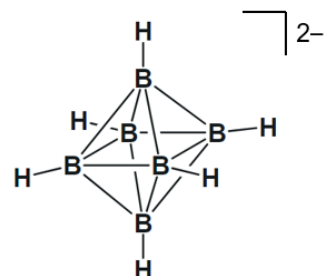


2024/25. öa keemiaolümpiaadi lahtise võistluse ülesanded  
Noorem rühm (9. ja 10. klass)  
21. september 2024

### 1. Molekulaarpuur

(11 p)

*Closo*-boraanid (kr *closo* – puurilaadne) on hulktahulised tsüklilised booriklastrid üldvalemiga  $[B_nH_n]^{2-}$ , kus  $n$  tähistab boori ja vesiniku aatomite arvu. Sellises korrapärases suletud boori aatomite raamistikus võib iga boori aatom olla seotud 3–6 naaberaatomiga. Näiteks kaheksatahulise heksahüdrokeksaboraataniooni  $[B_6H_6]^{2-}$  struktuur on toodud kõrvaloleval joonisel. Heksahüdrokeksaboraadi naatriumisoola saab valmistada mürgise gaasi diboraani ( $B_2H_6$ ) kuumutamisel naatriumboorhüdriidiga ( $NaBH_4$ ), kus kõrvalsaadusena eraldub gaasiline vesinik.

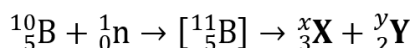


- a) Kirjuta ja tasakaalusta kirjeldatud naatriumisoola saamise reaktsioonivõrrand. (1)  
b) Arvuta, mitu elektroni osaleb kokku  $[B_6H_6]^{2-}$  anioonis B–B ning B–H sidemete moodustumisel. (1)

Koolikeemias õpetatakse, et klassikaline kovalentne side moodustub ühist elektronipaari jagavate aatomite vahel.  $[B_6H_6]^{2-}$  anioon on aga elektrondefitsiitne struktuur, mille iga aatomitevahelise kovalentse sideme jaoks ei jätku täpselt kahte väliskihielektroni.

- c) Arvuta, mitu elektroni osaleb keskmiselt ühe kovalentse sideme moodustumisel. Anna murdarvuline vastus kolme tüvenumbriga. (1)  
d) Arvuta, millist laengut kannab keskmiselt iga boori aatom  $[B_6H_6]^{2-}$  anioonis, kui vesiniku aatomid on laenguneutraalsed. Anna vastus kahe tüvenumbriga. (1)  
e) Määra arvutustega sellise *closo*-boraani valem, milles on 30 B–B sidet ning iga boori aatom on seotud 5 teise boori aatomiga. (1)

Boor-10 klastreid kasutatakse meditsiinis vähkkasvajate ravimisel neutronite püüdmise teraapias, kus organismi viidud booriühendid absorbeerivad kiiritatud neutroneid. Neutroni ( $n$ ) absorbeerimisel muundub boor-10 radioaktiivseks boor-11-ks, mille lagunemisel tekivad selektiivselt vähkkasvajad kahjustavad osakesed **X** ja **Y**:



- f) Määra **i**) elemendid **X** ja **Y** ning **ii**) ülaindeksite  $x$  ja  $y$  arvulised väärtused. (2)  
Teatud booriühend ( $M = 219,9 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) sisaldab massi järgi 58,98% boor-10. Teraapias kasutatavas lokaalses süstelahuses on vastava ühendi kontsentratsioon  $0,05 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ .  
g) Patsiendile manustatakse  $50,00 \text{ cm}^3$  eelkirjeldatud lahust. Arvuta boor-10 aatomite hulk manustatud lahuses. Avogadro arv  $N_A = 6,022\cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ . (4)

### 2. Isetegemise võlu

(10 p)

Poest ostetud siirupi pudelil oli kirjas, et siirup sisaldab 35% suhkrut, 35% taimeekstrakti, vett ja sidrunhapet. Pooleliitrise pudeli etiketil oli antud ka järgmine juhend: “Joogi valmistamiseks tuleb võtta siirupit ja vett mahuvahekorras 1 : 4”.

