

2014/2015 õ.a keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesanded

9. klass

1. Etanool (aine **A**) oksüdeeritakse maksas aineks **B** (reaktsioon 1) ning seejärel aineks **C** (reaktsioon 2). Tsitraaditsükliis toimub aine **C** täielik lagunemine, mille tulemusel tekivad oksiidid **D** ja **E** (reaktsioon 3). Etanooli oksüdeerimist aineks **B** aitab läbi viia dehüdrogenaaside klassi kuuluv ensüüm, mille aktiivsus on erinevatel rassidel erinev. Europiidide organism suudab keskmiselt oksüdeerida 110 mg etanooli ühe kilogrammi kehamassi kohta tunnis, kuid asiaadid 130 mg kilogrammi kohta tunnis.

- a) Identifitseeri ained **B - E** (anda valem ja nomenklatuurne nimetus).
b) Mis aineklassidesse kuuluvad ained **A - C**?
c) Kirjuta ja tasakaalusta reaktsioonid **1 - 3**.
d) Kui kiiresti suudab oksüdeerida europiidide ja asiaatide organism (kehamass 70 kg) 100 mL 40%-lise massiprotsendiga etanooli ($\rho = 0,94 \text{ g/cm}^3$) aineks **B**? (9,5)

2. Puhas **A** ei reageeri hapnikuga soolavabas ja tavaniiskusega keskkonnas kergesti. **A** tootmisprotsessis saadakse tegelikult sulam **B**, milles sisaldub elementi **C**. **B** on üsna vastuvõtlik korrosioonile, aga selle põhiline puudus on vähene plastsus suhteliselt suure **C** sisalduse tõttu. **C** osakaalu vähendamisel saadakse sulam **D**. **D** omadused on üldiselt ihaldusväärased, kuid korrosioon on jätkuvalt probleem. Korrosioonivaba sulami saamiseks lisatakse **D** hulka elementi **E** osakaaluga 10-30%. Element **E** esineb ka rubiini koostises, andes sellele punase värvuse.

- a) Kirjuta **A**, **C**, **E** ning sulamite **B** ja **D** nimetused.
b) Kirjuta **A** korrodeerumise reaktsioonivõrrand.
c) Kirjuta ühe sulami **B** valmistamiseks kasutatava maagi valem.
d) Kirjuta reaktsioonivõrrand aine **C** eemaldamiseks sulamist **B** (sulami **D** tootmisel).
e) Kirjuta puhta **E** korrosiooni reaktsioonivõrrand ning kirjelda kuidas see aitab sulamit **D** korrosiooni eest kaitsta. (8)

3. Keemik Taavit huvitas väga üks gaas. Ta teadis, et tööstuses toodetakse seda vedela õhu fraktsioonilisel destillatsioonil. Taavi oli lugenud, et laboris saab seda toota ammoniumkloriidi ja naatriumnitriti vahelisel reaktsioonil.

- a) Kirjuta tasakaalustatud reaktsioonivõrrand ammoniumkloriidi reageerimisest naatriumnitritiga.

Taavi oli just õppinud ideaalse gaasi seadust ja tahtis seda rakendada. Ta pani 94 g ammoniumkloriidi reageerima suure ülehulga naatriumnitritiga. Reaktsiooni viis ta läbi rõhul 700 mmHg ja

temperatuuril 20 °C. Arvutuste lihtsustamiseks leidis ta universaalsele gaasikontandile uue väärtuse temale sobivate ühikutega.

- b) Esita universaalne gaasikonstant ühikuga $\text{m}^3 \cdot \text{mmHg} / \text{K} \cdot \text{mol}$, kui konstandi väärtus ühikuga $\text{L} \cdot \text{atm} / \text{K} \cdot \text{mol}$ on 0,082.

- c) Leia, kui suure ruumala võtab enda alla see gaas.

