

2025/26. õa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesanded
9. klass

1. Ballieelne keemiatest

(11 p)

Ühel udusel hommikul ärkas Tuhkatriinu teadmise, et täna õhtul toimub kuningalossis suur ja uhke ball. Kui kasuema oli teada saanud, et Tuhkatriinu tahab tulla ballile, andis ta Tuhkatriinule rea ülesandeid. „Kui suudad need kõik ilusasti enne südaööd ära teha, võid ka ise ballile tulla,“ ütles kasuema külmalt naeratades. Ometi otsustas Tuhkatriinu proovida. Esimene ülesanne oli puhastada tuhmunud, oksiidikihi kaetud esemed.

a) Liigita järgmised oksiidid **i)** happeliste, **ii)** aluseliste, **iii)** amfoteersete või **iv)** neutraalsete oksiidide hulka: NO, Rb₂O, ZnO, FeO, SeO₂, SiO₂, CO, Al₂O₃. (2)

Teiseks ülesandeks oli raamaturiulitelt tolmu pühkimine. Tuhkatriinu märkas, et mitmel raamatul olid kirjas keemilised sümbolid C, O, N ja H.

b) Joonista **i)** metüülamiini CH₃NH₂ ja **ii)** karbonüüldiisotsüanaadi CO(NCO)₂ tasapinnalised struktuurivalemid, näidates selgelt kõiki keemilisi sidemeid. (2)

Kolmandaks ja viimaseks ülesandeks pidi Tuhkatriinu mõtlema välja, kuidas puhastada oma kasuema ja kasuõdede ehteid.

c) Määra järgmistes ühendites väärismetalli aatomite (keskmine) oksüdatsiooniaste: (2)
i) Al₂(PdCl₄)₃, **ii)** Ca[Au(NO₃)₄]₂, **iii)** H₂PtCl₆·6H₂O, **iv)** Ag₃O₄.

Kui Tuhkatriinu oli kõik ülesanded täitnud ja valmistus balliks, kuulis ta koputust uksele. Ukse taga oli vanamemm, kes palus lonksu suhkruvett ja tükikest leiba. Tuhkatriinul polnud suhkruvett, seega tuli tal see ise valmistada.

d) Teisenda ühikud: (1)

i) 14,5 µmol/cm³ = ... kmol/dm³

ii) 4,4 g/mol = ... cg/kmol

e) Arvuta, mitu teelusikatäit suhkrut (C₁₂H₂₂O₁₁) tuleb Tuhkatriinul lisada ühele liitrile veele, kui 100 ml suhkruvett sisaldab 0,012 mol suhkrut. Eeldame, et suhkru lisamisel veele lahuse ruumala ei muutu. Arvesta, et 1 tl = 5 g. Vastus esita täisarvuna. (1)

Kui Tuhkatriinu oli vanamemmele toitu ja jooki andnud, selgus, et tegemist oli tema haldjast ristiemaga. Tänutäheks kinkis ristiema talle erilised kingad. Levinud arvamuse järgi olid need valmistatud klaasist, täpsemalt kristallklaasist ehk pliiklaasist. Vanasti saadi kristallklaasi peamiselt plii(II)oksiidist ning ränidioksiidist, kuid see võis lisaks sisaldada ka kaaliumoksiidi ja alumiiniumoksiidi.

f) Määra, millised eelnevalt mainitud kristallklaasi oksiidid reageerivad fosforhappega. Juhul, kui reaktsioon toimub, kirjuta selle tasakaalustatud reaktsioonivõrrand. (3)

2. Roostevabast terasest segisti

(10 p)

Juta köögikraanil on roostevabast terasest segisti, mis koosneb peamiselt kolmest 4. perioodi metallist **A** ($w_{\text{teras}} = 70\%$), **B** ($w_{\text{teras}} = 18\%$) ja **C** ($w_{\text{teras}} = 8\%$). Metalle **B** ja **C** leidub ka kahes segisti kattekihis, mis kaitsevad terast korrosiooni eest. On teada, et metallide **B** ja **C** aatommasside suhe $A_B : A_C = 1 : 1,129$. Juta otsustas segistilt katlakivi eemaldamiseks kasutada tugeva mineraalhappe **X** lahjendatud lahust. Kogu katlakivi sai küll eemaldatud (**reaktsioon 1**), kuid selle käigus oli hape **X** kahjustanud kõige peamist metalli **B** kaitsekihti (**reaktsioon 2**), mis sisaldas ka metalli **B** oksiidi **Y** (**reaktsioon 3**). **Reaktsioonides 2 ja 3** tekkivates soolades on metalli **B** oksüdatsiooniaste ühe ühiku võrra erinev ning soolade molaarmassid on vastavalt $M_2 = 122,90$ g/mol ja $M_3 = 158,35$ g/mol.

