

KEEMIAÜLESANNETE LAHENDAMISE LAHTINE VÕISTLUS

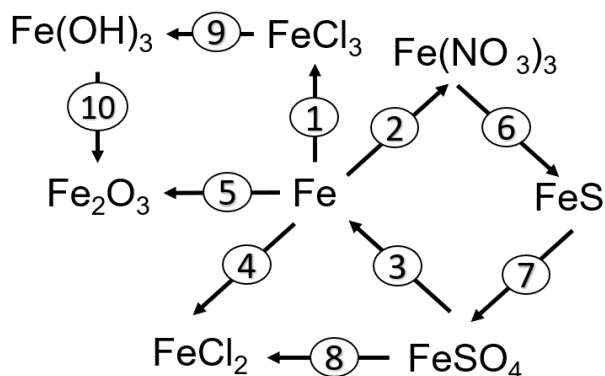
Noorem rühm (9. ja 10. klass)

Kohtla-Järve, Kuressaare, Narva, Pärnu, Tallinn ja Tartu

5. oktoober 2019

1. Kirjuta järgmiste muundumiste vastavad reaktsioonivõrrandid.

10 p



2. Keemik Heleri sattus laborisse praktikale. Tööülesannete täitmiseks andis juhendaja talle HCl, BaCl₂, Na₂CO₃, NaCl, Na₂SO₄ ja AgNO₃ lahused kontsentratsioonidega 0,1 mol/dm³. Tööle asudes avastas Heleri, et ainete valemite asemel oli lahuste pudelitel tähised **A, B, C, K, L** ja **M**. Selleks ajaks oli juhendaja, kellelt abi küsida, juba lahkunud. See aga ei heidutanud noort keemikut ning lahuste sisu määramiseks otsustas ta neid omavahel kokku segada. Läbiviidud reaktsioonide tulemusel sai ta järgmise tabeli, kus: – tähistab, et reaktsioon ei toimunud, ↓ tekkis sade, ↑ eraldus gaas.

Lahus	A	B	CC	K	L	M
A	XX					
B	↓	X				
C	↓	–	X			
K	↓	–	–	X		
L	↓	–	–	↓	X	
M	↓	–	↑	↓	–	X

a) Sea omavahel vastavusse tähised ja vastavate lahuste valemid. (6)

b) Märki etteantud lahuste valemid, mis muutuvad punasteks lisades neile indikaatorina: i) fenoolftaleiini ii) lakmust. (2) 8 p

3. Õhu peamiseks komponendiks olev gaas **X** reageerib katalüütiliselt kõige kergema gaasiga **A**, mille tulemusena eraldub teravalõhnaline gaas **B** (**reaktsioon I**). Vajaliku koguse gaasi **A** sünteesimiseks viiakse esmalt läbi kõrgel temperatuuril metaani ja levinud ühendi **C** vahel konversioonireaktsioon, kus eraldub saadusena ka happeline oksiid **D** (**reaktsioon II**). Gaasi **B** reaktsioonil teise levinud õhu komponendiga **E** tekib esmalt värvuseta gaas **F** (**reaktsioon III**), mille edasisel oksüdeerumisel tekib punakaspruun gaas **G** (**reaktsioon IV**). Ühendite **G** ja **C** omavahelisel reaktsioonil moodustuvad

happed **H** ja **I**. Nõrk hape **I** on ebapüsiv ning laguneb ühenditeks **C**, **F** ning **H** (**reaktsioon V**). Sool **J** saadakse happe **H** ja gaasi **B** omavahelisel reaktsioonil ning selle kuumutamisel 250 °C juures laguneb see kaheks oksiidiks: **C** ja **K** (**reaktsioon VI**).

- a) Tuvasta ühendite **X** ja **A-K** valemid. (6)
b) Kirjuta ja tasakaalusta reaktsioonide **I-VI** võrrandid. (6) **12 p**

4. Kaaliumjodaadi tablette kasutatakse radioaktiivse joodi kuhjumise vältimiseks kilpnäärmes. Mari leidis ühe sellistest tablettidest ning soovis teada saada selle kaaliumjodaadi sisalduse. Selleks purustas Mari 400 mg tableti ning viis selle 100,00 cm³ mõõtkolbi, mis täideti veega. Edasiseks analüüsiks pipeteeris ta 10,00 cm³ valmistatud lahust uude kolbi, kuhu lisas liias HCl lahust ja KI lahust. Lisamiste tulemusena värvus pipeteeritud lahus tumepruuniks. Saadud tumepruuni lahust tiitris Mari 0,0500 M Na₂S₂O₃ lahusega helekollase värvuse saabumiseni. Seejärel lisas Mari tiitritavale lahusele 2,00 cm³ 0,01% tärglise lahust ning jätkas tiitrimist kuni lahus muutus läbipaistvaks. Maril kulus kolme tiitrimiskatse peale keskmiselt 19,64 cm³ Na₂S₂O₃ lahust.

