

2025/26. õa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesanded
10. klass

- 1. Test – lämmastikueri** **(10 p)**
- a) Kirjuta lämmastiku elektronvalem. (0,5)
- b) Koosta ja täida lämmastiku aatomi vähiskihi orbitaalide ruutskeem. (0,5)
- c) Ringita õige vastusevariant. (2)
- i) Lämmastiku aatom võib olla vesiniksideme *doonor* / *aktseptor*.
- ii) Lämmastik käitub keemilistes reaktsioonides *ainult oksüdeerijana* / *ainult redutseerijana* / *nii oksüdeerija kui ka redutseerijana*.
- iii) Lämmastikushape on *tugev* / *nõrk* hape.
- iv) Lämmastikhape on tugev *oksüdeerija* / *redutseerija*.
- d) Binaarses naatriumisoolas **X** on lämmastiku massiprotsendiline sisaldus 64,64%. (2)
- i) Kirjuta **X**-i valem.
- ii) Joonista **X**-i tasapinnaline struktuurivalem.
- iii) Kirjuta **X**-i aniooni konjugeeritud happe valem.
- e) Liigita järgmised oksiidid **i)** happeliste, **ii)** aluseliste või **iii)** neutraalsete oksiidide hulka: N_2O , NO_2 , NO , N_2O_3 . (1)
- f) Tasakaalusta reaktsioonide **i)** ja **ii)** võrrandid, kasutades elektronbilansi meetodit. (2)
- i) $\dots PbS + \dots HNO_3 \rightarrow \dots Pb(NO_3)_2 + \dots NO + \dots S + \dots H_2O$
- ii) $\dots I_2 + \dots HNO_3 \rightarrow \dots HIO_3 + \dots NO_2 + \dots H_2O$
- g) Lämmastiku molaarmass on 14,007 g/mol. Arvuta, mitu mooliprotsenti lämmastikust on ^{15}N , kui lämmastik koosneb vaid stabiilsetest isotoopidest ^{14}N ja ^{15}N . Isotoobid on sama laenguarvuga aatomid, mis erinevad üksteisest neutronite arvu poolest. (1)
- Selleks, et rahvusvahelises kosmosejaamas saaksid elada inimesed, on seal loodud Maa-sarnased tingimused, sh õhk rõhul 1 atm, mille koostis on ruumala järgi 78% N_2 ja 21% O_2 .
- h) Arvuta kosmosejaamas õhus leiduva lämmastiku mass (kg), kui $V_{\text{kosmosejaam}} = 1005 \text{ m}^3$. (1)

2. Kes kardab fluori? **(10 p)**

Gaasiline fluor on äärmiselt reaktsioonivõimeline ja toksiline, olles seejuures üks tugevamaid oksüdeerijaid. Fluori juhtimisel naatriumhüdrokksiidi lahusesse tekib hapnikdifluoriid (**A**), sool ja vesi (**reaktsioon 1**). UV-valguse käes toimub **A** molekulis ühe kovalentse O–F sideme katkemine, mille käigus tekivad ühe paardumata valentselektroniga radikaalid $F\cdot$ ja $\cdot OF$. Kumbki osake ühineb iseendaga, moodustades dihapnikdifluoriidi (**B**) ja fluori (**reaktsioon 2**).

Lisaks hapnikule moodustab ka väävel erinevaid fluoriühendeid. Vääveldikloriid on kirsipunane vedelik, mis reageerib kuumutamisel elavhõbe(II)fluoriidiga, moodustades binaarsed väävli fluoriidid **C** ($M = 108,06 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) ja **D** ($w_{\text{väävel}} = 62,79\%$) ning kõrvalsaadusena elavhõbe(II)kloriidi. Ühend **D** disproportsioneerub fluoriidiks **C** ja väävliks (**reaktsioon 3**). Disproportsioneerumiseks nimetatakse ühe ja sama elemendi üheaegset oksüdeerumist ning redutseerumist reaktsiooni käigus.

