

2011/2012 õ.a. keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesanded  
10. klass

1. Seedimiseks on vajalik, et maos olev keskkond oleks piisavalt happeline. „Maohappe“ pH jääb vahemikku 1,5 – 3,5. Sellise madala pH tagab vesinikkloriidhappe leidumine maos. Maos leiduva happelise vedeliku ruumala on reeglina 20 – 100 mL. Vesinik- ja hüdroksiidioonide molaarsete kontsentratsioonide korrutis omab vesilahuses arväärtust  $1,0 \cdot 10^{-14}$  (vee ionkorrutis  $K_w$ ). Kaksteistsõrmiksooles neutraliseeritakse happeline maosisu reaktsioonil vesinikkarbonaatioonidega.

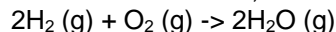
- a) Arvutage, milline oleks  $\text{pH}=1,8$  juures puhta vesinikkloriidhappe vesilahuse molaarne kontsentratsioon. Vastus andke ühe tüvenumbriga!
- b) Kirjutage happeioonide ja vesinikkarbonaatioonide vahelise reaktsiooni võrrand!
- c) Mitu vesinikkarbonaatiooni kulub täielikuks reageerimiseks 80 mL HCl lahusega ( $\text{pH}=1,8$ )?
- d) i) Kas  $1,5 \cdot 10^{-8}$  M vesinikkloriidhappe vesilahuse pH on üle või alla 7? ii) Milline on  $1,5 \cdot 10^{-8}$  M vesinikkloriidhappe lahuse pH? Vastus andke kolme tüvenumbriga!
- e) Milline protsess toimub enamike valkudega, kui need satuvad happelisesse keskkonda? Miks on see protsess seedimiseks vajalik? (8)

2. Elemendi X lihtaine A on ainuke omataoline, millega vesinik reageerib juba toatemperatuuril (reaktsioon 1). Veeauru ja aine A segu põleb (reaktsioon 2), moodustades ühe põhisaadusena gaasi B, mis on vajalik aeroobseks hingamiseks. Ränidioksiid reageerib lihtainega A moodustades saadusena 2 gaasi - C ja B (reaktsioon 3).

Jää regeerimisel lihtainega A  $-40^\circ\text{C}$  juures tekib kaks hapet D ja E (reaktsioon 4). Hape E laguneb toatemperatuuril kergesti aineteks B ja D (reaktsioon 5). Hapet D toodetakse tööstuses mineraali F (elemendi X sisaldus 48,67 %) reageerimisel väävelhappega (reaktsioon 6). Teiseks võimaluseks on vesiniksoola G (elemendi X sisaldus 48,65 %) lagunemine (reaktsioon 7).

- a) Identifitseerige element X ja kirjutage ainete A - G valemid ja süstemaatilised nimetused.
- b) Kirjutage ja tasakaalustage reaktsioonid 1-7.
- c) Missugust elementi X sisaldavat polümeeri kasutatakse pannide libiseva pinnakattena? Kirjutage antud polümeeri rahvapärane või süstemaatiline nimetus ja joonistage selle monomeerilüli. (12)

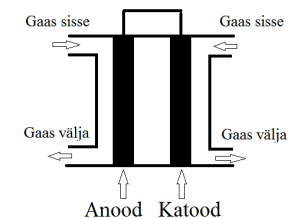
3. Kütuseelement on seade, mis tekitab elektrivoolu keemilisest reaktsioonist. Kütuseks kasutatakse tavaliselt puhast vesinikku. Summaarne keemiline reaktsioon, mis sellises kütuseelemendis toimub on järgmine:



a) Kirjutage katoodil ja anoodil toimuvad poolreaktsioonid.

b) Täienda joonist puhtandisse järgmiste asjadega: i) elektrivoolu suund

ii) elektritarbija (näiteks lambi) võimalik paigutamise koht iii) molekulide liikumised ning iv) membraan/elektrolüüt.



c) Elektriautodel on mootorid võimsusega 20 kW

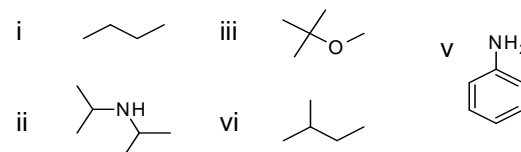
( $W=J/s$ ). Et sõita Tartust Tallinnasse (186 km) kulub aega kaks ja pool tundi. Kui suur ruumala (normaaltingimustel) kütust selleks sõiduks kulub, kui tegemist on ideaalse kütuseelemendiga, mis annab energiat 237,13 kJ/mol kasutatud vesiniku kohta.

d) Vesinikku on võimalik salvestada erinevatel viisidel. Üheks selliseks võimaluseks on balloonid, kus vesinik on suure rõhu all (700 bar) ning balloon ise peab olema tugevast materjalist (kaalub 85,9 kg). Teiseks võimalikuks variandiks on metallisulamid, mille aatomite vahele saab vesinik absorbeeruda, näiteks  $\text{LaNi}_5\text{H}_{6,5}$  (tihedus  $6380 \text{ kg/m}^3$ ). Arvutada välja mõlemas salvestussüsteemis vesiniku massiprotsent ja kogu süsteemi ruumala, kui on vaja salvestada 3,90 kg vesinikku (ballooni enda ruumala mitte arvestada) ja autos on temperatuur  $20^\circ\text{C}$ . Universaalne gaasikonstant  $R=8.314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

e) Arvutada välja, kui palju kaalub ja kui suurte mõõtmetega peab olema kütuse salvestussüsteem (koos kütusega), et saaks sõita Tartust Tallinna. Arvestada, et tegemist on sama raske ballooniga, mis d osas ning sulami katmiseks kuluv materjal kaalub 5 kg. Kattmaterjali ja ballooni ruumala ei tule arvestada. (13,5)

