

2010/2011 õ.a. keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesanded

10. klass

Ideaalse gaasi olekuvõrrand

1. Olümpiaadiks ettevalmistamisel palus Isak oma vanaisal end aidata. Vanaisa ei olnud keemiat veel päris unustanud, kuid mäletas ainult ideaalse gaasi olekuvõrrandi ($pV = nRT$) kasutamist. Isak vastas olümpiaadil kõikidele küsimustele õigesti. Kas sinu ettevalmistus kulges sama hästi?
- a) Arvutage gaasikonstandi R väärtus, kui 1,00 mol gaasi täidab 22,4 dm³ normaaltingimusel (1,00 atm ja 273 K (0 °C)). (2)
- b) Arvutage gaasikonstandi R väärtus ühikutes dm³·atm/(mol·K) ja cm³·atm/(mol·K). (2)
- c) Arvutage 1,00 mol H₂O ruumala 1,00 atm rõhul ja temperatuuril 25 °C. (2)
- d) Võrrelge 6,8 mol N₂ ja 6,8 mol H₂ ruumalaid normaaltingimustel. Selgitage saadud vastust. (1)
- e) Võrrelge 6,8 g N₂ ja 6,8 g H₂ ruumalaid normaaltingimustel. Selgitage saadud vastust. (1) **8 p**

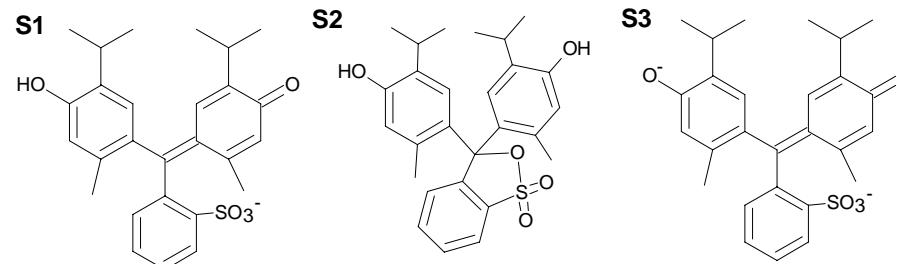
Piraajalahus

2. Kahe vedeliku **A** ja **B** kokkusegamisel saadud lahust nimetatakse selle agressiivsuse tõttu piraajalahuseks. Vedelik **A** on tugevalt happeline. Seda saab valmistada, segades kokku kaht toatemperatuuril vedelat oksiidi, millest üks on tahkel kujul veest väiksema tihedusega, teist aga on võimalik saada elemendi **X** täielikul oksüdeerimisel. Element **X** leidub looduses ka ehedal kujul. Toatemperatuuril on **X** hele tahke aine, sulatamisel tekib sellest pruun vedelik, mille kiirel allajahutamisel moodustub tume kummitaoline mass. Vedelik **B** võib käituda nii oksüdeerija kui ka redutseerijana. Näiteks **B** lisamisel KMnO₄ lahusele kaob viimase värvus ja eraldub lõhnatu ja värvusetu mittemürgine gaas; kaaliumjodiidi lahusest aga eraldub **B** toimel vaba jood. **B** molekul koosneb samadest elementidest, mis üks **A** valmistamiseks kasutatud oksiididest. **A** ja **B** omavahelisel reaktsioonil vabaneb monohapnik, mis tugeva oksüdeerijana on võimeline „lahustama“ isegi süsinikku, seetõttu kasutatakse piraajalahust näiteks klaaspindade puhastamiseks orgaanika jääkidest. Selle toiminguga peab olema ettevaatlik- lisaks tugevalt sööbivale toimele on piraajalahus ka plahvatusohtlik!

