

KEEMIAÜLESANNETE LAHENDAMISE LAHTINE VÕISTLUS

Vanem rühm (11. ja 12. klass)

Tallinn, Tartu, Kuressaare, Narva, Pärnu, Kohtla-Järve 7. november 2009

1. Taigna valmistamisel, veini tootmisel ja õlle pruulimisel moodustub anaeroobses protsessis pärimi toimetel ühest glükoosi molekulist kaks etanooli ja kaks süsihappegaasi molekuli. Hapniku juuresolekul võib etanool oksüdeeruda äädikhappeks. Äädikhapet võib teoreetiliselt saada ka süsinikdioksiidist ja vesinikust.

a) Kirjutage glükoosi anaeroobse käärimise reaktsiooni võrrand.

b) Kasutades allpool toodud ΔH^0 väärtusi arvutage anaeroobse käärimise reaktsiooni entalpia muut.



c) Arvutage $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ja CH_3COOH täieliku põlemise reaktsioonide ΔH^0 . (8)

2. Tudengil paluti määrata SO_3 sisaldus ooleumis (SO_3 lahustatakse H_2SO_4 -s). Selle jaoks kaalus ta 1,50 g ooleumi, mille kandis kvantitatiivselt 100,0 cm^3 mõõtkolbi ja lahjendas veega märgini (lahus A). Saadud lahuse tiitrimiseks valmistati ta 200,0 cm^3 0,51 M (1 M = 1 mol/dm³) NaOH lahust (lahus B). Hiljem ütles laborant, et kasutatud NaOH sisaldab kuni 7% vett – seda polnud aga tudeng NaOH molaarse kontsentratsiooni leidmisel arvestanud. Seega tuli enne tiitrimist määrata lahuse B korrektne kontsentratsioon c_B .

a) Kasutades tiitrimiseks kindla HCl kontsentratsiooniga lahust saadi lahuse B tegelikuks molaalseks kontsentratsiooniks (moolide arv ühe kilogrammi lahusti kohta) 0,480 mol/kg ($\rho = 1,021 \text{ g/cm}^3$). Arvutage vee protsendiline sisaldus lahuse B valmistamiseks kasutatavas NaOH-s.

b) Tudeng leidis, et lahuses A on prootonite kontsentratsioon 0,324 mol/dm³. Arvutage SO_3 protsendiline sisaldus ooleumis.

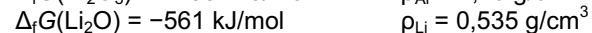
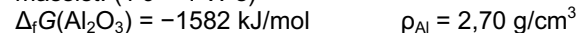
c) Arvutage lahuse B ruumala, mis kulus 100,0 cm^3 lahuse A tiitrimiseks. (10)

3. Üks tänapäeva intentsiivsemaid arendusteemasid teaduses on suure energiatihedusega akude konstrueerimine. Kommertsiaalsete akude energiatihedus on kuni 360 W·h/dm³ ja 200 W·h/kg. Õhuhapniku kasutamine oksüdeerijana võimaldaks aku massi tunduvalt alandada.

a) Kirjutage reaktsioonivõrrandid, mis kirjeldavad summaarselt i) liitium-õhk, ii) räni-õhk ja iii) alumiinium-õhk akudes toimuvaid protsesse.

b) Arvutage, milline neist elementidest annaks teoreetiliselt suurima võimsuse i) massi kohta (W·h/kg) ja ii) ruumala kohta (W·h/dm³). Hapniku massi mitte arvestada. Arvutused teha igale elemendile vastava

lihtsaine 1 mooli kohta kasutades kõige iseloomulikuma o.a-ga oksüdeerimise saadust. Eeldage, et redutseerijat saab olla kuni pool aku massist. (1 J = 1 W·s)



(Eeldage, et kogu Gibbsi energia muut on kasutatav elektrilise töö tegemiseks.)

c) Pakkuge iga aku jaoks välja sobiv lahusti või elektrolüüt. Anoodil ja katoodil tekkivad ühendid (ei pea olema oksiidid) peavad valitud lahustis lahustuma. Kirjutage katoodil ja anoodil toimuvad ning summaarsed reaktsioonivõrrandid iga aku (patarei) tühjenemise korral.

d) Reastage need elemendid hinna (esimeses lähenduses maakooses leidumise) järgi, alates odavamast. (11)

4. Küllastumata orgaanilise ühendi A ($\text{C}_{12}\text{H}_{10}\text{O}_3$) ammendaval hüdrokeenimisel Ni-katalüsaatoril saadakse küllastunud ühend B ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_3$), kuid hüdrokeenimisel Pd-katalüsaatoril aromaadne ester C ($\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_3$). Lindlari katalüsaatori vahendusel tekib A molekulist ainult isomeer D1 ($\text{C}_{12}\text{H}_{12}\text{O}_3$) ja isomeeri D2 ei teki. Nii aine D1 kui ka D2 hüdrokeenimisel H_2/Pd -ga moodustub aine C. D1 ja D2 on geomeetriselised isomeerid.

