

## 2008/2009 õ.a. keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesanded

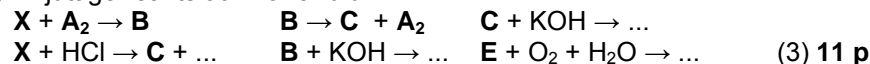
### 9. klass

1. Element **X** on heemi koostises, kas oksüdatsiooniastmes +II või +III. Metall **X** kuumutamisel kaheaatomilise gaasiga **A<sub>2</sub>**, mille tihedus on vesiniku tihedusest 35,5 korda suurem, tekib sool **B** (oa(**X**) = III), mis võib kuumutamisel omakorda anda soola **C** (oa(**X**) = II). Sool **C** tekib ka metalli **X** reageerimisel soolhappega. Nii sool **B** kui ka sool **C** reageerivad KOH lahusega andes vastavalt pruuni hüdrosiidi **D** ja valge hüdrosiidi **E** sademe. Hüdrosiid **E** muundub vees õhu hapniku juuresolekul hüdrosiidiks **D**.

a) Leidke arvutustega elemendi **A** molekulmass, kui  $\rho = M/V_m$ . (2)

b) Kirjutage ainete **A<sub>2</sub>**, **B–E**, **X** valemid ja nimetused. (6)

c) Kirjutage reaktsioonivõrrandid:



2. Lume ja jää sulatamiseks teedelt ja tänavatelt kasutatakse naatrium-, kaltsium- ja magneesiumkloriidi. Poriloigust võeti 10 cm<sup>3</sup> vett (1,0 g/cm<sup>3</sup>), see filtreeriti ning filtraadile lisati 3 cm<sup>3</sup> 20% hõbenitraadi lahust (1,2 g/cm<sup>3</sup>). Saadud segu loksutati ning filtriti uuesti. Filterpaberile jäänud aine kuivatati ning kaaluti, massiks saadi 143 mg.

a) Arvutage kloriidioonide massiprotsendiline sisaldus poriloigus. (3)

b) Näidake, et lisatud põrgukivist piisas kõigi Cl<sup>-</sup> ionide sadestamiseks. (1) Mg<sup>2+</sup> ja Ca<sup>2+</sup> ionid põhjustavad loodusliku vee karedust. Eeldame, et 10 Cl<sup>-</sup>iooni kohta poriloigus on 2 Ca<sup>2+</sup>iooni ja 1 Mg<sup>2+</sup>ioon.

c) Mitu grammi Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> kuluks 3,5 dm<sup>3</sup> poriloigu vee pehmemdamiseks? (4) **8 p**

3. Laboris seisid tõmbekapis kinnistes nõudes äädikas, piiritus, etüleen ja parafiin, igat ainet 1,0 g. Anumatel olid peal järgmised sildid: C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>COOH, CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>17</sub>CH<sub>3</sub>. Professor L. Lehter andis keemiahuvilisele tütarlapsel Birgit Büchnerile nende ainete kohta mõned ülesanded:

a) Viia kokku aine valem selle toodud triviaal- või üldnimetusega ning lisada nomenklatuurijärgne nimetus. (4)

b) Kirjutada kõigi ainete kohta täieliku põlemise reaktsioonivõrrandid. (4)

c) Kui põlemissaadused juhtida õhupalli (0°C), siis milliste ainte põlemisel saaksime kõige suurema palli? (V<sub>m</sub> = 22,4 dm<sup>3</sup>/mol) (4)

Aidake Birgitil ülesanded lahendada! **12 p**

4. Naftareostus on tõsine keskkonnaprobleem. Tankerist lekkis 500 tonni kütust, mis sisaldas massi järgi 50% pentaani (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>; tihedus 0,626 g/cm<sup>3</sup>, keemistemperatuur 36°C) ja 50% oktaani (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>; 0,703 g/cm<sup>3</sup>, T<sub>K</sub> = 126°C). Kütuse lekkimisel vette aurustub kergem osa kütusest täielikult, raskemad komponendid aga moodustavad kõigepealt vee pinnale õhukese kile, mis seejärel seguneb veega, moodustades pihussüsteemi. Vee pinnale jäänud kütust on võimalik koristada orgaanilisi aineid imavate adsorbentide abil,

kuid selleks on vaja määrata kütuse hulk ühe hektari kohta. Määramist teostatakse lihtsalt vaatluse teel – näiteks, kui kütuse kiht veepinnal virvendab tugevalt, hinnatakse reostuseks 3 liitrit ühe hektari merepinna kohta.

