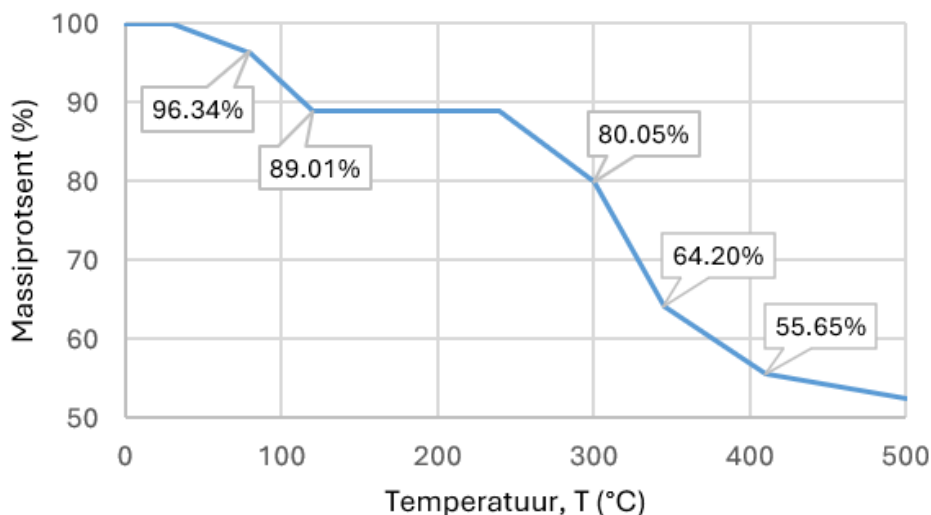


2023/24. öa keemiaolümpiaadi lõppvoorü ülesanded
9.–10. klass

1. Tundmatu komplekssool

(10 p)

Termogravimeetria (TG) on kvantitatiivne analüüsimeetod, mille abil saab uurida kristallhüdraatide termilist stabiilsust. Kristallhüdraadid on kristalsed ühendid, mille koostisesse kuuluvad vee molekulid. Sellist tahkes olekus vett nimetatakse kristallveeks. TG analüüsi käigus määratakse analüüdi proovi massi muutust temperatuuri järk-järgulisel tõstmisel inertses hapnikuvabas atmosfääris. Alloleval graafikul on kujutatud komplekssoola **A** kristallhüdraadi $A \cdot xH_2O$ ($M = 491,2 \text{ g mol}^{-1}$) 5-etapilist termogravimeetrilist lagunemisprotsessi temperatuurivahemikus 30–410 °C.



TG analüüsi läbiviimiseks kaaluti 25,00 mg kristallhüdraati $A \cdot xH_2O$. Leiti, et temperatuuril 30–120 °C eraldub kahes etapis kogu kristallhüdraadis sisalduv kristallvesi.

a) Arvuta kordaja x täisarvuline väärtus kristallhüdraadis $A \cdot xH_2O$. (1)

On teada, et komplekssool **A** koosneb kaaliumi katioonidest moodustunud välissfäärist ning anioonsest sisesfäärist, milles keskmises olev kolmelaenguline metalli **X** ioon on koordinatiivselt seotud kolme oksalaatiooniga ($C_2O_4^{2-}$).

b) Tuvasta arvutuste abil tundmatu metall **X** ja määra soola **A** valem. (1)

Temperatuurivahemikus 240–300 °C toimub **A** täielik redokslagunemine, mille käigus tekib 15,78 mg **A**-ga analoogset komplekssoola **B**, 4,230 mg kaaliumoksalaati ja ülejäänud osa moodustab süsinikdioksiid (**reaktsioon 1**).

c) Määra arvutuste abil soola **B** valem. (1)

d) Kirjuta ja tasakaalusta **reaktsiooni 1** võrrand. (1)

Temperatuuril 300 °C algab **B** lagunemine. Lagunemisreaktsiooni käigus tekib 8,46 mg kaaliumoksalaati, teatud hulk metalli **X** binaarset süsinikuühendit **C** [süsiniku massiprotsendiline sisaldus $w(C) = 6,683\%$], oksiidi **D** [$w(O) = 30,06\%$] ning kõrvalsaadusena eraldub taas süsinikdioksiid (**reaktsioon 2**). Seejuures tekivad ühendid **C** ja **D** suhtes 3 : 2. Viimaks laguneb kogu kaaliumoksalaat temperatuuril >350 °C ühendiks **E** ning gaasiks **F**, mis on õhust ($M_{\text{õhk}} = 29 \text{ g mol}^{-1}$) 0,9659 korda kergem (**reaktsioon 3**).