a) Tuvasta teksti ja arvutuste abil metallid **A–C** ning kirjuta nende sümbolid. (2)

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

Juta juhtunud ei mõistnud ning arvas, et tekkinud helehallid plekid olid jätkuvalt katlakivi, seega võttis ta kasutusele teise tugeva mineraalhappe **K** lahuse. Kallanud lahjendatud happe lahust segistile, mõistis ta oma viga – hape oli jõudnud metallini **A**. Metall **A** moodustas happega **K** reageerimisel soola **M**. Sool **M** võib oksüdeeruda õhuhapniku ja happe **K** toimel edasi ka soolaks **N** ($w_A = 27,93\%$).

c) Tuvasta (arvutuste abil) ühendid **K**, **M** ja **N**. (2,5)

d) Kirjuta reaktsiooni $M + K + O_2 \rightarrow N + \dots$ tasakaalustatud võrrand. (1)

Enne segisti “terroriseerimist” kasutas Juta hapet **X** ka metallist **A** valmistatud kuivatusresti puhastamiseks oma vannitoas, sest kuivatusresti pind oli õhu käes kattunud oksiidiga **L**.

e) Kirjuta ja tasakaalusta oksiidi **L** ning happe **X** vahel toimuva reaktsiooni võrrand. (1)

f) Too näide ühest tegurist, mis võib antud juhul vannitoas kuivatusresti pinna oksüdeerumist kiirendada. (0,5)

3. Hommikune mõistatus

(9 p)

Keemik jättis õhtul praktikandile ülesandeks valmistada 6 aine lahused, mida järgmisel päeval katsete jaoks tarvis läheb. Järgmisel hommikul tööle tulles avastas ta, et praktikant oli unustanud lahuste pudelikestele peale kirjutada, mis ainet lahused sisaldavad. Keemik teadis, et pudelites peavad olema ammoniumkloriidi, plii(II)nitraadi, naatriumhüdroksiidi, kaaliumjodiidi, magneesiumsulfaadi ja väävelhappe lahused. Selleks, et teada saada, millises pudelis iga lahus asub otsustas ta nummerdada ära kõik pudelid ja viia nendega läbi tilkreaktsioonid. Järgnevas tabelis on antud kõikide reaktsioonide tulemused. Märge “↑” tähendab, et reaktsioonis eraldus gaas, märge “↓” näitab, et reaktsioonis tekkis sade ning “–” tähendab, et reaktsiooni ei toimu.

	1	2	3	4	5	6
1		–	–	–	–	↓ kollane
2	–		–	–		↓ valge
3	–	–		–	↑	↓ valge
4	–	–	–		↓ valge	↓ valge
5	–		↑	↓ valge		↓ valge
6	↓ kollane	↓ valge	↓ valge	↓ valge	↓ valge	

a) Tuvasta pudelites 1–6 olevad ained. Kirjuta ainete valemid. (6)

