

2004/2005 õa keemiaolümpiaadi lõppvoorülesanded
11. klass

1. Majahoidja soovib teada, kui palju keedusoola kulub, et sulatada kogu majaesist teelõiku kattev jää ($0,92 \text{ g/cm}^3$). Teelõigu pikkus on 55 m ja laius 1,5 m. Jää keskmiseks paksuseks hindas ta 5,0 cm. Välistemperatuur on $-3,0^\circ\text{C}$.

$\Delta T = K_{kr} \cdot m$, kus $K_{kr} = 1,86 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ ja tähistab vee krüoskoopilist konstanti; m on osakeste (antud juhul ioonide) molaalne kontsentratsioon mol(ioone)/kg(lahusti).

a) Arvutage, kui suur on teelõigu puhastamiseks vajalik keedusoola mass (kg). (4)

b) Arvutage, millise temperatuurini on võimalik jää sulamistemperatuuri keedusoola abil alandada, kui keedusoola lahustuvus nendel tingimustel on 30,0 g. (2)

Tähelepanu! a) ja b) lõppvastused andke õigete tüvenumbrite arvuga **6 p**

2. Ained **A**, **B**, **C** ja **D** on lämmastiku binaarsed ühendid perioodilisustabeli ühe ja sama rühma elementidega. Ühend **A** on lenduv kahvatukollane õlijas vedelik, mille esimesena sünteesis 1811. aastal Dulong, juhtides Cl_2 läbi hapestatud NH_4Cl lahuse. Ühend **A** on väga ebastabiilne ja laguneb pisimagi löögi toimetel. Selle omaduse mittetundmise tõttu kaotas Dulong kolm sõrme ja ühe silma. Ühend **A** võib moodustuda (mitteohtlikul hulgal) basseinivee desinfitseerimisel klooriga. Uriinis ja higis sisalduv karbamiid $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$ reageerib klooriveega, andes ühendi **A**, gaasi **E** ja tugeva binaarse mineraalhappe **F**. Hape **F** moodustus ka Dulongi katses. Ainet **A** saab sünteesida ka NH_4Cl vesilahuse elektrolüüsil, kus kõrvalsaadustena moodustuvad vesinik ja gaas **G**. Gaasi **G** toimetel värvub fenoolftaleiiniga immutatud filterpaber punaseks. Ühend **B** sünteesiti alles 1975. aastal ühenditest $(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{NBr}$ ja ClBr temperatuuril -78°C . Sünteesi teiseks saadusaineks on trimetüülklorosilaan. Kristalse joodi reageerimisel ammoniaakhüdraadiga moodustuvad ammooniumjodiid ja vesi ning ühendi **C** kompleks, mille molekulis (446 g/mol) on ligandideks ammoniaagi molekulid. Puhtal kujul võib ühendit **C** saada boornitriidi reaktsioonil ühendiga **IF**, kus moodustub ka boorfluoriid. Ühendid **B** ja **C** lagunevad eksotermiliselt löögi toimetel lihtaineteks. Suhteliselt püsiv on ühend **D**, mida sünteesitakse fluorist ja ammoniaagist vaskkatalüsaatoril. Reaktsioonisaaduseks on veel vesinikfluoriid.

a) Kirjutage ühendite i) **A–G** valemid ja nimetused, ii) ühendi trimetüülklorosilaani valem. iii) Arvutage ühendi **C** kompleksmolekuli valem. (4)

b) Kirjutage reaktsioonivõrrandid: i) $\rightarrow \text{A}$, ii) $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$;

iii) $\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\text{elektrolüüs}} \text{A}$, iv) $\rightarrow \text{B}$, v) $\text{I}_2 \rightarrow \text{C}$ kompleks, vi) $\text{IF} \rightarrow \text{C}$,

vii) $\text{C} \xrightarrow{\text{detonatsioon}} \text{viii) } \rightarrow \text{D}$. (8) **12 p**

3. 2-bromobutaani ja NaCN vahelisel reaktsioonil moodustub ühend **A** ja sool **B**. Redutseerides ühendit **A** vesiniku liiaga Ni pinnal võib saada ühendi **C**, mis kuulub hästituntud orgaaniliste ühendite klassi **X**. Ühendi **A** osalisel happelisel hüdrolyüsil moodustuvad ühendi **D** kristallid, mida võib LiAlH_4 abil vee juuresolekul redutseerida ühendiks **C**. Ühendi **D** üheks laboratoorse saamise viisiks on 2-metüülbutanoüülkloriidi reaktsioon ammoniaagiga.