Väävlipulbri reageerimisel fluori liiaga moodustub gaasiline fluoriid **E** (**reaktsioon 4**), milles väävel on oma kõrgeimas oksüdatsiooniastmes. Fluoriidi **E** nimetatakse elegaasiks, kuna seda kasutatakse elektritootmisel mittejuhtiva keskkonna loomiseks. Ajapikku toimuvad keemiliselt üsna inertse elegaasiga õhuhapniku ja veeauru toimel mitmed reaktsioonid, milles tekivad eelmainitud reaktiivsed ning ohtlikud produktid. Fluoriid **C** moodustab õhuhapnikus oksüdeerumisel ainsa saadusena oksofluoriidi **F** (**reaktsioon 5**). Ühend **F** reageerib omakorda veeauruga, andes dioksofluoriidi **G** ja vesinikfluoriidi (**reaktsioon 6**). **G** edasisel hüdrolüüsil tekib väävelhape.

- a) Määra molekulides **A** ja **B** hapniku aatomite (keskmise) oksüdatsiooniaste. (1)
- b) Kirjuta ja tasakaalusta **reaktsioonide 1–6** võrrandid. (6)
- c) Joonista **C**, **D**, **G** ja väävelhappe Lewisi struktuurivalemid. (3)

3. Tundmatud katseklaasid

(10 p)

Laborant leidis hommikul laborisse tulles 7 märgistamata katseklaasi erinevate lahustega. Eelmisel õhtul oli keegi laiskvorst unustanud need ära panna. Samas ei tahtnud laborant lahuseid lihtsalt niisama kraanikausist alla valada, kuna raskmetallide ioonid võivad reovees tekitada paksu pahandust. Seega otsustas laborant lahused omavaheliste tilkreaktsioonide ning pH mõõtmise abil tuvastada. Õnneks oli tal abiks ka tundmatu laiskvorsti märkmed selle kohta, millised ioonid lahustes esinesid: H^+ ; Li^+ ; K^+ ; Ag^+ ; Zn^{2+} ; Ba^{2+} ; Hg^{2+} ; I^- ; NO_3^- ; Br^- ; OH^- ; Cl^- ; SO_4^{2-} ; CO_3^{2-} . Mõne reaktsiooni puhul ei olnud laborant kuigi kindel, mis lahuses toimus, ent kui ioonid olid teiste reaktsioonide abil tuvastatud, mõistis ta lahustuvustabelit vaadates, et osade ainete vahel toimunud reaktsioonisaadused olid hüdrolüüsunud ning mõned tekkinud ained olid ebapüsivad. Ta kandis järgmised märgid tabelisse, kui oli kõik ioonid tuvastanud:

↓ – sade; ↑ – gaas; E – ebapüsiv; H – hüdrolüüs; -/- – reaktsioonitunnuseid pole visuaalselt näha; V – vähelahustuv

Katseklaasi nr	1	2	3	4	5	6	7
1		-/-	↓	↓	E	↓	E
2	-/-		-/-	↑	↓	-/-	↓
3	↓	-/-		↓	V	-/-	↓
4	↓	↑	↓		↓	V	↓
5	E	↓	V	↓		H	↓
6	↓	-/-	-/-	V	H		V
7	E	↓	↓	↓	↓	V	
pH	>>7	<<7	<7	>7	<7	≈7	<7

- a) Kirjuta katseklaasides 1–7 olevate ainete nimetused. (7)
b) Kirjuta ja tasakaalusta järgmistes katseklaasides olevate ainete kokkuvalamisel toimuvate reaktsioonide võrrandid: i) 1 + 3, ii) 2 + 4, iii) 5 + 7. (3)

4. Kumb jääb peale: hape või alus?

(10 p)

