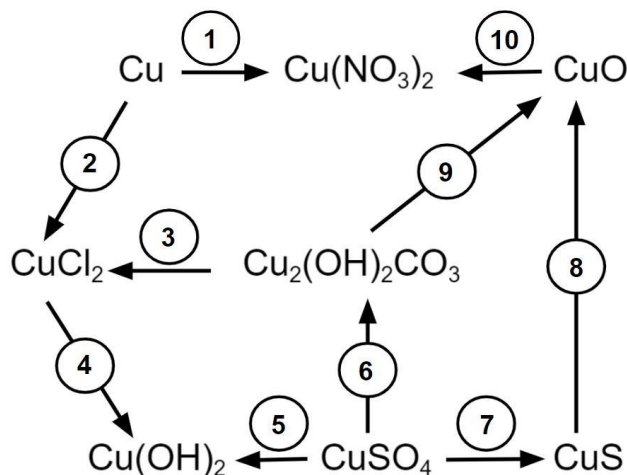


2022/2023. õa keemiaolümpiaadi lahtise võistluse ülesanded
 Noorem rühm (9. ja 10. klass)
 1. oktoober 2022

1. Vase reaktsioonid (10 p)

Kirjuta iga skeemil kujutatud reaktsiooni (1-10) jaoks üks sobilik tasakaalustatud reaktsioonivõrrand.



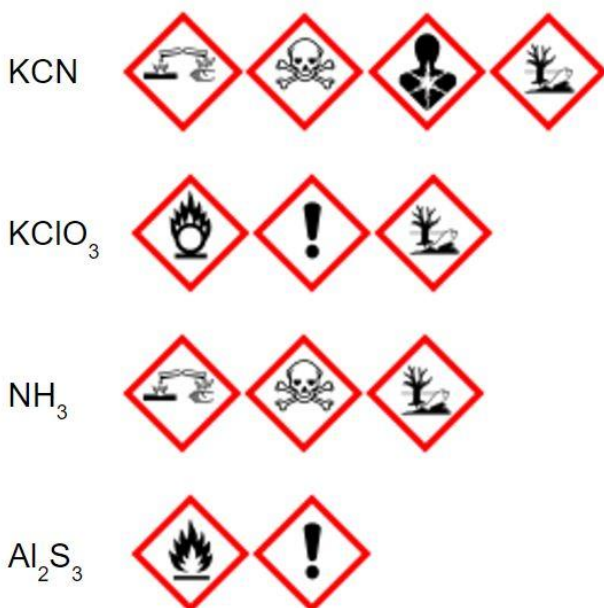
2. Taruvaigutinktuur (11 p)

Mesinik tahtis valmistada 12% taruvaigutinktuuri. Selleks pidi ta taruvaigu lahustama 80% etanoolilahuses. Sobiva etanoolilahuse valmistamiseks kasutas ta viina ($\rho = 0,948 \text{ g/cm}^3$) ja 95% etanoolilahust. Viina pudelil oli etanoolisisalduseks märgitud 40%vol ehk 40 mahuprotsenti, mis näitab puhta etanooli ruumala suhet lahuse ruumalaga.

etanooli massiprotsent (vesilahuses)	100	95	80	0
tihedus (g/cm^3)	0,789	0,804	0,843	0,998

- Leia 40%vol viina massiprotsendiline alkoholisisaldus. (2)
- Arvuta 80% etanooli lahuse mass, mis peab mesinik valmistama, kui ta tahab tinktuuri teha 230 grammist taruvaigust. (1)
- Arvuta 40%vol viina ja 95% etanooli lahuse ruumala, mis tuleb võtta, et valmistada tinktuuri saamiseks vajalik kogus 80% etanooli lahust. (5)
- Arvuta kontraktsioon kuupsentimeetrites, kui täpselt 1 dm^3 80% etanoolilahus valmistada 100% etanoolist ja veest. (3)

