

1997/98. õa keemiaolümpiaadi lõppvoorü ülesanded
9. klass

1. II peaarühma elementide karbonaatide ekvimolaarse segu kuumutamisel moodustas järelejäänud segu mass 62 % esialgsest massist.
- a) Leida 2 mooli segu mass peale kuumutamist. (2)
 - b) Missuguste metallide karbonaadid on segus? (4)
 - c) Kirjutada lagunemisreaktsioonide võrrandid. (2) **8 p**
2. Teatud kogus fosfaani (PH₃) ja vesiniku segu juhiti läbi kahe järjestikuse kuuma toru, millest esimene oli täidetud vaselaastude ja teine vask(II)-oksiidiga. Esimese toru mass suurenes 4,96 grammi võrra ja teise oma vähenes 5,76 g võrra. Nendes tingimustes on fosfaan oksüdeerijaks.
- a) Kirjutada reaktsioonide võrrandid. (3)
 - b) Leida lähtesegus sisaldunud fosfaani ja vesiniku hulk. (5)
 - c) Leida gaasi molaarruumala standardtingimustel (1 atm, 25 °C). (2)
 - d) Leida lähtesegu tihedus standardtingimustel. (4) **14 p**
3. Kloorlubi on kaltsiumkloriidi ja kaltsiumhüpokloriti ekvimolaarne segu. Kloorlubja saamise lähteaineteks on lubjapiim (Ca(OH)₂ suspensioon), tahke KMnO₄ ja 69,8 cm³ 36,5 %-list (1,189 g/cm³) HCl-i lahust.
- a) Kirjutada kloorlubja saamiseks kahe vajaliku reaktsiooni võrrandid. (2)
 - b) Leida kordajad nende reaktsioonide võrranditele. (6)
 - c) Leida saadud kloorlubja mass, kui saagis soolhappe järgi on 26,0 %. (4) **12 p**
4. Sulam koosneb metallidest **A** ja **B**. Peenestatud sulamit töödeldi lahjendatud soolhappe lahuse liiaga. Saadud lahuse kuivaksaurutamisel saadi tahke aine massiks 37,99 grammi. Destilleeritud vees moodustas osa sellest tahkest ainest aine **C** lahuse. Lahustumatuks jäi mingi punane aine **D**. Kontsentreeritud lämmastikhappes aine **D** lahustus, moodustades aine **E** sinakas-rohelise lahuse, ja eraldus pruun gaas **F**. Aine **C** lahusele kaaliumsulfiidi lahuse lisamisel eraldus 14,45 g kollast ainet **G**, milles metalli oksüdatsiooniasend on II.
- a) Kirjutada reaktsioonivõrrandid: 1) **A** + HCl →; 2) **B** + HCl →; 3) **D** + HNO₃ →
4) **C** + K₂S →. (4)
 - b) Kirjutada ainete **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F** ja **G** valemid ja nimetused. (3,5)
 - c) Leida ainete **C** ja **D** massid. (2,5)
 - d) Leida sulami protsendiline sisaldus. (2) **12 p**
5. 100 cm³-le H₂O₂ lahusele (1,02 g/cm³) lisati 20,0 cm³ 0,100 mol/dm³ KMnO₄ lahust, mille tulemusena eraldus 2,016 dm³ (n.t.) hapnikku (O₂). Kuigi H₂O₂

lagunemine on katalüütiline protsess, kus katalüsaatoriks on MnO_2 , tekib osa hapnikust KMnO_4 ja H_2O_2 vahelise reaktsiooni tulemusena.

- a) Kirjutada H_2O_2 reaktsiooni võrrand kaaliumpermanganaadiga ja H_2O_2 katalüütilise lagunemisreaktsiooni võrrand. (4)
- b) Arvutada kogu eraldunud hapniku hulk. (1)
- c) Arvutada reaktsioonis osalenud KMnO_4 hulk ja selle reaktsiooni tulemusena eraldunud hapniku hulk. (3)
- d) Leida H_2O_2 hulk, mis reageeris KMnO_4 -ga ja hulk, mis lagunes katalüütiliselt. (3)
- e) Arvutada H_2O_2 protsendiline sisaldus eeldusel, et kogu H_2O_2 lagunes ja kogu KMnO_4 redutseerus. (3) **14 p**

6. Reaktsiooninõu maht on 1,000 liitrit. Nõusse valati 100 grammi 36,5 %-list soolhapet ($1,180 \text{ g/cm}^3$). Nõu suleti hermeetiliselt, misjärel viidi soolhappega kontakti 9,00 grammi Zn ($7,14 \text{ g/cm}^3$). Arvutustes eeldada, et esialgse lahuse ja metalli ruumala võrdub lõpplahuse ruumalaga. Reaktsiooni algmomendil oli reaktoris olev õhk normaaltingimustel.