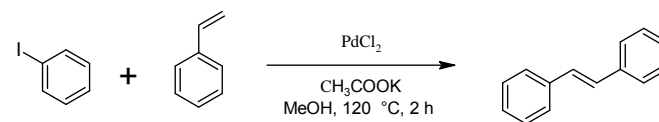
Temperatuuril 25 °C võtab 2,0 mooli seda sama gaasi enda alla konteineri ruumalaga 5,0 L.

- d) Leia gaasi rõhk konteineris.

Eksperimentaalsed tulemused näitavad, et tegelik gaasi rõhk konteineris on 9,4 atm.

- e) Mis põhjustab tulemuste erinevuse? (9)

4. Sünteesilaboris viidi läbi järgnev reaktsioon:



Selleks kasutati lähteainetena jodobenseeni ($\rho = 1,83 \text{ g/cm}^3$) ja stüreeni ($\rho = 0,909 \text{ g/cm}^3$). Reaktsioon vajab PdCl_2 katalüsaatorit ja alust, millena kasutati kaaliumatsetaati. Reaktsioon viidi läbi metanoolis ($\rho = 0,792 \text{ g/cm}^3$), 120°C juures kahe tunni jooksul. Selleks lahustati 8,00 grammis metanoolis 0,900 grammi jodobenseeni.

- a) Mitu grammi peab stüreeni (puhtus 95%) kaaluma, kui on teada, et stüreeni peab võtma kahekordses liias?
b) Milline on stüreeni kontsentratsioon lahuses, kui kaalutud stüreeni lisada juba valmistatud jodobenseeni lahusele? Ruumalaefektid võite jätta arvestamata.
c) Mitu grammi produkti tekib kui reaktsiooni saagis on 90%?
d) Miks saame öelda, et kaaliumatsetaat on alus – kuidas avalduvad tema aluselised omadused? Palun kirjuta tema aluselisi omadusi kirjeldav näidisvõrrand. (9)

5. Merikarbid koosnevad kahest mineraalst, kaltsiidist ja aragoniidist, kusjuures mõlema mineraali keemiline koostis põhineb samal soolal **X**. Sool **X** sisaldab massi järgi 40% metalli **Q**, 12% süsinikku ja 48% hapnikku. Merevees leidub sarnast soola **Y**, milles sisaldab lisaks elementidele **Q** (24,7% massi järgi), **C** (14,8%) ja **O** (59,3%) veel vesinikku. Kaltsiidi ja aragoniidi sadenemine merikarpi moodustava molluski pinnale toimub kõrgeenenud pH-l, kui sool **Y** muundub soolaks **X**. Kõrgeenenud pH saavutatakse tänu sellele, et mollusk eritab binaarset ühendit **A**, mis on normaaltingimustel terava lõhnaga gaas, kuid

vesikeskkonnas muutub nõrgaks aluseks **B**. Ühendit **A** toodab mollusk ensüümide toimel aimest **C**, mis on teadaolevalt esimene orgaaniline aine, mida inimene suutis laboris sünteesida anorgaanilistest lähteainetest.

a) Identifitseeri ained **X** ja **Y** (koos arvutuskäiguga).

b) Esita ainete **A**, **B** ja **C** valemid ning nimetused.

c) Kirjuta reaktsioonivõrrand soola **X** saamise kohta ainetest **Y** ja **B**.

d) Tänapäeval on üheks globaalseks keskkonnaprobleemiks CO_2 suurenenud sisaldus atmosfääris, mis muuhulgas põhjustab ookeanide vee pH langust. Kirjuta vastav reaktsioonivõrrand ning prognoosi, mis juhtub merikarpidega siis, kui vee pH langeb järsult?

