

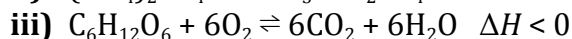
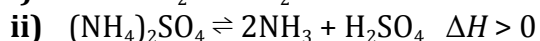
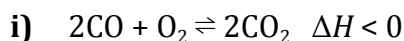
2024/25. õa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesanded
10. klass

1. Ekspeditsioon

(10 p)

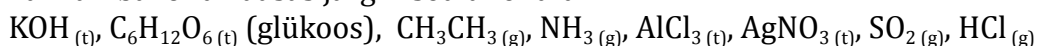
Seiklejate kamp otsustas minna kurikuulsasse Taevasarve mäestikku aardeid jahtima. Ekspeditsioonil kohtusid seiklejad esmalt peas küünlaid kandvate kobolditega. Nii koboldeid kui nende küünlaid hoiavad ülal mitmed keemilised reaktsioonid.

a) Kirjuta, kuidas tuleb järgmisi reaktsioonitingimusi (T – temperatuur, p – rõhk, c – lähteainete kontsentratsioon) muuta, et pöörduvate keemiliste reaktsioonide **i)–iii)** tasakaal nihkuks **lähteainete tekke suunas**. (3)



Pärast koboldite alistamist asusid seiklejad maapõuest erinevaid vääriskive ja kivimeid kaevandama. Kamba insener taipas, et erinevatest ühenditest saab sügavamale kaevamiseks ehitada paar abistavat masinat. Selleks on tal vaja järjestada leitud ühendid soojust ja elektrit juhtivate omaduste järgi. Pärast kivimite uurimist otsustas insener kasutada järgnevaid toatemperatuuril tahkes olekus ühendeid: C (teemant), C (grafiit) ning NaCl.

b) Järjesta nimetatud ühendid **i)** elektrijuhtivuse ja **ii)** soojusjuhtivuse kasvu järgi. (2)
Sügavamale seigeldes sattusid kambaliikmed mäge valitseva mäekolli Rednase otsa, keda ümbritseb “maagiline” barjäär. Barjääri on võimalik lahustada sobiva aine vesilahuse abil. Kaasasolevate ühendite lahustuvuse tõstmiseks peab esmalt vastavaid lahuseid kas soojendama või jahutama. Kambal olid kaasas järgmised ühendid:



c) Kirjuta, milliste ühendite lahustuvus tõuseb vesilahuses temperatuuri **i)** tõstmisel ja **ii)** alandamisel. (2)

Leiti, et mäekolli barjääri nõrgendab FeCl_3 vesilahus. Vajamineva koguse rauasoola tootmiseks võeti esmalt koopaseinalt rauamaaki (Fe_3O_4), mis redutseeriti aluminotermiliselt elementaarseks rauaks (**reaktsioon 1**). Seejärel pandi raud suletud konteineris reageerima gaasilise klooriga (**reaktsioon 2**). Viimaks valmistati saadud soolast 1 dm^3 0,05 M FeCl_3 lahus.

d) Kirjuta ja tasakaalusta **reaktsioonide 1–2** võrrandid. (2)

e) Arvuta FeCl_3 lahuse valmistamiseks vajalik rauamaagi mass (g). (1)

2. N ja O

(12 p)

Tuntud viis lämmastikhappe saamiseks on oksiidist **A**, milles lämmastiku oksüdatsiooniaste erineb lämmastikhappes leiduva lämmastiku oksüdatsiooniastmest. Oksiid **A** tekib looduses äikese ajal. Välgulöögi käigus toimub keemiline reaktsioon õhus oleva lämmastiku ja hapniku vahel (**reaktsioon 1**), mille tulemusena moodustub esialgu oksiid **B**, mis edasi reageerides hapnikuga oksüdeerub oksiidiks **A** (**reaktsioon 2**). Kui oksiid **A** reageerib veega (**reaktsioon 3**), tekib kaks hapet – lämmastikhape ja veel üks hape **C**, milles lämmastiku massiosa on 29,79%.

a) Kirjuta ainete **A–C** valemid ja nimetused. (3)

b) Kirjuta ja tasakaalusta **reaktsioonide 1–3** võrrandid. (3)

c) Vali, milline protsess toimub lämmastiku aatomitega oksiidi **A** reaktsioonil veega. (1)

☐ Oksüdeerumine

☐ Redutseerumine

☐ Nii oksüdeerumine kui ka redutseerumine

☐ Ei oksüdeerumine ega redutseerumine

Sarnaselt teistele anorgaanilistele hapetele saab ka lämmastikhapet valmistada sellele vastavast happelisest oksiidist **D** (**reaktsioon 4**), milles lämmastiku oksüdatsiooniaste on sama kui lämmastikhappes. Oksiidi **D** saab oksiidi **A** reageerimisel plahvatusohtliku ja väga

reaktsioonivõimelise sinise triatomaarse gaasiga **X** (**reaktsioon 5**), mille suhteline tihedus õhu suhtes on 1,655. Gaas **X** võib looduses väikestes kogustes tekkida ka äikese ajal (**reaktsioon 6**). Tavaline gaasi **X** kontsentratsioon õhus on $<7 \cdot 10^{-6}\%$, kuid seda leidub suuremas kontsentratsioonis 10–50 km kõrgusel maapinnast.