e) Määra arvutuslikult süsinikuühendi **C** ja oksiidi **D** valemid. (2)

f) Kirjuta ja tasakaalusta **reaktsioonide 2–3** võrrandid. (2)

g) Arvuta, mitu kuupsentimeetrit (cm^3) gaasi eraldub kokku **reaktsioonides 1–3** ($V_m = 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$). (2)

2. Joodiühendid

(10 p)

Jood on mitmekülgne element, mis esineb lihtainena mustjasvioletsete kristallidena. Joodi sisaldavad üheprootonilised hapnikhapped **A** [joodi massiprotsendiline sisaldus $w(I) = 72,14\%$] ja **B** [$w(I) = 88,19\%$]. Ühend **A** on tugev hape, mille dehüdraatimisel moodustub oksiid **C** (**reaktsioon 1**). Jood disproportsioneerub vähesel määral vees, mille tulemusel tekib väikestes kogustes ühendeid **B** ja **D** (**reaktsioon 2**). Disproportsioneerumiseks nimetatakse reaktsiooni, kus üks ja sama element käitub nii redutseerija kui ka oksüdeerijana. Ühend **D** on tavatingimustel värvitu gaas, mille vees lahustumisel saadakse tugevalt happeline lahus. Laboris kasutatakse ühendi **D** saamiseks ühendi **E** ja vee reaktsiooni, kus lisaks ühendile **D** tekib ka fosforishape (**reaktsioon 3**). Ühend **E** ($M = 411,7 \text{ g mol}^{-1}$) sisaldab lisaks joodile veel ka fosforit. Aine **D** reageerimisel kaaliumhüdrosiidiga tekib sool **F** (**reaktsioon 4**).

- Tuvasta arvutustega hapete **A** ja **B** valemid. (2)
- Nimeta ühendid **A–D**. (2)
- Kirjuta ja tasakaalusta **reaktsioonide 1–4** võrrandid. (4)
 - $\dots \text{A} \rightarrow \dots \text{C} + \dots \text{H}_2\text{O}$
 - $\dots \text{I}_2 + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{B} + \dots \text{D}$
 - $\dots \text{E} + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{D} + \dots \text{H}_3\text{PO}_3$
 - $\dots \text{D} + \dots \text{KOH} \rightarrow \dots \text{F} + \dots \text{H}_2\text{O}$

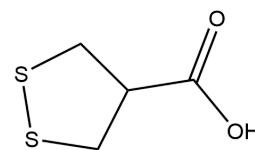
Jood kuulub ka kilpnäärme hormoonide koostisesse ning joodivaeguse vältimiseks kasutatakse toidulisandina soola **F**, milles sisalduv anioon on hea redutseerija.

- Lõpeta ja tasakaalusta järgmised redoksreaktsioonid elektronbilansi meetodi abil. (2)
 - $\dots \text{F} + \dots \text{H}_2\text{O}_2 + \dots \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots \text{I}_2 + \dots \text{K}_2\text{SO}_4 + \dots \text{H}_2\text{O}$
 - $\dots \text{F} + \dots \text{CuCl}_2 \rightarrow \dots \text{I}_2 + \dots \text{CuI} + \dots \text{KCl}$

3. Tagajärgedega toit

(7 p)

Liigne spargli tarbimine annab inimkehast väljutatavatele vedelikele spetsiifilise lõhna. Teadlased on kindlaks teinud, et iseloomuliku lõhna allikaks on spargelhape (vt kõrval toodud joonist), mille lagunemisel tekivad organismis mitmesugused väävlit sisaldavad orgaanilised ained, sealhulgas ühendid **A–D**.

