

2023/24. õa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesanded
9. klass

1. Test (10 p)

Hapestumine on protsess, mille tulemusena muutub veekogu või pinnas happelisemaks. Hapestumine võib toimuda looduslikult, kuid seda võib põhjustada ka inimtegevus.

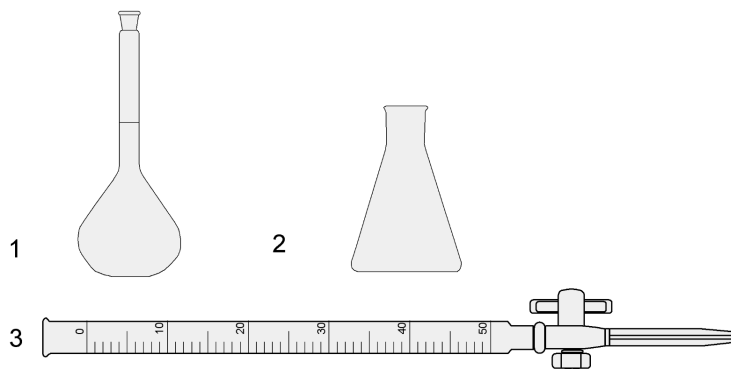
a) Kas pH muutub järgmiste ainete vette lisamisel happeliseks, aluseliseks või jääb neutraalseks? Ained: SO_2 , SiO_2 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, He, Li_2O , HNO_3 . (3)

Keskkonnameemias kasutatakse tihti erinevaid aine kontsentratsiooni ühikuid.

b) Teisenda järgmised ühikud: $200 \text{ g/kg} = \dots \%$; $53 \text{ µg/ml} = \dots \text{ kg/m}^3$. (1)

Alltoodud joonisel on kujutatud mõned keskkonaanalüüsidel kasutatavad laborivahendid.

c) Kirjuta nende laborivahendite nimetused. (1,5)



Keskkonaanalüüsidel on sageli vaja lahutada segusid.

d) Millist segude lahutamise meetodit tuleks kasutada, et **i)** puhastada lahust mudaosakestest; **ii)** eraldada soola lahusest tahke sool? (1)

Tuntakse mitmesuguseid anorgaanilisi saasteaineid.

e) Nimeta iga loetelus toodud aine ja määra selle aineklass: H_2SO_3 , NaNO_3 , NO_2 , TlOH . (2)

Taksool (brutovalemiga $\text{C}_{47}\text{H}_{51}\text{NO}_{14}$) on oluline ja tuntud looduslik ühend, mida kasutatakse vähiravis.

f) Arvuta taksooli molaarmass. (0,5)

g) Arvuta, mitu mooli vesiniku aatomeid on 0,5 moolis taksooli dihidraadis ($\text{C}_{47}\text{H}_{51}\text{NO}_{14} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
Korrutusmärk valemis näitab, et ühe taksooli molekuliga on seostunud kaks vee molekuli. (1)

2. Defitsiitne väetis (10 p)

Juku soovis hankida kaaliumnitraati, mida saab kasutada nii väetisena kui ka musta püssirohu lähteainena. Paraku polnud kaaliumnitraati aianduspoes saada ja Juku kavatses seda ise sünteesida. Jukul kui väga suurel keemiahuvilisel oli kodus lämmastikhapet, kaaliumsulfaati, kaltsiumnitraati ja kaaliumkarbonaati.

