

Keemia lahtine võistlus

Vanem rühm (11. ja 12. klass)

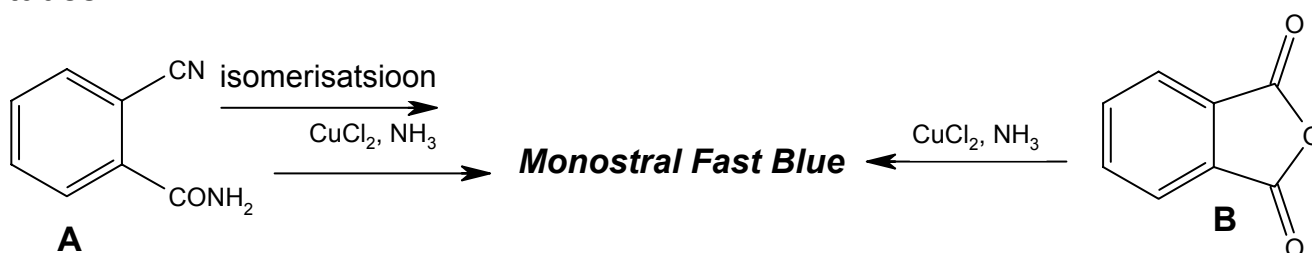
Tallinn, Tartu, Kuressaare, Narva, Kohtla-Järve 13. november 2004. a

1. Assüüria valitsejal Ashurbanipalil oli ligi 30000 ühiku suurune raamatukogu, kus paberi asemel kasutati savist tahvleid. Räni määramiseks ajaloolistes infokandjates viidi läbi alljärgnev katseseeria: savi lahustati kaaliumhüdrosiidis, mille tulemusena tekkis metasool **B** ja 10–aatomiline ühend **C**. Segu töötlemisel soolhappega sadenes 4–prootoniline hape **D** ja tekkisid kaheaatomiline lahustuv sool **E** ning neljaaatomiline lahustuv sool **Q**. Eraldati sade, mis pandi reageerima vesinikfluoriidhappega. Moodustus ühend **G** ja eraldus vesi. Reaktsioonivõrrandis suhtuvad ainete **D**, HF ja H₂O hulgad nagu 1 : 6 : 4. Kahe mooli KOH reageerimisel ainega **G** moodustuvad ühend **H** ja vesi. Ühendi **H** hüdrolyüsil moodustuvad KF, HF ja sade **D**, kusjuures HF hulk määrati tiitrimisel ja selle järgi arvutati räni sisaldus. Eeldame, et savi koosneb ainult alumiiniumist, ränist, vesinikust ja hapnikust, kusjuures on teada, et alumiiniumi on 20,90% ja hapnikku on 55,78%.

- a) Kirjutage reaktsioonivõrrandid: i) $B + C \rightarrow D + E + Q$, ii) $D \rightarrow G$, iii) $G \rightarrow H$,
iv) $H + H_2O \rightarrow \dots$ (4)
- b) Arvutage, mitu protsenti räni sisaldab savitahvel, kui 3,000 g savi analüüsil selgus, et reaktsiooni iv) tulemusena moodustus 0,09296 mooli HF. (2)
- c) Arvutage savi brutovalem ja kirjutage see kolme oksiidina. (4)
- d) Kirjutage reaktsioonivõrrand, kus savi reageerib KOH-ga (1) **11 p**

2. 1928. a avastati ühes inglise keemiateshes, et vaskaparatuuris läbiviidud ftaalhappe anhüdrüüdi ja ammoniaagi vahelisel reaktsioonil tekib ftaalamiidi kõrvalsaadusena sinine aine. Hiljem tehti kindlaks, et see kõrvalsaadus sisaldab 66,7% süsinikku, 19,5% lämmastikku ja 11,0% vaske, mis on esimene ftalotsüaniini baasil sünteesitud värvaine – vaskftalotsüaniin (*Monostral Fast Blue*). Seda kasutatakse sinistes pastapliiatsites.

Sellel ainel on ristküjuline ehitus, kus vask on koordinatiivselt seotud nelja lämmastiku aatomiga ja selle struktuuri saab kindlaks teha alltoodud reaktsioonidest lähtudes.



- a) Kirjutage ftaalhappe anhüdrüüdi **B** sünteesiskeem, lähtudes 1,2–dimetüülbenseenist. (3)
- b) Leidke vaskftalotsüaniini brutovalem ja kirjutage selle tasapinnaline struktuurvalem. (5)
- c) Andke ühendite **A** ja **B** nomenklatuursed nimetused. (2) **10 p**

3. Intensiivse värvusega metalli **A** (19,3 g/cm³) reageerimisel kuningveega moodustuvad vesi, kaheaatomiline gaas **B** ja 6–aatomiline komplekshape **C**. Happe **C** redutseerimisel vääveldioksiidiga moodustub 4–aatomiline komplekshape **D** ja

kahe mineraalhappe segu. Happe **C** neutraliseerimisel KOH liiaga saadakse ühend **E**, mille lagunemisel moodustub tumepunane oksiid **F**. KOH liia toimel happesse **D** saadakse ühend **G**, mis annab lagunemisel kollase oksiidi **H**. Oksiidide **F** ja **H** moodustumisel eraldub vesi.

