

## ETTEVALMISTUS KEEMIAOLÜMPIAADIKS II

### NUPUTAMISÜLESANDED

---

Olümpiaadiülesannete hulgas on selliseid, kus tuleb määrata kodeeritud ühend(id). Sarnaselt paljude teiste taoliste ülesannetega palutakse olümpiaadi osalejatel identifitseerida ühendit nende muundumiste kirjelduste alusel. Kõik sellised ülesanded ongi nuputamisülesanded.

#### ÜLESANNE 1

Elementi **X** sisaldav aine **A** koosneb tumeviolettsetest kristallidest, millede lahustumisel vees tekib violetne lahus. Aine **A** on tuntud tugeva oksüdeerijana; redutseerimisel happelises keskkonnas väheneb elemendi **X** oksüdatsiooniaste viie ühiku võrra. Aine **A** reaktsioonil  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  lahusega  $\text{H}_2\text{SO}_4$  keskkonnas moodustuvad ained **B**, **C**, **D** ja vedel aine **E**.

Aine **A** reaktsioonil  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  -ga neutraalses keskkonnas väheneb elemendi **X** oksüdatsiooniaste kolme ühiku võrra ning moodustub kahest keemilisest elemendist koosnev mustjas-pruun aine **F**, mis ei lahustu vees. Peale selle, moodustuvad ühendid **B** ja **G**. Tugeva aluse **G** keskkonnas tekivad aine **A** reageerimisel  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  -ga ained **B** ja **E** ning rohekas aine **H**, milles **X** oksüdatsiooniaste on võrreldes ühendiga **A** ühe ühiku võrra väiksem. Ained **H** ja **A** sisaldavad sama koostisega, kuid erineva laenguga aniooni. Aine **G** lahuse reaktsioonil aine **D** lahusega tekib valge sade **J**. Kuumutamisel reageerib sade **J** õhuga ja moodustuvad ühendid **E** ja **F**. Alumiiniumpulbri ja aine **F** süütamisel tekib metall **X** ja aine **L**. Metall **X** oksüdatsiooniaste ühendis **A** on võrdne VII-ga.

Määrake ainete **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**, **H**, **J**, **X** ja **L** valemid.

Üldine lähenemine nuputamisülesannete puhul on järgmine: tuleb identifitseerida vähemalt üks aine, seejärel dešifreerida kogu muundumisahel; st tuleb kinni haarata ühest lülist ülesande tekstis, seejärel üritada lahendada ülesannet tervikuna. Näiteks on antud ülesande lahenduse võtmeaineks aine **A**. Kõik teavad kaaliumpermanganaati ja tema omadusi! — ülesandes käib jutt just sellest ühendist.

Mõnikord tuleb ülesande lahendamiseks pidevalt üle vaadata kõik arutluskäigu jooksul tekivad hüpoteesid seni, kuni jõutakse üksteisega täielikus kooskõlas olevate hüpoteeside ja tingimusteni. See tuleb kõne alla juhul, kui puudub ühine võimalus aine või reaktsioonivõrrandi kindlakstegemiseks.

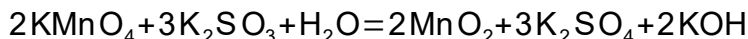
## ÜLESANNE 2

Soola **A** aniooni koostisse kuuluvad neli hapnikuaatomit. Selle soola mustjas-violetsed kristallid värvivad põletileegi violetseks; sool lahustub hästi vees, moodustades violetset lahust. Baariumnitraadi toimetel tekib lahusesse värviline sade **B**, väävelhappe või lämmastikhappe mõjul eraldub gaas **C**. 0,396 g soola **A** kvantitatiivsel reaktsioonil lahusega, mis sisaldab 0,474 g kaaliumsulfitit, tekib pruunikas sültjas sade **D**. Aine **D** lahustub 2 M lämmastikhappe lahuses, moodustades peaaegu värvitut lahust.

Määrata ainete **A–D** valemid.

### LAHENDUS:

Nagu ka eelmises ülesandes, tekib kohe mõte: **A** kristallid on  $\text{KMnO}_4$ . Kuid see mõte on vale, kuna ei sobi arvutuslikult.