- a) Arvuta, mitu grammi suhkrut sisaldab üks klaasitäis ehk 200 ml siirupivett, kui siirupi tihedus on  $1,15 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Lisatud suhkur on sahharoos. Arvutuste lihtsustamiseks arvesta, et taimeekstraktis pole suhkrut. (1)  
b) Arvuta suhkru massiprotsendiline sisaldus siirupivees. (1)  
Mari kasvatab oma aias punaseid sõstraid, millest ta soovib talveks siirupit valmistada. Mari lisas 1,0 kg marjade kohta 500 ml vett ja 800 g sahharoosi. Punastes sõstardes on 100 g kohta 0,61 g sahharoosi ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), 3,22 g glükoosi ( $C_6H_{12}O_6$ ) ning 3,53 g fruktoosi ( $C_6H_{12}O_6$ ).  
c) Arvuta summaarne suhkrusisaldus (%) Mari valmistatud siirupis. Jäta arvutuste lihtsustamiseks arvestamata massikadu (marjakestade ja seemnete väljasöelutav mass ning

aurustunud vesi) siirupi valmistamisel. (1)

Mari tahtis siirupist valmistada ligikaudu 7%-ilise suhkrusisaldusega limonaadi.

**d)** Arvuta, millises vahekorras võiks ta siirupit ja vett lisada? Anna suhe ühe tüvenumbriga kümnendmurruna. (1)

Kihiseva efekti saamiseks lisas Mari enne serveerimist 2 liitrile morsile ( $\rho = 1,03 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) söögisoodat ja 50 ml sidrunimahla ( $\rho = 1,33 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), mis sisaldab 8% kolmeprootonilist sidrunhapet ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ). Kuna hapukus annab parema maitse, on oluline, et hapet oleks ülehulgas.

**e)** Kirjuta ja tasakaalusta sidrunhappe ning söögisooda vahelise reaktsiooni võrrand. (1)

**f)** Arvuta maksimaalne kogus (g) söögisoodat, mille Mari võiks limonaadile lisada. Arvesta kogus reaktsioonivõrrandi järgi, mis reageeriks ära lisatud sidrunimahlas sisalduva sidrunhappega. (2)

**g)** Arvuta suhkrute üldkontsentratsioon ( $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) Mari valmistatud limonaadis. (3)

### 3. Eksoplaneetide spektroskoopia (10 p)

James Webbi kosmoseteleskoop (JWST) on suurim infrapunases lainelas töötav kosmoseobservatoorium, mis viidi kosmosesse 25. detsembril 2021. aastal. Infrapunaala võimaldab uurida nii varaseimad galaktikad kui ka eksoplaneetide atmosfääride keemiat vibratsioonilise spektroskoopia abil.

Molekulid pole jäigad, vaid saavad vibreerida. Igal molekulil on nn vibratsioonirežiimid ehk iseseisvad kindla vibratsioonienergia ja võnkumissagedusega molekulisisesed võnkumised.

Üks eksoplaneetidel esinev molekul on süsinikmonooksiid, mille ainuke võimalik vibratsioonirežiim on  $\text{C}\equiv\text{O}$  sideme venimine. Kaheaatomilise molekuli võnkumissagedust  $\nu$  saab leida järgmise valemi abil, kus  $k$  on sideme jäikuskonstant ning  $\mu$  redutseeritud mass:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$$

Redutseeritud mass avaldub omakorda järgmiselt, kus  $m_1$  ja  $m_2$  on aatomite massid:

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

**a)** Arvuta CO võnkumissagedus  $\nu$ , kui  $\text{C}\equiv\text{O}$  sideme jäikuskonstant on  $1860 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-2}$ . (3)