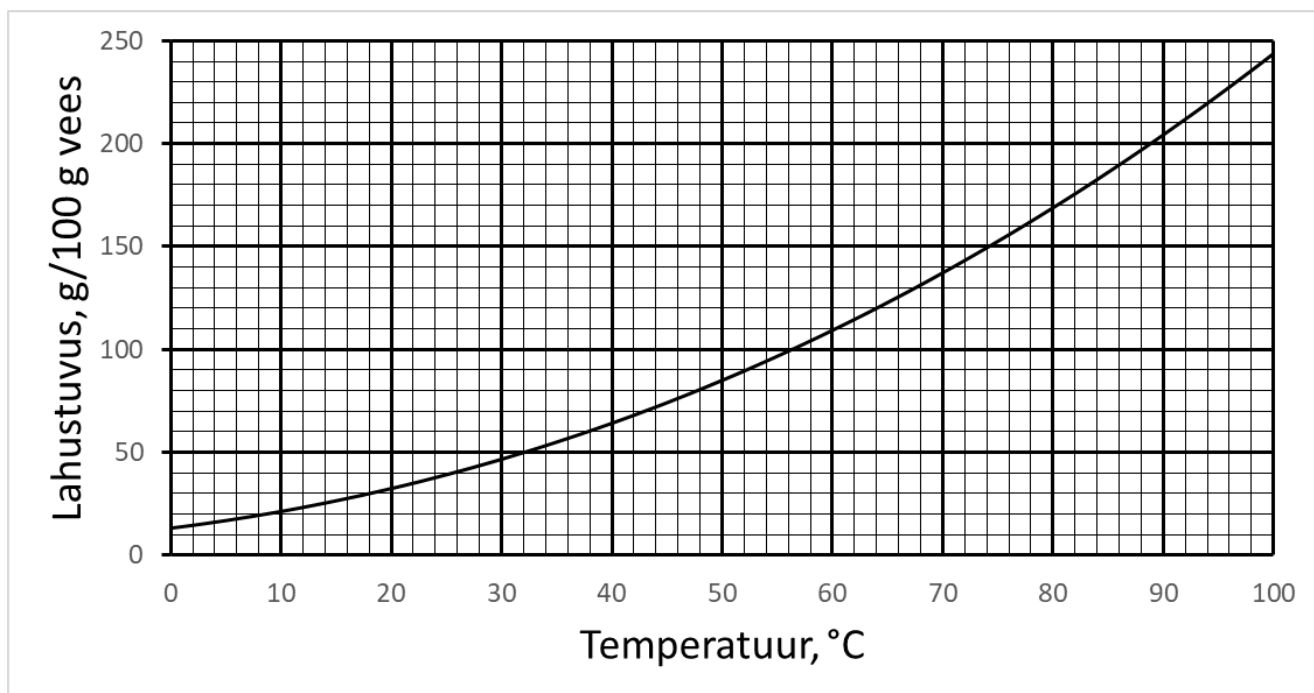
a) Kirjuta ja tasakaalusta kolme võimaliku reaktsiooni võrrandid kaaliumnitraadi sünteesiks, lähtudes Juku lähteainetest. (3)

b) Kui lähteained on võrdse puhtusega, milline punktis **a)** kirjeldatud võimalikest reaktsioonidest annaks kõige puhtama ja milline kõige ebapuhtama kaaliumnitraadi lahuse? Põhjenda vastust. (2)

c) Kirjuta lisaks punktis **a)** mainitud reaktsioonidele vabalt valitud lähteainetega veel ühe kaaliumnitraadi saamisreaktsiooni võrrand. (1)

Kaaliumnitraadi puhastamiseks otsustas Juku kasutada ümberkristallimist. KNO_3 Puhastatav KNO_3 lahustatakse minimaalses koguses vees kõrgel temperatuuril. KNO_3 küllastunud lahuse maha jahutamisel aine lahustuvus väheneb, tahke KNO_3 sadeneb lahusest puhtamana välja ja lisandid jäävad suurel määral lahusesse.

Kaaliumnitraadi lahustuvuse ($\text{g}/100 \text{ g}$ vee kohta) sõltuvust temperatuurist kirjeldab järgmine graafik.



- d) Millise temperatuuri juures on KNO_3 küllastunud lahuses soola sisaldus 50%? (0,5)
- e) Mitu korda on KNO_3 lahustuvus suurem 94 °C juures kui 8 °C juures? (1,5)
- f) Arvuta, mitu grammi vett peaks Juku lisama 94 °C juures 130 g kaaliumnitraadile, et see ainekogus lahustuks täielikult. (0,5)
- g) Arvuta, mitu grammi kaaliumnitraati sadeneks välja, kui Juku jahutaks alapunktis f) saadud lahuse maha 8 °C juurde. (1)
- h) Milline on kaaliumnitraadi roll mustas püssirohus? (0,5)

3. Vedelad raketikütused (10 p)

Kosmoserakettides on kasutatud mitmesuguseid lämmastikupõhiseid vedelkütuseid. Vedelkütuseid on lihtsam hoiustada ja transportida kui gaasilisi või tahkeid kütuseid, mis on nende oluline eelis. Üks tuntud lämmastikul põhinev vedelkütus on hüdrasiin (N_2H_4). Hüdrasiini on võimalik toota näiteks ammoniaagi (NH_3) reageerimisel vesinikperoksiidiga (H_2O_2). Selles reaktsioonis tekib kõrvalsaadusena ainult vesi.

