

**2020/2021. õa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesanded**  
**9. klass**

**Ülesanne 1. Sünnipäev (10 p)**

- a) Uudishimulik Cho valmistas oma sünnipäevalistele morssi. Esimesel katsel tuli suhkrusiirupi lahus liiga magus ning teisel katsel liiga lahja. Arvuta lahuse suhkrusisaldus (massiprotsentides), kui Cho valas kokku 500 grammi 20%-list ja 1,00 kilogrammi 5,0%-list suhkrulahust. (2)
- b) Vanemad üllatasid Chod uhke tordiga, mis oli kaunistatud elemente C, H ja O sisaldavate ühendite struktuurivalemitega. Joonista  $\text{CO}(\text{OH})_2$  ja  $\text{CH}_3\text{OH}$  struktuurivalemid. (2)
- c) Cho sai kingiks pH-meetri, mida ta oli juba ammu soovinud. Cho lisas vette järgmisi aineid:  $\text{BaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{CsOH}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Ar}$ .  
Seejärel mõõtis Cho pH iga aine ja vee segamisel moodustunud segus. Kirjuta ainete valemid, mis andsid **i)** happelise ja **ii)** aluselise keskkonna. (2)
- d) Lisaks sai ta sünnipäevakingiks mõõtesilindri. Seda kasutas ta rohkem leitud vesinikperoksiidi ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) lagundamisel eralduva hapniku ruumala määramiseks. Lisaks hapnikule tekib  $\text{H}_2\text{O}_2$  lagunemisel vesi.  
**i)** Kirjuta ja tasakaalusta  $\text{H}_2\text{O}_2$  lagunemise reaktsioonivõrrand. (1)  
**ii)** Arvuta  $\text{H}_2\text{O}_2$  esialgne massiprotsendiline sisaldus vesilahuses, kui 7,50 g lahusest eraldus toatemperatuuril  $79 \text{ cm}^3 \text{ O}_2$  ( $V_m = 24,0 \text{ dm}^3/\text{mol}$ ). (3)

**Ülesanne 2. Heitgaasid (10 p)**

Tööstusprotsessides ja kütuste põlemisel tekib heitgaase. Heitgaasid põhjustavad mitmeid keskkonnaprobleeme, näiteks globaalne soojenemine ja happelihmad. Lisaks kahjustavad need elusorganismide tervist. Oksiidid **A–E** on levinud heitgaasid, kusjuures **A** ja **B** sisaldavad sama mittemetallilist elementi **X**. Ühendid **A** ja **C** on neutraalsed oksiidid, **B**, **D** ja **E** on happelised oksiidid. Tabelis on toodud hapniku massiprotsendilised sisaldused ( $w_0$ ) oksiidides.

Ühend	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
$w_0$ (%)	57,1	72,7	53,3	69,6	50,0

Oksiid **A** on mürgine gaas, mis takistab inimese kehas hapniku transporti. Oksiidi **B** lahustumisel vees tekib nõrk hape **F** (**reaktsioon 1**). **B** lahuseid toodetakse väga palju toiduainetööstuses. Oksiidi **D** reageerimisel kuuma veega tekivad hape **G** ja oksiid **C** (**reaktsioon 2**). Hapet **G** kasutatakse keemiatööstuses väga palju ning selle kogutoodangust umbes 75% kulub väetiste tootmiseks. Oksiidi **E** kasutatakse koos vee ja hapnikuga tugeva happe **H** tööstuslikul tootmisel (summaarne **reaktsioon 3**). Hapet **H** kasutatakse nt pliiakudes, aga ka oksiidi **I** ( $w_0 = 68,94\%$ ) tootmiseks. Oksiidil **I** on mitmeid rakendusalasid: klaasitööstus, keraamika, valgusjuhtmete valmistamine jne.