- a) Kirjutada reaktsioonivõrrand. (1)
- b) Arvutada reaktoris oleva gaasi hulk reaktsiooni alguses. (3)
- c) Arvutada reaktoris oleva gaasi hulk reaktsiooni lõpus. (4)
- d) Arvutada reaktoris olev rõhk reaktsiooni lõpus 20°C juures. (2)

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T, \text{ kus } R = 0,0820 \text{ (ühik tuleb ise leida)}$$

10 p

1997/98. õa keemiaolümpiaadi lõppvoorülesanded

10. klass

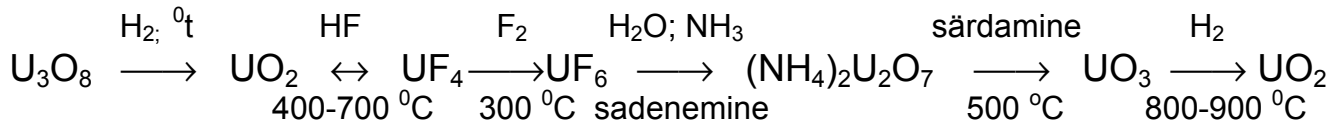
1. Oksiid **A** võib esineda kahe polümorfse (sama koostis, erinev kristallstruktuur) teisendina, millest üks on keemiliselt aktiivne ja teine võrdlemisi inertne. Tugeval kuumutamisel muutub aktiivne vorm passiivseks. Tugeva oksüdeerijana tuntud oranži aine **B** kokkusulatatamisel (reduktseerimisel) väävliga tekib aine **A** passiivne vorm ja sool **C**, kus väävel on maksimaalselt oksüdeerunud. Sulatades aine **A** passiivse vormi koos ainega **D** tekib sool **E** ja vesi. Lahustades soola **E** aine **D** vesilahuses tekib ühend **K**, mille kompleksiooni tsentraalaatomi koordinatsiooniarvuks on 6. Saadud ühendi **K** lahuse ettevaatlikul hapustamisel sadeneb aine **F**, mille molekul eraldab väga kergesti ühe molekuli vett ja tekib aine **G**. Aine **G** ettevaatlikul kuumutamisel ($\sim 150^\circ\text{C}$) moodustub aine **A** aktiivne vorm. Aine **A** reduktseerimisel alumiiniumiga saadakse metall **H**. Metall **H** kokkusulatatamisel naatriumkarbonaadiga õhu voolus saadakse kollane aine **I**. Ained **B**, **E** ja **I** on sama kvalitatiivse, kuid erineva kvantitatiivse koostisega.

- a) Kirjutada ainete **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **K**, **F**, **G**, **H** ja **I** valemid ja nimetused. (6)
- b) Kirjutada reaktsioonivõrrandid koos koefitsientidega: 1) **B** + väävel \rightarrow ; 2) **A** + **D** \rightarrow ;
 3) **E** + **D** $\xrightarrow{+\text{H}_2\text{O}}$; 4) **K** + H^+ \rightarrow ; 5) **F** \rightarrow **G**; 6) **G** \rightarrow **A**; 7) **A** + Al \rightarrow ;
 8) **H** + Na_2CO_3 + O_2 \rightarrow . (10) 16 p

2. Aine **A** on punase värvusega kõrgpolümeer. Tema aurude kondenseerimisel saadakse valge aine **B**, mis ei lahustu vees, kuid on väga mürgine ja võib õhus süttida. Hapnikuga ühinedes moodustuvad nii aine **A** kui aine **B** 14-atomilise molekuli **C**, mille reageerimisel veega moodustuvad happed **D** ja **E**. Õhu vajakul tekib aine **B** oksüdeerimisel aine **F**, millel on sama kvalitatiivne koostis, kui ainel **C**. Aine **C** molaarmass on aine **F** molaarmassist 1,29 korda suurem. Aine **F** üks mool ühineb 6 mooli veega. Madalal temperatuuril tekib kahealuseline hape **G**, milles on kolm vesiniku aatomit. Kõrgemal temperatuuril tekib sama kolmealuseline hape, mis tekib aine **C** reageerimisel veega, ja lisaks NH_3 molekuliga sarnase ehitusega küüslaugulõhnaline mürgine gaas **H**.

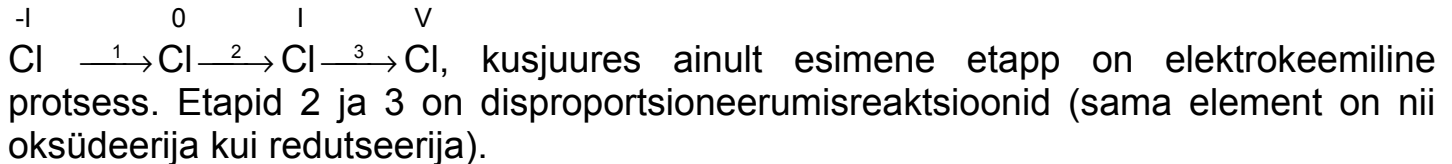
- a) Joonistada ainete **A**, **B** ja **H** molekuli struktuur, mis kõigil kolmel (elementaarlülina) on üsna sarnane. (3)
- b) Arvutada aine **C** ja aine **F** molekulmassid ja võrrelda nende suhet. (1)
- c) Milline on kahealuselise happe **G** võimalik graafiliselt kujutatav valem? (2)
- d) Kirjutada reaktsioonivõrrandid: 1) **A** + O_2 \rightarrow ; 2) **C** \rightarrow **D**; 3) **C** \rightarrow **E**; 4) **B** \rightarrow **F**;
 5) **F** + $6\text{H}_2\text{O}$ $\xrightarrow{\text{madal } ^\circ\text{t}}$ **G**; 6) **F** + $6\text{H}_2\text{O}$ $\xrightarrow{\text{kõrg } ^\circ\text{t}}$. (5)
- e) Kirjutada ainete **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G** ja **H** valemid ja anda nimetused. (4) 15 p