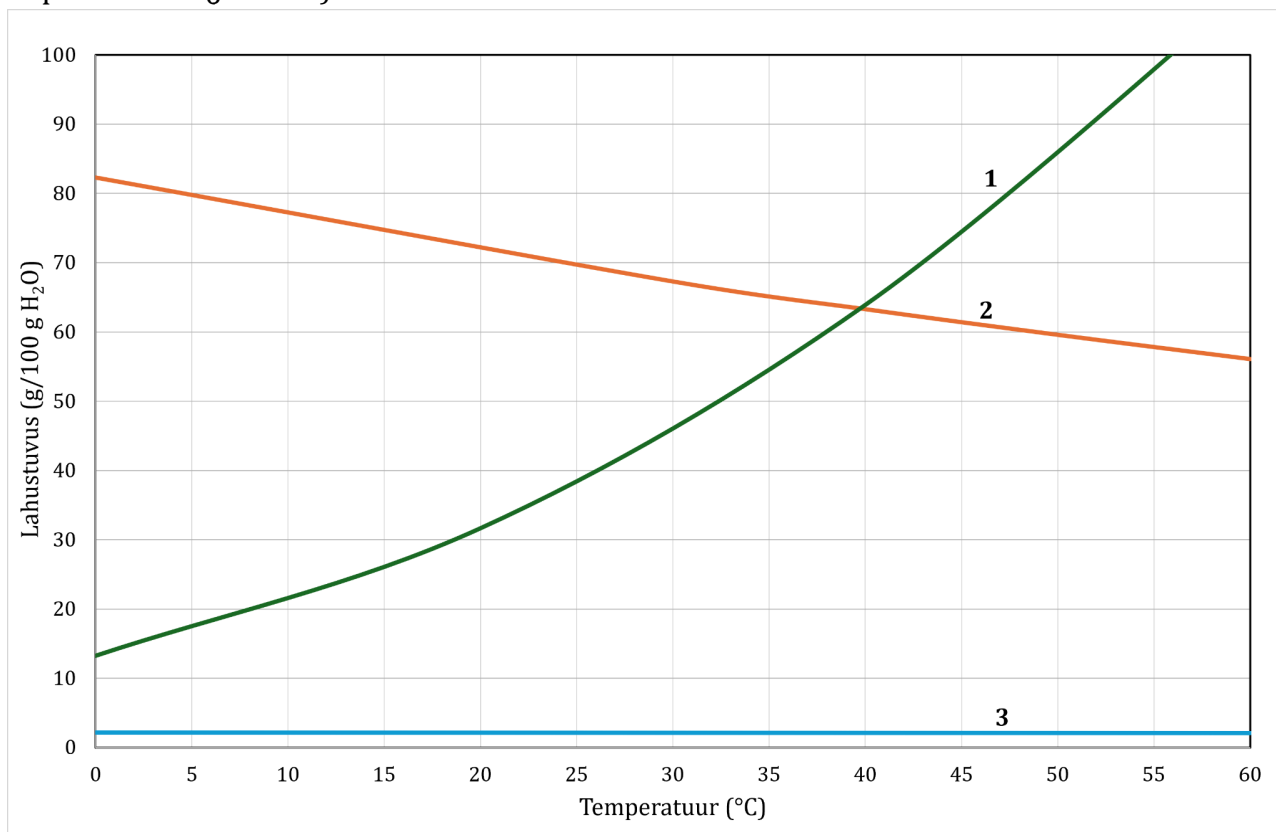
b) Kirjuta ja tasakaalusta järgmistes pudelites olevate lahuste kokkuvalamisel toimuvate reaktsioonide võrrandid: i) 3 ja 5, ii) 4 ja 5. (2)

c) Milliste oksiidide reaktsioonil veega saadakse i) väävelhape ja ii) naatriumhüdroksiid? Kirjuta vastavate oksiidide valemid. (1)

4. Suur segadus

(10 p)

Paljud keemilised reaktsioonid toimuvad ainult lahustunud ainetega, mistõttu peab iga keemik arvestama reagentide lahustuvusega. Lahustuvus näitab, mitu grammi ainet lahustub maksimaalselt antud lahusti 100 g kohta. Peale aine ja lahusti iseloomu sõltub lahustuvus ka temperatuurist (Joonis 1).



Joonis 1. Erinevate ühendite lahustuvuskõverad.

- a) Sea vastavusse Joonisel 1 näidatud lahustuvuskõverad 1–3 järgmiste ainetega: (1,5)
HCl, KNO₃, Ca(OH)₂.

Järgnevate ülesannete lahendamisel eelda, et temperatuur laboris on 20 °C.

Grete tahtis läbi viia reaktsiooni naatriumkloriidiga. Selle reaktsiooni jaoks oli tal vaja valmistada 250,0 cm³ 10,00%-list NaCl lahust (ρ = 1,1071 g/cm³).

- b) Arvuta, mitu grammi NaCl peab Grete kaaluma, et saada soovitud kontsentratsiooniga lahus. (1)

- c) Arvuta i) NaCl ja ii) H₂O molaarne kontsentratsioon (mol/dm³) saadud lahuses. (2)
Vajaliku massi arvutamise järel avastas Grete, et tahket soola tal pole. Jäi üle valmistada lahus küllastunud NaCl lahusest (ρ = 1,201 g/cm³) ja 5,00%-lisest NaCl lahusest (ρ = 1,034 g/cm³). NaCl lahustuvus temperatuuril 20 °C on 35,8 g/100 g H₂O.

- d) Arvuta, mitu cm³ küllastunud ja mitu cm³ 5,00%-list lahust peab Grete kokku segama, et saada 250 cm³ 10,0%-list NaCl lahust. Vihje: ära unusta arvestada summaarse ruumala muutusega lahuste segamisel. (3)

Lõpuks oli lahus reaktsiooniks valmis. 200 cm³ 10,0%-lisele NaCl lahusele lisati stöhhiomeetrilises koguses AgNO₃.

- e) Arvuta, mitu Ag⁺-iooni lisati reaktsioonisegusse. $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ 1/mol. (1,5)
Lahustuvustabelist leiab palju aineid, mis vees “ei lahustu”. Tegelikult on need ained küll mingil määral lahustuvad, ent lahustunud osa on praktikas arvestamiseks liiga väike. Raskelahustuvate ühendite lahustuvust iseloomustab lahustuvuskorrutis K_L , millel väärtus on igal temperatuuril konstantne (muutumatu). AgCl puhul väljendatakse K_L järgmise võrrandiga, kus [Ag⁺] ja [Cl⁻] on vastavate osakeste molaarne kontsentratsioon:

$$K_L = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = 1,77 \cdot 10^{-10}$$

Kuna lahustuvuskorrutise väärtus on kindla temperatuuri juures konstantne, saab selle järgi leida, kui suur on hõbeioonide kontsentratsioon kindla kloriidioonide kontsentratsiooni juures.