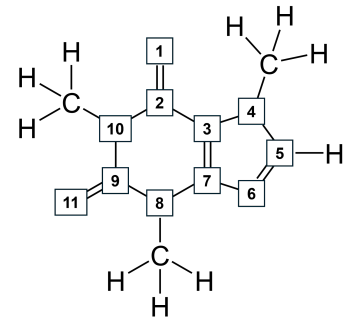


- Joonista ühendite **A–D** tasapinnalised struktuurivalemid, kui nende molekulivalemid on vastavalt CH_3SH , $(\text{CH}_3)_2\text{S}$, $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$ ja $(\text{CH}_3)_2\text{SO}_2$. (2)
 - Määra väävli oksüdatsiooniastmed ühendites **A–D**. (2)
- Ühendite **A** ja **B** lõhn on tuvastatav, kui nende sisaldus õhus on vastavalt 1,5 ning 0,16 ppb. Näiteks tuntud haisumolekuli divesiniksulfiidi (H_2S) tuvastamiskiir on 4,7 ppb. 1 ppb (ingl *part per billion*) on miljardikosa, mis väljendab arvulist suhet üks miljardik tervikust. Antud juhul tähistab ühik *ppb* väävliühendite molekulide arvu ühe miljardi õhus leiduvas molekuli seas.
- Keemik Siim Pärkel uuris ühendite **A**, **B** ja divesiniksulfiidi lõhnaomadusi, kuid ta ajas nende ühendite vesilahuseid sisaldavad katseklaasid kogemata ümber. Igas katseklaasis oli täpselt 1 cm^3 vastavat lahust kontsentratsiooniga $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$.
- Mis ühendi lõhna on laboris kõige tugevamalt pärast õnnetust tunda? Eelda, et ühendi lõhna tugevus on pöördvõrdeline selle tuvastamiskiiriga ning kõik ümber aetud lahused aurustusid täielikult. $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. (2)
 - Labori ruumala on 200 m^3 . Arvuta **A**, **B** ja divesiniksulfiidi kontsentratsioonid (ppb) õhus peale õnnetust. Eelda, et kõikide gaaside molaarruumala on $24,5 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$. (1)

4. "Kofeiinivaba" kohv

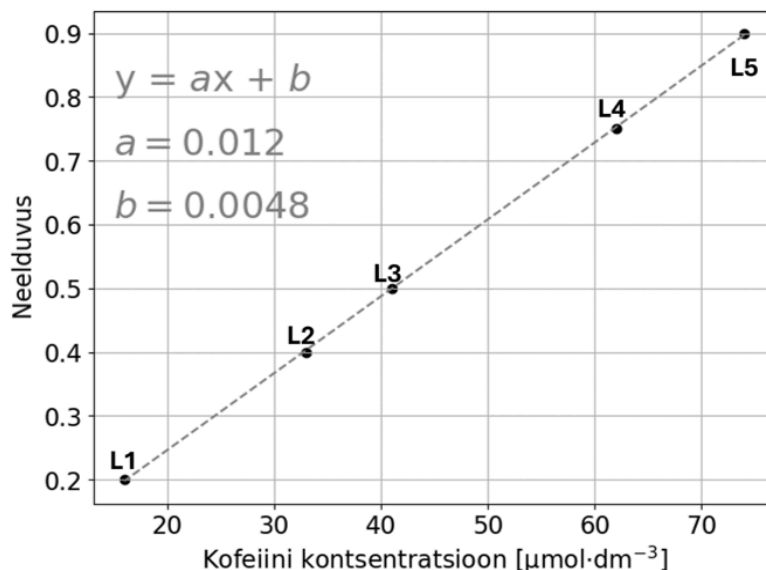
(9 p)

Kohvigurmaan Andreas tundis huvi kohvis sisalduva kofeiini vastu. Kofeiin on üks enim tarbitud mõnuaineid, mille täpne keemiline koostis tehti kindlaks 19. sajandil. Sel ajal määrati ainete elementkoostist nende põletamise teel. 1,000 g puhta kofeiini põletamisel tekib standardtingimustes 0,9229 dm³ CO₂, 0,2307 dm³ N₂ ning 0,4639 g H₂O.