3. Tuumaenergeetikas kasutatakse reaktorites "kütusena" isotoobiga $^{235}_{92}\text{U}$ rikastatud uraandioksiidi. Selle oksiidi saamise tehnoloogiline skeem algab uraanimaakidest eeltöötlemisel saadud uraani hapnikühenditest, milles aatomite suhe väljendub valemiga U_3O_8 . Isotoobiga $^{235}_{92}\text{U}$ rikastamine toimub UF_6 saamise staadiumis. Rikastamisprotsess pole skeemil kajastatud, kuna selles protsessis ei esine keemilisi muundumisi. $^{235}_{92}\text{U}$ -ga rikastatud oksiidi saamise skeem on järgmine:



- a) Anda skeemis toodud uraani \u00fchendite nimetused ja m\u00e4arata nendes uraani oks\u00fddatsiooniaste. (3,5)
- b) Kirjutada iga vahestaadiumi jaoks tasakaalustatud reaktsiooniv\u00f6rrandid. (4,5)
- c) Milliste uraanioksiidide segu kajastab valem U_3O_8 ? (1) **9 p**

4. \u00dcks v\u00f6imalus s\u00fcnteesida Berthollet' soola on kuuma ($50-60\text{ }^\circ\text{C}$) intensiivselt segatava KCl vesilahuse elektrol\u00f2\u00fcs $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ juuresolekul. Eeldame, et s\u00fcntees toimub j\u00e4rgmise skeemi kohaselt:



- a) Kirjutada katoodil ja anoodil toimuvad elektrokeemilised muundumised. (2)
- b) Kirjutada disproportsioneerumise reaktsioonide v\u00f6rrandid. (2)
- c) Kirjutada redoksprotsessi v\u00f6rrand, kui protsessis osaleks $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. (2)
- d) Arvutada KClO_3 mass, mis moodustuks \u00fches patareis ($0,35\text{ A}\cdot\text{h}$) sisalduva elektri hulga poolt \u00fclesandes mainitud eelduse kohaselt, kui $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ protsessist osa ei v\u00f4ta (4) **10 p**
- M\u00e4rkus:** Korraliku paugu teeb ainult piisava puhtusastmega KClO_3 . Noortel p\u00f2romaanel ei maksaks siintoodud s\u00fcnteesiga aega raisatagi.

5. Eesti Vabariigi 50-sendilised m\u00fandid valmistatakse sulamist, mis koosneb alumiiniumist, niklist ja vasest. Anal\u00f2\u00fcsiks v\u00f4eti 29,200 grammi vastavat sulamit, mis "lahustati" lahjendatud l\u00e4mmastikhappes. Saadud lahus jagati pooleks. Esimest poolt t\u00f2deldi NaOH liiaga. Tekkis sade, mille mass peale kuivatamist oli 21,310 g. Teist poolt t\u00f2deldi NaOH liiaga broomivees. Tekkis sade, mille mass peale kuivatamist oli 21,395 g. M\u00f5lemal juhul olid sademes samasse aineklassi kuuluvad \u00fchendid.

- a) Kirjutada toimunud reaktsioonide v\u00f6rrandid eeldades, et vask ja nikkel redutseerivad l\u00e4mmastikhappe \u00fchesuguselt, alumiinium aga maksimaalselt. (6)
- b) Leida nikli hulk. (2)
- c) Leida Al, Ni ja Cu mass \u00fches 50-sendilises m\u00fendis (2,92 g). (1,5)
- d) Arvutada sulamis Al, Ni ja Cu massiprotsent. (3,5) **13 p**

6. Maagaasi koostises on mahu j\u00e4rgi 97,7 % metaani, 0,9 % etaani, 0,3 % propaani ja 1,0 % l\u00e4mmastikku. Lisaks on t\u00fchisel hulgal suurema molekulmassiga s\u00fcsivesinikke. V\u00e4\u00e4vli sisaldus on sedav\u00f6rd v\u00e4ike, et teda pole tehnilises iseloomustuses antud. Arvutuste lihtsustamiseks eeldame, et maagaas koosneb mahuliselt 99,0 % metaanist (CH_4) ja 1,0 % l\u00e4mmastikust. \u00dche mooli metaani p\u00f2lemisenergia $\Delta H = -802\text{ kJ}$.