- a) **i)** Kirjuta oksiidide **A–E** valemid. (5)  
**ii)** Tuvasta arvutustega oksiidi **I** valem. (2)
- b) Kirjuta ja tasakaalusta **reaktsioonide 1–3** võrrandid. (3)

**Ülesanne 3. Keemilised vulkaanid (10 p)**

Keemiaõpetaja soovis korraldada 9. klassi õpilastele põneva tunni ning otsustas demonstreerida erinevaid keemilisi "vulkaane". Kooli keemialabori kappidest leidis ta ühendid  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Fe}$  (puru),  $\text{KNO}_3$  ja  $\text{KClO}_3$  ning pudeli äädikhappe ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) vesilahusega. Õpetajate kohvinurgast laenas ta topsi suhkruga ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ).

- a) Määra **rasvases kirjas** kirjutatud elemendi oksüdatsiooniaste (o.a) vastavas ühendis. (2)

Elemendi o.a				
Ühendi valem	$\text{KNO}_3$	$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{KClO}_3$	$\text{NaHCO}_3$

Õpetaja viis vulkaanipursked tõmbekapis läbi ning toimunud reaktsioonide kohta tegid õpilased järgmisi tähelepanekuid:

**Reaktsioon 1:** õpetaja segas vulkaani lähteained omavahel hoolikalt kokku ning süütas saadud segu Bunseni põletiga. Vulkaanipurse tekitas hulga sädemeid ja suitsu.

**Reaktsioon 2:** vulkaani “käivitamiseks” piisas lähteainete kokku segamisest. Reaktsiooni toimudes hakkas vulkaan intensiivselt mullitama ja vahutama.

**Reaktsioon 3:** vulkaanipurske esilekutsumiseks süütas õpetaja lähteaine Bunseni põletiga. Sädemeid pilduvas purskes tekkis tumeroheline pulbriline tahkis.

**Reaktsioon 4:** õpetaja segas vulkaani valmistamiseks kokku väikese koguse kumbagi lähteainet ning tilgutab saadud segule paar tilka kontsentreeritud väävelhapet. Toimus intensiivne heleda leegiga reaktsioon.

Et õpilased tunnist ka uusi teadmisi kaasa võtaksid, koostas õpetaja reaktsioonide kohta tabeli.

**b)** Täida tabeli tühjad lahtrid vulkaanide **reaktsioonide 1–4** lähteainete ja saaduste valemitega. Igasse lahtrisse tuleb kirjutada ainult ühe aine valem ning mõned ühendid on juba ka tabelisse kantud. (6)

*Vihjed: 1) iga lähteainet kasutatakse vaid üks kord; 2) kuus tühja saaduste lahtrit sisaldavad oksiide, kaks soolasid ning üks gaasilist lihtainet, 3) kokku on tabelist puudu kolme erineva mittemetallilise elemendi oksiidid, milles hapnikuga seotud elemendi o.a on vastavalt I, II ja IV.*

	Lähteaine 1	Lähteaine 2	Saadus 1	Saadus 2	Saadus 3
<b>Reaktsioon 1</b>				K <sub>2</sub> FeO <sub>4</sub>	
<b>Reaktsioon 2</b>					
<b>Reaktsioon 3</b>					Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>Reaktsioon 4</b>					

**c)** Selgita lühidalt, miks viis õpetaja reaktsioonid läbi tõmbekapis. (1)

**d)** Nimeta veel kaks ohutusnõuet, mida õpilased ja õpetaja pidid kindlasti järgima. (1)

#### Ülesanne 4. Völtskuld (10 p)

Laborisse saabus analüüsimiseks metallitükk, mis väidetavalt oli Au ja Cu sulam. Laboris mõõdeti selle ruumala (667,6 cm<sup>3</sup>) ja mass (10,00 kg) ning arvutati tiheduse järgi eeldatav kullasisaldus karaatides, kasutades valemit:

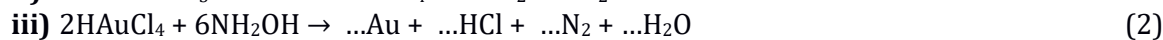
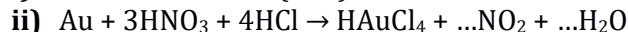
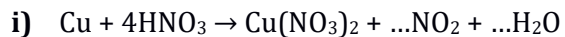
$$\frac{1}{\rho(\text{sulam})} = \frac{K(\text{Au})}{24} \cdot \left( \frac{1}{\rho(\text{Au})} - \frac{1}{\rho(\text{Cu})} \right) + \frac{1}{\rho(\text{Cu})}$$