Butaanhape (C_3H_7COOH) on nõrk monoproteonne orgaaniline hape, mille dissotsiatsioonikonstant $K_a = 1,51 \cdot 10^{-5}$. $35,00 \text{ cm}^3$ 0,500 M butaanhappe lahust tiitriti 0,200 M NaOH lahusega. Ülesande lahendamisel on abiks järgmised valemid:

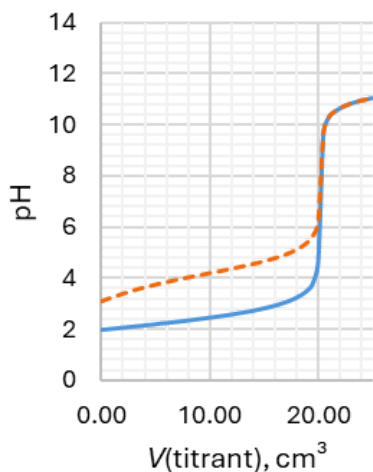
$$pH + pOH = 14 \quad K_w = K_a \cdot K_b = 1,0 \cdot 10^{-14} \quad pK_a = -\log(K_a)$$

K_w on veeioonkorrutis, mis võrdub happe dissotsiatsioonikonstandi K_a ja aluse dissotsiatsioonikonstandi K_b korrutisega.

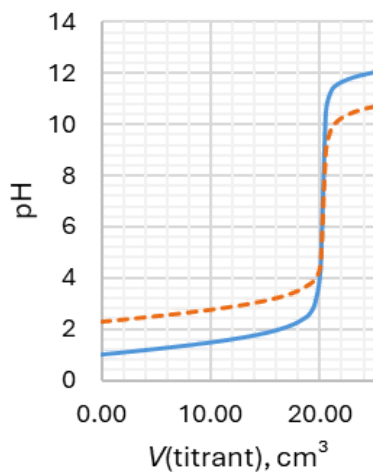
- a) Arvuta i) happelahuse pH väärtus enne tiitrimist ja ii) butaanhappe dissotsiatsioonimäär α (%) lahuses. (2)
b) Arvuta tiitritava lahuse pH pärast $10,00 \text{ cm}^3$ NaOH lahuse lisamist. (2,5)
c) Arvuta tiitritava lahuse pH poolneutraisatsioonipunktis, kus titrandiga on ära reageerinud täpselt pool happelahuses sisalduvast hapest. (0,5)
d) Arvuta, mitu cm^3 NaOH lahust kulub stöhhiomeetriapunktini jõudmiseks. (0,5)
e) Arvuta tiitritava lahuse pH stöhhiomeetriapunktis. (2,5)
f) Vali, milline järgmistest tabelis toodud indikaatoritest sobib antud happe-aluse tiitrimise läbiviimiseks kõige paremini. (0,5)

Indikaator	Metüülpunane	Fenoolpunane	Fenoolftaleiin	Alisariinkollane
pK_a	5,0	7,9	9,4	11,2
Pöördeala (pH)	4,8–6,0	6,6–8,0	8,2–10,0	10,1–12,0

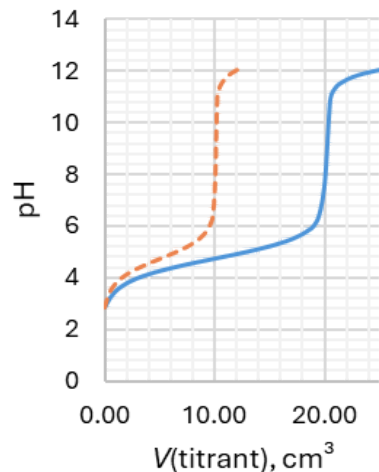
Järgnevalt on kujutatud erinevaid happe-aluse tiitrimiskõverate graafikuid.