- a) Kirjuta ja tasakaalusta hüdrasiini sünteesireaktsiooni võrrand. (1)
- b) Määra punktis a) kirjutatud võrrandi lähte- ja saadusainetes lämmastiku ning hapniku oksüdatsiooniastmed. (2)
- c) Hüdrasiinipudelilt leiab viis ohumärki, millest kolm on esitatud allpool. Selgita lühidalt, mis on järgmiste ohumärkide tähendus. (1,5)



Lisaks hüdrasiinile on raketikütusena kasutatud ka sellest tuletatud keemiliselt stabiilsemaid ühendeid, näiteks 1,1-dimetüülhüdrasiini, milles on ühe ja sama lämmastiku aatomiga seotud vesiniku aatomid asendatud kahe metüülrühmaga ($-\text{CH}_3$).

- d) Joonista 1,1-dimetüülhüdrasiini struktuurivalem. Näita selgelt kõiki keemilisi sidemeid. (1)
- 1,1-dimetüülhüdrasiini oksüdeerimiseks raketi lennul kasutatakse põhiliselt kas veeldatud hapnikku (**reaktsioon 1**) või dilämmastiktetraoksiidi (**reaktsioon 2**). Mõlemal juhul on tegu hüpergoalse seguga: see tähendab, et segu süttib iseeneslikult kahe komponendi kokkupuutel. Mõlemas reaktsioonis tekivad saadustena molekulaarne lämmastik, süsinikdioksiid ning vesi.

- e) Kirjuta ja tasakaalusta **reaktsioonide 1 ja 2** võrrandid. (2)
 Raketiteadlased peavad teadma, millise oksüdeerija kasutamine võimaldab hoida raketi massi võimalikult väiksena.
- f) Leia **reaktsioonides 1 ja 2** kuluva veeldatud oksüdeerija mass, kui reageerib 10,0 kg 1,1-dimetüülhüdraasiini. (2,5)

4. Tindi valmistamine (10 p)

Raud moodustab tanniinidega (vees lahustuvate polüfenoolidega) tumedavärvilisi ühendeid, mida kasutati tindi valmistamiseks Vana-Rooma aegadest kuni 20. sajandi teise pooleni. Tanniine saadi sobilikust taimsest materjalist, nt tammekoorest. Tanniinide põhiline struktuuriüksus on gallushape. Üks võimalik retsept tindi valmistamiseks pärineb USA-st aastast 1935, mille kohaselt tuleb 100 cm³ vees lahustada 1,70 g gallushapet ja 1,52 g raud(II)sulfaati. Tindi valmistamiseks selle retsepti järgi on vaja eelnevalt saada raud(II)sulfaati, mida võib toota väävelhappe ja raua reageerimisel. Väävelhapet saadakse väävli põletamisel tekkivast vääveldioksiidist järgmise summaarse reaktsioonivõrrandi järgi: $2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$.

- a) Määra väävli oksüdatsiooniaste lihtaines, vääveldioksiidis ja väävelhappes. (1,5)
 b) Kirjuta lahjendatud väävelhappe ja raua vahelise reaktsiooni võrrand. (1)
 c) Arvuta, mitu cm³ hapnikku (normaalingimustes) kulub retseptis märgitud koguse (1,52 g) raud(II)sulfaadi saamiseks. Arvesta, et hapnikku läheb vaja nii vääveldioksiidi saamiseks väävlist kui ka väävelhappe saamiseks vääveldioksiidist ning eelda, et hapnik reageerib täielikult ja kadudeta. (2)

Molaarne kontsentratsioon (c) näitab, mitu mooli ainet sisaldub ühes dm³ lahuses.