$\rho(\text{Au}) = 19,30 \text{ g/cm}^3$ ,  $\rho(\text{Cu}) = 8,96 \text{ g/cm}^3$  ja  $K(\text{Au})$  on sulami kullasisaldus karaatides. Karaat on puhtuse mõõtühik: 24 karaati vastab 100% puhtale metallile ja 1 karaat vastab  $\frac{1}{24} \cdot 100\% \approx 4\%$  metalli massiprotsendile.

**a)** Arvuta metallitüki tiheduse järgi selle kullasisaldus karaatides. (2)

Sulami värvus ei vastanud punktis **a)** arvutatud kullasisaldusele, mistõttu viidi täpse koostise määramiseks läbi keemiline analüüs. Selleks pandi sulamitüki pinnast võetud proov (20,0 mg) reageerima kuningveega. Seejärel sadestati lahusesse viidud kuld. Sadestunud kulla mass oli 10,0 mg.

**b)** Tasakaalusta toimunud reaktsioonide võrrandid, kirjutades puuduvad kordajad.



**c)** Arvuta sulamitüki pinnast võetud proovi kullasisaldus massiprotsentides. (1)

Pärast metallitüki pooleks lõikamist selgus aga, et antud Au–Cu sulam oli vóltsing, sest selles olid tantaalist vardad. Tantaal on kullast tunduvalt odavam metall ning lisaks vastab selle tihedus ( $\rho(\text{Ta}) = 16,65 \text{ g/cm}^3$ ) umbes 21-karaadisele Au–Cu sulamile, mistõttu oli seda kasutatud sulami tegeliku kullasisalduse  $K(\text{Au})$  vähendamiseks.

**d)** Arvuta laborisse saabunud kogu metallitüki tegelik  $K(\text{Au})$  ning vase ja tantaali massiprotsendiline sisaldus selles. (5)

#### Ülesanne 5. Vahuvein (10 p)

Suletud vahuveinipudel on suur CO<sub>2</sub> osarõhk ( $p(\text{CO}_2)_{\text{pudel}}$ ), mis väheneb järsult pärast pudeli

avamist. CO<sub>2</sub> osarõhk näitab, millist rõhku avaldab gaaside segus CO<sub>2</sub>. Koos rõhu alanemisega väheneb ka CO<sub>2</sub> lahustuvus, mistõttu tekivad veinis CO<sub>2</sub> mullid ning vahune jook pritsib pudeli avamisel koos mullidega välja. Samal ajal langeb  $p(\text{CO}_2)_{\text{pudel}}$  CO<sub>2</sub> osarõhuni atmosfääris ( $p(\text{CO}_2)_{\text{atm}} = 0,0004 \text{ atm}$ ). Tavalises vahuveinipudelis sisaldub 7,5 g CO<sub>2</sub> ja 0,75 dm<sup>3</sup> vahuveini.

- a)** Arvuta 7,5 g CO<sub>2</sub> ruumala normaaltingimustes ( $V_m = 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$ ). (1)  
**b)** Mitu korda on alapunktis **a)** arvatud gaasilise CO<sub>2</sub> ruumala suurem vahuveini ruumalast pudelis? (1)

Vahuveini valmistamine koosneb kahest kääritusetapist. Käärimisprotsessi käigus muudab pärm lihtsuhkru (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) etanooliks (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) ja süsihappegaasiks. Esimeses kääritusetapis toimub käärimine avatud anumal ning kogu tekkinud CO<sub>2</sub> lendub minema. Teist kääritust viiakse läbi aga suletud pudelis, seega kogu tekkinud CO<sub>2</sub> jääb pudelisse, kus käärimisel tekkiva CO<sub>2</sub> mõjul hakkab rõhk kasvama.