Võrrandi kohaselt peaks 0,474 g kaaliumsulfitiga reageerima 0,316 g kaaliumpermanganaati, mis ei ole kooskõlas ülesande tingimustega. Täiendavad andmed:  $\text{MnO}_2$  ei lahustu lahjendatud (2M lahus) lämmastikhappes.

Võib eeldada, et **A** on kaaliumi sisaldav (leegi värvuse kohaselt) redoksomadustega (reaktsioon sulfitiga) sool, mis annab lahustumatu baariumsoola. Kaaliumsulfitiga reaktsiooni saaduse värv on pruunikas (**D**). Oletame, et **D** on  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , siis **A** on  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  (kaaliumferraat(VI)). Sellist oletust saab tõestada arvutustega.

Tahaksin julgustada neid, kes kardavad tundmatute ainete valemeid ja matemaatilisi võrrandeid. Teie keemia algteadmistest ja "keemiavaistust" peaks piisama selleks, et lahendada ükskõik millist olümpiaadiülesannet. Tingimata on selleks vaja algteadmisi, kuid need ma arvan, et teil on juba olemas. Jäeb arendada vaid "keemiavaistu". Lahendage võimalikult palju erinevaid ülesandeid ning ärge kartke eksida, sest iga õigesti või valesti lahendatud ülesandega teie "vaist" vaid tugevneb.

*Nuputamisülesannete lahendamise meetod seisneb kõige laiemas mõistes loogiliste võtete mitmekordses kasutamises. On üsna võimalik, et ülesannete lahendamiseks pole ilmingimata vaja omada erakordset loogilist mõtlemist. Alati tuleb aga meeles pidada, et igal ülesandel on olemas lahendus, seega peavad eksisteerima ka teed selle lahenduse leidmiseks. Ning mida parem on ülesanne, seda lihtsamad ja elegantsemad, kuid samas ka vähem silmatorkavad on tema lahenduse leidmise teed.*

## MILLEST RÄÄGIVAD VÄRVID?

Millest võib siis ülesande tekstis kinni haarata? Üheks selliseks vihjeks võiks olla aine värv, kuna värvilisi aineid pole kuigivõrd palju. Ülesannetes sagedamini kasutatavad värvilised ained ja lahused on toodud tabelis:

TAHKE AINE	VÄRVUS
$\text{Ag}_2\text{S}$	Tumehall
$\text{ZnO}$	Valge (kasutatakse värvipigmentina)
$\text{CdS}$	Kollane
$\text{HgS}$	Punane (looduses), must (kunstlikul teel saadud)
$\text{SnO}$	Tumepruun
$\text{Hg}_2\text{Cl}_2$	Valge
$\text{SnS}$	Pruun
$\text{SnS}_2$	Kollane
$\text{PbI}_2$	Kollane
$\text{PbS}$	Must
$\text{PbO}_2$	Tumepruun
$\text{Pb}_3\text{O}_4$	Erepunane
$\text{As}_2\text{S}_3, \text{As}_2\text{S}_5$	Kollane
$\text{Sb}_2\text{S}_3, \text{Sb}_2\text{S}_5$	Oranžikaspunane
$\text{Bi}_2\text{S}_3$	Pruunikasmust
$\text{Cu}_2\text{O}$	Punane
$\text{CuO}, \text{CuS}$	Must
$\text{CuSO}_4$	Valge
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Sinine
$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$	Roheline (paatina, malahhiit)
$\text{V}_2\text{O}_5$	Oranž
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	Roheline
$\text{CrO}_3$	Punane
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	Oranž
$\text{K}_2\text{CrO}_4$	Kollane
$\text{MnO}$	Roheline
$\text{MnO}_2$	Tumepruun
$\text{K}_2\text{MnO}_4$	Tumeroheline
$\text{KMnO}_4$	Lilla
$\text{FeCl}_3$	Oranžikaspruun
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Heleroheline
$\text{FeO}$	Must
$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	Kollane (Kollane veresool)
$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	Punane (Punane veresool)
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Roosa