- a) Mis ained on **A**, **B** ja **X**? (3)
- b) Kuidas nimetatakse tekkinud tumedat kummitaolist massi? (1)
- c) Kirjutage reaktsioonid ja tingimused, mis on vajalikud elemendist **X** happe **A** saamiseks. (3)
- d) Lõpetage ja tasakaalustage reaktsioonivõrrandid ning märkige, kummas reaktsioonis käitub **B** oksüdeerijana ja kummas redutseerijana:
 $\text{KMnO}_4 + \text{B} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \dots + \dots + \text{MnSO}_4$
 $\text{KI} + \text{B} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2 + \dots$ (4) **11 p**

pH-indikaator

3. Tümoosinine on pH-indikaator, mis happelises keskkonnas on punast värvi, neutraalses keskkonnas kollane ja aluselises sinine. Meil on 10,0 cm³ kollast värvi indikaatorilahust (pH = 7,0) ning me soovime sellele järjest lisada kaks lahust (**L1** ja **L2**), mõlemat 2,0 cm³, nii et pärast esimest lisamist värvuks lahus punakaks (pH = 2,0) ja pärast teist lisamist siniseks (pH = 12). Kõigi lahuste tihedused võtta võrdseks vee tihedusega, temperatuur on 25°C.



- a) Arvutage vesinik- ja hüdroksiidioonide molaarne kontsentratsioon alglahuses, pärast lahuse **L1** ja pärast lahuse **L2** lisamist. (3)
- b) Millise molaarse kontsentratsiooniga tugeva ühes astmes dissotsieeruva happe või leelise lahuseid peaksime kasutama lahustena **L1** ja **L2**? (4)
- c) Joonisel on esitatud tümoosinise struktuurid erinevatel pH-del. Milline struktuuridest **S1**, **S2** ja **S3** on lahuses punase, kollase ja sinise värvusega? (3) **10 p**

Kurvameelsuse ravim

4. Sherlock Holmes andis oma sõbrale doktor Watsonile tööks valmistada täpselt veerand untsi pulbrit **A**, mille kuumutamisel tekkivate aurude sissehingamine aitavat kurvameelsuse vastu, suuremas koguses aga kammitsevat meeli. Selleks käskis ta Watsonil võtta kusiainet, lisada sellele soolhappe lahust ja kuumutada, kuni segu mullitamise lõpetab. Segule lisada lahustatud pörgukivi (AgNO₃) ja eraldada tekkiv valge sade **B** (neid viimaseid operatsioone on soovitatav läbi viia pimedas). Edasi tuleb lahusefaas ettevaatlikult kokku aurutada valge tahke jäägini, mis ongi ihaldatud saaduseks.

- a) Aidake Watsonil meelde tuletada, milline on kusiaine (CH₄N₂O) struktuurivalem ja kuidas kusiainet veel nimetatakse. (2)
- b) Aidake Watsonil välja nuputada, milline on pulbri **A** valem ja nimetus. Sherlocki andmetel sisaldavat see massi järgi 35% lämmastikku, 60% hapnikku ja vesinikku. (3)
- c) Aidake Watsonil välja mõelda, milliseid ühendeid sisaldavad pulbri **A** kuumutamisel moodustunud aurud, kui nendeks on kaks ühesuguse

aatomite arvuga binaarset ühendit. Kirjutage nende ühendite valemid ja rahvakeelsed nimetused. (1)

d) Aidake Watsonil kirja panna reaktsioonivõrrandid: (3)

kusiaine + soolhappe lahus \rightarrow ... \rightarrow **A + B** **A** $\xrightarrow{t^\circ}$...

e) Aidake Watsonil rehkendada, mitu untsi kusiainet peab vajaliku koguse pulbri **A** valmistamiseks võtma, kui sünteesi saagis on 40,0%. (1 unts = 28,35 g, vastus anda kolme tüvenumbri täpsusega). (1)

f) Kas doktor Watson saab kasutada oma tavalist tinasulamist katelt? (1)