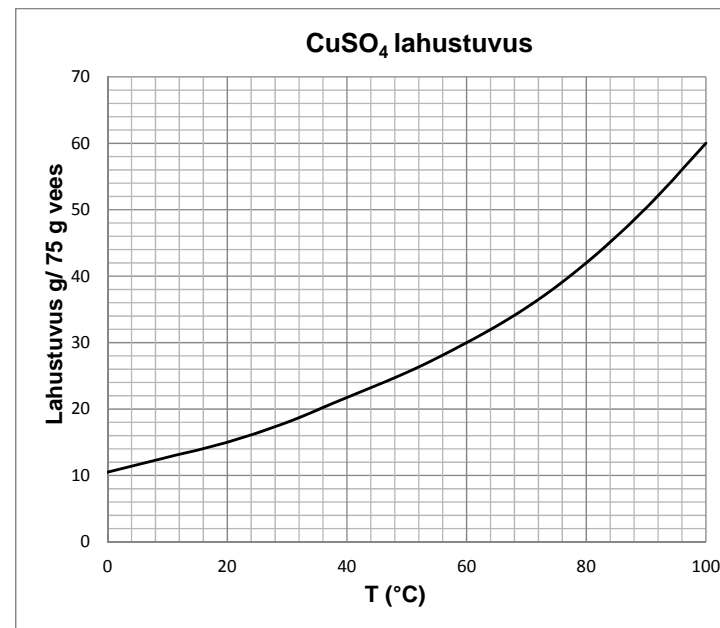
e) Nimeta veel 2 tuntud mineraali, mis põhinevad samuti soolal **X**. (12,5)

6. Kaaluti **100 g** vett; sinna lisati $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ (vasksulfaadi pentahüdraati) nii palju, et **90 °C** juures tekiks küllastunud lahus. Seejärel kuumutati lahus **90 °C**-ni, et kogu lisatud sool ära lahustada, kuid kuumutamise käigus aurustus nii palju vett, et kogu sool ei lahustunud tegelikult **90 °C** juures. Seetõttu lisati vett niikaua, kuni kogu sool lahustus (lisamine ei olnud täpne). Pärast seda jahutati lahus **20 °C**-ni ning seejärel lisati **7,81 g** $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$. Saadud sade koguti filtrile, seejärel kaaluti ning sademe massiks saadi **77,6 g**.

a) Kirjuta toimunud reaktsiooni võrrand.

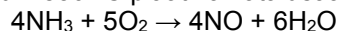
b) Arvuta kasutatud $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ i) mass, ii) moolide arv ja iii) CuSO_4 protsendiline sisaldus hüdraadis (massi järgi).

c) Arvuta i) lahusti mass pärast vee lisamist ja ii) CuSO_4 kontsentratsioon filtraadis (massiprotsentides). (12)



2014/15 õ.a keemiaolümpiaadi lõppvooru ülesanded
10. klass

1. Lämmastikoksiidi tööstuslikuks tootmiseks kasutatakse ammoniaagi oksüdatsiooni temperatuuril 850 °C plaatina katalüsaatori juuresolekul:



a) Kasutades tabelis toodud reaktsioonide entalpiaid, arvuta ühe mooli ammoniaagi oksüdeerumisreaktsiooni entalpia ($\Delta_r H$).

Reaktsioon	$\Delta_r H$ (kJ/mol)
$\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{v})$	-44,0
$\text{H}_2 + 0,5\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{v})$	-285,8
$0,5\text{N}_2 + 1,5\text{H}_2 \rightarrow \text{NH}_3$	-46,2
$\text{NO} \rightarrow 0,5\text{N}_2 + 0,5\text{O}_2$	-90,4

b) Arvuta ammoniaagi oksüdatsiooni Gibbsi energia ($\Delta_r G$) 25°C juures. Reaktsiooni entroopia $\Delta_r S = 45,1 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$.

c) Leia N–H sideme energia $E(\text{N–H})$, kui on teada, et $E(\text{N}\equiv\text{N}) = 941 \text{ kJ/mol}$ ja $E(\text{H–H}) = 436 \text{ kJ/mol}$. (10)

2. Element **A** on Maal üsna levinud (0,03 aatomprotsenti). Selle ühend **I** leiab rakendust laborites, autoakudes, ravimite, värv- ja lõhnaainete ning paljude muude ainete tootmisel. Ühendi **I** tootmiseks on vaja esmalt ühendit **G**. Ühendit **G** võib saada lihtaine **D** reageerimisel lihtainega **A** või **A** ühenditega (**F** tüüpi ühendid või **E**). Element **C** järjenumbr on elemendi **A** omast 10 võrra suurem. Ühendis **F** on **A** o.a –l. Järgnevalt on esitatud mõned asjasse puutuvad sünteesiskeemid, mis pole täielikud võrrandid:

- 1) **A** + **B** → **E**; 2) **A** + **C** → **F**; 3) **A** + **D** → **G**; 4) **E** + **D** → **G**; 5) **F** + **D** → **G**;
6) **G** + **D** → **H**; 7) **H** + H_2O → **I**; 8) **I** (lahja) + **C** → **B**;
9) **I** (kange) + **C** → passiveerub; 10) **I** (kange, soojendamise) + **C** → **G**;
11) **E** + **G** → **A**

a) Kirjuta tähtedele **A** – **I** vastavad ainete valemid.

b) Kirjuta tasakaalustatult välja täielikud reaktsioonivõrrandid skeemidele 5), 10) ja 11). Reaktsiooni 11) saadustes esineb **A** ainult lihtainena. (8)

3. Naatrium on leelismetall, mida saadakse sulatatud naatriumkloriidi (NaCl) elektrolüüsil. NaCl -i sulamistemperatuuri vähendamiseks ($T_{\text{sul}} = 801 \text{ °C}$) lisatakse sellele kaltsiumkloriidi (CaCl_2), mis võimaldab protsessi läbi viia temperatuuril 570 – 580 °C. Joonisel on toodud elektrolüüsirakk, kus toimub naatriumi tootmine.

a) Millise laenguga on anood ja katood? Kirjutage neil toimuvate reaktsioonide võrrandid.

b) Kas lisatav CaCl_2 mõjutab elektrolüüsil saadava naatriumi puhtust? Põhjendage.

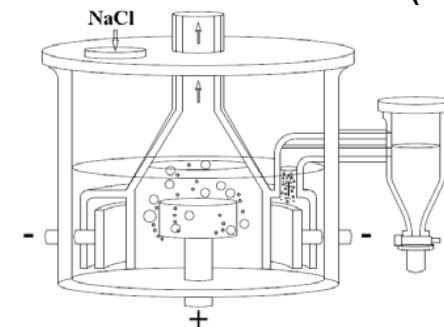
c) Miks ei kasutata naatriumi tootmiseks NaCl -i vesilahust, vaid sulatatud NaCl -i? Kirjuta NaCl vesilahuses olevatel elektroodidel toimuvate reaktsioonide võrrandid.

d) Elektrolüüsil saadud naatrium pandi reageerima vähemaktiivse metalli soola vesilahusega. Kirjuta toimuv reaktsioon.

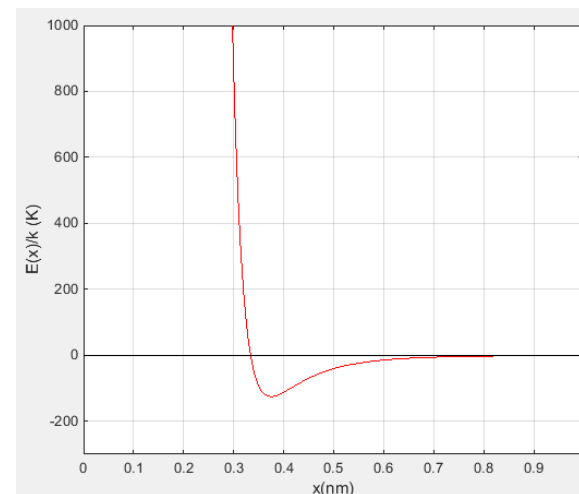
e) Võeti 0,250 liitrit merevett soolusega 3,5% ($\rho = 1,03 \text{ g/cm}^3$). Kõigist sooladest moodustab NaCl ($M = 58,4 \text{ g/mol}$) 78%. Vesi aurustati ja teostati sulatatud soolasegu täielik elektrolüüs. Kogu anoodil saadud gaas, mis tuli eranditult NaCl -ist, juhiti KI lahusesse, mida oli 500 ml. Saadud lahusest võeti 100 ml proov, mille tiitrimiseks kulus 23,1 ml 1,00 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ lahust. Tiitrimise käigus $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$.

