

2023/24. öa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesanded
10. klass

1. Test (12 p)

Apollo 11 mehitatud missioon Kuule 1969. aastal oli inimkonna jaoks suur saavutus ja lubas lõpuks kindlaks teha Kuu täpse koostise. Leiti, et Kuu pinnaproov sisaldab järgmisi keemilisi ühendeid: Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , FeO , Cr_2O_3 , Na_2O .

a) Millised loetelus toodud oksiididest on **i)** happeliste, **ii)** aluseliste ja **iii)** amfoteersete omadustega? (3)

Kuult toodud kivist eraldati CaO proov massiga m , proov lahustati vees ruumalaga V_1 . Saadud vesilahus jagati katseklaasidesse ruumalaga V_2 . Ühe katseklaasi neutraliseerimiseks kulus V_3 3,5%-list HCl lahust tihedusega ρ .

b) Avalda CaO proovi mass kilogrammides. (3)

Kuu poolustel paiknev jää sisaldab kuni 20% ulatuses erinevaid süsinikuühendeid, mida oleks võimalik kasutada potentsiaalse raketikütuse allikana. Mõned sellised süsinikuühendid on järgnevad: CO_2 , CH_3OH , CH_4 , OCS , HCN , C_7H_8 .

c) Määra loetelus toodud ühendites süsiniku (keskmine) oksüdatsiooniaste. (3)

Samuti võiks jää elektrokeemilisel töötlemisel toota gaasilist vesinikku, mis võimaldaks Kuule rajada kosmoselaevade "tankla".

d) Kasutades aineid järgnevast loetelust, kirjuta ja tasakaalusta kolmele reaktsioonile vastavad reaktsioonivõrrandid, mis demonstreerivad meetodeid vesiniku laboratoorseks saamiseks: Al_2O_3 , F_2 , NaCl , H_2O , Al , NaOH , HCl . (3)

2. Jootesulam (10 p)

Madala sulamistemperatuuriga ($<100\text{ }^\circ\text{C}$) jootesulameid kasutatakse igapäevaelus näiteks automaatsetes tuletõrje sprinklersüsteemides. Sprinklerite veejaotustorud on suletud jootesulamist valmistatud korgiga, mis sulab tulekahju korral ja vabastab veejoa. Saksa keemiku järgi nime saanud Rose'i jootesulam koosneb tinast (Sn), pliiist (Pb) ja vismutist (Bi).

0,8624 g sulami proovi töödeldakse kontsentreeritud lämmastikhappe lahusega. Metallide **A** ja **B** reageerimisel happega tekivad vees lahustuvad nitraatsoolad (**reaktsioonid 1 ja 2**), kuid metall **C** moodustab esmalt ebapüsiva hapnikhappe **D** ($M = 168,7\text{ g mol}^{-1}$) (**reaktsioon 3**), mis laguneb lahuse kuumutamisel vees vähe lahustuvaks oksiidiks **E** (**reaktsioon 4**). Oksiidi **E** sade eraldati lahusest ja pesti destilleeritud veega. Kuiva sademe massiks saadi 0,2408 g.

Nitraatsoolasid sisaldavale lahusele naatriumhüdrokksiidi lahuse liia lisamisel sadeneb metalli **A** kolmevalentne hüdrokksiid **F** lahusest välja (**reaktsioon 5**), kuid metalli **B** hüdrosokompleks **G** jääb lahusesse (**reaktsioon 6**). Reaktsioonisegu filtreerimisel eraldati hüdrokksiidi sade, misjärel pesti seda destilleeritud veega ning viimaks kuivatati. Kuiva sademe massiks kaaluti 0,5954 g.

a) Määra arvutuslikult happe **D** valem. (1)

b) Kirjuta ning tasakaalusta **reaktsioonidele 1–6** vastavad võrrandid. (6)

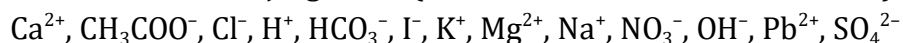
c) Arvuta metallide **A**, **B** ning **C** protsendiline sisaldus jootesulamis. (3)

3. Kodune segadus (10 p)

Keemikust vanaema saatis Saarale katsetamiseks 7 nummerdatud ainetega anumad: kaks pudelit lahustega (1–2) ja viis purgikest peenestatud tahkete ainetega (3–7). Saara oli aga ainete valemid ja nimetused unustanud, mistõttu otsustas neiu oma keemiateadmised ühendite tuvastamisel proovile panna. Kõik peenestatud ained olid vees lahustuvad valget värvi anorgaanilised soolad.

- Lahus 1 sisaldab nõrka orgaanilist hapet.
- Lahus 2 on kõrge pH väärtusega söövitav vedelik, mida kasutatakse kodukeemias torupuhastusvahendina.
- Sool 3 leiab kasutust nii toiduainetööstuses juustu kalgendamisel kui ka talvekuudel teehooldustöödel.
- Sool 4 on levinud küpsetusaine, mille reageerimisel toidus sisalduvate happeliste ühenditega eraldub küpsetisi kergitav nõrgalt happeline gaas.
- Soola 5 kasutatakse väetisena ja selles sisalduv kation esineb muuseas ka klorofüllis.
- Soolas 6 sisalduv anioon toetab kilpnäärme hormonaalset regulatsiooni, mistõttu kasutatakse ühendit ka toidulisandina.
- Soolaga 7 saab läbi viia kullavihma reaktsiooni, milles tekib erkkollane sade.