- c)** Kirjuta käärimisel toimuva reaktsiooni tasakaalustatud võrrand. (1)  
**d)** Arvuta lihtsuhkru mass, mida on vaja kääritamise **i)** teises ja **ii)** esimeses etapis, et saada vahuvein, mis sisaldab 7,5 g CO<sub>2</sub> ja 74 g etanooli. (3)

Gaaside lahustuvust vedelikes kirjeldab Henry seadus. Mida suurem on gaasi osarõhk ( $p$ , atm) vedeliku kohal, seda suurem on selle gaasi lahustuvus ( $c$ , g/dm<sup>3</sup>) vedelikus:  $c = K_H \cdot p$ , kus  $K_H$  on Henry konstant, mis CO<sub>2</sub> puhul sõltub temperatuurist järgmiselt:

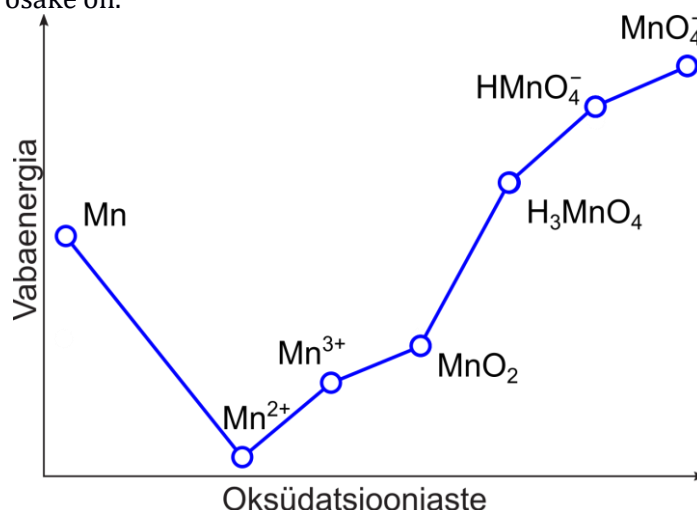
Temperatuur (°C)	10	15	20	25
Henry konstant $\left(\frac{\text{g}}{\text{dm}^3 \cdot \text{atm}}\right)$	2,07	1,73	1,44	1,21

- e)** Arvuta  $p(\text{CO}_2)_{\text{pudel}}$  ehk gaasilise CO<sub>2</sub> osarõhk suletud pudeli kaelas vedeliku kohal, kui 10 °C juures on 0,75 dm<sup>3</sup> vahuveinis lahustunud 7,4 g CO<sub>2</sub>. (1)  
**f)** Arvuta CO<sub>2</sub> lahustuvus vahuveinis, mis on üleöö seisnud avatud pudelis toatemperatuuril (20 °C). Eelda, et  $p(\text{CO}_2)_{\text{pudel}}$  on langenud  $p(\text{CO}_2)_{\text{atm}}$ -ni. (1)  
**g)** Vali ülaltoodud tabelist temperatuur mille juures pudelit avades **i)** pritsiks kõige rohkem vahuveini pudelist välja ja **ii)** tekiks ilus vaht ilma joogi pritsimiseta. Põhjenda vastust. (2)

## Ülesanne 6. Mangaani ja reenumi keemia (20 p)

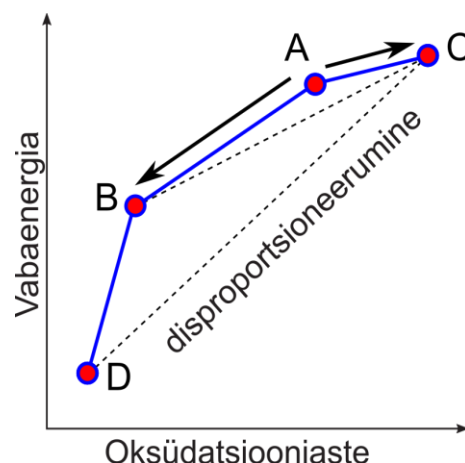
### I osa — Mangaan

Elemendi redoksomaduste kirjeldamiseks saab kasutada Frosti diagrammi, mis iseloomustab erinevates oksüdatsiooniastmetes elementi sisaldavate osakeste stabiilsust. Mida madalam on vastavas oksüdatsiooniastmes (o.a, x-teljel) elementi sisaldava osakese vabaenergia (y-teljel), seda stabiilsem see osake on.