Molekulide liikumiste vaatlemisel peab arvestama, et need on kvantmehhaanilised objektid. Vibratsioonid on kvantiseeritud, mis tähendab, et molekuli iga vibratsioonirežiim omandab mitu naturaalarvulist vibratsioonitaset. Vibratsioonitaseme energia  $E$  väljendub järgmiselt, kus  $h$  on Plancki konstant ( $6,62\cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ) ning  $n = 0, 1, 2, 3$  jne vibratsioonitaseme number:

$$E = \left(\frac{1}{2} + n\right)h\nu$$

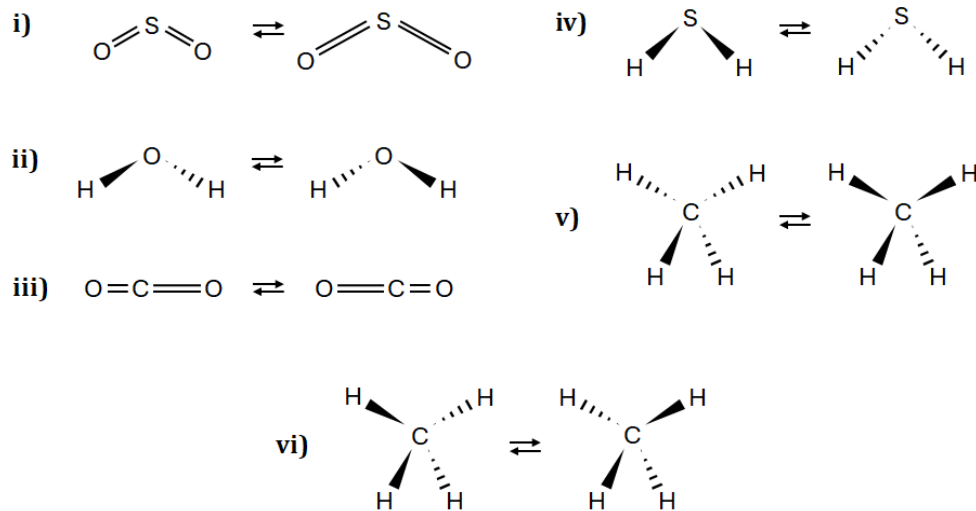
Spektroskoopias on oluline molekulide interaktsioon valgusega. Molekulisisesed laengud võnkuvad vibratsiooni käigus ning on vastasmõjus valguskiirguse elektriväljaga. Molekul saab neelata valgusfootoni, kui footoni energia on võrdne molekuli vibratsioonitasemete energiaerinevusega. Footoni energia  $E = hc/\lambda$ , kus  $\lambda$  on lainepikkus ja  $c$  valguse kiirus vaakumis ( $300000 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

**b)** Arvuta suurim CO vibratsiooni iseloomustav lainepikkus  $\lambda$  mikromeetrites ( $\mu\text{m}$ ). (2)

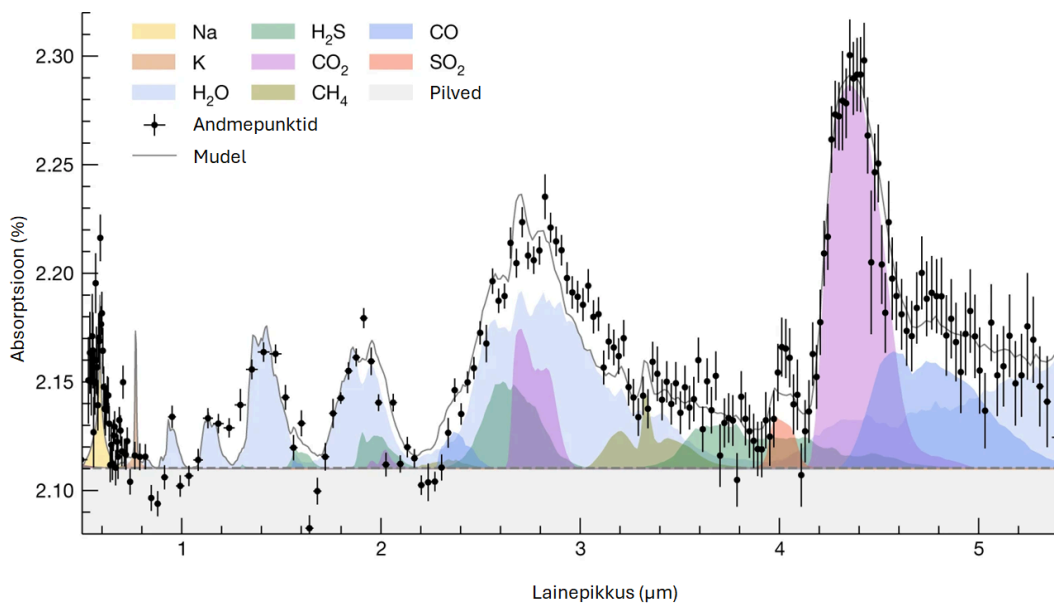
Mitmeaatomilisel molekulil, mis koosneb enam kui kahest aatomist, saab olla mitu erinevat vibratsioonirežiimi. Aatomite iseseisvad liikumised kirjeldavad kombineerituna terve molekuli liikumist. Molekuli kombineeritud liikumine võib koosneda järgmistest tüüpidest:

- molekuli ruumiline liikumine selle massikeskme nihkumisel;
- molekuli pöörlemine ümber oma telje;
- molekulisisesene vibreerimine.

**c)** Märgi, millised alltoodud molekulide sisemised liikumised on molekulisisesed vibratsioonid, mis ei põhjusta molekuli pöörlemist. Eelda, et molekulide massikeskmed ei muutu. (3)



Alloleval joonisel on toodud JWST infrapuna neeldumisspekter eksoplaneedilt WASP-39 b. Spektril märgitud molekulide vibratsioonirežiimide regioonid on tähistatud eri värvidega.



WASP-39 b on gaasihiiglane, mille atmosfääris leidub mitmeid vesinikku sisaldavaid aineid nagu  $H_2$ ,  $H_2S$ ,  $CH_4$  ning  $H_2O$ . Antud spektri järgi on  $H_2S$  ja  $CH_4$  sisaldus oodatust palju väiksem. Üllatav on ka  $SO_2$  esinemine. Arvatakse, et kuna WASP-39 b asub oma planeedisüsteemi keskmises paiknevale tähele väga lähedal, on  $SO_2$  teatud fotokeemilise katalüüsi produkt.

**d)** Kirjuta ja tasakaalusta  $SO_2$  fotokeemilise tekkereaktsiooni võrrand, mis võiks toimuda WASP-39 b atmosfääris. (1)

Antud spektril puuduvad gaasilise  $H_2$  vibratsioonirežiimid.

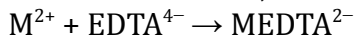
**e)** Märgi õige väite lõpp: "Spektril ei esine  $H_2$  vibratsioonirežiime, sest..." (1)

- ... $H_2$  reageerib ära fotokatalüütiliselt CO- ja  $CO_2$ -ga Sabatier' protsessis."
- ... $H_2$  ei omanda elektrilist dipooli. Seega ei interakteeru molekul footoniga."
- ... $H_2$  vibreerimise käigus ei muutu molekuli elektriline dipool. Seega ei interakteeru molekul footoniga."
- ... $H_2$  reageerib ära  $O_2$ -ga (mille spektrijooned on ka puudu), moodustades  $H_2O$ ."

#### 4. Piimast tulepulk

(10 p)

Mikk luges piimapaki silti ning märkas seal sõna "magneesium". Matkal käies tuld tehes kasutab ta tavaliselt magneesiumist tulepulka ning poisil tekkis küsimus, kas piimas leiduvast magneesiumist saaks tulepulka valmistada. Mikk leidis, et parim magneesiumiallikas on kuivatatud lõss – piim, millest on peaaegu kogu rasv eemaldatud. Magneesiumi sisalduse kindlakstegemiseks lahustas ta 6 g lõssi mõõtekolvis destilleeritud vees ning viis ruumala täpselt 100 kuupsentimeetrini. Seejärel võttis Mikk prooviks 10,0 cm<sup>3</sup> lahust, lisas sellele puhvrit ning tiitris 0,200 M EDTA lahusega stöhhiomeetriapunktini. Ühe proovi tiitrimiseks kulus keskmiselt 1,11 cm<sup>3</sup> EDTA lahust. Nii kaltsiumi kui ka magneesiumiga toimuv reaktsioon:



a) Arvuta 6 g lõssis sisalduv Mg<sup>2+</sup> ning Ca<sup>2+</sup> ionide summaarne hulk (mol). (1,5)

b) Arvuta, mitu mg magneesiumit on 500,0 g lõssis, kui piimas on võrreldes kaltsiumiga massi järgi 10 korda vähem magneesiumit. (3)