a) Kuidas nimetatakse kahest vedelikust koosnevat pihussüsteemi? (0,5)

b) Milline kütuse komponentidest aurustub, milline jääb vee pinnale? Leidke aurustunud orgaanilise aine ruumala (gaasina, nt). (3,5)

c) Leidke merepinnale jäänud kütuse komponendi ruumala (vedelana) ning arvutada, mitu hektarit veepinda on see võimeline reostama. (3)

d) Kütuse kergema komponendi jaoks leidke osakeste arv ühes liitris gaasilises olekus ja ühes liitris vedelas olekus ning kütuse raskema komponendi jaoks osakeste arv ühes liitris vedelas olekus. (5) **12 p**

5. Puuvillase riide põhiline koostisosa on tselluloos (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub> - sulgude sisu näitab tselluloosi korduva lüli koostist ja *n* tähistab lülide arvu. Tselluloosi lüli koosneb kuueaatomilisest tsüklist - sisaldab 1 hapniku ja 5 süsiniku aatomit. Tsükleid ühendavad üksteisega hapniku aatomid. Ülejäänud hapnikud on hüdrosüülrühmade koostises.

a) Millisesse aineklassi kuulub tselluloos? Mitu -OH rühma on ühes lülis? Arvutage tselluloosi korduva lüli molekulmass. (2)

b) Mitu mooli süsinikku sisaldab üks tselluloosi molekul, kus *n* = 4000? (1)

Puuvillast nitrotselluloosi valmistamise meetodi avastas saksa keemik C.F. Schönbein, pühkides ära oma naise puuvillase põllega katse käigus maha aetud kontsentreeritud lämmastik- ja väävelhappe segu. Põlle kuivatamisel süttis see põlema ja haihtus sähvatuslega. Tselluloosis sisalduvad -OH rühmad reageerisid lämmastikhappesega ja asendusid -ONO<sub>2</sub> rühmadega, mistõttu muutus tselluloos plahvatusohtlikuks nitrotselluloosiks.

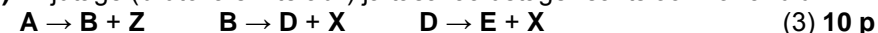
c) Kirjutage nitrotselluloosi lüli valem ja arvutage selle molekulmass. (2)

d) Arvutage, kui suur on tekkinud nitrotselluloosi mass, eeldades et täielikult reageeris ära 350 g kaaluv põll, mis sisaldas 90% tselluloosi. (2) **7 p**

6. Kaoliniit (mineraal **A**, 258 g/mol) on hiina portselani peamine komponent. Kaoliniit koosneb kolmest oksiidist (**Q**, **X** ja **Z**), mille moolsuhe kaoliniidis on vastavalt 1:2:2 ning massiprotsendiline sisaldus 39,5%, 46,5% ja 14,0%. Kaoliniidi kuumutamisel eraldub kogu mineraalis sisalduv vesi ja tekib metakaoliin (mineraal **B**, 222 g/mol), mille edasisel tugeval kuumutamisel tekib spinell (mineraal **D**, 384 g/mol) ja oksiid **X**, mis on ühtlasi liiva põhikomponentiks. **D** veelgi tugevamal kuumutamisel tekib mulliit (mineraal **E**, 426 g/mol) ja jällegi oksiid **X**. Mineraalid **B**, **D** ja **E** on sama kvalitatiivse koostisega, kusjuures oksiidide **Q** ja **X** moolsuhe on nendes vastavalt 1:2, 2:3 ja 3:2. Oksiidis **Q** sisalduv metall ei reageeri kontsentreeritud väävelhappesega tänu oksiidi **Q** tekkele metalli pinnal (passiveerumine).

a) Tuvastage oksiidid **Q**, **X** ja **Z** (valem ja nimetus) ning leidke mineraalide **A**, **B**, **D** ja **E** brutovalemid. (7)

b) Kirjutage (brutovalemite abil) ja tasakaalustage reaktsioonivõrrandid:



2008/2009 õ.a. keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesanded

10. klass

1. a) Joonistage järgnevate ühendite tasapinnalised struktuurivalemid: HCHO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, COCl<sub>2</sub>, (COCl)<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>CN, HClO<sub>4</sub>. (7)
- b) Raske vee D<sub>2</sub>O tihedus 20°C juures on 1,106 g/cm<sup>3</sup> ja tavalisel veel 0,9982 g/cm<sup>3</sup>. Arvutage H<sub>2</sub>O ja D<sub>2</sub>O molaarmassid ja molaarruumalad nelja tüvenumbri täpsusega. Millise ruumala (vastus esitage liitrites) võtab keskmiselt enda alla üks vee molekul kummaski vedelikus? [A<sub>r</sub>(H) = 1,008, A<sub>r</sub>(D) = 2,014 ja A<sub>r</sub>(O) = 15,999] (3)
- c) Eeldame, et bakteriraku tsütoplasma sisaldab võrdsel hulgal 900 erinevat (tüüpi) ensüümi ning kõigi ensüümide molekulmass on 90 000. Eeldame veel, et bakterirakk on silinder läbimõelduga 1,0 µm ja kõrgusega 2,0 µm ning et need ensüümid moodustavad 25% tsütoplasma (tihedus 1,2 g/cm<sup>3</sup>) massist. Arvutage sellise hüpoteetilise bakteriraku ruumala (m<sup>3</sup>) ja ühte tüüpi ensüümi molaarne kontsentratsioon (µmol/dm<sup>3</sup>) bakteriraku tsütoplasmas. Vihje:  $V_{\text{silinder}} = h\pi r^2$  (4) **14 p**
2. Gaasi **B** võib saada happelistes tingimustes aine **A** ja MnO<sub>2</sub> vahelisel reaktsioonil. Gaasi **B** oksüdeerimisel ainega **C** moodustuvad ained **D** ja **E**. Aine **D** hüdrolüüsil tekib binaarne ühend **F** ja ühend **G**. Ühend **G** on mitte püsiv ja laguneb valguse toimel ühenditeks **H**, **I** ja **J**. Üks lagunemissaadus (**J**) moodustub ka aine **I** reageerimisel vääveldioksiidiga. Vihjeid: Ained **A**, **B**, **D**, **E**, **G**–**J** sisaldavad elementi **X**. Ainete **A** on ammu ajast kasutatud maitse- ja säilitusainena. Lihtaine **C** koostises olev element kuulub elemendiga **X** samasse rühma. Nii ühend **D** kui ka **E** on binaarsed ja koosnevad samadest elementidest, kusjuures ühe elemendi osküdatsiooninaste (o.a) ühendis **D** on kolm korda suurem, kui vastava elemendi o.a ühendis **E**. Ühendi **J** molekulmass moodustab 95% aine **B** molekulmassist.
- a) Kirjutage ainete **A**–**J** valemid. (5)
- b) Kirjutage reaktsioonivõrrandid:  $A + MnO_2 + H_2SO_4 \rightarrow B + \dots$   
 $B + C \rightarrow D + E$       $D + H_2O \rightarrow \dots$       $I + SO_2 \rightarrow \dots$  (4)
- c) Tasakaalustage ühendi **G** lagundamisreaktsiooni võrrand elektronide bilansi meetodiga. (2)
- d) Reastage **G**, **H**, **I** vesilahused happe tugevuse kasvu järjekorras. (1) **12 p**
3. Heeliumi molaarmass on 4,00 g/mol, õhu molaarmass aga 29,0 g/mol.
- a) Kui suur on täpselt 1 liitri heeliumi ja õhu mass n.t (1 atm, 0°C)? (1)
- b) Kui suur peaks olema heeliumi rõhk, et tihedus oleks võrdne õhu tihedusega normaalarõhul (gaasid on samal temperatuuril)? (2)
- c) Kui suur peaks olema õhu temperatuur (°C), et tema tihedus normaalarõhul oleks võrdne heeliumi tihedusega (n.t)? (2)

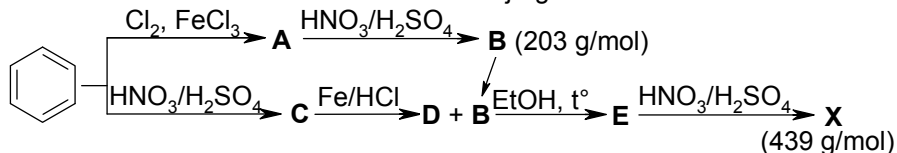
d) Heeliumi leidub õhus 5,2 ppm ruumala järgi. Mitu ppm on heeliumi massi järgi? (1 ppm = 1 osa miljoni osa kohta) (1) **6 p**