Graafik A



Graafik B



Graafik C

- g) Määra, millisel graafikul (A–C) on kujutatud: (1,5)
- sama kontsentratsiooniga erinevate monoproteonsete hapete lahuste tiitrimist;
 - ühe ja sama, kuid erineva kontsentratsiooniga monoproteonse happe lahuste tiitrimist;
 - ühe ja sama kontsentratsiooniga monoproteonse happe lahuste tiitrimist eri kontsentratsiooniga titrandiga.

5. Süsinikterase korrosioon

(10 p)

Tuumaelektrijaamades olevate sekundaarsete jahutussüsteemide süsinikterasest valmistatud torude pinnale tekkinud magnetiit (Fe_3O_4) on üks peamisi seda tüüpi torude korrosioonil tekkivatest ühenditest. Selleks, et paremini mõista, kuidas magnetiit torude edasist korrosiooni mõjutab, tuleb uuritavad detailid katta tehiskult magnetiidikihiga. Magnetiiti sünteesitakse tavaliselt elektrokeemiliselt detailide pinnale. Selleks valmistatakse spetsiaalne lahus, mis sisaldab $0,090 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} Fe^{3+}$ ioone, $0,10 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ trietanoolamiini (TEA) (selleks, et Fe^{3+} ioonid aluselises keskkonnas lahuses püsiks) ja $2,0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} NaOH$. See lahus kuumutatakse $80^\circ C$ -ni ning detail, mis soovitakse magnetiidiga katta, võetakse katoodiks. Katoodi pinnal redutseeruvad Fe^{3+} ioonid Fe^{2+} ionideks, mis hiljem moodustavad magnetiidi. Anoodiks võetakse tavaliselt mõni inertne materjal, näiteks grafiit, mille pinnal oksüdeeruvad hüdroksiidioonid.

- a) Kirjuta, millise laenguga (+ või –) on elektrolüüsiseadmes i) anood ja ii) katood. (0,5)
- b) Kirjuta: (1)
- anoodil toimuva hüdroksiidioonide oksüdeerumise poolreaktsioon;
 - $Fe(TEA)^{3+}$ kompleksi redutseerumise poolreaktsioon katoodil (arvesta, et saadustes raud kompleksi ei moodusta).
- c) Lõpeta ja tasakaalusta magnetiidi tekkereaktsiooni taandatud ioonvõrrand. (1)
- $$\dots Fe(TEA)^{3+} + \dots OH^- + \dots Fe^{2+} \rightarrow \dots TEA + \dots$$

- d) Arvuta, mitu grammi $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$, $NaOH$ ja TEA ($M = 149,2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) on vaja võtta, et valmistada $0,75 \text{ dm}^3$ magnetiidi sünteesimiseks vajaminevat lahust. (2)

Ühe detaili testimiseks peab selle katma $100 \mu m$ paksuse magnetiidikihiga. Detaili pindala on 30 cm^2 .

- e)** Arvuta, mitu mooli magnetiiti ($\rho = 5,00 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) on vaja sünteesida, et valmistada $100 \text{ }\mu\text{m}$ paksusega kihti. (1,5)

Antud detaili katmiseks otsustati kasutada katoodil voolutihedust $0,2 \text{ A}\cdot\text{dm}^{-2}$. Raku keskmine pinge $U_{(\text{rakk})}$ oli katmise ajal $1,25 \text{ V}$.

- f)** Arvuta, mitu tundi kulub, et detailile moodustuks $100 \text{ }\mu\text{m}$ paksune kiht magnetiiti. (2)

- g)** Arvuta, mitu vatt-tundi ($\text{W}\cdot\text{h}$) energiat kulus katmise ajal, eeldades, et pinge ja vool on konstantsed kogu katmise aja. Kasuta seost $E = I \cdot U \cdot t_{(\text{h})}$. (0,5)

- h) i)** Kirjelda, millised kõrvalreaktsioonid võivad katoodil aset leida, kui katmise ajal kasutatakse liiga suurt voolutihedust. (0,5)

- ii)** Kirjuta alapunktis **h) i)** kirjeldatud poolreaktsioonide võrrandid. (1)