- a) Arvutada, mitu mooli metaani kulub 1 kWh (3,60 MJ) elektrienergia tootmiseks, kui soojuselektrijaama kasutegur on 30,0 %. (3)
- b) Arvutada, mitu kilogrammi "kasvuhoonegaasi" (CO_2) tekib \u00fche kWh elektrienergia tootmisel. (1)
- c) Arvutada, mitu kuupmeetrit maagaasi kulub 1 kWh elektrienergia tootmiseks suvel ($+20\text{ }^\circ\text{C}$) ja talvel ($-20\text{ }^\circ\text{C}$). Gaasi ja \u00f5hu soojusmahtuvusi mitte arvestada. (3) **7 p**

1997/98. õa keemiaolümpiaadi lõppvoorülesanded

11. klass

1. 100 dm³-lise mahuga suletud reaktsiooninõusse asetati 2,00 mooli sulfurüülkloriidi (SO₂Cl₂). Peale tasakaaluoleku I saabumist lisati sulfurüülkloriidi senikaua, kuni tema tasakaaluline hulk oli 2,00 mooli (tasakaaluolek II). Sulfurüülkloriidi lagunemisreaktsiooni tasakaalukonstant K_c = 0,0811 mol/dm³, kui temperatuur on 173 °C.
- a) Kirjutada sulfurüülkloriidi lagunemisreaktsiooni võrrand ja selle reaktsiooni tasakaalukonstandi K_c avaldis. (2)
- b) Arvutada sulfurüülkloriidi, kloori ja vääveldioksiidi tasakaalulised kontsentratsioonid tasakaalude I ja II korral. (6)
- c) Arvutada kloori ja vääveldioksiidi ühinemisreaktsiooni tasakaalukonstant. (1)
- d) Arvutada SO₂Cl₂ lagunemisreaktsiooni tasakaalukonstant K_p (tasakaaluliste osarõhkude järgi) (3) **12 p**
2. 1986. aastal Tšernobõlis toimunud tuumaelektrijaama katastroofi tõttu paiskus atmosfääri radioaktiivne isotoop **A**, mille poolestusaeg on 8,054 päeva ja mis emiteerib nii pehmet (β) kui jäika (γ) kiirgust. Keemiline element, mille isotoop on **A**, reageerib kõrgemal temperatuuril vesinikuga. Saadud ühendi lahustamisel vees saadakse tugeva happe vesilahus. Anioonide sadestamiseks (eeldusel, et analüüsi vältel isotoop oluliselt ei lagune) kulunud AgNO₃ mass võrdub soola massiga, mis saadakse happe lahuse neutraliseerimisel KOH-ga.
- a) Arvutada isotoobi **A** muundumisreaktsiooni kiiruskonstant. (1)
- b) Leida aeg, mille jooksul on muundunud 99,99 % isotoobist **A**. (1)
- c) Millise keemilise elemendi isotoop on **A**? (2)
- d) Kirjutada asetleidnud reaktsioonide võrrandid: 1) (**A**) + H₂ → 2) K(**A**) + AgNO₃ → (2)
- e) Arvutada isotoobi **A** aatomite molaarmass. (3)
- f) Milline keemiline element (tuumalaeng ja massiarv) tekib isotoobi **A** muundumisel? (2) **11 p**
3. Viies nummerdatud katseklaasis on järgmised lahused:
- a) lahus, mis on saadud 10,00 cm³ 1,00·10⁻² mol/dm³ soolhappe lahjendamisel 100,0 cm³-ni.
- b) 2,00·10⁻² mol/dm³ HClO (K_{diss}=5,01·10⁻⁸)
- c) 6,00·10⁻² mol/dm³ NH₃·H₂O (K_{diss}=1,79·10⁻⁵)
- d) Lahus, mis on saadud 5,00·10⁻³ mol/dm³ NaOH lahuse 100-kordsel lahjendamisel.
- e) 1,00·10⁻¹ mol/dm³ etanooli lahus.

Vastava numbriga katseklaasis oleva lahuse reaktsioon indikaatoritega on esitatud tabelis:

	1	2	3	4	5
metüüloranž	punane	kollane	kollane	kollane	kollane
fenooltaleiin	värvitu	punane	värvitu	punane	värvitu
tümooltaleiin	värvitu	sinine	värvitu	värvitu	värvitu
metüülpunane	punane	kollane	kollane	kollane	oranžikas -punane

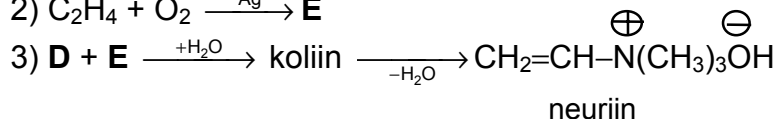
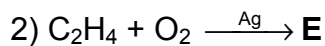
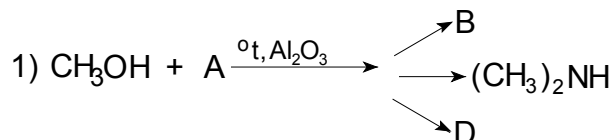
Indikaatori värvuse sõltuvus lahuse pH-st on esitatud tabelis

	pöördeala pH	happelises kk-s	aluselises kk-s
metüüloranž	3,1-4,4	punane	kollane
metüülpunane	4,2-6,3	punane	kollane
fenooltaleiin	8,0-9,8	värvitu	punane
tümooltaleiin	9,8-10,5	värvitu	sinine

- i) Avaldada [H⁺] arvutamise üldvalem nõrga happe dissotsiatsioonikonstandi ja kontsentratsiooni kaudu. (1)