3. Päästeülesanne (10 p)



- a) Tuvasta aine nimetuste ja nendele vastavate ohumärkide põhjal, millise aine: (2)
- i) mürgisus on kõige suurem;
 - ii) põlengut saab kustutada veega;
 - iii) kuumutamisel võib tekkida plahvatusohtlik segu;
 - iv) reageerimisel veega tekib mürgine gaas.
- b) Kirjuta **a-iii)** ja **a-iv)** punktile vastavad tasakaalustatud reaktsioonivõrrandid. (2)
- Lekib 15% soolhappe mahuti ($\rho = 1,073 \text{ g/cm}^3$) kiirusega $2,0 \text{ dm}^3/\text{min}$. Leke algas kell 09:00 ning päästemeeskonnal õnnestus leke sulgeda kell 11:53.
- c) Arvuta lekkinud happe neutraliseerimiseks vajaliku **i)** veevaba pesusooda ja **ii)** vee massid, kui 10 dm^3 vee kohta on lahustatud 100 g pesusoodat. (3)
- Sündmusele reageerivad päästjad vastavas kaitseriietuses koos hingamisaparaadi ja kahe suruõhuballooniga. Ühe suruõhuballoonu nominaalruumala on $6,3 \text{ dm}^3$ ning kumbki balloon on täidetud rõhuni $2,95 \cdot 10^7 \text{ Pa}$. Ohtlikust keskkonnast tuleb väljuda kui rõhunäidik on $6,0 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ juures. Õhutarbimine sellistes tingimustes on $100 \text{ dm}^3/\text{min}$. Atmosfäärirõhuks võtta $1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.
- d) Arvuta kui kaua saab päästja viibida kaitsevarustuses ohtlikus keskkonnas. (3)

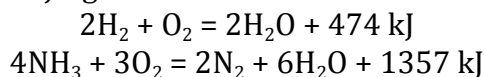
4. Soolade lahus (10 p)

Laborandil on $1,000 \text{ dm}^3$ lahust, mis sisaldab NaCl, Na₂SO₄ ja NaNO₃ (lahus **A**). Soolade kontsentratsioonide suhte tuvastamiseks võttis laborant $10,00 \text{ cm}^3$ proovi ja lahjendas seda veega $50,00 \text{ cm}^3$ -ni (proov **B**). Seejärel tiitris ta lahjendatud proovi $0,200 \text{ mol/dm}^3$ BaCl₂ lahusega.

- a) Kirjuta BaCl₂-ga tiitrimise reaktsioonivõrrand. (1)
- b) Arvuta Na₂SO₄ mass lahuses **A**, kui proovi **B** tiitrimiseks kulus $5,06 \text{ cm}^3$ BaCl₂ lahust. (2)
- Pärast tiitrimist BaCl₂-ga eraldas laborant tekkinud sademe ning valmistas proovile **B** vett lisades $100,0 \text{ cm}^3$ lahust **C**. Seejärel tiitris ta lahust **C** $0,200 \text{ mol/dm}^3$ AgNO₃ lahusega.
- c) Kirjuta AgNO₃-ga tiitrimise reaktsioonivõrrand. (1)
- d) Arvuta NaCl mass lahuses **A**, kui lahuse **C** tiitrimiseks kulus $15,17 \text{ cm}^3$ AgNO₃ lahust. (2)
- Pärast tiitrimist AgNO₃-ga eraldas laborant tekkinud sademe ning valmistas proovile **C** vett lisades 200 cm^3 lahust **D**. Nitraatioonide kontsentratsiooni määras laborant ioonselektiivse elektroodiga.
- e) Arvuta NaNO₃ mass lahuses **A**, kui lahuses **D** oli $0,02022 \text{ mol/dm}^3$ nitraatioone. (2)
- f) Arvuta soolade molaarsete kontsentratsioonide suhe lahuses **A**. (2)

5. Tuleviku kütus (10 p)

Tuleviku sõidukite arendamisel konkureerivad kütuseelemendid akude ja sisepõlemismootoritega. Juba praegu on olemas elektrisõidukid, mille kütuseelemendid töötavad vesinikuga. Alates 2022. aastast katsetatakse ka esimesi ammoniaagil põhinevaid sõidukeid. Mõlemal juhul muundatakse kütus elektrokeemiliselt keskkonnasõbralikeks produktideks ning mootor töötab vabaneva energia abil. Vastavad reaktsioonivõrrandid ja maksimaalselt reaktsioonist kättesaadava elektrienergia väärtused (reaktsioonivõrrandis näidatud moolide arvu kohta) on järgmised:



- a) Arvuta millise kütuse (H_2 või NH_3) puhul eraldub rohkem energiat kütuse ruumala kohta, kui vedela ammoniaagi ja vesiniku tihedused on vastavalt 610 g/cm^3 ja 71 g/dm^3 . (2)

Kuna nii vesiniku kui ka ammoniaagi veeldamine on energiamahukas protsess, kaalutakse muid võimalusi nende ladustamiseks. Tabelis on toodud vesinikku sisaldavad ühendid. Ühendi **D** puhul ammoniaak eraldub kuumutamisel ning lisaks tekib elemendi **M** kloriid ($w_M = 25,5\%$). Ülejäänud ühendite puhul vabaneb H_2 ja/või NH_3 reaktsioonil veega (hüdrolüüsi tulemusena) ning lisaks tekivad elemendi **M** oksiid ($w_M = 60,3\%$) ja B_2O_3 .

Ühend	w_H (%)	Produktid	Kõrvalproduktid
A	0	NH_3	M oksiid
B	7	NH_3	M oksiid
C	8	H_2	M oksiid
D	9	NH_3	M kloriid
E	15	H_2	M oksiid ja B_2O_3
F	16	H_2 ja NH_3	M oksiid ja B_2O_3
NH_3BH_3	20	H_2 ja NH_3	B_2O_3

- b) Tuvasta element **M**. (1)
- c) Arvuta mitu mooli H_2 ja NH_3 tekib ühest moolist igast tabelis toodud ühendist **A–F** ning NH_3BH_3 -st. (7)

6. Superhapped (10 p)

Superhapatteks nimetatakse ainete segusid, mis on happelisemad kui 100%-line väävelhape. Üks tugevamatest superhapatetest saadakse vesinikhalogeniidi (**HX**) reageerimisel elemendi **Y** halogeniidiga (YX_n). Lahusti **HX** autoprotolüüsil moodustuvad katioon **A** ning anioon X^- , mis liitub YX_n molekuli(de)ga, andes ioonid **B** ($M = 235,80 \text{ g/mol}$), **C** ($M = 452,6 \text{ g/mol}$) ja **D** ($M = 669,4 \text{ g/mol}$). Ioonides **B–D** on iga **Y** aatom ümbritsetud kuue **X** aatomiga ning **Y** oksüdatsiooniaste on V. Saadud ioonide segust on võimalik välja kristalliseerida soolad **E** ja **F**, mille brutovalemite (summaarsetes valemite) on vastavalt 12 ja 13 **X** aatomit. Vesinikhalogeniidi **HX** ja YX_n reageerimisel saadud ioonide segu on tuntud kui superhappe **G**, mille lihtsustatud brutovalemis on 7 **X** aatomit.

- a) Tuvasta elemendid **Y** ja **X**. (2)
- b) Kirjuta ioonide **A–D** brutovalemid. (4)
- c) Joonista iooni **C** struktuurvalem. (1)
- d) Kirjuta soolade **E** ja **F** ning superhappe **G** brutovalemid. (3)

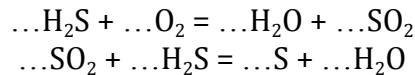
7. Vesiniksulfiidi eemaldamine (10 p)

Biogaasid leidub vesiniksulfiidi, mis oma väga söövitavate omaduste tõttu tuleb eemaldada, et biogaasi saaks kasutada energiaallikana. Keemiatööstuses, näiteks toornafta või kivisöe töötlemisel tekkinud H_2S vajab samuti eemaldamist, kuna selle heide võib põhjustada tõsist ohtu inimestele ja loomadele. CLAUSPOL, KONOX, CATABAN, SULFATREAT ja THYLOX on protsessid vesiniksulfiidi eraldamiseks biogaasist, majapidamisgaasist või tööstuslikest gaasidest.