Miku kurvastuseks ei olnud tema ostetud lõssis piisavalt magneesiumit tulepulga valmistamiseks, kuid ta otsustas siiski eraldada puhast magneesiumi. Selleks lahustas Mikk 500,0 g lõssi destilleeritud vees ja lisas lahusele kaltsiumhüdrosiidi, mille tulemusel reageerisid magneesiumioonid hüdrosiidioonidega, sadnedes lahusest välja.

c) Kirjuta ja tasakaalusta toimunud reaktsiooni võrrand. (1)

Mikk filtreeris ja kuivatas tekkinud sademe ning lisas sellele soolhapet, et saada magneesiumkloriidi. Seejärel otsustas Mikk saadud soolalahust puhta magneesiumi saamise eesmärgil elektrolüüsida. Tema arvates oleks pidanud ühel elektrodil sadenema magneesium ning teisel eralduma kloor, kuid mõlemal elektrodil eraldus gaas.

d) Kirjuta ja tasakaalusta järgmiste reaktsioonide võrrandid:

i) anoodreaktsioon; (1)

ii) katoodreaktsioon; (1)

iii) summaarne elektrolüüsireaktsioon. (1)

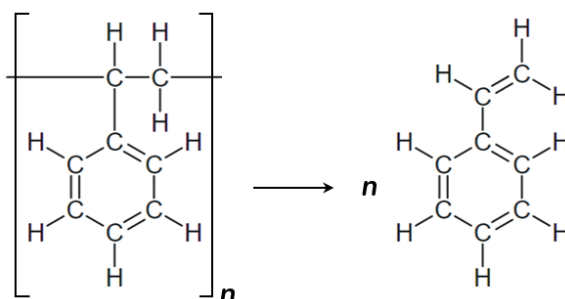
e) Mikk võttis elektrolüüsi läbiviimiseks patarei voolutugevusega 2 A ning elektrolüüsis lahust ühe minuti vältel. Arvuta, mitu cm<sup>3</sup> gaasilist kloori Mikk tootis, kui elektrolüüsil esinev kadu oli 90%. Vihje: Reaktsiooni viidi läbi temperatuuril 0 °C,  $n = (I \cdot t) / (z \cdot F)$ ,  $F = 96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

(1,5)

#### 5. Vahtplastist kaneelirulle

(9 p)

Hobikeemik Jesse soovis küpsetada kaneelirulle, ent avastas, et kaneel on otsa saanud. Jessel oli aga suur hulk polüstüreenist koosnevat vahtplastit. Noor keemiahuviline teadis, et polüstüreen koosneb teatud arvust  $n$  stüreeni (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-CH=CH<sub>2</sub>) monomeeridest, millest saab sünteesida kaneelaldehüüdi. Kaneelaldehüüd annab kaneelile iseloomuliku maitse ja lõhna. Polüstüreeni lagundamiseks stüreeniks vajas Jesse katalüsaatorina magneesiumoksiidi:

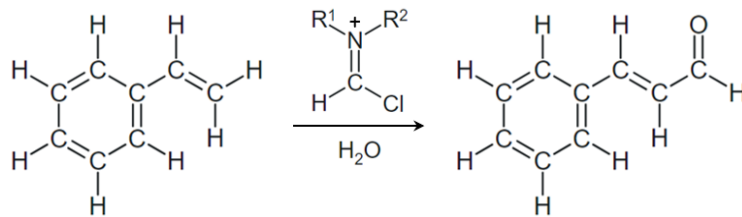


a) Kirjuta ja tasakaalusta magneesiumoksiidi saamisreaktsiooni võrrand, kui lähteaineteks on lihtained. (1)

Polüstüreeni keskmine molaarmass on 350 kg·mol<sup>-1</sup>.