- d) Arvuta raud(II)sulfaadi molaarne kontsentratsioon (c_{FeSO₄}), kui 1,52 g raud(II)sulfaati lahustati täpselt 100 cm³ vees. Eelda, et lahuse ruumala on võrdne lahusti ruumalaga. (1)

Saadud raud(II)sulfaadi lahusele lisati naatriumhüdrosiidi.

- e) Kirjuta ja tasakaalusta NaOH lisamisel lahuses toimuva reaktsiooni võrrand. (1)
 f) Arvuta, mitu cm³ NaOH lahust (c_{NaOH} = 0,250 mol dm⁻³) tuleks lisada punktis d) saadud lahusele, et kõik raua ioonid sadestuks välja. (1,5)

Gallushappe summaarne valem on C₇H₆O₅.

- g) Kirjeldatud retsepti järgi valmistatud 50 cm³ tindiga kirjutati täis 1000 lehekülge. Arvuta, mitu gallushappe molekuli on keskmiselt ühel täiskirjutatud leheküljel. (2)

5. Ammoniaak ja radiokeemia CERNis (10 p)

Ammoniaak (NH₃) on gaasiline aine, mis lahustub hästi vees ja mida sageli müüakse 25,0%-lise vesilahusena (ρ = 0,902 g/cm³). Laborant valmistas 3,0%-lise ammoniaagi vesilahuse.

- a) Arvuta, mitu cm³ 25,0%-st ammoniaagi vesilahust ja mitu cm³ vett pidi laborant võtma 150 g 3,0%-lise NH₃ vesilahuse saamiseks. Vee tihedus on 1,0 g/cm³. (2)

Laborant unustas 25,0%-lise NH₃ vesilahusega pudeli nädalavahetuseks avatuna tõmbekappi. Kui laborant jälle tööle tuli, siis oli ammoniaagi kontsentratsioon lahuses kahanenud.

- b) Milline ammoniaagi omadus selgitab toimunut? (0,5)

- c) Arvuta, mitu mooli NH₃ sisaldab 1,00 dm³ 25,0%-list ammoniaagi vesilahust. (1,5)

Ammoniaagi koostiselementide isotoopide levik looduses on kujutatud järgmises tabelis (arv elemendi sümboli ees märgib isotoobi massiarvu).

Isotoop	¹⁴ N	¹⁵ N	¹ H	² H
Levik looduses (% elemendi aatomite arvust)	99,6	0,4	99,99	0,01

- d) Arvuta, mitu ¹⁵N aatomit sisaldab 1 mol ammoniaaki. (1)

- e) Arvuta, mitu protsenti ammoniaagi molekulidest sisaldab ühte ²H aatomit. (1)

ISOLDE tiim Euroopa Tuumauuringute Keskuses (CERNis) kasutab tuumafüüsika eksperimentides prootonikiirendeid. Muuhulgas kasutatakse teadustööks radioaktiivset

lämmastiku isotoopi ^{13}N sisaldavat ammoniaaki ($^{13}\text{NH}_3$), mida toodetakse lähedalasuvas Genfi haiglas. Looduslikult esineb ^{13}N vaid üliväikeses hulgas.

f) Mitu **i)** prootonit ja **ii)** neutronit on ^{13}N aatomi tuumas? (1)

Algselt toodetud vesilahus sisaldab massi järgi $3,0 \cdot 10^{-12}\%$ $^{13}\text{NH}_3$.

g) Arvuta $^{13}\text{NH}_3$ mass pikogrammides (pg) 5,0 g lahuses. $1 \text{ pg} = 10^{-12} \text{ g}$. (1)

^{13}N poolestusaeg $t_{1/2} = 10 \text{ min}$ (iga 10 minuti jooksul laguneb radioaktiivselt pool ^{13}N -st).

h) Arvuta $^{13}\text{NH}_3$ massiprotsent ja mass (pikogrammides) lahuses, kui lahus on 10 minutit seisnud. Eelda, et radioaktiivsuse tõttu lahuse kogumass ei muutu. (1)

i) Arvuta, mitu protsenti on esialgsest ^{13}N isotoobist alles pärast 30 minuti möödumist (transportimisel haiglast CERNi). (1)