4. Metallil **M** on suur tähtsus kaasaegses energeetikas. Looduses esineb see suure reaktsioonivõime tõttu ainult ühendite koostises, kus selle o.a on alati ühesugune. Õhu käes kattub **M** juba toatemperatuuril oksiidi, hüdroksiidi, karbonaadi ja nitriidikihiga, kuumutamisel ühineb aga ka näiteks vesinikuga, andes hüdrüdi. Ühe mooli hüdrüdi reaktsioonil veega eraldub 1 mool vesinikku. Nii metall **M** kui tema oksiid reageerivad veega, andes hüdroksiidi, mis on tugev alus. Hüdroksiid pole aga termiliselt väga püsiv ja laguneb kuumutamisel tagasi oksiidiks, nagu ka **M** karbonaat.
- a) Arvutage metalli **M** o.a ühendites. Mis metall on **M**? (2)
- b) Kirjutage **M** hüdrüdi reaktsioon veega. Milline element käitub oksüdeerijana ja milline redutseerijana? Mitu liitrit vesinikku (n.t) tekib 1,0 grammi hüdrüdi veega reageerimisel? (3)
- c) Kirjutage võrrandid metalli **M** reaktsioonist hapnikuga, vesinikuga, veega ja lämmastikuga; metalli **M** oksiidi reaktsioonist veega ning metalli **M** karbonaadi termiliselt lagunemisest. Võrrandites esinevatele metalli **M** ühenditele andke nimetused. (6) **11 p**
5. Gaasipliit võib küttena kasutada kas vedelgaasi või maagaasi. Vedelgaasi balloonis AGASOL® on 33,0 kg butaani. Maagaas sisaldab mahu järgi umbes 98% metaani ja ülejäänud 2% on C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, He, CO<sub>2</sub> segu. Põlemisentalpiad: C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>: –2655 kJ/mol, CH<sub>4</sub>: –802 kJ/mol. Vihjed: Arvutuste lihtsustamiseks eeldage, et maagaas sisaldab 98% CH<sub>4</sub> ja 2% N<sub>2</sub>. Eeldage, et õhurõhk on konstante.
- a) Kirjutage butaani põlemisreaktsiooni võrrand ja arvutage 33,0 kg butaani põletamisel eraldanud energia. (3)
- b) Kirjutage metaani põlemisreaktsiooni võrrand. Arvutage maagaasi ruumala, mis vastaks ühe ballooni butaani põletamisel eraldanud energiale i) talvel (–10°C) ja ii) suvel (+20°C). (5) **8 p**
6. Otsitavad elemendid **A**, **B**, **C**, **D**, **E** on lähimad naabrid elemendile **F**. Kui uurida perioodilisustabelit, siis selgub, et elemendi **B** aatommass on suurem kui elementide **A** ja **C** aatommassid. Elemendi **D** aatomnumber on 31 võrra suurem kui elemendi **F** aatomnumber ja 49 võrra suurem kui elemendi **B** aatomnumber. Elementide **D** ja **E** aatommasside erinevus on 2,0 amü. Elemendid **B** ja **E** asuvad ühes rühmas. Elemendid **A** ja **C** sisalduvad **C**–**A** akudes, kus lihtaine **C** reageerib elemendi **A** hüdroksiidiga ja tekib kaks hüdroksiidi.
- a) Kirjutage elementide **A**–**F** sümbolid. (6)
- b) Kirjutage lihtaine **C** reaktsioonivõrrand elemendi **A** hüdroksiidiga. (1)
- c) Põhjendage lühidalt elementide otsingu loogikat. (2) **9p**

2008/2009 õ.a. keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesanded

11. klass

1. Aine **X** sünteesiti esmaskordselt saksa keemiku Peter Austeni poolt 1874. aastal. Tänu huvitavatele omadustele alustati kohe ka selle aine tööstuslikku tootmist. Ainet **X** kasutatakse suure plahvatusjõu tõttu detonaatorites. Ainet **X** saadakse vastavalt järgnevale skeemile:



- a) Kirjutage ainete **A-E** ja **X** struktuurivalemid. (6)  
 Aine **X** rakenduseks on ka  $K^+$ ,  $Rb^+$  ja  $Cs^+$  ionide kvalitatiivne ja kvantitatiivne määramine: need ionid moodustavad ainega **X** erepunase soola.
- b) Kirjutage selle saaduse struktuurivalem, tähistades metalliooni  $M^+$ -ga. (1)  
 7 p
2. Tulevane meedik Mati otsustas uurida hemolüüsi – vere punaliblede membraanide purunemist. Selleks oli tal tarvis valmistada 1,0%-lisest NaCl lahusest ja destilleeritud veest 0,90% ja 0,30% lahused. Mõlema lahuse mass pidi olema 5,0 grammi.
- a) Arvutage, mitu grammi tuleb võtta kummagi lahuse valmistamiseks lähteaineid: 1,0% NaCl vesilahust ( $\rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$ ) ja vett. Arvutage mõlema lahuse molaarne kontsentratsioon (1 M = 1 mol/dm<sup>3</sup>). (6)  
 Hemolüüs toimub vereliblede sattumisel hüpotoonilisse lahusesse. Hüpotoonilises lahuses on osmootne rõhk  $\pi$  väiksem kui punaliblede sees: seetõttu liigub vesi läbi rakuseina punaliblesse ja rakk lõhkeb. See võib toimuda siis, kui raku ümbritseva lahuse osmootne rõhk on alla 3 atm.
- b) Mati lisas mõlemale lahusele 2-3 tilka verd. Näidake arvutustega, millises valmistatud lahuses võib toimuda hemolüüs toatemperatuuril (21°C). (4)  
 Osmootse rõhu avaldis on  $\pi = icRT$ , kus  $i$  on isotooniline koefitsient (NaCl lahuses on  $i = 2$ ),  $c$  – lahuse molaarne kontsentratsioon (M),  $T$  – temperatuur (K) ja  $R = 0,082 \text{ dm}^3 \cdot \text{atm}/\text{K} \cdot \text{mol}$  (11 p)