a) Arvestades, et kofeiini molaarmass on 194 g mol⁻¹ ning $V_m = 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$, määra arvutuslikult C : H : N : O suhe kofeiini molekulis. (3)

b) Täida kofeiini struktuurivalemis lüngad **1–11** puuduolevate C, N ning O aatomitega. (1,5)
Andreas soovis kindlaks teha, kas tema ostetud kofeiinivaba kohv on päriselt kofeiinivaba. Ta otsustas kofeiinisalduse määramiseks kasutada UV-Vis neeldumisspektroskoopiat (valguse neeldumise mõõtmine proovilahuses ultraviolettkiirguse ja nähtava valguse piirkonnas). Alustuseks valmistas ta puhtast kofeiinist standardlahused **L1–L5** ning mõõtis nende neelduvused (ühikuta suurused) lainepikkusel 272 nm, et määrata neelduvuse sõltuvus kofeiini kontsentratsioonist. Seejärel koostas Andreas alltoodud kalibreerimisgraafiku, mille sirge tõusu (a) ja vabaliikme (b) väärtused on toodud graafikul.



Vastavalt Lambert–Beeri seadusele on lahuste neelduvused võrdelised neis sisalduvate ühendite kontsentratsiooniga (c), molaarse neeldumisteguriga (ϵ) ja optilise teepikkusega (l):

$$A = c \cdot \epsilon \cdot l$$

c) Arvuta graafiku põhjal kofeiini molaarne neeldumistegur ϵ (dm³ mol⁻¹ cm⁻¹) lainepikkusel 272 nm. Mõõtmisel kasutatud küveti läbimõõt (optiline teepikkus l) oli täpselt 1 cm. (1)

Kahjuks läks Andreasel kalibreerimisgraafiku koostamisega liiga kaua aega ning ta ei jõudnud proovi korralikult ette valmistada. Seetõttu kandis Andreas proovi küveti otse kohvitassist.

d) Arvuta eelduspärane kofeiini kontsentratsioon Andrease kohvitassis, kui kohvi neelduvuse väärtus oli 0,3917. Mõõtmisel kasutati sama 1 cm läbimõõduga küveti. (1)

Tavalise kohvi kofeiinisaldus on ligikaudu 40–60 mg 100 cm³ joogi kohta. Kohvi loetakse kofeiinivabaks, kui selle kofeiinisaldust on vähendatud 97% võrra.

e) Arvestades, et Andrease kohvitassi mahub 200 cm³ kohvi, näita arvutustega, kas vastavat hulka kohvi võib pidada kofeiinivabaks. (2)

f) Selgita lühidalt, kas Andrease saadud tulemus on usaldusväärne. (0,5)

5. Karl-Fischeri tiitrimine

(8 p)

Toiduaine-, nafta- ja ravimitööstuses määratakse erisuguste proovide veesisaldust tihtipeale mahtanalüütilisel Karl Fischeri tiitrimisel, mida kirjeldavad **reaktsioonid 1-2**:

1. $\text{CH}_3\text{OH} + \text{SO}_2 + \text{Py} \rightarrow [\text{PyH}]^+\text{CH}_3\text{SO}_3^-$
2. $[\text{PyH}]^+\text{CH}_3\text{SO}_3^- + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{Py} \rightarrow 2[\text{PyH}]^+\text{I}^- + [\text{PyH}]^+\text{CH}_3\text{SO}_4^-$

Metanooli (CH_3OH) lahuses toimub vett sisaldava proovi tiitrimisel joodi ning vääveldioksiidi vaheline redoksreaktsioon. Lahusesse lisatav püridiin (lühendiga Py) on nõrgalt aluseline orgaaniline ühend, mis stabiliseerib vastava lahuse pH-d ning redoksprotsessis ei osale.

a) Määra **reaktsioonis 2** oksüdeerija ja redutseerija, kirjutades välja vastavate osakestega toimuvad poolreaktsioonid. (2)

Karl Fischeri titrant on õhuniiskuse suhtes tundlik, mistõttu tuleb seda enne kasutamist standardiseerida. Standardina kasutatakse näiteks naatriumtartraatdihüdraati $\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, mis võimaldab määrata, mitu massiühikut vett (mg) reageerib ühe ruumalaühiku titrandiga (cm^3). $1,0 \text{ dm}^3$ metanoolil põhinevat titranti sisaldab 50,80 g joodi, 38,40 g vääveldioksiidi ning 158,0 g püridiini ($M = 79 \text{ g mol}^{-1}$).