Teadmiseks: 1 M = 1 mol/dm³.

- a) Tasakaalusta etteantud reaktsioonivõrrandid: (2)
i) $\text{KIO}_3 + \text{KI} + \text{HCl} = \text{I}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$, ii) $\text{I}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$
b) Leia KIO₃ molaarne kontsentratsioon (M) 100,00 cm³ mõõtekolvis. (3)
c) Arvuta KIO₃ massiprotsendiline sisaldus leitud tabletis. (2) **7 p**

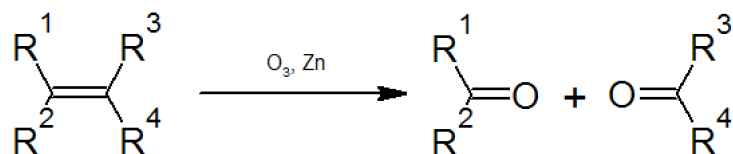
5. Universum koosneb valdavalt enamikus vesinikust. Vesinikust on moodustunud kõik teised keemilised elemendid, kuid selle keskmine kontsentratsioon erinevates piirkondades varieerub suurel määral. Vesinik koondub galaktikates molekulaarpilvedesse, mis koosnevad jahtunud vesinikust ning nendes pilvedes moodustuvad uued tähed. Molekulaarpilvedes on vesinik molekulaarsel kujul. $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ osakest/mol.

- a) Arvuta vesiniku aatomite keskmine kontsentratsioon (aatomit/m³) universumis, kui universumi keskmine tihedus on 5 · 10⁻³⁰ g/cm³. (2)
b) Arvuta molekulaarpilve vesiniku molekulide kontsentratsioon (*c*, molekuli/m³), kui selle rõhk on 2,1 · 10⁻¹⁰ Pa ja temperatuur on -258 °C. Teada on seosed: $c = n/V$, $pV = nRT$, kus $R = 8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / (\text{mol} \cdot \text{K})$. (2)
c) Arvuta, mitu korda on vesiniku molekulide kontsentratsioon suurem kui õhus kui molekulaarpilves, kui õhu molaarruumala on 22,4 dm³/mol ning 1 mool õhku sisaldab 5,3 · 10⁻⁷ mooli vesinikku. (2)

Päike koosneb peamiselt plasmast – aine neljandast agregaatolekust, kus vesiniku aatomid esinevad ioniseeritud kujul.

- d) Arvuta prootonite molaarne kontsentratsioon Päikeses (mol/cm³), kui Päikese raadius on 695700 km, mass 1,99 · 10³⁰ kg ning ruumala on leitav seosest: $V = 4 \cdot \pi \cdot r^3 / 3$ (2)
e) Arvuta, mitu korda peaks olema Päikese raadius suurem, et prootonite kontsentratsioon Päikesel oleks võrdne prootonite molaarne kontsentratsiooniga neutraalses vees (10⁻⁷ mol/dm³), kui Päikese mass jääks samaks. (2) **10 p**

6. Osonolüüs on kaksiksidemete oksüdatiivse lõhkumise meetod osooniga (vt joonist). Nõrga redutseerija (nt Zn) juuresolekul muudetakse osonolüüsil tertsaarne süsinik ketooniks ja sekundaarne süsinik aldehüüdiks.



kus R^{1-4} võivad tähistada vesinikke või muid fragmente.

Alkeenid **A1**, **A2** ja **A3** (brutovalemitega C_4H_8) on struktuuriisomeerid – neil on sama brutovalem, kuid erinev aatomite järjestus struktuuris. **A1** osonolüüsil saadakse ühendid **B** ja **C**. **A2** osonolüüsil tekib ainult ühend **D**. **A3** osonolüüsil saadakse samasse aineklassi kuuluvad **B** ja **E**. Kui **A2** osonolüüsil asendada nõrk redutseerija oksüdeerijaga (nt H_2O_2), saadakse **D** asemel ühend **F**, mille lahust kasutatakse laialdaselt söögitegemisel.

a) Kirjutage ühendite **A1**, **A2** ja **A3** süstemaatilised nimetused. (3)

b) Joonistage ühendite **B–E** graafilised struktuurivalemid. (4)

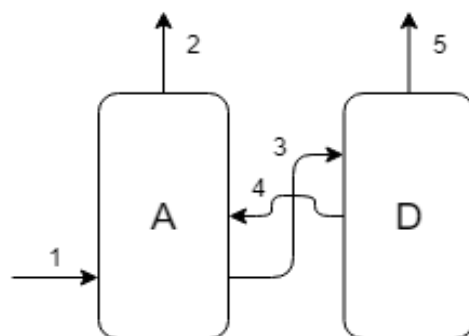
c) Brutovalemit C_4H_8 omavad ka kaks alkaani. Joonista nende graafilised struktuurivalemid. (2)

Osonolüüsi abil saab konverteerida alkeene ka alkoholideks. Selleks tuleb peale alkeeni töötlemist osooniga lisada reaktsioonisegule redutseerijat, mis on ka hüdriidiooni (H^-) doonor.

d) Valige reagent, mille abil saab osonolüüsil toota alkohole: $NaBH_4$, Li , $NaHCO_3$, HCl , NH_4OH . (1) 10 p

7. Kasvuhoonegaaside õhkupaiskamise vähendamine on selle sajandi üks olulisematest küsimustest kliimakatastroofi vältimiseks.