i) Kirjuta kõigi asjasse puutuvate reaktsioonide võrrandid, k.a elektrolüüs.

ii) Arvuta, mitu protsenti merevees olnud naatriumkloriidist leidis pärast elektrolüüsi katselist kinnitust. (12)

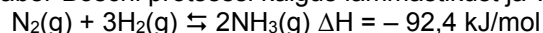


4. Kahe molekuli vahelist energiat saab kujutada Lennard-Jonesi mudeli kaudu. Ühe teatud aine ($M = 82 \text{ g/mol}$) molekulide energia-kauguse diagramm on selline:



- a) Märgi joonisel x-teljele molekulidevaheline tõmbe- ja tõukepiirkond.
- b) Mis on antud juhul optimaalseks kauguseks kahe molekuli vahel?
- c) On olemas ka teisi mudeleid, mis kujutavad molekulidevahelist energiat. Skitseeri kahe molekuli vaheline energia-kauguse diagramm, kui tegu on:
- ideaalse gaasiga (molekulide vahel ei ole vastasmõju);
 - kõva kestaga molekulidega, kus puuduvad tõmbe- ja tõukejõud;
 - kõva kestaga molekulidega, kus on ainult tõmbejõud.
- d) Gaaside molekulaarkineetilise teooria järgi saab gaaside viskoossuse (η) sõltuvust temperatuurist arvutada järgmise valemiga (kõik suurused SI-ühikutes): $\eta = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{mkT}{\pi}} \frac{1}{\pi d^2}$, kus m – molekuli mass, k – Boltzmanni konstant ($1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K), d – molekuli diameeter, T – absoluutne temperatuur.
- Arvuta selle aine viskoossus toatemperatuuril (20°C), kui molekuli diameeter on 0,33 nm.
 - Skitseeri viskoossuse temperatuurist sõltuvuse graafik.
- e) On teada, et uurimise all olev aine moodustab kristalliseerudes lihtsa kuubilise struktuuri (molekulid on ühikkuubi tippudes). Arvuta
- pakkimistegur ehk mitu protsenti ühikkuubist on täidetud molekulidega?
 - aine tihedus. (11)

5. Ammoniaagi süntees õhulämmastikust on üks olulisemaid keemiatööstuse protsesse, sest ammoniaagist saab valmistada lämmastikväetisi, mille tootmine muudab võimalikuks tänapäevase põllumajanduse. Ammoniaaki valmistatakse Haber-Boschi protsessi käigus lämmastikust ja vesinikust:



Temperatuuril 400°C on ammoniaagi tekkereaktsiooni kontsentratsioonide järgi antud tasakaalukonstant $K_c = 0,51 \text{ l}^2/\text{mol}^2$.

- a) Kirjutage ammoniaagi tekkereaktsiooni tasakaalukonstandi K_c avaldis ainete kontsentratsioonide järgi.
- b) i) Arvutage ammoniaagi lagunemisreaktsiooni ($2\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{N}_2 + 3\text{H}_2$) K_c temperatuuril 400°C . ii) Arvutage ammoniaagi tekkereaktsiooni osarõhkude järgi antud tasakaalukonstant K_p . *Universaalne gaasikonstant $R = 0,0831 \text{ L}\cdot\text{bar}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ja $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$*
- c) Reaktoris suurusega 1000 L , milles viiakse läbi ammoniaagi sünteesi, on püstitunud keemiline tasakaal. Reaktoris on 400 mol vesinikku ja 500 mol lämmastikku. Kui suur on reaktoris ammoniaagi kontsentratsioon?
- d) Millises suunas nihkub ammoniaagi tekkereaktsiooni tasakaal, kui i) tõsta temperatuuri; ii) tõsta rõhku gaaside kokkusurumise teel; iii) tõsta rõhku mittereageeriva gaasi lisamise teel reaktsioonikeskkonda?