b) Arvuta joodi, vääveldioksiidi ning püridiini täisarvuline moolsuhe titrandis. (1,5)

c) Arvuta teoreetiline vee mass (mg), millega üks ruumalaühik (cm^3) titranti reageerib. (1)

d) Arvuta tegelik vee mass (mg), millega reageerib üks ruumalaühik (cm^3) titranti, kui 0,090 g standardi tiitrimiseks kulub $4,0 \text{ cm}^3$ titranti. (1)

Pärast standardiseerimist on võimalik määrata vee sisaldust reaalses proovides. $15,20 \text{ cm}^3$ vedelkütuses ($\rho = 0,72 \text{ g cm}^{-3}$) sisalduva vee hulga määramiseks kulus täpselt $2,8 \text{ cm}^3$ titranti.

e) Arvuta vee protsendiline sisaldus vedelkütuse proovis. (1,5)

Kaasajal viiakse Karl Fischeri tiitrimist läbi ka automatiseeritud elektrokeemilisel meetodil, mis ei vaja standardiseerimist ning on täpsem. Elektrokeemilisel tiitrimisel leiti, et sama hulk ($15,20 \text{ cm}^3$) vedelkütuse proovi sisaldab $9,150 \cdot 10^{-3} \text{ g}$ vett.

f) Arvuta, mitu protsenti erineb mahtanalüütilisel tiitrimisel määratud vee mass täpsemal elektrokeemilisel tiitrimisel määratud massist. (1)

6. Valik omapäraseid booriühendeid

(10 p)

Boor on eriliste keemiliste omadustega poolmetall, mis on tuntud ebatavaliste struktuuride moodustamise poolest. Naatriumboorhüdriid (NaBH_4) ja ammoniaakboraan (BNH_6) on seejuures ühed enim uuritud boori vesinikuühendid tahkete vesinikkütuste valdkonnas.

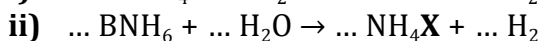
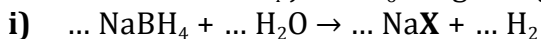
a) Arvuta vesiniku massiprotsendiline sisaldus ühendites NaBH_4 ja BNH_6 . (1)

Boor on nii BH_4^- anioonis kui ka BNH_6 molekulis neljavalentne (s.t moodustab neli sidet).

b) Joonista BH_4^- ja BNH_6 tasapinnalised struktuurivalemid, näidates selgelt kõiki keemilisi sidemeid ning laenguid. (2)

Tahketes vesinikkütustes talletatud vesinikku saab sobiva katalüsaatori vahendusel reaktsioonil veega eraldada. Naatriumboorhüdriidi ja ammoniaakboraani veega reageerimisel tekivad lisaks gaasilisele vesinikule ka vastavad metaboraatsoolid NaX ($M = 65,81 \text{ g mol}^{-1}$) ning NH_4X ($M = 60,85 \text{ g mol}^{-1}$), kus X^- tähistab B-O sidemeid sisaldavat metaboraataniooni.

c) Tasakaalusta NaBH_4 ja BNH_6 veega reageerimisel toimuvate reaktsioonide võrrandid. (1)



d) Näita arvutustega, kumma boori vesinikuühendi ($m_{\text{booriühend}} = 1,0 \text{ kg}$) täielikul veega reageerimisel eraldub rohkem gaasilist vesinikku (dm^3). $V_m = 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$. (1)

Happeliste omadustega diboortrioksiid on üks lihtsamaid booriühendeid, mille kokkupuutel veega tekib mürgine boorhape (H_3BO_3). Metaboraatanioon X^- võib tahkes olekus esineda mitmesuguste tsükliliste struktuuridena, näiteks kuueliikmelise $\text{B}_3\text{O}_6^{3-}$ tsükliina, mis koosneb vahelduvatest B-O sidemetest. Kõik boori aatomid moodustavad boorhappe molekulis ja $\text{B}_3\text{O}_6^{3-}$ anioonis kolm sidet.

e) Kirjuta ja tasakaalusta boorhappe saamise reaktsioonivõrrand. (1)

f) Joonista H_3BO_3 ning $\text{B}_3\text{O}_6^{3-}$ tasapinnalised struktuurivalemid. Näita selgelt kõiki keemilisi sidemeid ning laenguid. (2)