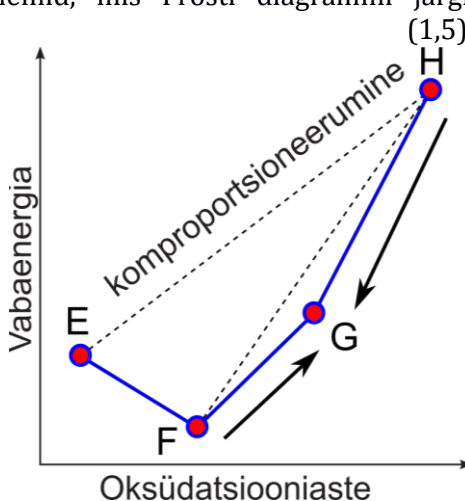
- a)** Tuvasta mangaani ja selle ühendeid kirjeldava Frosti diagrammi abil mangaani stabiilseim oksüdatsiooniaste vesilahuses. (0,5)

Kasutades Frosti diagrammi, on võimalik ennustada, kuidas elemendi o.a võib reaktsioonides muutuda. *Disproportsioneerumine* on redoksreaktsioon, kus sama element üheaegselt nii oksüdeerub kui ka redutseerub ehk reaktsiooni käigus moodustub lähteainest kaks saadust, millest ühes on vaadeldava elemendi o.a kõrgem ja teises madalam kui lähteaines. Nt  $S_2^{II}O_3^{2-} + H^+ \rightarrow S^0 + HS^{IV}O_3^-$ . Kui diagrammil paikneb mingi osake kahte osakest ühendavast sirgest kõrgemal, siis see osake disproportsioneerub ja moodustuvad need kaks sirgel paiknevat osakest (vt kõrvalolevat joonist). Nt joonisel võib ühend **A** *disproportsioneeruda* **B**-ks ja **C**-ks või **D**-ks ja **C**-ks.



**b)** Kirjuta kõikide mangaani sisaldavate osakeste valemid, mis Frosti diagrammi järgi disproportsioneeruvad.

Kui leidub kahte osakest ühendavast sirgest madalamal paiknev osake, siis need kaks osakest reageerivad omavahel, andes sirgest madalamal paikneva osakese. Tegu on *komproportsioneerumisega* (vt kõrvalolevat joonist). Komproportsioneerumine on redoksreaktsioon, kus kahest sama elementi erinevas o.a-s sisaldavast lähteainest tekib üks saadus, kusjuures ühes lähteaines on vaadeldava elemendi o.a kõrgem ja teises madalam kui saaduses. Nt  $I^{IV}O_3^- + 5I^- + 6H^+ \rightarrow I_2^0 + 3H_2O$ . Nt joonisel võivad **F** ja **H** *komproportsioneeruda* **G**-ks ning **E** ja **H** võivad komproportsioneeruda **F**-ks või **G**-ks.



**c)** Määra iga osakese jaoks Frosti diagrammil, mitme komproportsioneerumisreaktsiooni (tabelis: reaktsioonide arv) käigus antud osake tekkida saab. Täida tabel. (3,5)

Osake	Mn	Mn <sup>2+</sup>	Mn <sup>3+</sup>	MnO <sub>2</sub>	H <sub>3</sub> MnO <sub>4</sub>	HMnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
Reaktsioonide arv							

**d)** Millised mangaani ühendid jäävad lahusesse, kui segada kokku kolm vesilahust, mis sisaldavad vastavalt 1 mol Mn<sup>2+</sup>-, 1 mol Mn<sup>3+</sup>- ja 1 mol MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>-ioone? Kirjuta toimuvate reaktsioonide võrrandid. *Vihje: reaktsioonides osaleb ka H<sub>2</sub>O.* (3,5)