d) Kirjuta ainete **D** ja **X i**) valemid ning **ii**) nimetused. (2)

e) Kirjuta ja tasakaalusta **reaktsioonide 4–6** võrrandid. (3)

3. Ideaalne müsteerium

(8 p)

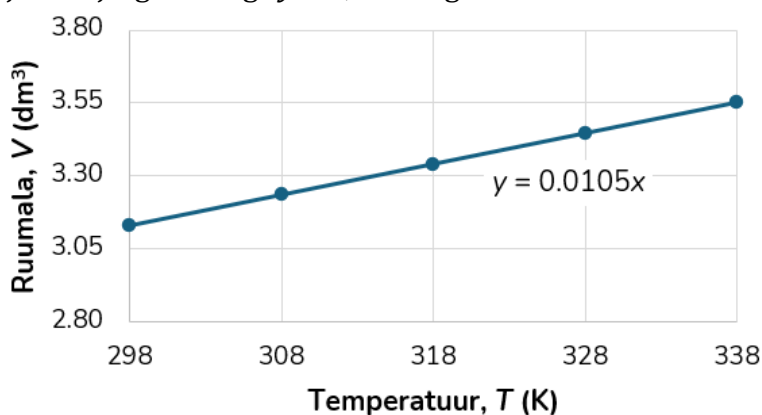
Ühend $X(Y_n)_m$ ($M = 291,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) on elementidest **X** ja **Y** ($w_Y = 28,86\%$) koosnev anorgaaniline sool, mida kasutatakse lõhkekehades detonaatorina. $X(Y_n)_m$ laguneb mehaanilise löögi toimetel plahvatuslikult raskmetalliks **X** ning diatomaarseks gaasiks. Soolas on metalli **X** oksüdatsiooniaste +II ning **X** ja **Y** aatomite moolsuhe vastavalt 1 : 6.

a) Tuvasta arvutustega elemendid **X** ja **Y**. (1)

b) Määra soola $X(Y_n)_m$ valem. (1)

c) Kirjuta ja tasakaalusta soola lagunemisreaktsiooni võrrand. (1)

Teatud koguse soola lagunemisel tekib 0,128 mol gaasi, mille ruumala V sõltuvust temperatuurist T kirjeldab järgnev sirge $y = 0,0105x$ graafik:



d) Arvuta:

i) gaasi ruumala kuupmeetrites (m^3) temperatuuril 398 K; (1)

ii) sirge võrrandi tõusu väärtus rõhul 25325 Pa. (1)

e) Avalda ideaalgaasi olekuvõrrandist järgmiste parameetrite arvutamiseks vastavad valemid:

i) gaasi molaarmass M ; (1)

ii) gaasi tihedus ρ . (1)

Detonatsiooniks nimetatakse lõhkeaine poolt põhjustatud lööklainet, mille leviku kiirust D ($\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$) saab arvutada alltoodud Kamlet–Jacobs'i valemiga, kus ϕ (kr täht "fii") on lõhkeainele omane detonatsioonil eralduva gaasi soojusenergia ($\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$) ning ρ lõhkeaine tihedus ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$).

$$D = \phi^{1/2}(1,01 + 1,31\rho)$$

f) Tuntud lõhkeaine TNT ($\rho = 1650 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) $\phi = 1,32 \cdot 10^3 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1}$. Arvuta, mitu korda on TNT detonatsiooni lööklaine kiirus helikiirusest ($340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) kiirem. $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$. (1)

4. Ohtlik ravim

(10 p)

Meditiinis kasutatakse leukeemia (verevähi) raviks TRISENOXi, mis sisaldab arseen(III)oksiidi. 2022. aastal toodi seniste 10 cm^3 ampullide ($c = 1 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-3}$) asemel turule teistsuguse kontsentratsiooniga 6 cm^3 viaalid. Haiglani toimetatud uutel viaalidel oli aga kontsentratsioonimärge ära kulunud. Noorele laborandile anti ülesandeks permanganomeetria abil välja selgitada kummaski viaalis sisalduva lahuse kontsentratsioon.

Esmalt valmistas laborant kaaliumpermanganaadilahuse ning kontrollis selle kontsentratsiooni naatriumoksalaadi lahusega. Selle valmistamiseks lisas ta 200 cm^3 mõõtekolbi $0,268 \text{ g Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ning lisas deioniseeritud vett kuni märgini. Reaktsioonisegu hapestati enne tiitrimist

väävelhappega ning tiitrimisreaktsiooni tulemusel tekkisid muuhulgas sool, milles on mangaani oksüdatsiooniaste +II, süsihappegaas ja vesi.