Boori ja vesiniku binaarseid ühendeid nimetatakse boraanideks. Diboraan B_2H_6 on õhus kergesti süttiv mürgine gaas, mida saadakse NaBH_4 ning boortrifluoriidi omavahelisel reageerimisel, kus kõrvalsaadusena tekib naatriumtetrafluoroboraat (NaBF_4).

g) Kirjuta ja tasakaalusta diboraani saamise reaktsioonivõrrand. (1)

Diboraani kuumutamisel spetsiifilistel tingimustel on võimalik saada ka kõrgemaid boraane, nagu triboraan (B_3H_7) ja tetraboraan (B_4H_{10}).

h) Arvuta boraanide gaasisegu tihedus õhu suhtes ($M_{\text{õhk}} = 29 \text{ g mol}^{-1}$), mille mooliprotsendiline koostis on 20% B_2H_6 , 50% B_3H_7 ning 30% B_4H_{10} . (1)

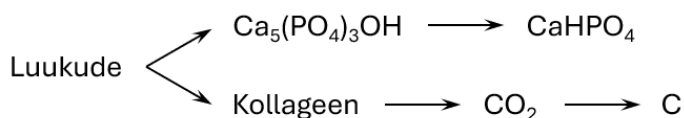
7. Arheokeemia

(8 p)

Skeletijäänuste luukoe massist moodustab keskeltläbi 60% hüdroksüapatiit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ning ülejäänud osa tuleneb struktuurvalgust kollageen. Kollageen on kõrgmolekulaarne bioorgaaniline ühend, mille pikad molekulahelad koosnevad peamiselt aminohape glütsiini jääkidest [NHCH_2CO].

a) Arvuta, mitut glütsiini jääki sisaldab kollageeni molekulahela fragment molaarmassiga 9500 g mol^{-1} , kui glütsiini massiprotsendiline sisaldus kollageenis on ligikaudu 33%? (1)

Arheokeemias määratakse orgaanilist päritolu luukoe proovide vanust radiosüsinikumeetodil, mis seisneb süsinik-14 isotoobi sisalduse kindlakstegemisel. Selleks tuleb proovi anorgaaniline komponent eraldada ning orgaaniline osa söestada (vt alltoodud skeemi).



Arheokeemikud töötlesid $1,0 \text{ g}$ luukoe proovi $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ eemaldamiseks lahjendatud vesinikkloriidhappe lahusega, kus ühe saadusena tekib kaltsiumvesinikfosfaat (CaHPO_4) (**reaktsioon 1**). Seejärel neutraliseeriti alles jäänud kollageeni mass leelise vesilahusega. Kuivatatud kollageeni põletamisel hapniku liias tekkis süsinikdioksiid, mis redutseeriti vesiniku voos katalüsaatori juuresolekul söeks (**reaktsioon 2**).

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

c) Arvuta, mitu grammi sütt saadi luukoe proovi töötlemisel, kui kollageeni üldvalem on $[\text{C}_{57}\text{H}_{91}\text{N}_{19}\text{O}_{16}]_n$, kus n tähistab struktuuriosa korduvust kollageeni molekulahelas. (1)

Looduslikult esinevad süsiniku isotoobid on ^{12}C , ^{13}C ja ^{14}C , mille mooliprotsendiline sisaldus süsinikus on vastavalt 98,89%, 1,11% ning $1,2 \cdot 10^{-10}\%$.

d) Näita arvutustega, et süsiniku suhteline aatommass A_r on 12,011 amü. (1)

e) Arvuta, mitu ^{14}C aatomit oleks alapunktis c) leitud söemass organismi surma hetkel hinnanguliselt sisaldanud. Kui sul ei õnnestunud alapunktis c) söe massi leida, eelda, et $m(\text{süsi}) = 0,175 \text{ g}$. (1)

