend **C** ($\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_2$). Ühendi **C** redutseerimisel NaBH_4 -ga saadakse ühend **B**. Bensaldehüüdi oksüdeerimisel Ag_2O toimel tekib ühend **D**. Ühendi **B** reaktsioonil ühendi **D** liiaga kontsentreeritud väävelhappe juuresolekul

moodustub esmalt ühend **E** (C₂₁H₁₈O₃) ja sellest edasi ühend **F** (C₂₈H₂₂O₄). Kõikides loetletud sünteesides toimuvad reaktsioonid ühendite kõrvalahelatega.

- a) Joonistage ühendite **A** – **F** struktuurivalemid. (6)
b) Tähistage ühendites **A** ja **B** kiraalsuse tsentrid tärniga. (2)
c) Joonistage ühendi **F** kõikide stereoisomeeride Fischeri projektsioonid. (3)
Fenüülrühma võib tähistada sümboliga Ph. 11 p

6. Rodokroomkloriid (**X**) on kahetuumaline kroom(III) kompleksühend, kus tuumad on omavahel seotud hüdroksüülrühmaga. Aine **X** nomenklatuurne nimetus IUPACi järgi on μ -hüdrokso-bis[pentaammiin-kroom(III)]kloriid. Aine **X** süntees toimub kontsentreeritud NH₄Cl lahuse keskkonnas järgmise skeemi kohaselt:



kus Yⁿ⁺ tähistab rodokroom–katiooni. Rodokroomkloriid sadeneb nimetatud sünteesil punase peenkristalse veeslahustuva ainena. Kui aine **X** lahust keeta soolhappega, siis sadeneb välja purpureokroomkloriid **Z** – [CrCl(NH₃)₅]Cl₂.

- a) Kirjutage katiooni Yⁿ⁺ struktuurivalem. (2)
b) Kirjutage ülaltoodud reaktsiooniskeem reaktsioonivõrrandina, andes saadusaine ioonsel kujul. Katioon kirjutage lihtsustatud struktuurivalemina. (2)
c) Miks rodokroomkloriidi sünteesitakse NH₄Cl kontsentreeritud lahuses? (1)
d) Kirjutage reaktsioonivõrrand, kuidas ainest **X** saada aine **Z**. (1,5)
e) Kirjutage aine **Z** nomenklatuurne nimetus. (0,5)
f) Milline ruumala 0,1 M AgNO₃ lahust kulub 10 cm³ 0,05 M aine **Z** lahuse tiitrimiseks? (1) 8 p