CoO	Hallikasroheline
Co(OH) <sub>2</sub>	Roosa
Co(OH) <sub>3</sub>	Tumepruun
Ni(OH) <sub>2</sub>	Heleroheline
Ni(OH) <sub>3</sub>	Mustjaspruun
OsO <sub>4</sub>	Helekollane
PtCl <sub>2</sub>	Rohekas
HgI <sub>2</sub>	Oranžikaspunane

### ÜLESANNE 3

Sinist värvi kristalliline aine **A** kaotab kuumutamisel oma esialgse värvuse ja muutub valgeks pulbriliseks aineks **B** ning aineks **C**. Aine **B** laguneb väga tugeval kuumutamisel musta värvi ühendiks **D** ja aineks **E**. Aine **A** reaktsioonil naatriumhüdroksiidi lahusega moodustub aine **F** sade. Aine **F** kuumutamisel moodustuvad ained **C** ja **D**. Andke kõikidele tähtedele vastavate ühendite nimetused.

### LAHENDUS:

Aine **A** sinine värv viitab sellele, et **A** võib olla vask(II)sool, mis sisaldab veemolekule (vase lahustele iseloomulik sinine värvus tuleneb komplekskatioonist  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ ). Eeldame, et selliseks kristallhüdraat-soolaks võivad olla:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  või  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Aineks **A** võivad olla ka teised vase ning teiste metallide soolad. Näidetena toodud kristallhüdraadid on aga kõige tõenäolisemad; peale selle, käsitletakse neid ka kooliprogrammis. Aine **B** valge värv tõestab selliseid eeldusi; soolaks **B** saavad olla siis vastavalt  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{CuCl}_2$  või  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ . Aine **D** must värv ( $\text{CuO}$ ) tõestab, et antud ülesandes on tegemist vase ühenditega;  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  lagunemisel moodustub vask:  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 = \text{Cu} + 2\text{NO}_2 + \text{O}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$  ei lagune, seega on ühendiks **A**  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

### ÜLESANNE 4

Rohelise aine **A** kuumutamisel tekib kolm oksiidi: **B**, **C**, **D**, kusjuures normaaltingimustel on kõik kolm erinevates agregaatolekutes. Aine **A** reageerimisel soolhappe liiaga saadakse ained **B** ja **C** ning aine **E**, mida võib saada ka **D** reaktsioonil soolhappega (selle reaktsiooni käigus moodustub ka **C**). Määrake ühendid **A–E**.

### LAHENDUS:

Kuna oksiidideks, mis on normaaltingimustel vedelas ja gaasilises olekus, on tõenäoliselt vastavalt vesi ja süsihappegaas, siis võib eeldada, et roheline aine **A**

on  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  malahhiit  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  lagunemisel tekivad  $\text{CuO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  ja  $\text{CO}_2$  - vastavalt tahke aine, vedelik ja gaas. Seega rahuldavad ülesande tingimusi järgmised ained: **A**– $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ , **B**– $\text{CO}_2$ , **C**– $\text{H}_2\text{O}$ , **D**– $\text{CuO}$ , **E**– $\text{CuCl}_2$ .

### MILLEST LEEGI VÄRV RÄÄGIB?

Mitmed elemendid ja nende ühendid annavad leegile iseloomuliku värvuse, kui soojuste mõjul tekivad nende elementide üksikud aatomid või ioonid. Ülesannete lahendamisel tuleb eristada naatriumist tingitud kollast värvust, kaaliumist tingitud violetset värvust, kaltsiumist tingitud telliskivipunast värvust, liitiumist tingitud karmiinpunast värvust ja vasest tingitud rohekas-sinist või helesinist värvust.