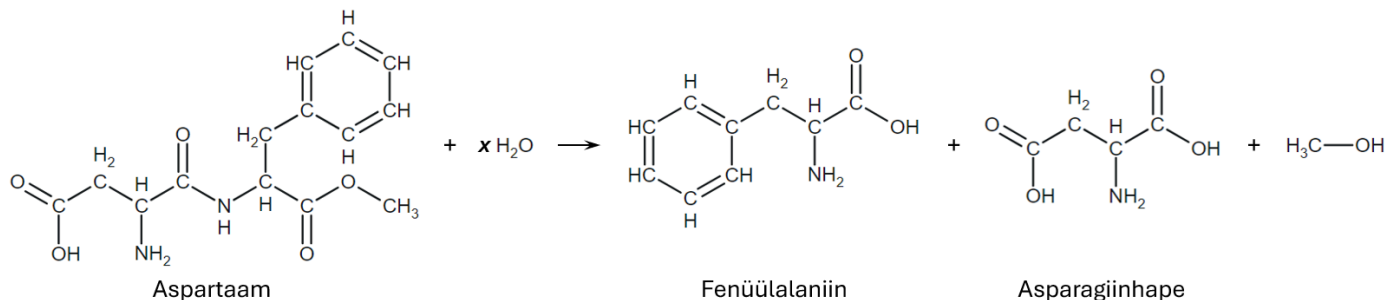
Süsinik-14 on radioaktiivne ning selle poolestusaeg $t_{1/2} = 5730$ aastat (s.t 5730 aasta jooksul laguneb radioaktiivselt pool ^{14}C algsest hulgast N_0). Massispektromeetilisel analüüsil leiti, et $^{12}\text{C} : ^{14}\text{C}$ isotoopide suhe söemassis on $1 : 1,015 \cdot 10^{-12}$. Proovi vanust t on võimalik määrata järgneva valemiga: $t = -[\ln(N/N_0)/\ln(2)] \cdot t_{1/2}$

f) Määra arvutustega, mis aastast pärinevad uuritava organismi skeletijäänused. (2)

8. Aspartaam

(10 p)

Aspartaam (toidulisand E951) on suhkrust 200 korda magusam kunstlik magusaine, mida sisaldavad tihtipeale näiteks suhkruvabad karastusjoogid, närimiskummid ja siirupid. Ometigi on aspartaami kasutust kritiseeritud, sest selle seedeprrotsessis lagunemisel tekib toksiline alkohol metanool (CH_3OH). Aspartaami lagunemist vee molekulide toimel kirjeldab alltoodud hüdrolüüsivõrrand:



a) Määra kordaja x (vt joonist), mis näitab, mitme vee molekuli toimel toimub aspartaami täielik hüdrolüüs fenüülalaniiniks, asparagiinhappeks ning metanooliks. (1)

b) Kriipsuta aspartaami molekulis hüdrolüüsireaktsioonis katkevad sidemed läbi. (1)

Mürgise metanooli tekke tõestamiseks viidi läbi rida erinevaid reaktsioone. Esmalt kuumutati vasktraati gaasipõletil musta oksiidi ($M = 79,55 \text{ g mol}^{-1}$) saamiseks (**reaktsioon 1**). Seejärel asetati hõõguva musta oksiidiga kaetud vasktraat hüdrolüüsitud aspartaami lahusesse (*katseklaas 1*). Selle tulemusel oksüdeerub CH_3OH aldehüüdiks CH_2O ja vasktraat muutub tagasi punaseks (**reaktsioon 2**). Protsessi korraliti senikaua, kuni must oksiidikiht ei reageerinud enam aspartaami lahuses. Järgmisena viidi läbi aldehüüdi tõestusreaktsioon. Selleks võeti 4,58 g 53,0%-list hõbe(I)nitraadi lahust, millele lisati $5,3 \text{ cm}^3$ $2,125 \text{ mol dm}^{-3}$ naatriumhüdrokksiidi lahust (**reaktsioon 3**). Reaktsioonis tekkinud must sade eraldati filtreerimisel ning lahustati ammoniaagi vesilahuses (*katseklaas 2*). Viimaks valati *katseklaaside 1 ja 2 sisu* omavahel kokku eelnevalt kaalutud *katseklaasi 3* ($m = 12,7 \text{ g}$), mille pinnale tekkis mõne aja möödudes läikiv hall kiht (**reaktsioon 4**). Kolmas katseklaas kaaluti pärast lahuse ära valamist ja kuivatamist veel kord üle.

c) Lõpeta ja tasakaalusta toimunud reaktsioonide võrrandid. (4)