Ainete A, C, D1 ja D2 hüdrolüüsisel happelistes tingimustes tekib hape E ($\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_3$), mis ei redutseeru H_2/Pd toimel, kuid redutseerub H_2/Ni juuresolekul (moodustub küllastunud aine F).

Aine E reageerib naatriumboorhüdriidiga (NaBH_4), andes aine G ($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$). LiAlH_4 annab ainega E reageerides aine H ($\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_2$), kusjuures ühend H tekib ka aine A reageerimisel LiAlH_4 -ga. Alkohol H on sümmeetriline ning sellel on kokku kolme tüüpi (keemiliselt mittekvivalentset) vesinikke. Aine E redutseerimisel diboraaniga (B_2H_6) saadakse aine I ($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$).

Kirjutage ainete A–I struktuurivalemid. (10)

5. Ühendid A–H on binaarsed ained, mis sisaldavad elementi X.

Vedelik A laguneb toatemperatuuril aineks B ja gaasiliseks lihtaineks I. Aine C tööstuslikuks saamiseks (Haber protsess) kasutatakse kõrgrõhul vastavaid gaasilisi lihtaineid. Tahke mittemetalli reageerimisel 600°C juures gaasiga D tekib gaas E ja binaarne vedelik (%C) = 15,8), mille põlemisel lihtaines I tekib kaks samasuguste indeksitega gaasi. Nende gaaside lahustumisel vees muutub keskkond happeliseks. Hape F moodustub lihtainete J ja K reageerimisel valguse toimel. Gaasi F reageerimisel mangaan(IV)oksiidiga moodustub õhust raskem gaasiline lihtaine J, vedelik B ja binaarne lihtsool (%Mn) = 43,7). Gaasilise aine G saamiseks pannakse tahke inertne mittemetall L (300°C juures) kõigepealt reageerima ühendiga F, mille tagajärjel tekivad ühend M (%X) = 0,7) ja gaasiline lihtaine K. Aine M disproportsioneerumisel tekib ühend G ja binaarne

molekulaarne aine **N**, mis mõlemad sisaldavad elementi **L**. Ühendite **N** ja **B** reageerimisel moodustuvad ühendid **F** ja **O**. Inertne oksiid **O** reageerib toatemperatuuril vaid happega **H**, saadusteks on ühend **B** ja binaarne lihtsool.

- a) Tuvastage element **X** ning kirjutage ühendite **A–O** valemid.
b) Kirjutage ja tasakaalustage kirjeldatud reaktsioonide võrrandid. (14)

6. Karu metsapeaks valimise järgsel päeval kadus Jänes. Karu otsustas asja uurida. Esialgusel vaatlusel tuvastati Hundi kasuka rinnaesiselt pruunid plekid, selleks et võsavillemit ametlikult süüdistada oli vaja tõendeid. Karu mõtles ja otsustas valmistada luminooli – aine, mida kasutatakse kriminalistikas verejälgede tuvastamiseks. Selleks võttis ta 1,2-dimetüülbenseeni ja pani selle reageerima $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ seguga, saades aine **A**. Ainele **A** toimis Karu KMnO_4 -ga, saades aine **B** (211,1 g/mol). Ainele **B** lisas ta veel veidi hüdrasiinhüdraati ja kuumutas, saades aine **C** (bitsükliline ühend; 207,1 g/mol). Ainet **C** redutseeris ta seguga SnCl_2/HCl , saades luminooli (177,2 g/mol). Seganud saadud luminooli lahust H_2O_2 lahusega piserdas ta seda Hundi rinnaesisele, mis hakkas seepeale sinakalt helendama.

- a) Kirjutage ainete **A** ja **B** struktuurivalemid ning nomenklatuursed nimetused.
b) Kirjutage luminooli sünteesis osalevate kõigi orgaaniliste ainete struktuurivalemid.
c) Luminooli helendus tekib, kui see oksüdeeritakse H_2O_2 poolt. Reaktsiooni katalüsaatoriks on Fe^{2+} ioonid. Kas Karu tehtud test tuvastas kindlalt, et Hunt oli Jänese ära söönud? (7)