- ii) Avaldada $[\text{OH}^-]$ arvutamise üldvalem nõrga aluse dissotsiatsioonikonstandi ja kontsentratsiooni kaudu ning selle järgi avaldada $[\text{H}^+]$. (1)
- iii) Arvutada kõikide lahuste pH-d. (5)
- iv) Milline lahus on millises katseklaasis? (5) **12 p**

4. Koliin on hügrokoopne värvitu kristalne aine, milles puudub kaksikside. Koliinil on ainevahetuses tähtis osa ja ta kuulub fosfolipiidide koosseisu. Koliini üks võimalik sünteesi skeem oleks järgmine:

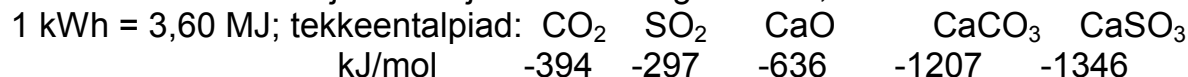


- a) Kirjutada ühendite **A**, **B**, **D** ja **E** struktuurvalemid ja anda nende nimetused, kui on teada, et **A** on binaarne gaasiline ühend. (6)
- b) Kirjutada reaktsioonivõrrandid, kus saadusteks on ühendid **D**, **E** ja koliin. (3)
- c) Kirjutada neuriini reaktsiooni võrrand HBr-ga, kui on teada, et ammooniumrühma tõttu toimub ühinemine vastupidiselt Markovnikovi reeglile. (1) **10 p**

5. Aine **A** sisaldab 72,2 % kloori, 16,3 % süsinikku, 10,82 % hapnikku ja 0,682 % vesinikku. Infrapunase spektroskoopia põhjal sisaldab aine **A** karbonüülrühma. Vesilahuses on aine **A** ühendina, mida võib vaadelda monohüdraadina **A**·H₂O. Seda "monohüdraati", mille ühe süsiniku aatomi juures on kaks hüdroksüülrühma, on võimalik eraldada. 3,31 grammi monohüdraadi lahustamisel 100 grammis vees moodustub lahus, mille külmumistemperatuur on -0,372 °C. $K_{kr}(\text{H}_2\text{O}) = 1,86 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$.

- a) Leida aines **A** lihtsaim täisarvuline aatomite suhe. (1)
- b) Leida lahuse külmumistemperatuuri järgi "monohüdraadi" ja aine **A** molaarmassid. (2)
- c) Kirjutada viie võimaliku isomeeri struktuurvalemid, mis vastaksid aine **A** koostisele. Tähistada tärniga kiraalne süsiniku aatom ja märkida, milline isomeeridest on R, milline S. (4,5)
- d) Kirjutada "monohüdraadi" struktuurvalem ja anda selle nimetus. (2)
- e) Milline isomeeridest vastab ainele **A**? Anda selle nimetus. (1,5) **11 p**

6. Täpselt 1 kg antratsiidi (6,0 % niiskust, kuivainest 85 % süsinikku, 2,0 % vesinikku, 1,5 % hapnikku, 1,5 % väävli ja 10 % mineraalaineid) põlemisenergia $\Delta H = -28,5 \text{ MJ}$. Täpselt 1 kg põlevkivi (12,0 % niiskust, kuivainest 27% süsinikku, 3,4 % vesinikku, 3,8 % hapnikku, 1,8 % väävli, 41 % CaCO₃ ja 23 % mineraalaineid) põlemisenergia $\Delta H = -10,5 \text{ MJ}$. Põlevkivi põlemisel laguneb 95 % CaCO₃-st ja moodustunud SO₂-st seotakse 80 % kaltsiumsulfitiks. Soojuselektrijaama kasutegur on 30,0 %.



Arvutada **1 kWh** elektrienergia tootmisel:

- a) vajalik antratsiidi ja põlevkivi mass; (2)
- b) põlevkivi väävli (80 %) sidumiseks vajalik CaO mass; (2)
- c) õhku paisatud CO₂ mass antratsiidi ja põlevkivi kasutamisel; (3)
- d) summaarne soojusefekt põlevkivi väävli (80 %) sidumisel, lähtudes CaCO₃-st ja väävlist; kirjutada vastavate reaktsioonide võrrandid; (5)
- e) õhku paisatud SO₂ mass antratsiidi ja põlevkivi kasutamisel. (2) **14 p**