Benseeni töötlemisel lämmastikhappe ja väävelhappe seguga moodustub monoderivaat **E**. Selle derivaadi redutseerimisel Sn ja HCl seguga moodustub ühend **F**, mis kuulub samuti orgaaniliste ühendite aineklassi **X**.

a) Kuidas nimetatakse orgaaniliste ühendite aineklassi **X**, kuhu kuuluvad ühendid **C** ja **F**? (0,5)

b) Kirjutage ainete **A**, **B**, **C**, **D**, **E** ja **F** graafilised valemid ja nimetused. (5,5)

- c) Kirjutage reaktsioonivõrrandid: **i)** 2-bromobutaan + NaCN → ,
ii) 2-metüülbutanoüülkloriid + NH₃ → ja **iii)** benseen → E. (3) 9 p

4. Al on maakoos kõige levinum metall. Seda toodetakse mineraal boksiidist, mille koostis antakse valemiga: AlO_x(OH)_{3-2x}, kus 0 < x < 1. Puhas Al₂O₃ saadakse boksiidist (sisaldab lisanditena SiO₂ ja Fe₂O₃), kasutades Al amfoteersust. Metallilist Al toodetakse sula (940 °C) elektrolüüdi elektrolüüsil grafiitelektroodidega. Na₃AlF₆, CaF₂ ja AlF₃ sulandis lahustatakse Al₂O₃, mis dissotsieerub vastavalt võrrandile Al₂O₃ ⇌ Al³⁺ + AlO₃³⁻. Elektrolüüsi käigus anood põleb eraldunud hapnikus. Anioonist moodustub Al₂O₃, mis dissotsieerub vastavateks ionideks.

a) Kirjutage reaktsioonivõrrandid: **i)** Al₂O₃+NaOH → kompleksühend; **ii)** kompleksühend → hüdroksiid; **iii)** hüdroksiid → Al₂O₃ (3)

b) Kirjutage **i)** katoodprotsessi, **ii)** anoodprotsessi ja **iii)** summaarse elektrolüüsiprotsessi (reaktsioonide) võrrandid. (3)

c) Arvutage elektrolüüseris kasutatud vool, kui täpselt ühe nädala jooksul toodeti 800 kg Al ja voolukaod olid 5,0%. (2)

d) Arvutage täpselt ühe tonni Al tootmiseks kulunud elektrienergia maksumus, kui elektrolüüseris kasutatav pinge on 6,00 V ja 1 kWh hind on täpselt 1 kroon. (3) 11 p

5. KClO₄ lahustuvuse uurimiseks tehti kaks järgmist katset.

I 50,0 ml destilleeritud vees püüti 4 °C juures lahustada 1,30 g KClO₄, millest 0,59 g jäi lahustumatuks. Lahuse ruumala suurenes 0,3 cm³ võrra.

II 70,0 g perkloorhappe lahuses (1,00 g/cm³; pH = 2,0) püüti lahustada 1,30 g KClO₄ 4 °C juures. Saadud lahuse tihedus oli 1,01 g/cm³.

Molaarne lahustuvus (L_M) näitab antud temperatuuril lahustunud aine maksimaalset moolide arvu ühes liitris lahuses.

a) Arvutage L_M (KClO₄) destilleeritud vees 4 °C juures. (3)

b) Arvutage LK(KClO₄) (lahustuvuskorrutis) 4 °C juures. (1)

c) Arvutage katse II HClO₄ lahuses **i)** c(ClO₄⁻) (molaarne kontsentratsioon) ja **ii)** L_M' (KClO₄) (4)

d) Arvutage kaaliumperklooraadi lahustuvus [L(KClO₄) täpselt 100 g HClO₄ lahuses (katse II)]. (3)

e) Arvutage katses II mittelahustunud soola mass. (1) 12 p

6. Metallid **A**, **B** ja **C** asuvad 4. perioodis. Metallid **D** ja **E** asuvad samas rühmas teineteise järel. Vesilahused, mis sisaldavad ioone **D**³⁺ ja **E**³⁺, on värvitud. Ioone **A**²⁺ sisaldav vesilahus on taevasinine, ioone **B**²⁺ sisaldav vesilahus on aga rohekas. NaOH ja **A**²⁺ vahelisel reaktsioonil moodustuv sinine sade laguneb kuumutamisel veeks ja musta värvi oksiidiks. **D**³⁺ ja NaOH reaktsioonil moodustunud valge sade kaotab kuumutamisel vee ja annab kollase oksiidi (465,96 g/mol). Metallide **A** ja **B** järjenumbrid erinevad 1 võrra, **B** ja **C** järjenumbrid aga 3 võrra.

a) **i)** Kirjutage metalli **D** hüdroksiidist oksiidi saamise reaktsiooni võrrand. **ii)** Arvutage **D** aatommass ja **iii)** kirjutage selle sümbol ning nimetus. (3)

b) Kirjutage metallide **A**, **B**, **C** ja **E** sümbolid ja nimetused. (4)

c) Kirjutage ionide **A**²⁺, **B**²⁺ ja **C**²⁺ reaktsioonivõrrandid kloriidiooni ja vee molekulidega, kui on teada, et **A**²⁺ moodustab tetraakvakompleksi ning **B**²⁺ ja **C**²⁺ moodustavad heksaakvakompleksid. (3) 10 p