Ainete koostises olevad ioonid on järgmised (katioonid võivad ainetes korduda):



Saara valmistas kõikidest sooladest vesilahused ja märkis läbi viidud katsete tulemused allolevasse tabelisse. "V" tähistab vähelahustuvat reaktsioonisaadust ja kriips "–" näitab, et pealtnäha reaktsiooni ei toimu.

	1	2	3	4	5	6	7
1		–	–	eraldus gaasi	–	–	–
2	–		V	–	valge sade	–	valge sade
3	–	V		valge sade, eraldus gaasi	V	–	V
4	eraldus gaasi	–	valge sade, eraldus gaasi		valge sade, eraldus gaasi	–	eraldus gaasi, vähe
5	–	valge sade	V	valge sade, eraldus gaasi		–	valge sade
6	–	–	–	–	–		erkkollane sade
7	–	valge sade	V	eraldus gaasi, vähe	valge sade	erkkollane sade	

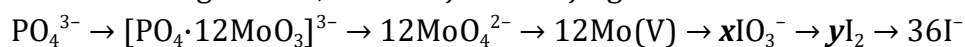
- a) Tuvasta ained 1–7. (7)
- b) Kirjuta ja tasakaalusta järgmistel juhtudel toimuvate reaktsioonide võrrandid: (3)
- i) lahus 1 + sool 4 →; ii) sool 3 + sool 4 →; iii) sool 6 + sool 7 →.

4. Fosfororgaanilised ühendid (10 p)

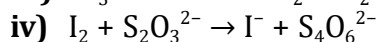
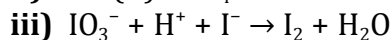
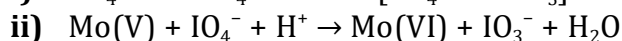
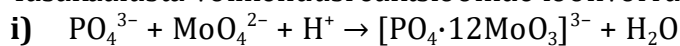
Fosfori mikrokoguste määramine keskkonna- ja bioloogilistes proovides on võimalik paljude meetoditega.

- a) Vali loetelust kaks analüüsimeetodid, mille läbiviimisel **ei ole** peale laboratoorsete klaasnõude ja kaalu muid laboriseadmed vaja kasutada. Titrimetria, Gravimeetria, Spektrofotometria, Aatomabsorptsioonspektroskoopia, Neutronaktiveerimise analüüs, Röntgenfluorometria, Potentsiomeetria, Polarograafia. (1)

Titrimetria on lihtne ja piisavalt täpne meetod fosfori määramiseks paljudes orgaanilistes ühendites. See eeldab orgaanilise fosfori täielikku muundamist H_3PO_4 -ks ja reaktsioonide läbiviimist spetsiifilistes tingimustes, mida kirjeldavad järgmised üleminekud:



- b) Tasakaalusta võimendusreaktsioonide ioonvõrrandid: (4)



- c) Leia jada x ja y väärtused, mis näitavad mitu IO_3^- iooni ja I_2 molekuli tekib ühest algsest fosfori aatomist. (1)

5,00 mg ühendit **X** põletati suletud kolvis. Seejärel lahustati ja oksüdeeriti saadud ainete segu broomivees ning pärast broomi eemaldamist lahjendati lahust 50,00 cm^3 -ni. Seejärel võeti lahjendatud lahusest 10,00 cm^3 proov, et etteantud reaktsioonijada põhjal läbi viia võimendusreaktsioonid I_2 tekkimiseni. Saadud joodi tiitrimiseks kulus 6,47 cm^3 0,0200 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

- d) Arvuta ühendis **X** fosfori massiprotsent, kasutades tiitrimisel saadud andmeid. (2)

- e) Arvuta ühendi **X** molaarmass. (1)

- f) Joonista ühendi **X** struktuurivalem, kui see sisaldab kolme identset aromaatsset rühma ja ühte hapniku aatomit, mis on seotud tsentraalse fosfori aatomiga. (1)

5. Merevee puhastamine (8 p)

Merevee efektiivsemaks puhastamiseks kasutatakse puhastusjaamades elektrolüüsiseadmeid, mille abil muudetakse merevees sisalduvad naatriumi ioonid naatriumhüdroksiidiks. Mereveest toodetud naatriumhüdroksiidi saab edasi kasutada mereveest kaltsiumi (Ca^{2+}) ja magneesiumi (Mg^{2+}) ionide eemaldamiseks.

- a) Kirjuta ja tasakaalusta mereveest magneesiumi ning kaltsiumi eemaldamisel toimuvate reaktsioonide võrrandid. Eelda, et metalliioonid esinevad vees vähesel määral lahustunud karbonaatsooladena. (2)

Merevee ($\rho = 1036 \text{ kg m}^{-3}$) kaltsiumisisaldus on 0,410 g kg^{-1} ja magneesiumisisaldus vastavalt 1,278 g kg^{-1} .

- b) Arvuta, mitu grammi naatriumhüdroksiidi on tarvis kogu kaltsiumi ja magneesiumi eemaldamiseks 1 m^3 mereveest. (3)

- c) Arvuta, mitu m^3 merevett kulub vastava NaOH hulga tootmiseks, kui naatriumkloriidi sisaldus merevees on 34,9 g kg^{-1} ning eemaldusprotsessi saagis on 82%. (3)