NB! Eeldage, et tegemist on ideaalgaasidega! (10)

6. Nelja veega täidetud keeduklaasi lisati soolad CH_3COONa , KCN , KNO_3 ja NH_4Br .

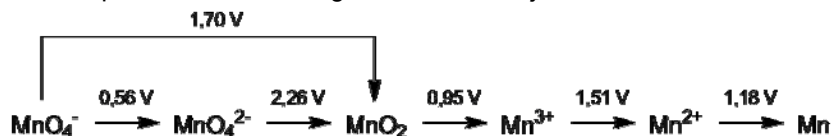
- a) Millise keskkonna (aluseline, happeline või neutraalne) annavad need soolad vesilahuses? Millised nendest sooladest hüdrolüüsuvad? Hüdrolüüsi korral kirjuta välja seda näitavad võrrandid.
- b) Vali eelmisest punktist välja üks vesilahuses happelise keskkonna andev sool. Leia selle soola lahuse pH, kui 300 ml veele lisati $36,5 \text{ grammi}$ soola. $K_a(\text{HCN})=6,17 \cdot 10^{-10}$, $K_b(\text{CH}_3\text{COO}^-)=5,70 \cdot 10^{-10}$, $K_b(\text{NH}_3)=1,78 \cdot 10^{-5}$ (9)

2014/15 õ.a. keemiaolümpiaadi lõppvoor ülesanded
11.–12. klass

1. Elusorganismides kiirendavad keemilisi reaktsioone ensüümid, mis on bioloogilised katalüsaatorid. Lihtsamaid neist kirjeldab Michaelis-Menteni võrrand. Ensüüm E katalüüsib reaktsiooni $S + E \rightleftharpoons ES \rightarrow E + P$, kus S on substraat ja P on produkt.

- a) Kui suur on reaktsiooni maksimaalne kiirus, kui $K_m = 26 \mu\text{M}$ ja $v = 2 \mu\text{M/s}$ ning $[S] = 13 \mu\text{M}$.
- b) Kui palju tuleks tõsta substraadi S kontsentratsiooni, et reaktsiooni kiirus **i)** kahekordistuks; **ii)** saavutaks poole maksimaalsest kiirusest. Kasuta punktis **a)** toodud väärtusi.
- c) Kui suur on ensüümi kontsentratsioon antud reaktsioonisegus, kui $k_{\text{kat}} = 4 \cdot 10^2 \text{ s}^{-1}$?
- d) Kuidas saavutada olukord, kus reaktsiooni kiirus oleks kaks korda suurem kui punktis **a)** leitud v_{max} .
- e) Kui pika aja pärast on alles jäänud pool esialgsest substraadist, kui $K_m = 26 \mu\text{M}$ ja $v_{\text{max}} = 2 \mu\text{M/s}$ ja esialgne $[S] = 10 \text{ mM}$. (9)

2. Latimeri diagramm (joonisel) annab ülevaate elemendi oksüdatsiooniastmete seostest üleminekute standardpotentsiaalidega (Nt: $E^0(\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}) = 1,18 \text{ V}$). Mida suurem on ühendist paremal pool olev standardpotentsiaal, seda tugevam oksüdeerija on see ühend.



- a) Happelises keskkonnas redutseerub $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$. Leidke selle üleminekuga seotud Gibbsi vabaenergia muutus.
- b) Kirjutage sellele üleminekule vastav summaarne redoksvõrrand happelises keskkonnas. Mis on selle protsessi summaarne standardpotentsiaal?
- c) Kui suur osa platinast oksüdeerub punktis **b)** kirjeldatud lahuse toimel (lähtudes termodünaamikast), kus esialgu on mangaaniühendite kontsentratsioon $C_{\text{MnO}_4^-} = 0,5 \text{ mM}$ ja $C_{\text{Mn}^{2+}} = 0,1 \text{ M}$ ja $pH = 2$.
 $E^0_{\text{Pt}/\text{Pt}^{2+}} = 1,18 \text{ V}$; $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; $F = 96485 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$; $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ (8)

3. Ühendid **A** ja **B** molekulmassiga 88,11 amü saadakse aine **C** aldoolreaktsioonil iseendaga. **A** ning **B**-ga samasuguse brutovalemiga ühend **D** on omapärane selle poolest, et ta on tsentrosümmeetriline.