- f) Arvuta Ag^+ ja Cl^- molaarne kontsentratsioon (mol/dm^3) punktis e) saadud reaktsioonisegus. (1)

5. Kihisevad tabletid

(10 p)

Paljud vees lahustuvad toidulisandite (nt vitamiinide) tabletid hakkavad vette lisamisel kihisema. See on tingitud tablettides sisalduva sidrunhappe ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) ja söögisooda ehk naatriumvesinikkarbonaadi (NaHCO_3) reageerimisest, mille käigus tekib naatriumtsitraat ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$), vesi ja gaas **X** (reaktsioon 1).

Keemia huviline Juta tahtis tekkinud gaasi koguda. Selleks võttis ta 20,0 g tablette, mis sisaldavad massi järgi 35,0% sidrunhapet ja 45,9% söögisoodat. Tablettide täielikul "lahustumisel" tekkis normaaltingimustes 2,45 dm^3 gaasi **X**, 9,40 g naatriumtsitraati ja 1,97 g vett.

- a) i) Määra *arvutuste abil* gaasi **X** molaarmass (g/mol). Eelda, et sidrunhape ja söögisooda reageerivad täielikult. $V_m = 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$. (1)

- ii) Kirjuta ja tasakaalusta **reaktsiooni 1** võrrand. (1)

Teades nüüd gaasi valemit, hakkas Juta mõtlema, kas ta saaks välja arvutada eralduva gaasi ruumala happe-aluse neutralisatsioonireaktsiooni kaudu. Selleks kordas ta katset sama koguse tablettidega ja suunas tekkinud gaasi 400 cm^3 0,300 mol/dm^3 Ba(OH)_2 lahusesse, mille tulemusel tekkis valge sade (**reaktsioon 2**). Sade eraldati ja lahuses reageerimata jäänud Ba(OH)_2 neutraliseeriti 26,25 cm^3 0,800 mol/dm^3 HCl lahusega (**reaktsioon 3**).

- b) i) Kirjuta ja tasakaalusta **reaktsioonide 2 ja 3** võrrandid. (2)

- ii) Arvuta Ba(OH)_2 hulk 400 cm^3 0,300 mol/dm^3 baariumhüdroksiidi lahuses. (0,5)

- iii) Arvuta Ba(OH)_2 hulk, mis reageeris HCl lahusega. (1)

- iv) Arvuta baariumhüdroksiidi lahusesse juhitud gaasi **X** ruumala (dm^3). (1)

Juta tahtis tsitraatid lahusest välja sadestada. Selleks lahjendas ta 20,0 g tablettide "lahustamisel" valmistatud lahuse 500 cm^3 -ni. Järgmiseks võttis Juta 200 cm^3 lahjendatud lahust ja lisas teatud koguse CaCl_2 , misjärel sadenesid tsitraatsioonid lahusest kaltsiumtsitraadina välja (**reaktsioon 4**). Eraldunud sade filtreeriti.

- c) i) Arvuta naatriumtsitraadi molaarne kontsentratsioon (mol/dm^3) lahjendatud lahuses. (0,5)

- ii) Kirjuta ja tasakaalusta **reaktsiooni 4** võrrand. (1)

- iii) Arvuta, mitu mooli kaltsiumtsitraati tekkis. (0,5)

- iv) Arvuta, mitu mitu mooli Na^+ -ioone jäi lahusesse peale sademe teket. (0,5)

Lisaks märkas Juta, et tablettide lahustumisel langes lahuse temperatuur – algselt oli lahuse temperatuur 25 °C ja pärast reaktsiooni toimumist 23,2 °C.

- d) Määra, kas tablettide "lahustumine" oli ekso- või endotermiline. Eksotermilise protsessi käigus eraldub energia ümbritsevasse keskkonda, kuid endotermilises protsessis neeldub energia ümbritsevast keskkonnast. (0,5)

Tabletid, millega Juta katset läbi viis, sisaldasid C-vitamiini ehk askorbiinhapet. Euroopas on soovituslik minimaalne päevane C-vitamiini annus 80,0 mg. Ühe tableti mass on 2,50 g ja tablett sisaldab seejuures 500 $\cdot 10^{-6}$ kg askorbiinhapet.

- e) Arvuta, mitu korda ületab Juta 20 tabletit valmistatud lahus soovituslikku C-vitamiini minimaalset päevast annust. (0,5)