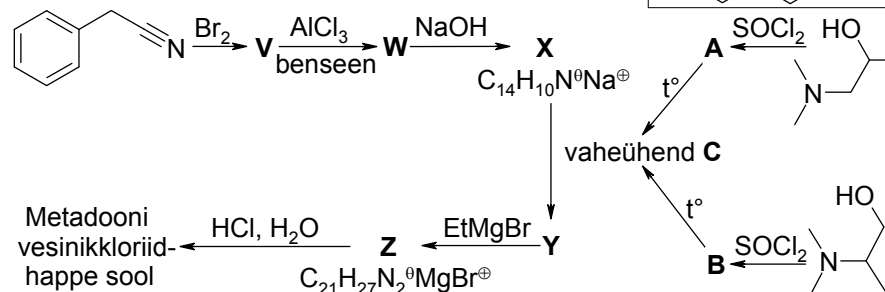
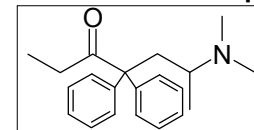
3. Teatavasti ei leidu planeedil Grelzak süsinikku. Aga millest koosneb siis Grelzaki (kuues planeet Bobi tähtkujus) asukas Zerblat? Arvatakse, et Zerblati koostises on süsinik asendunud elemendiga **X**. Erinevalt süsinikust, tekib elemendi **X** oksüdeerumisel tahke oksiid **A**, mis moodustab ka tulnuka luustiku. Keemiliselt on see inertne aine ja reageerib ainult ühe teatud happega **B**. Element **X** ise selle happega ei reageeri, kuid reageerib leelise lahusega. Zerblati luud on võimelised kõrge pinge



rakendamisel oma kuju muutma, mida tulnukas kasutab käte ja jalgade liigutamiseks. Seetõttu puudub täielikult vajadus lihaste järele. Elemendi **X** propaani analoog **C** on õhus isesüttiv - see selgitab, miks Zerblat pimedas helendab. Rakumembraanide ja ensüümide asemel on Zerblati koostises mikropoorsed ühendid, näiteks  $\text{Na}_4\text{Al}_4\text{X}_4\text{H}_{18}\text{O}_{25}$ . Maa peal kasutatakse sarnaseid ühendeid nafta krakkimisel ja vee puhastamisel. Zerblati hambad on eriti tugevad, koosnedes ühendist  $\text{X}_3\text{Z}_4$ . Paraku on need pika aja jooksul korrodeerunud 40%-lise happe **B** tarbimise toimele (vägijook, mis Grelzakil asendab etanooli). Laguproduktidena tekivad elemendi **X** komplekshape ( $\%(\text{X}) = 19,5$ ) ja happe **B** lihtsool ( $\%(\text{Z}) = 37,8$ ). Maa peal muutub Zerblat aga pehmeks ja kleepuvaks, sest süsihappegaasi sisse hingates moodustub läbi keeruliste reaktsioonide aine **D**, mis sisaldab süsinikku, hapnikku, vesinikku ja elementi **X**. Maal kasutatakse sarnaseid ained näiteks tihendite ja voolikute valmistamiseks. Aine **X** elektrijuhtivus sõltub lisanditest ja see on kasutusel tulnuka info talletamise ja töötlemise keskuses (sarnane inimese ajuga), mis koos suure peaga selgitab ka Zerblati äärmiselt teravat mõistust (IQ = 12735 ehk 57 zettaflospi).