Tsentrosümmeetriline on ühend, mis omab inversioonitsentrit molekuli keskel. Kui sellest tsentrist kõik aatomid ükshaaval läbi peegeldada saab täpselt sama molekuli (kattub iseendaga). Ühendit **D** on võimalik sünteesida kahest aine **E** molekulist. Ainet **E** omakorda saab aine **F** hüdrolyüsil. Ühend **D** aga ei ole ainuke **A** ja **B**-ga ühesuguse brutovalemiga aine, mis on tsentrosümmeetriline. Seda on ka aine **G**, mille geomeetrilise isomeeri **H** intramolekulaarsel kondensatsioonil saab 2,5-dihüdrofuraani **I**. Paberil võiks ainetele **D** ja **G** lisada sama brutovalemiga veel ühe tsentrosümmeetrilise aine **J**, mis tegelikkuses seda siiski pole.

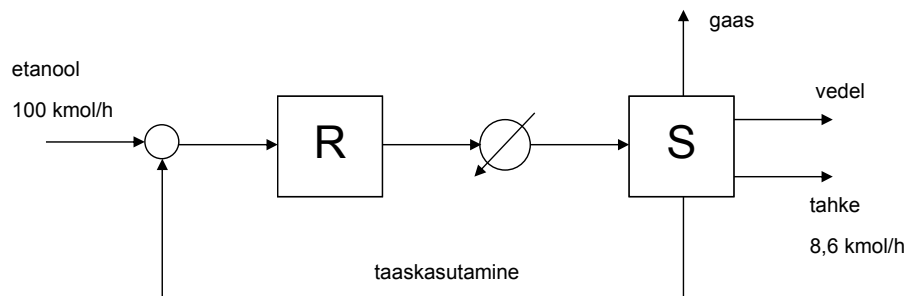
- a) Joonistage ainete **A** – **J** graafilised struktuurivalemid.
- b) Põhjendage, miks aine **J** ei ole tsentrosümmeetriline. (11)

4. 20. sajandi keskel ilmus uus kompleksühendite rühm, mis hiljem sai väga oluliseks kompleksühendite keemias ja katalüüsis. Selle esimene esindaja oli raua ühend **X**. Ühendi **X** sünteesiks võetakse esmalt tsükliline süsivesinik **A** ($H = 9\%$) ja pannakse reageerima naatriumiga, mille tulemusena tekib ühend **B**. Ühendi **B** reaktsioonil FeCl_2 -ga tekib ühend **X** (Fe juures on 2 samasugust ligandi). Alternatiivselt võib **X** saada FeCl_3 ja **B** vahelisel reaktsioonil. Sel juhul tekib teise produktina orgaaniline ühend (formaalselt ühendi **B** aniooni dimeer). Kolmas viis **X** saamiseks on reaktsioon metallilise Fe ja **A** vahel kõrgel temperatuuril. **X** on oluline katalüüsis, kuna seda saab väga lihtsalt oksüdeerida (nt. AgNO_3 abil) ning pärast tagasi redutseerida.