1. ... $\text{Cu} + \dots \rightarrow \dots$
2. ... $\text{CH}_3\text{OH} + \dots \rightarrow \dots \text{CH}_2\text{O} + \dots + \dots$
3. ... $\dots + \dots \rightarrow \dots + \dots + \dots \text{H}_2\text{O}$
4. ... $\text{CH}_2\text{O} + \dots \rightarrow \dots \text{HCOOH} + \dots$

d) Arvuta kolmanda katseklaasi lõppmass eeldusel, et kõik reaktsioonid kulgesid täielikult lõpuni (s.t ei esinenud massikadu). (2)

Metanoolimürgituse sümptomiteks on peavalu, iiveldustunne ning nägemishäired. CH_3OH letaalne doos LD_{50} ehk minimaalne ainekogus, mis võib 50% isikutest surma põhjustada, on keskmiselt $1,5 \text{ cm}^3 \text{ kg}^{-1}$. Purgitäis ($V = 330 \text{ cm}^3$) teatud suhkruvaba karastusjooki sisaldab 118 mg aspartaami.

e) Arvuta, mitme purgi karastusjooki tarbimisel saaks 71,0 kg kaaluv inimene metanooli letaalse doosi ($\rho_{\text{metanool}} = 792 \text{ kg m}^{-3}$). (2)

9. Basseinivesi

(10 p)

Levinuim viis basseinivee desinfitseerimiseks on vee kloorimine, milleks kasutatakse tihtipeale trikloroisotsüaanuurhapet ($M = 232,5 \text{ g mol}^{-1}$) sisaldavaid puhastustablette.

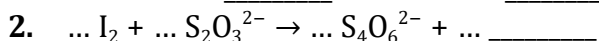
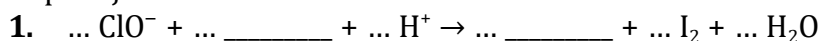
a) Määra arvutustega trikloroisotsüaanuurhappe molekulivalem, kui selle empiiriline valem on CCl_3NO . (1)

Tavaliselt sisaldavad 20 g kaaluvad puhastustabletid 50% ulatuses trikloroisotsüaanuurhapet. Ühe mooli trikloroisotsüaanuurhappe reageerimisel veega tekib kolm mooli hüpokloorishapet (HClO), mis on küllaltki tugev antibakteriaalse toimega oksüdeerija.

b) Arvuta, mitu puhastustabletti tuleks lahustada 88 m³ värskes basseinivees, et HClO kontsentratsioon vees oleks 1,5 mg dm⁻³. (2)

Hüpokloorishape laguneb valguse toimel, mistõttu on aeg-ajalt oluline basseinivee hüpokloriti (ClO⁻) sisaldus üle mõõta, näiteks jodomeetrilisel tiitrimisel. Selleks hapestatakse uuritavat veeproovi ning lisatakse jodiidioone, mille tulemusel redutseeruvad hüpokloritioonid kloriidiks ning lahusesse tekib jood (**reaktsioon 1**). Seejärel tiitritakse joodi naatriumtiosulfaadi lahusega (**reaktsioon 2**) ja saadud tulemusest arvutatakse veeproovi hüpokloriti sisaldus.

c) Lõpeta ja tasakaalusta toimuvate reaktsioonide ioonvõrrandid. (2)



Enne tiitrimist on oluline määrata titrandi täpne kontsentratsioon. Naatriumtiosulfaadi kontsentratsiooni leidmiseks kasutati kindla kontsentratsiooniga (0,1620 mmol dm⁻³) kaaliumjodaadi lahust, mida kulus 20,00 cm³ tiosulfaadi lahuse tiitrimiseks 9,36 cm³.

d) Lõpeta ja tasakaalusta toimuva reaktsiooni ioonvõrrand: (1)



e) Arvuta naatriumtiosulfaadi lahuse kontsentratsioon (mmol dm⁻³). (2)

Basseinivee hüpokloriti sisalduse määramiseks võeti 100,0 cm³ veeproov, mida hapestati esmalt 1,50 cm³ kontsentreeritud väävelhappega, misjärel lisati 1,00 cm³ NaI lahust. 25,00 cm³ proovilahuse tiitrimiseks kulus 2,56 cm³ naatriumtiosulfaadi lahust.

f) Arvuta hüpokloriti sisaldus veeproovis (mg dm⁻³). Kui sul ei õnnestunud alapunktis **c)** titrandi kontsentratsiooni leida, eelda, et $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,5 \text{ mmol dm}^{-3}$. (2)