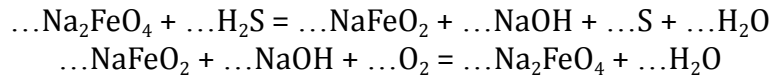
Tasakaalustatud loetletud protsesside reaktsioonivõrrandid.

(10)

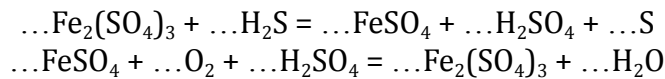
CLAUSPOL:



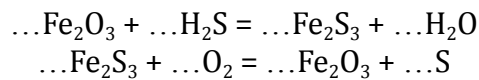
KONOX:



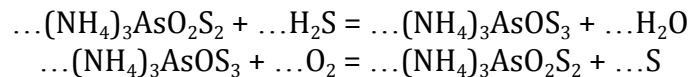
CATABAN:



SULFATREAT:



THYLOX:



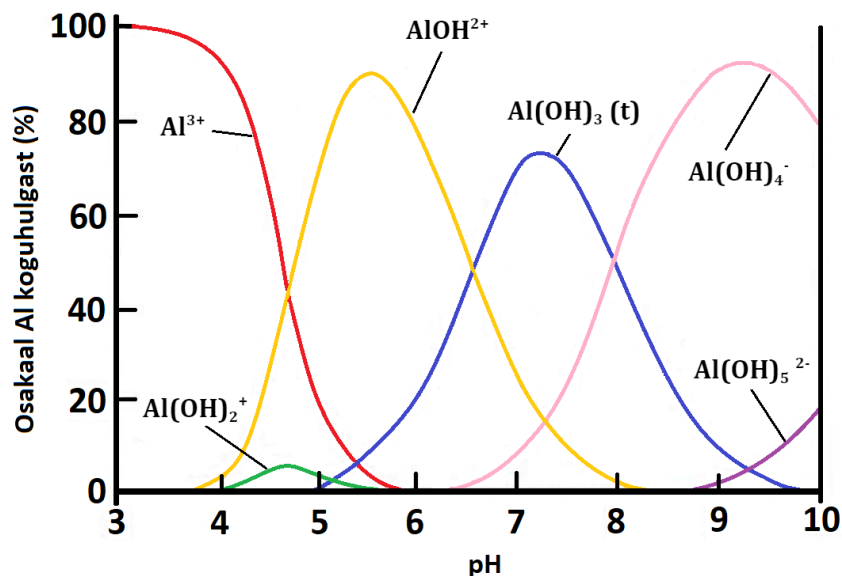
8. Fosfori eemaldamine järveveest (9 p)

Liigne toitainete sissevool looduslikesse veekogudesse võib kaasa tuua veekogu eutrofeerumise ning kahjustada veekogu elustikku ja ökoloogilist tasakaalu. Peamine eutrofeerumist põhjustav bioelement on fosfor, mis satub järvedesse põldude väetamisel või reoveega. Üks meetod fosfori eemaldamiseks järve toitaineringlusest on järvevee töötlemine alumiiniumsulfaadiga: lihtsustatult võib seda protsessi käsitleda reaktsioonina lahustunud fosfaatide ning alumiiniumioonide vahel, mille käigus tekib vees mittelahustuv sade.

a) Kirjuta ülalkirjeldatud protsessi tasakaalustatud ioonvõrrand.

(1)

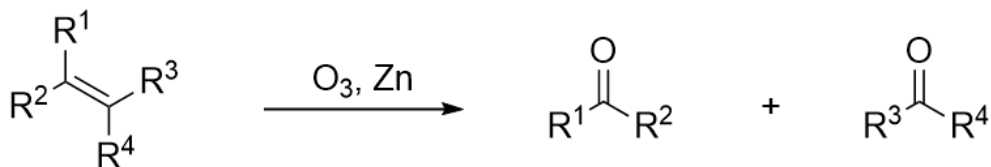
Tegelikult reageerib Al^{3+} hüdrolüüsi käigus veemolekulidega, mistõttu võib Al^{3+} lahuses esineda ka kompleksioonina või hüdroksiidina üldvalemiga $Al(OH)_x^{+(3-x)}$. Täpne esinemiskuju lahuses sõltub vee pH-st. **Joonisel** on näidatud Al erinevate esinemisvormide suhtelised osakaalud sõltuvalt vesilahuse pH tasemest. $Al(OH)_3$ on vees lahustumatu neutraalne ühend.