- a) Kirjutage ja tasakaalustage järgmised reaktsioonivõrrandid **i)** $\text{A} + \text{Na}$ **ii)** $\text{B} + \text{FeCl}_2$ **iii)** $\text{B} + \text{FeCl}_3$ **iv)** $\text{Fe} + \text{A}$ **v)** $\text{X} + \text{AgNO}_3$
- b) Ühendil **X** on 2 isomeeri, kus on erinev ligandidevaheline orientatsioon. Joonistage nende isomeeride struktuurid.
- c) Ühendit **A** tuleb enne kasutamist destilleerida, sest ta esineb tavaliselt dimeeri kujul, mis moodustub Diels-Alderi reaktsioonil. Kirjutage selle dimeeri moodustumise reaktsioon. (11)

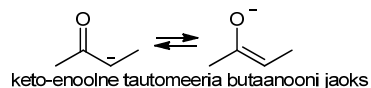
5. Ühes keemiatehases toodetakse atseetaldehüüdi. Protsessi lisatakse etanooli kiirusega 100 kmol/h. Enne reaktorisse sisenemist segatakse see koos taaskasutusvooga, mis koosneb protsessi juba läbinud etanooli ja aldehüüdi segust. Reaktoris toimub kaks reaktsiooni: põhireaktsioon (**reaktsioon 1**), millega toodetakse atseetaldehüüdi (saadakse etanooli dehüdrogeenides), ning vähesel määral toimuv soovimatu kõrvalreaktsioon (**reaktsioon 2**) - etanooli lagunemine etüleeniks ja veeks. Kahe reaktsiooni toimumise kiiruse suhe reaktoris on 10:1. Lisaks on teada, et korruga reageerib 25% reaktoris olevast etanoolist. Reaktorist väljuv segu jahutatakse

temperatuurile -10°C ning suunatakse separaatorisse, mis eraldab erinevad komponendid. Eraldist väljub 4 voogu: gaasivoog (kahe gaasi segu), vedelvoog (atsetetaldehüüdi ja etanooli segu), tahkisevoog ning taaskasutusvoog, mis suunatakse tagasi reaktorisse. On teada, et tahkisevoog on $8,6 \text{ kmol/h}$.



- Kirjutage toimuvad reaktsioonid
 - Leidke, kui kiiresti toimuvad **reaktsioon 1** ja **reaktsioon 2** (kmol/h).
 - Leidke atsetetaldehüüdi moolprotsendiline sisaldus separaatorist väljuvas vedelvoos (%).
 - Kui palju etanooli on taaskasutusvoos (kmol/h)?
 - Kui etüleeni põlemisel vabanev energia on $49,6 \text{ MJ/kg}$, siis kui suure võimsusega saaks teoreetiliselt teha etüleeni põletamisel kütta (kW)?
- (11)

6. Aine **A** ($\text{C}_7\text{H}_{10}\text{O}_2$) töötlemisel alusega (NaOEt) 3-buteen-2-ooni juuresolekul tekib aine **H** ($\text{C}_{11}\text{H}_{16}\text{O}_3$). Vaatleme aine **H** tekkemehhanismi. **A** on sümmeetriline tsükliiline diketoon, kus ainuke metüülrühm asub täpselt kahe ketorühma vahelise süsiniku juures. Selle deprotoneerimisel tekib vaheühend **B**, mis on nukleofiilne ja liitub 3-buteen-2-oonile (ketorühmast kõige kaugemale süsinikule), mille juures tekib vaheühend **C**. Selle protoneerimisel tekib aine **D**, mis on aluse juuresolekul ebastabiilne. Kui alus deprotoneerib **D**, tekib vaheühend **E**, mis erineb **C-st** ainult anioonse tsentri positsiooni poolest. **E** puhul aga on võimalik keto-enoolne tautomeeria ning **E** on tasakaalus ainega **F**. **F** omakorda on nukleofiil ning saab reageerida intramolekulaarselt elektrofiiliga, moodustades veel ühe kuuelülilise tsükli ning saadud vaheühendi **G** protoneerimisel tekibki produkt **H**, mis on bitsükliiline hüdroksüdiketoon.



- Vaheühendid **B**, **C**, **E-G** on anioonsed ja eksisteerivad ionpaaridena, kuigi lihtsuse mõttes pole vaja struktuurides katiooni näidata. Joonistage ainest **A** aine **H** moodustumise mehhanism, näidates vaheühendite **B-G** struktuure.
 - Kas reaktsioon vajab 2 ekvivalenti NaOEt või on see katalüsaator?
- (10)