- a) Kirjutage valemid ja nimetused: **X**, **A-D**,  $\text{Na}_4\text{Al}_4\text{X}_4\text{H}_{18}\text{O}_{25}$  (kirjutage lahti oksiididena),  $\text{X}_3\text{Z}_4$ . (7)
- b) Kirjutage reaktsioonivõrrandid:  $\text{X} + \text{O}_2 \rightarrow \dots$       $\text{A} + \text{B} \rightarrow \dots$   
 $\text{X} + \text{H}_2\text{O} + \text{NaOH} \rightarrow \dots$       $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \dots$       $\text{X}_3\text{Z}_4 + \text{B}(\text{liias}) \rightarrow \dots$  (5)  
 12 p

4. Metadoon (joonisel) on opioid, mida kasutatakse valuvaigistina ja morfinismi korral metadoon-asendusraviv. Seda võib valmistada järgneva skeemi kohaselt vesinikkloriidhappe soolana:



- On teada, et vaheühend **C** on kloriidiooni sisaldav sool.
- a) Kirjutage ühendite **A-C**, **V-Z** ning metadooni vesinikkloriidhappe soola struktuurivalemid. (9)
- Bioloogiliselt aktiivne on ainult metadooni (*R*)-enantiomeer.
- b) Kirjutage metadooni (*R*)-isomeeri struktuurivalem, milles näidake ära kiraalse tsentri ümber asetsevate rühmade ruumiline paigutus. (1) 10 p  
 (IChO41 Preparatory problems, 25. ülesande analoog)

5. Podagra on haigus, mida iseloomustab suurenenud kusihappe sisaldus veres (hüperurikeemia) ja selle soolade, naatriumuraatide, kristallide moodustumine organismi kudedes. Selliste kristallide teke sõrmede ja varvaste liigestes põhjustab raske haigusliku seisundi, mis viib nende paksenemiseni.

a) Lähtudes naatriumuraadi ( $C_5H_3N_4O_3Na$ )  $6,04 \cdot 10^{-5}$  ja dinaatriumuraadi ( $C_5H_2N_4O_3Na_2$ )  $7,8 \cdot 10^{-7}$  lahustuvuskorrutisest arvutage mõlema soola lahustuvused (M) puhtas vees. (6)

Haiguse kulgemise leevendamiseks on soovitatav keedusoola (NaCl) vältida või asendada keedusool naatriumit mittersisaldava soolaga.

b) Arvutage, mitu korda väheneb naatriumuraadi ja dinaatriumuraadi lahustuvus, kui valada kokku  $80 \text{ cm}^3$  küllastatud soola lahust ja  $20 \text{ cm}^3$   $0,25 \text{ M NaCl}$  lahust. Lahuste kontraktsiooni mitte arvestada. (6) **12 p**

6. Jörgen ja Andres mängivad mängu, nimetades kordamööda looduslikke mitteradioaktiivseid elemente iseloomulikes oksüdatsiooniastmetes (o.a-des) +I-st +VIII-ni, siis jälle +I-st +VIII-ni jne. Näiteks: 1. käik: Andres – Li (o.a = +I,  $Li_2O$ ), Jörgen – Be (o.a = +II,  $BeO$ ); 2. käik: Andres – B (o.a = +III,  $B_2O_3$ ), Jörgen – C (o.a = +IV,  $CO_2$ ); 3. käik: ... jne. Iga elementi võib nimetada üks kord ja mängu võidab see, kellel pole nimetada ühtegi elementi, millel on ühendeid vastavas o.a-s. Jörgen alustas mängu esimesena.

a) Nimetage perioodilisustabeli viimane mitteradioaktiivne element ja loetlege samuti sellele eelnevad radioaktiivsed elemendid. (1)

b) Nimetage kaks o.a-d, milles esinevaid elemente on perioodilisussüsteemis kõige vähem. (1)

c) Mitme minimaalse arvu käiguga võib võita Jörgen? Tooge üks hapnikuühendi näide iga elemendiga (vastavas o.a-s), mida Jörgen seejuures kindlasti nimetab. (2)

d) Mitme minimaalse arvu käikudega võib mängu võita Andres? Tooge üks hapnikuühendi või fluoriidi näide iga elemendiga (vastavas o.a-s), mida Andres sellisel juhul kindlasti nimetab. (2)

e) Mitme käiguliseks võib kujuneda mäng, kui Jörgen ja Andres mängivad passiivselt? (2) **8 p**

2008/2009 õ.a. keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesanded

12. klass

1. Stirlitz üritas Mülleriit mürgitada, puistates klaasi vette (250 cm<sup>3</sup>) 0,21 mol naatriumsoola NaA. Nõrkhape HA (happe pK<sub>a</sub> = 9,22) põhjustab ka luuviljade mürgisust. See tekib amügdaliini (C<sub>20</sub>H<sub>27</sub>NO<sub>11</sub>) hüdroolüüsil, lisaks tekib hüdroolüüsi käigus glükoos ja bensaldehüüd.