1997/98. õa keemiaolümpiaadi lõppvoorü ülesanded
12. klass

1. Äädikhappe vesilahuse elektrolüüsil eraldus $40,0 \text{ dm}^3$ ($25 \text{ }^\circ\text{C}$ ja 761 mm Hg) gaasi, mille tihedus õhu suhtes oli $0,476$. Saagis voolu järgi oli 85% . Elektrolüüsiks kulus $0,393 \text{ kWh}$ elektrienergiat. Eeldatakse, et moodustunud gaasid ei lahustu vees. Etaanhappe elektrolüüsil radikaal ei lagune. $M(\text{õhk}) = 29,0 \text{ g/mol}$.
- a) Millised saadused tekivad äädikhappe elektrolüüsil ja vee elektrolüüsil? Leida eraldunud gaasisegude keskmised molaarmassid. (3)
- b) Kirjutada äädikhappe vesilahuse elektrolüüsil katoodil ja anoodil toimuvate protsesside võrrandid. (1,5)
- c) Leida elektrolüüsil eraldunud gaaside hulk. (1)
- d) Leida elektrolüüsil osalenud äädikhappe ja vee hulgad. (2,5)
- e) Leida elektrolüüsiks vajaminev elektri hulk ja elektrolüüseri pinge. (2) **10 p**
2. Kahe gaasilise orgaanilise ühendi ekvimolaarse segu $0,499 \text{ grammi}$ ruumala oli standardtingimustel 230 ml . Need gaasid kuuluvad samasse aineklassi, mis koosnevad süsinikust, vesinikust ja hapnikust. Tavalistel tingimustel ei reageeri nad ei naatriumi ega broomiveega. Normaalingimustele viidud ekvimolaarse segu gaasifaasist võetud $24,0 \text{ ml}$ mass oli $0,0497 \text{ grammi}$.
- a) Leida gaaside molaarmassid. (4)
- b) Leida komponentide valemid ja anda nende nimetused. (6)
- c) Miks eksperimentaalsetest andmetest saadud molaarmassid erinevad aatommasside järgi arvutatud molaarmassidest? (2) **12 p**
3. Metall **A** reageerib klooriga, andes oksüdeerija **B**, milles on $45,5 \%$ metalli ja $54,5 \%$ kloori. Ühendi **B** reageerimisel metüülmagneesiumjodiidiga etoksüetaani keskkonnas moodustub tetraalküülühend **C**. $1,0 \text{ g}$ ühendi **C** ühinemisel $4,4 \text{ g}$ ühendiga **B** moodustub $5,4 \text{ g}$ ainet **D**, mille molekulis on üks metalli **A** aatom. Aine **D** leeliselisel hüdrolyüsil moodustub aine **E**, millel on karboksüülhapetega sarnane struktuur, kuid mis erinevalt karboksüülhapetest on amfoteersete omadustega: reageerimisel NaOH liiaga moodustub vastav sool, reageerimisel HCl -ga moodustub aine **D**. Kõikides siinkirjeldatud ühendites on metalli **A** oksüdatsiooniaste ühesugune.
- a) Arvutada metalli **A** molaarmass. (1)
- b) Kirjutada reaktsioonivõrrandid: 1) $\text{A} \rightarrow \text{B}$; 2) $\text{B} \rightarrow \text{C}$; 3) $\text{C} + \text{B} \rightarrow \text{D}$; 4) $\text{D} \rightarrow \text{E}$; 5) $\text{E} + \text{NaOH} \rightarrow$; 6) $\text{E} + \text{HCl} \rightarrow$. (6)
- c) Kirjutada ainete **A**, **B**, **C**, **D**, **E** valemid ja anda nende nimetused. (5) **12 p**
4. Kahe mineraali (**1** ja **2**) kvalitatiivne koostis on sama. Neljast keemilisest elemendist ainult üks on metall ja tema oksüdatsiooniaste on $+II$. Mõlemad

mineraalid lagunevad mõõdukal kuumutamisel ($\sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$) samadeks kahest elemendist koosnevateks aineteks, kusjuures mõlemal juhul on tekkiva gaasisegu hulk võrdne tekkiva tahke aine hulgaga. 10,00 g mineraali **1** lagunemisel saadud gaasiliste ainete ruumala $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja normaalrõhu juures oli $3,51\text{ dm}^3$ ja tihedus $0,798\text{ g/dm}^3$. Sama koguse mineraali **2** lagunemisel saadi samadel tingimustel $3,38\text{ dm}^3$ gaasisegu tihedusega $0,910\text{ g/dm}^3$.

- a) Millised ained moodustuvad nimetatud mineraalide lagunemisel (valem ja nimetused)? (3)
- b) Leida 10,00 g mineraali **1** ja mineraali **2** lagunemisel tekkivate gaasisegude massid ja hulgad. (2)
- c) Leida metalli molaarmass. (3)
- d) Leida ühe mooli mineraali **1** ja mineraali **2** lagunemisel tekkinud gaasiliste ainete hulcade suhe. (4)
- e) Anda mineraalide **1** ja **2** valemid. (2) **14 p**

5. Orgaanilise atsüklilise ühendi **X** molekulis on süsinik, vesinik ja hapnik. Ühend **X** on üsna püsiv ja tema standardne tekkeentalpia on $-344,2\text{ kJ/mol}$. 3,00 g ühendi **X** põlemise $\Delta H = -46,32\text{ kJ}$. Ühend **X** ei sisalda sidemeid O–O ja O–H. Ühendi **X** standardne põlemisentalpia, kui tekivad gaasilised saadused, on $-926,4\text{ kJ/mol}$. Gaasiliste CO_2 ja H_2O standardsed tekkeentalpiad on vastavalt $-393,5\text{ kJ/mol}$ ja $-241,8\text{ kJ/mol}$.