Juhtides komplekshappesse **C** ammoniaaki, saadakse laenguta kompleksosakeste (molekulide) sade **I**, mis kuumutamisel moodustab kompleksmolekulid **J** ning eraldub lihtaine **K** ($2,86 \text{ kg/m}^3$; $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ja 1 bar). Ammoniaak reageerib kompleksmolekulidega **J** vahekorras 1 : 1, moodustades komplekssoola **L**.

tert-BuC \equiv CH (3,3-dimetüülbutüün) juhtimisel kompleksmolekulide **J** lahusesse moodustub metallorgaaniline ühend **M**. Lämmastikhappe ja ühendi **M** vahelisel reaktsioonil eralduvad tert-BuC \equiv CH, binaarne kaheaatomiline gaas **O** ja kolmeteistaatomiline sool **N**.

a) Arvutage lihtaine **K** molaarmass ja identifitseerige see lihtaine. (2,5)

b) Kirjutage ainete **A** – **O** valemid. (4)

c) Kirjutage reaktsioonivõrrandid vastavalt skeemidele: i) **A** \rightarrow **B** + **C**, ii) **C** \rightarrow **D**,

iii) **C** \rightarrow **E**, iv) **E** \rightarrow **F**, v) **D** \rightarrow **G**, vi) **G** \rightarrow **H**, vii) **C** \rightarrow **I**, viii) **I** \rightarrow **J** + **K**, ix) **J** \rightarrow **L**,

x) **J** \rightarrow **M**, xi) **M** \rightarrow **N** + **D**. (5,5) 12 p

4. 1995. a ühekroonine münt koosneb vasest ja tsingist. Sulami täpse koostise kindlakstegemine on lihtne, kui kasutada indikaatorina ksüleenoranži ja titrandina kompleksoon III (EDTA), mis reageerib nii Cu²⁺- kui Zn²⁺-ioonidega vahekorras 1 : 1.

125,0 milligrammine mündi tükk lahustatakse kontsentreeritud lämmastikhappes. Saadud lahus kantakse kvantitatiivselt üle mõõtekolbi ja lahuse ruumala viiakse destilleeritud veega 100,00 milliliitrini (lahus A). Lahuse A 10,00 mL tiitrimiseks puhverlahuse ja indikaatori juuresolekul kulus 9,69 mL 0,02015 M EDTA lahust. Teiseks tiitrimiseks lisati 25,00 mL lahusele A liias Na₂S₂O₃ lahust. Tiosulfaat maskeerib (annab kompleksühendi) iooni, mida on võimalik redutseerida madalama oksüdatsiooniastmega iooniks. Selle lahuse tiitrimiseks kulus 5,93 mL EDTA lahust.

a) Kirjutage sulami lahustamisel asetleidnud reaktsioonide võrrandid. (Eeldage, et HNO₃ käitub mõlema metalli lahustamisel ühte moodi) (1,5)

b) Leidke Zn ja Cu millimoolide arv analüüsimiseks võetud metallitükis. (3,5)

c) Arvutage Zn ja Cu protsendiline sisaldus mündis. (2) 7 p

5. Kosmoselaeva seadmed töötavad peamiselt päikeseenergia arvel, kuid selle kõrval kasutatakse ka alternatiivset radionukleiidset energiaallikat (REA). REA genereerib energiat ²³⁸Pu radioaktiivsel lagunemisel (poolestusaeg $\tau=87,2$ aastat). REA "kütuseks" on 40 grammine tablet, mis sisaldab 2,7 grammi PuO₂.

a) Arvutage täpselt 1 grammi ²³⁸Pu lagunemise kiirus (lagunevate aatomite arv sekundis). (3)

b) Arvutage energia, mis saadakse (energia on pluss märgiga) täpselt 1 g ²³⁸Pu lagunemisel täpselt ühe sekundi vältel, kui ühe aatomi lagunemisel saadav energia on $8,8 \cdot 10^{-13} \text{ J}$. (2)

c) Arvutage REA-s oleva Pu keskmine aatommass, kui ²³⁸Pu sisaldus on 71% ja ²⁴⁴Pu – 29%. (1)

d) Arvutage REA tabletist täpselt 10 aasta vältel saadud energia (kWh), kui laguneb ainult ²³⁸Pu.