- Kirjutage amügdaliini hüdroolüüsivõrrand. (1)
- Kirjutage happe valem HA ja triviaalnimetus. (1)
- Arvutage happe HA kontsentratsioon klaasis (K<sub>w</sub> = 10<sup>-14</sup>)? (3)
- Mitu kirssi oleks pidanud Stirlitz Mülleriile sisse söötma (viimane ei ole kuigi arukas ja neelab ka kivid alla), et saada Mülleri kehasse sama suur ainehulk HA, mis oli klaasis. Amügdaliini sisaldus kirsikivis on 0,8% ja ühe kivi mass on ~2 g? (2) 7 p

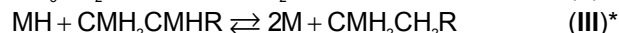
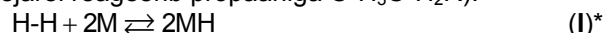
2. H – prootium on vesiniku isotoop, mille molekulmass on 1, D – deuterium on isotoop molekulmassiga 2, T – tritium on isotoop molekulmassiga 3. Vesikeskkonnas vahetavad prootiumi ja deuteriumi aatomid vee molekulis oma asukohti tänu vee dissotsiatsioonile.

- Segatakse kokku 80 mol H<sub>2</sub>O ja 20 mol D<sub>2</sub>O. Milliseks muutub seisimisel segu lõppkoostis? (3)

Tritiumi „kuumad“ aatomid, mida saadakse tuumareaktsioonides, võivad butaani molekulides vahetada välja prootiumi aatomeid.

- Mitu monoasendatud derivaati esineb butaani ja „kuuma“ tritiumi segus. Hinnake derivaatide suhet. Põhjendage. (3)

Tänu adsorptsioonile toimub metalli pinnal propaani molekulides prootiumi ja deuteriumi aatomite vahetus. Selleks, et leida vahetusreaktsiooni mehhanismi, oletage et propaan reageerib vastavalt skeemile (M – metalli aatom pinnal, R = C<sup>1</sup>H<sub>3</sub>, I etapis võib pinnale adsorbeeruda nii <sup>1</sup>H<sub>2</sub> kui ka D<sub>2</sub>, mis seejärel reageerib propaaniga C<sup>1</sup>H<sub>3</sub>C<sup>1</sup>H<sub>2</sub>R):



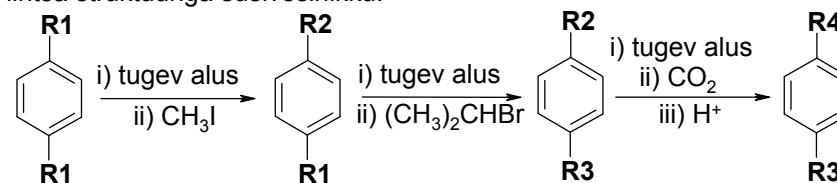
\* (I) ja (III) reaktsioon on pöörduvad: vesiniku aatom võib vahetuda mitu korda.

- Mitu propaani saadust võib tekkida toodud skeemi põhjal? Kirjutage nende saaduste tasapinnalised struktuurivalemid näidates prootiumi ja deuteriumi asendid. (7) 13 p

3. Kloori ühend A, punakas-kollane gaas (%(Cl)= 52,6%), oli esimene avastatud kloorioksiid. Seda toodetakse tänapäeval suures koguses puidumassi pleegitamiseks ja vee puhastamiseks. Humphry Davy sai gaasi A kloorhappe B disproportsioneerimisreaktsiooni abil. Kloorhapet B sünteesiti kontsentreeritud väävelhappe ja tahke KClO<sub>3</sub> reaktsioonil. Disproportsioneerimisreaktsiooni teisteks saadusteks on vesi ja hape C (1). Ohutuse kaalutlustel toodetakse gaasi A selle kasutamiskohas. Puidu pleegitamiseks valmistatakse seda NaClO<sub>3</sub> osalisel redutseerimisel happelistes tingimustes vääveldioksiidiga (2). Laboris saadakse ainet A NaClO<sub>3</sub> ja (COOH)<sub>2</sub> vahelises reaktsioonis väävelhappe juuresolekul (3). Ühendit A võib saada ka NaClO<sub>2</sub> oksüdeerimisel klooriga (4).

- Leidke kloori oksüdatsiooniastmed ainetes A, B ja C. (3)
- Milline on molekulide A ja C struktuur? Hinnake sidemetevaheliste nurkade väärtusi. (2)
- Kirjutage aine A saamiseks mainitud reaktsioonide võrrandid. (4) 9 p

4. C–H-side on väga nõrgalt happeline ja tugevate aluste toimel on võimalik seda deprotoneerida. Tekkivate karbanioonide nukleofiilsust kasutatakse ära sünteesiradades. Üheks elegantseks näiteks on ravimaine ibuprofeeni (206 g/mol) süntees, mille kolm etappi saab läbi viia samas sünteesinõus ilma vaheproduktide eraldamise ja puhastamiseta, kasutades lähteainena lihtsa struktuuriga süsivesinikku:



Ibuprofeen

Ibuprofeeni struktuur sisaldab kiraalset tsentrit ning kõiki reagente reageerib üks ekvivalent.