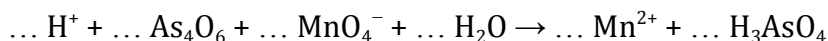
a) Arvuta valmistatud naatriumoksalaadi lahuse kontsentratsioon ($\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). (1)

b) Kirjuta ja tasakaalusta toimuva reaktsiooni võrrand. (2)

c) Arvuta permanganaadi lahuse kontsentratsioon ($\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), kui on teada, et $10 \text{ cm}^3 \text{ KMnO}_4$ lahuse tiitrimiseks kulub $2,50 \text{ cm}^3 \text{ Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ lahust. (1)

Seejärel võttis laborant preparaadi uue kontsentratsiooniga viaali ning valmistas sellest mõõtekolbi 100 cm^3 lahust. Ta võttis lahusest 10 cm^3 proovi, hapestas seda ning tiitris KMnO_4 lahusega. Preparaadi lahuse tiitrimiseks kulus $4,85 \text{ cm}^3$ lahust.

d) Tasakaalusta toimuva reaktsiooni võrrand: (1)



e) Arvuta uue preparaadi kontsentratsioon ($\text{mg} \cdot \text{cm}^{-3}$) ühe tüvenumbri täpsusega. (2,5)

f) Õde pidi 56 kg kaaluvale patsiendile manustama $0,15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ arseen(III)oksiidi. Arvuta, mitu mg rohkem/vähem ravimit saanuks patsient, kui õde oleks manustanud ampulli asemel viaalis olnud ravimikoguse. (2)

g) Kirjuta, kas patsient oleks saanud üledoosi või oleks tal vajalik ravimiannus saamata jäänud. (0,5)

5. Koroonatestid

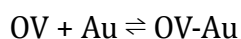
(11 p)

COVID-19 pandeemia ajal kujunesid kiirtestid haiguse leviku kaardistamisel standardiks. Kiirtesti tööpõhimõtte peitub viirusosakeste seostumisel ogavalgu antikehadega, mida ilmutatakse kulla nanoosakestega.

Esmalt lahustatakse tikuga suulaest või neelust kogutud proov spetsiaalses testlahuses, millest tilgutatakse paar tilka ($0,1 \text{ cm}^3$) testalusele. Viirusekandja testlahuses on keskmiselt $7,1 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-3}$ viirusosakest ning igal viirusosakesel on keskmiselt 20 ogavalku (OV).

a) Arvuta ogavalkude kontsentratsioon [OV] ($\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) testimisalusele asetatavas proovis. Avogadro arv $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. (2)

Testalusele asetatud proov läbib kõigepealt testi konjugeerumisala, kus lahus küllastub $1,6 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ kulla nanoosakesega. Ogavalgud seostuvad kullaga moolsuhtes 1 : 1, mille käigus tekivad ogavalk-kulla konjugaadid (OV-Au):



Antud tasakaalulise reaktsiooni tasakaalukonstant $K = 1,2 \cdot 10^{10}$.

b) Täida tasakaaluliste kontsentratsioonide tabel ja arvuta ogavalk-kulla konjugaatide tasakaaluline kontsentratsioon [OV-Au] ($\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Kui sul ei õnnestunud alapunktis a) [OV] väärtust leida, eelda, et [OV] = $4,0 \cdot 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. (4)

Saadud lahus voolab järgnevalt üle testala, mille mõõtmed on $3,0 \text{ mm} \times 1,0 \text{ mm} \times 0,1 \text{ mm}$ (pikkus $\times$ laius $\times$ sügavus). Testala pinnale on kinnitatud antikehad (AK). Pindadele kinnitunud biokeemiliste osakeste puhul kasutatakse kontsentratsiooni asemel pindtiheduse σ mõistet, antud juhul $\sigma_{AK} = 1,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^{-2}$.

c) i) Arvuta pindkinnitunud antikehade hulk N_{AK} testala pinnal. (1)

ii) Arvuta testalaga võrdse ruumalaga lahuses olevate ogavalk-kulla konjugaatide ($N_{\text{OV-Au}}$) ning vabade ogavalkude (N_{OV}) hulk. Kui sul ei õnnestunud alapunktis b) [OV-Au] väärtust leida, eelda, et [OV-Au] = $2,0 \cdot 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. (2)

Pindkinnitunud antikehad seovad kõiki ogavalke sisaldavaid osakesi samamoodi. Peale kogu proovi testalast läbimist on antikehade külge kinnitunud ogavalk-kulla konjugaatide hulk ($N_{AK\text{-OV-Au}}$) $1,38 \cdot 10^7$. Testriba värvumine sõltub sellele kinnitunud nanoosakeste pindtihedusest – värvimuutust on võimalik tuvastada, kui $\sigma = 3 \cdot 10^6 \text{ mm}^{-2}$.

d) Arvuta testriba värvumise märkamiseks vajaminev minimaalne viirusosakeste hulk N esialgses proovis. (2)