- a) Leida ühendi **X** molaarmass. (1)
- b) Avaldada ühendi **X** põlemisentalpia põlemisreaktsiooni lähteainete ja saaduste tekkeentalpiate järgi. (3)
- c) Leida ühendi **X** brutovalem (kontrollida selle vastavust aine **X** põlemisentalpiaga). (3)
- d) Kirjutada ühendi **X** võimalike isomeeride valemid. (3)
- e) Anda isomeeri valem ja nimetus, mis vastab ülesande tingimustele. (2) **12 p**

6. Alkeenide reageerimisel osooniga ja sellele järgneval hüdrolüüsil katkeb süsinikuahel kaksiksideme kohalt ning mõlemasse otsa tekib karbonüülrühm.

- a) Joonistada ühe ja sama alkeeni 4 isomeeri (optilisi ja geomeetrilisi isomeere mitte arvestada), mille koostises oleks vastavalt 3-, 4-, 5- ja 6-lüliline tsükkel. Nende isomeeride reageerimisel osooni ja veega tekivad võrdses hulgas järgmised ained: CH_2O ; $(\text{CHO})_2$ ja $(\text{CHO})\text{CH}(\text{CH}_3)\text{C}(\text{CH}_3)(\text{CHO})_2$. (4)
- b) Tähistada leitud isomeerides kiraalsed tsentrid tärniga. (3)
- c) Leida reaktsioonisaaduste hulgast optiliselt aktiivsed ühendid. Joonistada vastavad enantiomeerid ja anda neile süstemaatilised nimetused. (3) **10 p**

Eesti koolinoorte 45. keemiaolümpiaad

Lõppvooru praktiline töö

9. klass. Vesinikkloriidi massi määramine kindla kontsentratsiooniga naatriumhüdroksiidi lahuse abil (tiitrimine)

Molaarne kontsentratsioon näitab lahustunud aine moolide arvu ühes kuupdetsimeetris lahuses.

100 cm³-lises mõõtekolvis oleva vesinikkloriidhappe lahuse ruumala viiakse destilleeritud vee lisamisega 100 cm³-ni (mõõtekriipsuni). Tiitrimiseks mõõdetakse sellest lahusest pipetiga 10 cm³ koonilisse kolbi ja lisatakse 2 tilka indikaatorit (fenoolftaleiini). Büretist lisatakse koonilisse kolbi (seda pidevalt loksutades) aeglaselt kindla kontsentratsiooniga NaOH lahust. Momendist, millal roosa värvus korraks tekib ja loksutamisel kaob, lisatakse leelise lahust tilkhaaval. Tiitrimine lõpetatakse, kui roosa värvus jääb püsima vähemalt poole minuti vältel. Roosa värvuse püsimine näitab, et kogu hape on neutraliseeritud ning on tekkinud aluseline lahus. Eelmise tilga lisamisel peab värvus kaduma mõne sekundiga. Paralleelkatsetes ei tohiks büretist lisatud leelise lahuse ruumalad erineda rohkem kui 0,05 cm³ võrra. Arvutusteks tuleb kasutada kolme paralleelkatse ruumalade keskmist väärtust.

Vastus, **mõõtkolvis olnud HCl mass**, tuleb anda grammides nelja tüvenumbriga.

Tähelepanu! Iga tiitrimise järel tuleb enne järgneva koguse happe lahuse pipeteerimist kooniline kolb loputada destilleeritud veega. Nii pipett kui bürett tuleb eelnevalt loputada selle lahusega, millega teda täidetakse. Nii pipeti kui büreti lugemi võtmisel ja mõõtekolvi täitmisel jälgida, et vedeliku tase oleks silmade kõrgusel. Vedeliku tase büretis (pipetis jne.) fikseeritakse tema alumise kaare järgi. Tiitrimiseks kulunud leelise lahuse ruumala tuleb määrata võimalikult täpselt. Büreti lugemi võtmisel jagada büreti kõige väiksem jaotis silma järgi täiendavalt veel vähemalt viieks osaks. Jälgida, et bürett oleks statiivile kinnitatud täpselt vertikaalselt. Büreti täitmisel kontrollida, et tema alumisse ossa ei jääks õhumulli. Täitmiseks kasutatud lehter tuleb tiitrimise ajaks büretilt eemaldada. Lahuse tase fikseerimisel pipetis hoida pipetti vertikaalselt. Pipetti ei tohi tühjaks puhuda. Pipeti tühjendamisel peab pipeti ots olema vastu kolvi seina ja jääma sellesse asendisse veel 10 sekundiks (vedeliku järeljooksust tekkiva vea vältimiseks). **30 p**

10. klass. Raud(II)ioonide massi määramine permanganatomeetriselt

Kaaluklaasis olev uuritav tahke aine kantakse kvantitatiivselt üle 100 cm³-sse mõõtekolbi. Selleks puistatakse kaaluklaasis olev tahke aine lehtri abil mõõtekolbi. Kaaluklaas loputatakse destilleeritud veega vähemalt 3 korda, et lahustada tahke aine jäägid ja kanda need üle (kasutades klaaspulka) mõõtekolbi. Kolb täidetakse umbes poolest saadik destilleeritud veega, lisatakse lahusele 20 cm³ 2 M H₂SO₄ lahust ja ~8-10 cm³ 2 M H₃PO₄ lahust. H₃PO₄ maskeerib Fe(III)-ioonide värvuse. Seejärel

loksutatakse lahust tugevasti ja kolb täidetakse destilleeritud veega mõõtekriipsuni ning segatakse lahuse kontsentratsiooni ühtlustumiseni. Määramiseks pipeteeritakse koonilisse kolbi 10 cm³ uuritavat lahust.