b) Arvuta, mitu stüreeni molekuli on keskmiselt võimalik saada ühe polüstüreeni molekuli lagundamisel? (1)

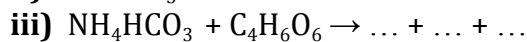
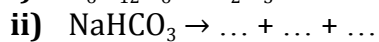
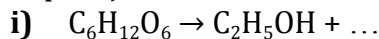
Ühe plaaditäie kaneelirullide jaoks on tarvis 5 teelusikatäit ( $1 \text{ tl} = 5 \text{ cm}^3$ ) kaneeli. Kaneeli tihedus  $\rho = 0,446 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  ning 1 g kaneeli sisaldab keskmiselt 18 mg kaneelaldehüüdi. Stüreenist on võimalik kaneelaldehüüdi sünteesida alltoodud Vilsmeier-Haacki reaktsiooni abil:



c) Arvuta, mitu  $\text{cm}^3$  polüstüreeni ( $\rho = 28,0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) vajab Jesse ühe plaaditäie kaneelirullide küpsetamiseks, kui sünteesi saagis on 40%. (3,5)

Kaneelirullide taigna kergitamiseks tuli Jessel valida kolme gaasi tootva reaktsiooni vahel – pärmiga glükoosi kääritamine etanooliks, söögisooda (naatriumvesinikkarbonaat) termiline lagundamine või küpsetuspulbri reaktsioon. Küpsetuspulber sisaldab ammoniumvesinikkarbonaati ja kaheprootonilist viinhapet.

d) Lõpeta ja tasakaalusta reaktsioonide i)–iii) võrrandid. (3)



Jesse otsustas taigna kergitamiseks kasutada keemilist reaktsiooni, milles tekib enim gaasi ühe mooli lähteaine kohta.

e) Vali, kas Jesse kasutas suurema gaasi koguse saamiseks glükoosi käärimisreaktsiooni, söögisooda termilist lagunemisreaktsiooni või küpsetuspulbrit. (0,5)

## 6. Mürkgaasid (10 p)

Ühend **X**, mis on puhtal kujul toatemperatuuril õlilaadne lenduv vedelik, koosneb neljast elemendist: süsinikust, lämmastikust, hapnikust ning kloorist. Rõhumõõtja konteineris ruumalaga  $0,50 \text{ dm}^3$  aurustati  $110 \text{ }^\circ\text{C}$  juures täielikult  $2,25 \text{ g X}$ . Leiti, et konteineris aurustunud gaasi poolt avaldatav rõhk on  $0,8604 \text{ atm}$ . Gaasikonstant  $R = 0,0821 \text{ dm}^3\cdot\text{atm}/\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

a) Arvuta gaasi **X** molaarmass. (2)

**X** molekulis on kokku seitse aatomit, millest ühegi elemendi aatom pole seotud teise sama elemendi aatomiga. Mõlemad kõige madalama elektronegatiivsusega elementide aatomid moodustavad neli sidet. **X** pürolüüsil tekivad I maailmasõjas laialdaselt kasutust leidnud kloori sisaldav mürkgaas **Y** ( $M = 99,01 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ), lämmastikmonooksiid ning kloor (**reaktsioon 1**).  $0,10 \text{ g}$  gaasilise **Y** lahustamisel  $55,00 \text{ cm}^3$  vees hüdrolüüsub kogu ühendis sisalduv kloor vesinikkloriidhappeks ja eraldub süsinikdioksiid (**reaktsioon 2**).

b) Määra arvutustega kloori massiprotsent ühendis **Y** ja **Y** molekulivalem, kui happelise vesilahuse tiitrimiseks kulub  $23,63 \text{ cm}^3$   $0,0855 \text{ M}$  naatriumhüdroksiidi lahust. Arvutuste läbiviimisel eelda, et titrant reageerib ainult lahuses sisalduva vesinikkloriidhappega. (3)

c) Määra ühendi **X** molekulivalem. (1)

d) Kirjuta ja tasakaalusta **reaktsioonidele 1–2** vastavad võrrandid. (2)

e) Joonista ühendite **X** ja **Y** tasapinnalised struktuurivalemid. Näita selgelt kõiki aatomitevahelisi keemilisi sidemeid ja vajadusel laenguid. (2)