g) Miks tuleb osa operatsioone läbi viia pimedas? (1) **12 p**

Klatraadid

5. Klatraathüdraadid on kristallilised tahkised, milles väikeste mittepolaarsete molekulide (harilikult gaaside) ümber paiknevad omavahel vesiniksidemetega seotud vee molekulid. Klatraadid on stabiilsed madalatel temperatuuridel ja kõrgetel rõhkudel. Suurem osa Maa metaanivarudest on salvestatud klatraatidena igikeltsas ja merepõhja setetes. On välja pakutud, et tulevikus võiks metaani klatraate kasutada metaani tootmiseks. Teine metaani klatraatide hüpoteetiline rakendus seisneb metaani transpordi hõlbustamises – klatraadid sisaldavad suures koguses metaani, kuid võrreldes veeldatud metaaniga on neid võimalik säilitada kõrgemal temperatuuril. Merepõhja setetes esineb metaani klatraat **struktuur I** kujul, mille ühikrakk (väikseim korduv osa struktuuris) sisaldab 46 vee molekuli, mille vahel asetsevad 8 puurilaadset tühimikku. Kusjuures igas tühimikus võib paikneda üks metaani molekuli. ($\Delta_f H^0(\text{CH}_4) = -74,8 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_f H^0(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}) = -285,8 \text{ kJ/mol}$)

a) Järjestage toodud ained kütteväärtuse (põlemisel massiühiku kohta saadav soojushulk) kasvu järjekorras: CO, CH₄, CH₃OH, CH₂O. (2)

b) Kirjutage metaani põlemise reaktsioonivõrrand ja arvutage metaani standardne põlemisentalpia. (2)

c) Arvutage, kui suur soojushulk saadakse 1,00 kilogrammi **struktuur I** tüüpi klatraadi lagunemisel saadud metaani põletamisel, kui klatraadis on 96% tühimikest metaani molekulidega täidetud. (3)

d) Miks propaan või butaan ei saa erinevalt metaanist või etaanist moodustada **struktuur I** tüüpi klatraati? (1)

e) Milline on peamine põhjus, miks polaaralade soojenemisega kaasneda võib metaani klatraatide lagunemine on ohtlik keskkonnale? (1) **9 p**

Mitmekülgised kompleksühendid

6. Ühend **A** on elemendi **X** bromiid, mis sisaldab 26,94% elementi **X**. Vee keskkonnas ammoniaagi ja hapniku juuresolekul reageerib ühend **A** ammooniumbromiidiga andes ühendi **B** molaarmassiga 401,8 g/mol. Ühendi **B** soojendamisel tekib ühend **C** molaarmassiga 383,8 g/mol. 1 mooli

ühendiga **C** reageerib 2 mooli hõbenitraati ja 1 mooli ühendiga **B** 3 mooli hõbenitraati. Ühendi **C** reageerimisel hõbesulfaadiga tekib ühend **D**. 1 mooli ühendiga **D** reageerib 1 mool baariumkloriidi.

X²⁺ soolade vesilahuste oksüdeerimisel saadakse ühendi **E** juuresolekul oktaeedrilise struktuuriga komplekskatioon **Y³⁺**. **Y³⁺** sisaldab ainult elementi **X** ja süsinikku, vesinikku ning lämmastikku. Ühend **E** koosneb süsinikust (40,0%), lämmastikust (46,6%) ja vesinikust ning selle molaarmass on 60,1 g/mol. Ühend **E** sisaldab süsinik-süsinik sidet, kusjuures sama elemendi eri aatomite oksüdatsiooniastmed molekulis on võrdsed.

a) Leidke arvutustega metall **X**. Kirjutage ühendi **A** valem ja nimetus. (3)

b) Kirjutage ühendite **B**, **C** ja **D** valemid ja nimetused. (3)

c) Kirjutage ühendi **D** sellise isomeeri valem, mis reageerib hõbenitraadiga, aga ei reageeri baariumkloriidiga. (1)

d) Leidke arvutustega ühendi **E** empiiriline valem (eri elementide aatomite arvude omavaheline suhe molekulis) ja joonistage selle struktuurivalem. (2)

e) Joonistage üks võimalik komplekskatiooni **Y³⁺** struktuur. (1) **10 p**