## II osa – Reenium

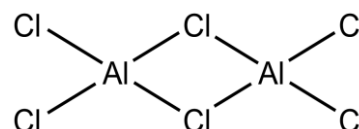
Reeniumi kloriididest tuntakse näiteks ühendeid **X**, **Y** ja **Z**. Kloriid **X**, milles Cl massiprotsendiline sisaldus on  $w_{Cl} = 48,77\%$ , tekib reeniumi reageerimisel Cl<sub>2</sub>-ga. Kloriid **Y** ( $w_{Cl} = 36,35\%$ ) saadakse **X**-i lagunemisel, kusjuures lisaks **Y**-le tekib lagunemisreaktsiooni käigus ka Cl<sub>2</sub>. Kloriid **Z** tekib **X**-i ja **Y**-i komproportsioneerumisel.

**e)** Tuvasta arvutustega ühendite **X-Z** empiirilised valemid. *Empiirilises valemis näitavad indeksid aatomite suhet väljendatuna väikseimate täisarvudena, nt P<sub>4</sub>O<sub>10</sub> empiiriline valem on P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.* (3)

Ühendite **X** ja **Y** struktuurid on märksa keerulisemad kui võiks eeldada vaadates nende empiirilisi valemid:

- Reeniumiaatomitel on kloriidides **X** ja **Y** sama arv naaberaatomeid.

- Ühendi **X** molekulaarset struktuuri võib kirjeldada valemiga  $[\text{Cl}_a\text{Re}(\mu\text{-Cl})]_2$ , kus  $\mu\text{-Cl}$  tähistab  $\text{Re}-\text{Cl}-\text{Re}$  sildsidet. Sarnane sildside esineb molekulaarses alumiiniumkloriidis  $[\text{Cl}_2\text{Al}(\mu\text{-Cl})]_2$  (vt kõrvalolevat joonist).



- Ühendi **Y** molekulaarset struktuuri võib kirjeldada valemiga  $[\text{Cl}_b\text{Re}(\mu\text{-Cl})]_3$  ning on teada, et selles ühendis esineb kolm  $\text{Re}-\text{Re}$  kaksiksidet.

**f)** Joonista kloriidide **X** ja **Y** struktuurivalemid. (2)

Kloriidi **Y** reageerimisel  $\text{CaCl}_2$ -ga tekib kaks soola, kusjuures mõlemas soolas on  $w_{\text{Ca}} = 5,76\%$  ja  $w_{\text{Re}} = 53,50\%$ . Kloriidi **Z** reageerimisel  $\text{CaCl}_2$ -ga tekib aga üks sool, milles  $w_{\text{Ca}} = 5,23\%$  ja  $w_{\text{Re}} = 48,56\%$ . Nende soolade anioonid (vastavalt **1**, **2** ja **3**) on keerulise ehitusega ning sisaldavad mitut reeeniumiaatomit. Re aatomite arv anioonis **2** on ühe võrra suurem kui anioonides **1** ja **3**.

**g)** Tuvasta arvutustega anioonide **1–3** brutovalemid (summaarsed valemid). (3)

Anioonide **1–3** struktuurides esinevad reeeniumiaatomite vahel kordsed sidemed:

- Anioonis **1** esineb neljakordne  $\text{Re}-\text{Re}$  side. Selline keemilise sideme kordsus oli pikalt mõistatuseks, kuid just tänu aniooni **1** struktuuri määramisele 1960ndatel aastatel algas neljakordseid element–element sidemeid sisaldavate komplekside uurimine.
- Aniooni **2** struktuur on sarnane molekuli **Y** struktuuriga – ka selles anioonis esineb kolm  $\text{Re}-\text{Re}$  kaksiksidet.
- Anioonis **3** on reeeniumiaatomite vahel kolmekordne side.

**h)** Joonista anioonide **1–3** struktuurivalemid, näidates  $\text{Re}-\text{Re}$  sideme kordsust. (3)