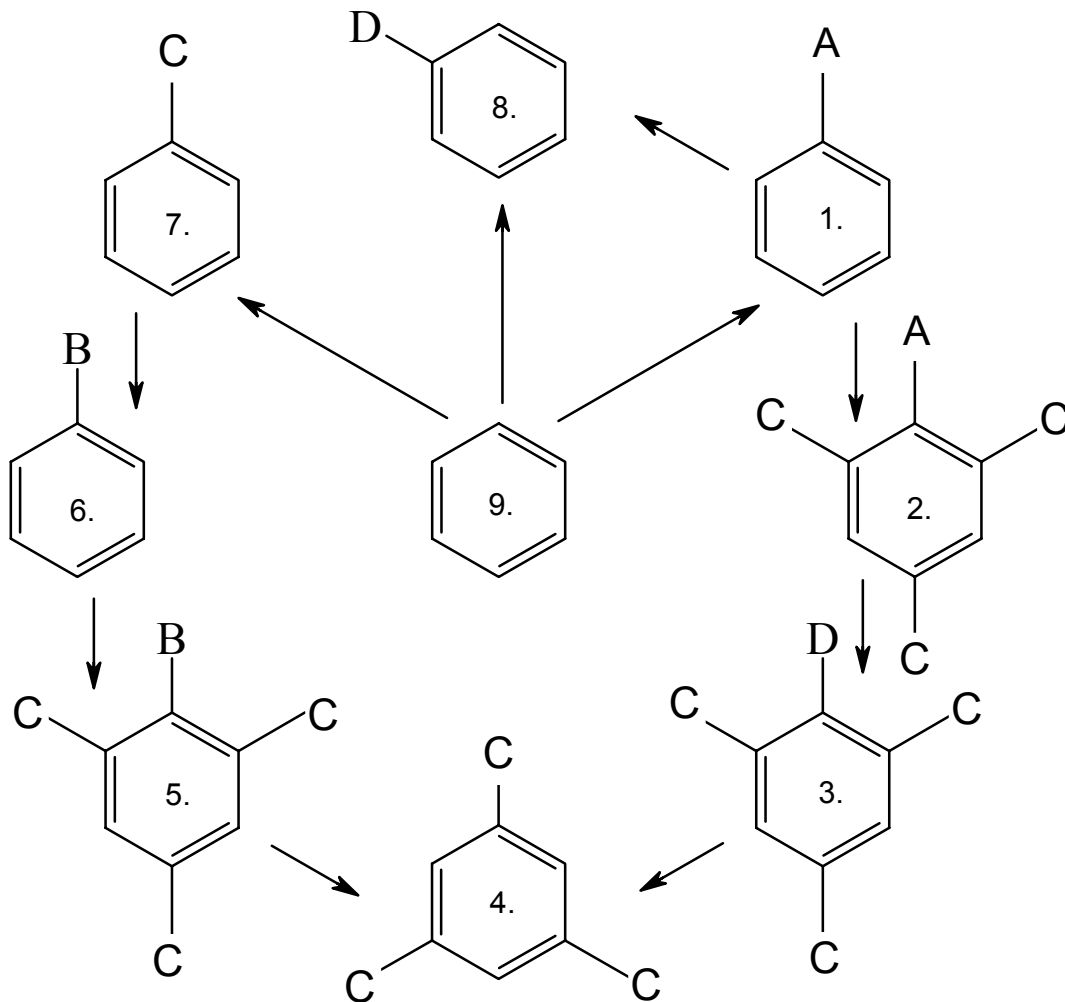
$kt = \ln c_0/c_t$; $k = \ln 2/\tau$; $c_0/c_t = e^{k \cdot t}$; $v=k \cdot c$; 1 aasta = 365 päeva

(3) 9 p

6. Skeemil on toodud elektrofiilsel asendusreaktsioonil moodustuvad ained. Nende reaktsioonide läbiviimiseks on kasutada järgmised reagentid (tingimused):

i) 1) NaNO_2 , H^+ , 2) H_3PO_2 ; ii) ^0t ; iii) $\text{CH}_3\text{COCl}/\text{FeCl}_3$; iv) KMnO_4 , H^+ ; v) $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$;
vi) 1) NaOH , CO_2 /rõhk, 2) H^+ ; vii) CH_3Br , AlBr_3 ; viii) Zn , HCl ; ix) Br_2 , $h\nu$; x) H_2

Mõned tingimused võivad korduda, mõningaid ei kasutata.



a) Määrake asendusrühmad **A** – **D** ja kirjutage vastava reaktsiooni läbiviimiseks vajalik tingimus (**i–x**). (6,5)

b) Kirjutage numbritele vastavad ainete nomenklatuursed nimetused. (4,5)

11 p