## 7. Kübarsepa mürgitamine (10 p)

Metall **X** on oma nime saanud vanarooma kaubandusjumala järgi ning seda on ebatavalise agregaatoleku tõttu termomeetrites kasutatud. Nii metalli aurud kui ka selle ühendid on väga mürgised ja alkeemikud uskusid, et **X** võib teisi metalle kullaks muuta.

a) Kirjuta metalli **X** sümbol ja nimetus. (1)

Mõnisada aastat tagasi sai palgamõrvar 2007 korralduse kasutada metalli **X** linna kübarsepa

tapmiseks. Mõrva tellija teadis, et selline surm ei ärataks kahtlust, kuna kübarsepad kasutasid metalli **X** ühendeid oma töös. Z007 sai apteekritelt teada, et metalli **X** kloriidsoola **Y** on kasutatud kõhukinnisuse raviks. Niisiis otsustas Z007 valmistada suurema mürgiannusega raviühendi.

Esmalt proovis Z007 panna metalli **X** reageerima soolhappes, ent reaktsiooni ei toimunud. Olemaks kindel, et probleem pole metallis, viskas ta tükikese metalli lämmastikhappe lahusesse. Lahusest hakkas eralduma kahest elemendist koosneva gaasi mulle, mistõttu sai Z007 kinnitust, et probleem oli soolhappes (**reaktsioonid 1 ja 2** – mõlemas paralleelselt toimivas reaktsioonis tekivad ühe saadusena metalli **X** nitraadid, milles on **X**-i oksüdatsiooniastmed erinevad). Z007 leidis alkeemiaraamatust, et metall **X** reageerib kuningveega (soolhape ja lämmastikhappe segu mahu vahekorras 3 : 1), kus tekivad kloriidsool, milles on **X**-i oksüdatsiooniaste +II, nitrosüülkloriid ning vesi (**reaktsioon 3**).

**b)** Kirjuta ja tasakaalusta **reaktsioonide 1–3** võrrandid. (6)

Ravimis sisalduva ühendi valmistamiseks võttis Z007 reaktsioonis 3 saadud kloriidsoola ning kuumutas seda koos metalliga **X**, saades soola **Y** (**reaktsioon 4**), mille kloori massiprotsendiline sisaldus on 15,02%.

**c)** Kirjuta ja tasakaalusta toimunud reaktsiooni võrrand. (2)

Vees lahustudes disproportsioneerub soola **Y** kation iooniks  $X^{2+}$  ning lihtaineks **X**, mille tulemusel ilmneb soola mürgine toime (**reaktsioon 5**).

**d)** Kirjuta ja tasakaalusta disproportsioneerumisreaktsiooni ioonvõrrand. (1)

## 8. Ühikrakud (10 p)

Tahketes ainetes võivad osakesed paigutuda väga erinevalt. Kristalliliste ainete struktuuride kirjeldamisel kasutatakse mõistet “ühikrakk”, mis on väikseim kristallstruktuuris korduv ühik. 20 °C juures on nikli aatomite poolt moodustatud ühikrakk kuubikujuline ning ühikraku külje pikkus 0,352 nm. Nikli tihedus on  $8,94 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .

**a)** Määra arvutustega nikli aatomite arv ühes ühikrakus, kui  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ . (2)

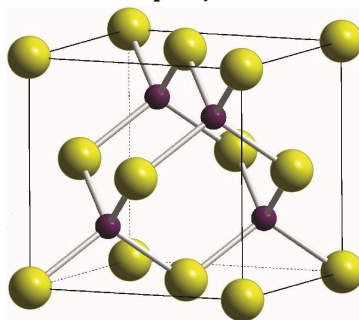
Kuna aatomid on kerakujulised, kuid nikli kristallvõre kuubikujuline, moodustavad nikli aatomid kristallvõre ruumalast vaid 74,0%.

**b)** Arvuta nikli aatomi raadius. Vihje: Kera ruumala  $V = 4/3\pi r^3$ . (2)

**c)** Vali, kuidas muutus nikli tihedus temperatuuri tõstmisel. (1)

- Tihedus suurenes.
- Tihedus vähenes.
- Tihedus ei muutunud.