- b) Kirjuta ning tasakaalusta Al^{3+} hüdrolüüsi üldistatud ioonvõrrand (tekib $\text{Al}(\text{OH})_x^{+(3-x)}$). Kuidas muutub reaktsiooni käigus lahuse pH? (1)
- c) Kirjuta ning tasakaalusta alumiiniumi kompleksiooni ($\text{Al}(\text{OH})_x^{+(3-x)}$) ja fosfaatiooni vahelise reaktsiooni üldistatud ioonvõrrand. Kuidas muutub selle reaktsiooni käigus lahuse pH? (1)
Vees lahustunud fosfaatidega saavad reageerida ainult lahustunud alumiiniumiühendid.
- d) Missuguses pH-vahemikus on vähemalt 80% kogu alumiiniumist vees lahustunud ühendite koostises? (1)
- e) Missuguse pH väärtuse juures on vees lahustunud alumiiniumiühendite hulk kõige väiksem? (1)
Kui suur osa alumiiniumist on selle pH juures lahustunud ühendite koostises?
- Kati oli mures oma kodukoha järve pärast, mis kippus suviti vohavatest vetikatest umbe minema. Ta võttis järveveest proovi ning saatis selle laborisse, kus vee fosforisisalduseks määrati 68 mg/dm^3 ; sellest fosforist 80% moodustasid anorgaanilised fosfaadid ning ülejäänud 20% keerukamad orgaanilised fosforiühendid, mis Al^{3+} ionidega ei reageeri. Järvevee pH = 6, järve ruumalaks hindas Kati u 10^6 m^3 . Veekogude kohta infot otsides leidis Kati, et eutrofeerumise vältimiseks peaks loodusliku järvevee fosforisisaldus jääma alla 20 mg/dm^3 .
- f) Alumiiniumsulfaati müüakse hüdraadi kujul valemiga $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Arvuta mitu tonni hüdraati tuleks Kati kodukoha omavalitsusel minimaalselt tellida, et kodujärve vee fosforisisalduse saaks langetada eutrofeerumise piirmäärani. Eelda, et järve pH tase alumiiniumsulfaadi lisamise käigus oluliselt ei muutu. (5)

9. Osonolüüs (10 p)

Osooni kasutatakse tavaliselt süsinik–süsinik kaksiksideme lõhkumiseks nõrga redutseerija juuresolekul (nt tsink). Antud protsess – osonolüüs – toimub vastavalt kujutatud skeemile. Enne kaasaegsete analüüsimeetodite väljatöötamist kasutati osonolüüsi molekulide struktuuri määramiseks. Osonolüüsi käigus tekkivate tuntud fragmentide alusel oli võimalik määrata esialgse lähteaine struktuur. Vanas laboris leiti neli kolbi, mille peale oli kirjutatud C_5H_{10} . Spektroskoopia abil tuvastati, et kolbides 1–3 oli kolm erinevat alkeeni, aga neljandas kolvis oli segu alkaanidest, mis on omavahel struktuurisomeerid. Alkeeni **1** osonolüüsi tulemusena tekivad ühendid **A** ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$) ja **B** ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$), alkeeni **2** – **A** ja **C** ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) ning alkeeni **3** – **D** (CH_2O) ja **E** ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$). Ühend **B** on levinud lahusti ja ühend **D** on mürgine aine, mida kasutatakse meditsiinis bioloogiliste proovide pikaajaliseks konserveerimiseks.



kus R^{1-4} võivad olla võrdsed või erinevad asendajad (nt H või CH_3)

- a) Joonista ühendite **A–E** struktuurivalemid. (5)
- b) Joonista alkeenide **1–3** struktuurivalemid. (3)
- c) Joonista kahe alkaani, mille brutovalem (summaarne valem) on C_5H_{10} , struktuurivalemid. (2)