Üks võimalus CO_2 eemaldamiseks elektri- jaamade heitgaaside hulgast on CO_2 absorbeerimine 2-aminoetanooliga (MEA). Skeemil on näidatud nummerdatud voogudega absorptsiooni-desorptsiooni süsteem, millega puhastatakse elektri- jaama heitgaase CO_2 -st (voog 1).



Voo 1 ($m_1 = 2108$ t/h) molaarne koostis on CO_2 (5,6%), N_2 (83,5%) ja O_2 (10,9%). Puhastatud gaasid väljuvad absorptsioonikolonnist läbi **voog 2**, CO_2 -ga rikastatud MEA ja vesi läbi **voog 3**. **Voog 4** on vee ja MEA segu madala CO_2 sisaldusega. Puhastatud CO_2 väljub protsessist edasiseks ladustamiseks läbi **voog 5**. On teada, et **voos 3** ja **4** on MEA sisaldused vastavalt 24,4% ning 26,0% ja $m_4/m_1 = 1,1$ (massi järgi).

a) Kirjuta MEA struktuur ja näita, millise funktsionaalse rühmaga reageerib protsessi käigus CO_2 . (2)

b) Leia **voog 1** komponentide voolukiirused (t/h). (3)

- c) Mitu tonni CO₂ eemaldatakse tunnis heitgaaside voost? (3)
- d) Mitu protsenti vähendab puhastamine CO₂ emissiooni võrreldes töötlemata heitgaaside (**voog 1**) õhkupaiskamisega? (1)
- e) Enne absorptsioonikolonne sisenemist peab heitgaaside voog olema SO₂ ja NO_x ühenditest puhastatud. Nimeta üks võimalik põhjus, miks see vajalik on. (1) **10 p**

8. Ühend **A** on laialdaselt kasutatav kemikaal veepuhastuses ja orgaanilises sünteesis. Seda toodetakse pürolusiidina tuntud binaarsest oksiidist **B**, milles metalli ja hapniku aatomite suhe on 1:2. Ainet **B** on võimalik oksüdeerida hapnikuga aluse **C** juuresolekul. Selle tulemusel tekivad ühend **D**, mis sisaldab elemente K, Mn ja O, massi järgi vastavalt 39,7%, 27,9% ja 32,4%, ning levinud aine **E** (**reaktsioon I**). Ühendit **D** elektrolüütiliselt oksüdeerides **E** keskkonnas toodetakse ühendit **A**, ühtlasi tekivad kõrvalproduktidena ka **C** ning **F** (**reaktsioon II**). Kergeima gaasi **F** oksüdeerimisel hapnikuga saadakse uuesti ühend **E** (**reaktsioon III**). Ühend **A**-le tugeva happe **G** lisamisel tekib plahvatuslik aine **H**, aine **E** ning sool **I**, mis sisaldab kaaliumit 44,9% (**reaktsioon IV**). Lisaks on võimalik kasutada ühendit **A** näiteks vesinikkloriidhappe oksüdeerimisel, kus lisaks muudele reaktsiooni saadustele eraldub rohekaskollane gaas **J** ning tekib happeline sool **K** (**reaktsioon V**), kus Mn oksüdatsiooniaste on II.

- a) Tuvastage arvutuste abil ühend **D**. (1)
- b) Kirjutage ühendite **A–C** ja **E–K** valemid. (5)
- c) Kirjutage reaktsioonide **I–V** võrrandid. (6) **12 p**

9. Joonista O₂, CO, ClO[•], O₃, SO₂, N₂O, I₃⁻, BF₃, NO₃⁻, PO₄³⁻ ja PCl₅ Lewise täppstruktuurid nii, et teise perioodi elementide puhul oleks täidetud oktetireegel ning formaalsed laengud oleksid väiksemad võimalikest. Oktetireegli järgi aatom vahetab või jagab elektrone kuni saavutab kaheksa elektroni. Aatomi formaalne laeng = vaba aatomi valentselektronide arv – seotud aatomi sidumata elektronide arv – ½ seotud aatomi seotud elektronide arv. Lewise struktuurides tähista jagatud elektronide paarid (sidemed) sidekriipsuga ning jagamata elektronid täppidega. **11 p**