Bürett loputatakse vähese koguse kindla kontsentratsiooniga KMnO₄ lahusega (tiitrimislahusega) ning seejärel täidetakse sama lahusega. Jälgida, et büreti otsikusse ei jääks õhumulle. Värviliste (läbipaistmatute) lahuste korral fikseeritakse niivoo meniski ülemise ääre järgi. Tiitrimislahust lisatakse uuritavale lahusele aeglaselt (viimast pidevalt segades) kuni nõrga roosa värvuse püsijäämiseni.

Kokkulangevatest tiitrimistulemustest arvutatakse keskmine tiitrimiseks kulunud KMnO₄ ruumala ja **Fe(II)ioonide mass uuritavas lahuses**.

Vastus anda grammides nelja tüvenumbriga. **30 p**

11.-12. klass. Raud(II)ioonide massi määramine permanganatomeetriselt

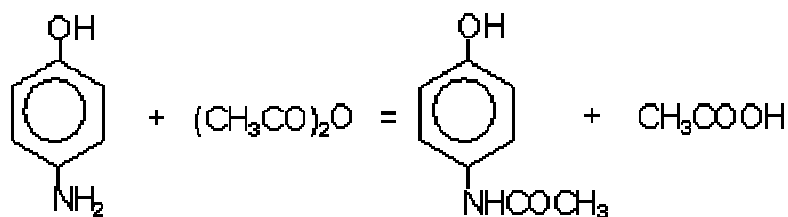
Koonilises kolvis olev uuritav lahus kantakse kvantitatiivselt üle 100 cm³-sse mõõtekolbi ja lahuse ruumala viiakse destilleeritud veega 100 cm³-ni (mõõtekriipsuni) ning segatakse lahuse kontsentratsiooni ühtlustumiseni. Määramiseks pipeteeritakse 10 cm³ uuritavat lahust koonilisse kolbi ja lisatakse 7-8 cm³ hapete segu, mis on saadud võrdsete ruumalade 1:4 lahjendatud H₂SO₄ ja H₃PO₄ segamisel. H₃PO₄ maskeerib Fe(III)ioonide värvuse.

Värviliste (läbipaistmatute) lahuste korral toimub lahusenivoo fikseerimine meniski ülemise nivoo järgi. Tiitrimislahust lisatakse uuritavale lahusele aeglaselt (viimast pidevalt segades) kuni nõrga roosa värvuse püsijäämiseni.

Kokkulangevatest tiitrimistulemustest arvutatakse keskmine tiitrimiseks kulunud KMnO₄ ruumala ja Fe(II)ioonide mass uuritavas lahuses.

Vastus anda grammides nelja tüvenumbriga. (15)

Para-hüdroksüatsetaniliidi valmistamine



$$M(\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}) = 109 \text{ g/mol} \quad M(\text{HOC}_6\text{H}_4\text{NHCOCH}_3) = 151 \text{ g/mol}$$

$$M[(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}] = 102 \text{ g/mol} \quad r(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} = 1,08 \text{ g/ml}$$

Reaktiivid

paraaminofenool 3,10 g atsetanhüdriid x ml

Klaasnõud ja abivahendid

100 ml keeduklaas Petri tass

klaaspulk kuum vesivann (ühine)

klaasfilter nõu jää-veega (ühine)

mõõduklaas 2 tk. vaakumfiltrimise seade (ühine)

A. Arvutada reaktsioonivõrrandi abil vajalik ruumala (ml) atseetanhüdriidi, kui on teada, et 1 mooli paraaminofenooli kohta peab võtma 1,3 mooli atseetanhüdriidi.

B. Töö käik

100 ml keeduklaasi puistatakse para-aminofenool (3,10 g) ja lisatakse 10 ml destilleeritud vett ning seejärel arvutatud ja mõõdetud kogus atseetanhüdriidi. Saadud segu kuumutatakse ettevalmistatud (ühisel) kuumal vesivannil 15 minuti jooksul klaaspulgaga segades. Selle aja jooksul peaks kogu para-aminofenool olema lahustunud. Seejärel reaktsioonisegu jahutatakse, asetades keeduklaasi koos seguga jäävee vanni (ühine). Jahutamise käigus sadenevad para-hüdrosüatseetaniliidi kristallid. Sadenenud kristallid eraldatakse vaakumfiltrimisel, kasutades klaasfiltrit. Võimalikult kvantitatiivseks saaduse ülekandmiseks võib keeduklaasi loputada vähesel hulgal (~2 ml) jääkülma veega.

Seejärel pestakse klaasfiltri peal olevat sadet 2 korda a ~3 ml jääkülma veega, valades vee filtril oleva sademe peale. Sade filtreeritakse võimalikult kuivaks.

Seejärel kantakse sade klaasfiltrilt klaaspulga abil varemkaalutud Petri tassile ja jäetakse 15 minutiks õhu kätte kuivama. Kuivamise ajal võib sadet ettevaatlikult klaaspulgaga segada.

Peale kuivamist kaaluge sade ja leidke sünteesitud aine saagise protsent. (15) **30 p**