4. Tuumamagnetresonantspektroskoopia, lühidalt TMR, on võimas ja laialt levinud meetod orgaaniliste ainete identifitseerimiseks. Mõõdetavad spektrid annavad palju kasulikku infot molekuli struktuuri kohta ning neid saab suhteliselt lihtsalt dešifreerida. Ühte tüüpi tuumad võivad spektrisse anda mitmepiigilise signaali, mis sõltub nende naabruses olevatest tuumadest. Nimelt, vesinik TMR spektris on ühe süsiniku küljes olevate vesinike signaali piikide arv ühe võrra suurem naabersüsinike küljes olevate vesinike arvust. Näiteks propaani ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ ) spektris on kaks signaali: seitsme ja kolme piigiga, kuna propaanis  $\text{CH}_3$ -rühmad on eristamatud ja nende signaalid langevad omavahel kokku. Ühendis  $(\text{CH}_3)_3\text{N}$  on ainult üks signaal, aga  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_2$  on kolm signaali: kolme, nelja ja ühe piigiga. Lämmastiku küljes olev vesinik annab sageli eraldi ühepiigilise signaali, näiteks etüülamiini ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$ ) spektris on kolm signaali: kolme, nelja ja ühe piigiga.

a) Ennustage mitu ja mitme piigiga signaali on järgnevates ühendites:



$X_1$ – $X_5$  on  $C_4H_9N$  isomeerid.

Ühendi  $X_1$  spektris on ainult kaks signaali ja mõlemal on ainult üks piik.

Ühendi  $X_2$  spektris on kolm signaali – ühe, kolme ja viie piigiga.

Ühendi  $X_3$  spektris on kolm signaali – ühe, kahe ja kolme piigiga.

Ühendi  $X_4$  spektris on kolm signaali – kaks neist ühe ja üks kolme piigiga.

Ühendi  $X_5$  spektris on kolm signaali kõik ühe piigiga.

b) Tuvastage ühendid  $X_1$ – $X_5$ . Lihtsustamise mõttes jätame arvestamata stereokeemiast tuleneva vesinike tuumade mitte-ekvivalentsuse. (12,5)

5. Ainet **A** kasutatakse sõjatööstuses lõhkeainena. **A** sünteesiks kasutatakse kolme-etapilist sünteesi, kus lähteaineks on aine **B** (mis on benseeni derivaat asendusrühmaga **X**) ja reagentideks lämmastik- ja väävelhape. Saadakse **A**, millel on 3 ühesugust asendusrühma **Y** positsioonidel 2, 4 ja 6. Süsinikku (C) on aines **A** 37 %, lämmastikku (N) 18,5 %, hapnikku (O) 42,3 % ning vesinik (H) moodustab aine ülejäänud osa. Asendusrühm **X** moodustab 6,6 ja asendusrühmad **Y** kokku 60,8 protsenti aine **A** molaarmassist.

a) Arvutage aine **A** süsiniku, lämmastiku, hapniku ja vesiniku aatomite arv molekulis.

b) Leida **A** molekulmass.

c) Arvutada asendusrühmade **X** ja **Y** valemid ja anda nimetused.

d) Joonistada aine **A** ja **B** struktuurvalemid ja nimetused (vihjeks: aine **A** lühem ja tuntum nimetus on TNT, mis moodustub süstemaatilise nimetuse 3 osa esitähedest.) (7)

6. Segust **S**, mis sisaldas 90,0% kaaliumdikromaati ja 10,0% kaaliumnitraati, valmistati 70 °C juures täpselt 100 g vees küllastunud lahus kaaliumdikromaadi suhtes. Lahus jahutati 20 °C-ni, kus osa kaaliumdikromaadist kristallus välja ja moodustus küllastunud lahus **L**. Lahus **L** aurutati kuivaks ja saadi segu **P**. Kaaliumdikromaadi lahustuvus 20 °C ja 70 °C juures on vastavalt 12,6 g ja 56,7 g ning kaaliumnitraadil 31,7 g ja 138 g.

*Lahustuvus – aine maksimaalne mass grammides, mis antud temperatuuril lahustub täpselt 100 g vees. Lahusest hakkab aine väljakristalliseeruma alles seejärel, kui selle mass lahuses ületab lahustuvuse antud tingimustel. Arvutuste lihtsustamiseks eeldame, et meie juhul esimene aine ei mõjuta teise aine lahustuvust.*

a) i) Kirjutada segus **S** sisalduvate ainete valemid. ii) Milline on lahuse värvus?

b) Arvutada väljakristallunud soola mass.

c) Arvutada i) segu **S** mass. ii) segus **S** sisalduvad kaaliumnitraadi mass.

d) Arvutada, milline on segus **P** kaaliumnitraadi protsendiline sisaldus.

e) Millise kaaliumnitraadi protsendilise sisalduse korral esialgses segus hakkaks 20 °C juures välja kristalluma ka kaaliumnitraat? (7)