- Joonistage rühmade R<sub>1</sub>–R<sub>4</sub> struktuurivalemid. (4)
- Joonistage lõpp-produkti R-isomeeri struktuurivalem. (1)
- Kui kolmeetapilise sünteesiraja keskmiseks etapi saagiseks on 80%, kui suur on siis sünteesi kogusaagis? (1)
- Butüüllitium (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>Li) on üks orgaanilises sünteesis kasutatavatest tugevatest alustest. Kirjutage tasakaalustatud reaktsioonivõrrand äädikhappe reageerimisest ühe ekvivalendi butüüllitiumiga. (2) 8 p

5. Prantsuse teadlane A. Lavoisier leidis 1783. aastal, et põleva gaasi (flogistioni) reaktsioonil flogistionivaba õhuga moodustub vesi. Kohe algasid ka uuringud selle gaasi tootmiseks sobiva tööstusliku meetodi leidmiseks, et seda saaks kasutada õhulaevanduses. Loodud meetod seisnes selles, et katlast tulnud veeaur juhiti läbi hõõguvpunaseks kuumutatud püssitoru.

a) Kirjutage loodud meetodi reaktsioonivõrrand. (1)

b) Mitu kuupmeetrit vesinikku saab 2,0 kg kaaluvast püssitorust teoreetiliselt (15°C ja 1,0 bar)? (2)

c) Arvutage reaktsiooni tasa-  
kaalukonstant temperatuuril 1000°C. Selleks arvutage tabeli andmete põhjal reaktsiooni jaoks  $\Delta H^0$ ,  $\Delta S^0$  ja  $\Delta G^0$ . (4)

	Fe	FeO	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub>
$H_f^0$ , kJ mol <sup>-1</sup>	0	-217	-204	0
$S^0$ , J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	78	141	243	174

d) Millises suunas nihutab tasakaalu i) rõhu tõstmine ja ii) temperatuuri tõstmine? (2)

e) Leidke, mitu püssitoru kulub õhupalli täitmiseks, et õhupall kerkima hakkaks (15°C ja 1,0 bar). Teadlase, õhupalli kesta ja korvi kaal on kokku 200 kg. (1)

f) Arvutage, milline on selle vesiniku koguse ruumala 2 km kõrgusel, kus õhurõhk on 0,78 bar ja temperatuur 2,0°C. (2) 12 p

1 bar = 100 kPa,  $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $M_r(\text{õhk}) = 29$

6. Ükskord sattus Opossum lugema ära visatud spordiajakirja numbrit ning hakkas unistama: "Äkki võiks minustki saada sprinter?" Kujutades juba ette, kui hea näeks ta välja liibuvas spordidressis, mõtles ta siiski hüpoteesi enne üle kontrollida. Ajakirjast Nature avastas ta meetodi, kuidas teha kindlaks, kas ta lihaskiud on rohkem sprinteri või pikamaajooksja tüüpi.

Meetodis oli ette võetud lihaskiule energiat andva ensüümi aktiivsuse määramine. ATP laguneb ADP-ks ja aniooniks **A**. Anioon **A** pannakse aluselises keskkonnas reageerima CaCl<sub>2</sub>-ga. Seejuures tekivad sool **B** ja anioon **C**. Soolale **B** lisatakse juurde kloriidi **D** (roosakas lahus), mis sisaldab 45,39% metalli **Y**. Tekkivad sool **E** ja CaCl<sub>2</sub>. (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S reaktsioonil ainega **E** tekib tumedat värvi mittelahustuva lõpp-produkti **M** laik, mis on ATP-aasi aktiivsuse näitaja.

a) Kirjutage ioonide **A**, **C** ja ainete **B**, **D**, **E**, **Y** valemid ja nimetused, ühend **D** tõestage arvutustega. (6)

b) Kirjutage reaktsioonivõrrandid:  $\text{ATP}^{4-} \xrightarrow{\text{ATP-aas}} \text{ADP}^{3-} + \text{A}$   
 $\text{A} + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{B}$        $\text{B} + \text{D} \rightarrow \text{E}$        $\text{E} \rightarrow \text{M}$  (4)

Kirjeldatud meetodiga värvuvad osad lihaskiud tumedaks, osad jäävad heledaks. Opossum leidis, et temalt võetud lihasetükikeses on rohkem heledaid kiude.

c) Põhjendage, kas Opossumi unistusel sprinteriks saada on tema lihastüübi järgi tulevikku? (1) 11 p