Ühikraku mõistet on võimalik kasutada ka mitmest erinevast elemendist koosnevate kristallide korral. Tundmatu metall **M** moodustab väävliga kristalli, mille ühikrakk on toodud joonisel. Kuubikujulise ühikraku külje pikkus on 540,6 pm ja kristalli tihedus  $4,098 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .



**d)** Arvuta, mitu väävli (kollane) ja metalli **M** (lilla) iooni on ühes ühikrakus? Vihje: Ühikraku nurgas olevast ioonist on ühikrakus  $1/8$ , ühikraku küljel olevast  $1/2$  ja iga ühikraku sees olev ioon loeb ühena. (1)

**e)** Tuvasta arvutustega metall **M**. (4)

## 9. Vedelast gaasiliseks

(10 p)

Puhta aine olek (tahke, vedel või gaasiline) sõltub nii süsteemi temperatuurist kui ka rõhust. Oluline mõiste nende olekute mõistmiseks on aururõhk ehk rõhk, mida avaldab antud temperatuuril vedeliku või tahke faasiga tasakaalus olev aur. Näiteks vedel vesi, mis on tasakaalus oma auruga temperatuuril 298 K, omab aururõhku 3,17 kPa. Kui aururõhk võrdsustub ümbritseva keskkonna rõhuga, hakkab aine keema või sublimeeruma.

a) Etanooli keemispunkt on normaalrõhu juures 351,4 K. Kirjuta etanooli aururõhk selle keemispunkti juures. (1)

b) Propani aururõhk on 586 kPa temperatuuril 280 K ja 1020 kPa temperatuuril 300 K. Määra, kas propan on järgmistel tingimustel gaasilises või vedelas olekus. (1)

Rõhk, $P$ (kPa)	Temperatuur, $T$ (K)	Aine olek
500	280	gaasiline/vedel
500	300	gaasiline/vedel
1000	280	gaasiline/vedel
1000	300	gaasiline/vedel

Kahe või rohkema aine lahustes on igal lahuse komponendil oma aururõhk, mida kutsutakse komponendi osaliseks aururõhuks. Lahuse kogu aururõhk on võrdne selle komponentide aururõhkude summaga. Osaliste aururõhkude arvutamiseks saab kasutada Raoult'i seadust, kus  $P_i^0$  on puhta aine aururõhk ja  $X_i$  uuritava komponendi moolimurd lahuses:

$$P_i = P_i^0 X_i$$

Temperatuuril 300 K on atsetooni ( $C_3H_6O$ ) aururõhk 33,3 kPa ja metanooli ( $CH_3OH$ ) aururõhk 18,7 kPa. Lahus sisaldab 5,00 g atsetooni ja 5,00 g metanooli.

c) Arvuta atsetooni ja metanooli osalised aururõhud ning kogu lahuse aururõhk. (5)

d) Arvuta atsetooni moolimurd auru segu kohal, lähtudes eelnevas küsimuses arvatud osalistest aururõhkudest. (1)

Raoult'i seaduse ja aururõhu sõltuvusega temperatuurist saab selgitada, miks mittelenduvad lahustatud ained tõstavad lahusti keemistemperatuuri. Seda nähtust tuntakse lahuste keemistemperatuuri tõusu nime all. 30,0 g naatriumkloriidi lahustati 100 g vees.

e) Arvuta lahustatud aine moolimurd lahuses. (1)

f) Milline järgmistest väidetest selgitab õigesti, miks mittelenduvad lahustunud ained tõstavad lahusti keemistemperatuuri? (1)

- Mittelenduvad lahustunud ained suurendavad lahuse aururõhku, muutes lahusti gaasifaasi mineku lihtsamaks.
- Mittelenduvad lahustunud ained vähendavad lahuse aururõhku, muutes lahusti gaasifaasi mineku raskemaks.
- Lahustunud osakesed nõrgendavad lahusti molekulidevahelisi jõude, suurendades energiat, mida on vaja lahuse aurustamiseks.