Tabelis on toodud ülesannetes kõige sagedamini leiduvate leekide värvused, mis on tingitud kindlate elementide olemasolust uuritavates ainetes:

ELEMENT	LEEGI VÄRV
As	Sinine
B	Sinakas-roheline
Ba	Kollakas-roheline
Ca	Oranž (Telliskivipunane)
Cu	Roheline/helesinine
K	Violetne (läbi Co-klaasi)
Li	Karmiinpunane
Mo	Kollakas-roheline
Na	Intensiivne roheline
P	Tumeroheline
Pb	Tumeroheline
Sb	Heleroheline
Se	Helesinine
Sr	Karmiinpunane
Te	Sinakas-roheline
Tl	Roheline

### ÜLESANNE 5

Kollase soola küllastatud lahusele, mis värvib leegi violetseks, lisati ettevaatlikult kontsentreeritud väävelhapet. Lahuse värv muutus oranžiks, happe edasisel lisamisel tekkis erepunane sade. Kristallid filtreeriti, kuivatati õhus ning lisati seejärel pipetiga piiritust, mis süttis. Reaktsiooni tulemusena tekkis roheline pulber. Määrake lähtesoola ning kõigi reaktsioonide produktide koostis.

### LAHENDUS:

Kollane ja oranž soola värv viitab üleminekule  $2\text{CrO}_4^- + 2\text{H}^+ = \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$  Leegi violetne värvus näitab, et soola kationiks on kaaliumioon. Seega on

lähtesoolaks  $\text{KCrO}_4$ , mis muutub väävelhappe mõjul  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -ks. Happe edasisel lisamisel toimub dehüdratatsioon ja moodustub punane  $\text{CrO}_3$ , mis on tuntud tugeva oksüdeerijana; see on võimeline oksüdeerima etanooli (piiritus) süsihappegaasiks, kusjuures tekib roheline  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

## ÜLESANNE 6

Sool **A**, mis värvib leegi kollaseks, sulab  $300\text{ }^\circ\text{C}$  juures; edasisel kuumutamisel moodustub teise happe sool ning eraldub gaas **B**, mille keskkonnas põleb väga kiiresti hõõgav süsi. Soola **C** kuumutamisel eraldub samasugune gaasi **B** ruumala, kuid seejuures eralduvad ka pruunikas gaas **D** ja metalli **E** oksiid **F**. Nii soola **A** kui soola **C** kristallide kuumutamisel kontsentreeritud väävelhappega eraldub vedelik, milles lahustub punakas metall **F** (selle reaktsiooni käigus tekib ka gaas **D**).

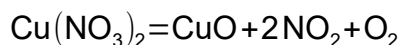
Identifitseerida ühendid **A–F**.

## LAHENDUS:

Leegi värvumine kollaseks viitab naatriumi olemasolule soolas **A**. Soolade **A** ja **C** kuumutamisel kontsentreeritud väävelhappega eraldub vedelik, milles lahustub vask (punakas metall **F**); see lubab järeldada, et vedelikuks on lämmastikhape:



Järelikult on soolad **A** ja **C** nitraadid; antud eeldust kinnitab ka see, et ülesande teksti kohaselt moodustub soola **C** lagunemisel pruunikas gaas **D** — selline värvus on iseloomulik lämmastikdioksiidile  $\text{NO}_2$ :



Seega saab järeldada, et lähtesoolaks **A** on naatriumnitrat, mille kuumutamisel tekib naatriumnitrit ning eraldub põlemist soodustav gaas **B**  $\text{O}_2$ , soolaks **C** on aga  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ .

## ÜLESANNE 7

Tumevioletse kristallilise vees lahustuva aine **A** kuumutamisel eraldub gaas **X**. Pärast kuumutamist jääb katseklaasi põhja kõva jääk **B**, mis lahustub osaliselt vees. Kontsentreeritud soolhappe mõjul eraldub nii lähteainest **A** kui sademest **B** gaas **Y**, mis ei reageeri gaasiga **X**. On teada, et üks sademe **B** komponentidest värvib leegi violetseks.

Mis ained on **A**, **B**, **X** ja **Y**?

## LAHENDUS:

**X** ja **Y** on gaasid. reaktsioonil soolhappega võib eralduda kas  $\text{Cl}_2$  või  $\text{H}_2$ . Kõigist gaasilistest lihtainetest ja lihtsaimatest mitmeatomilistest gaasidest sobivad ühendi **X** omadustega kokku  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{F}_2$ , ja  $\text{CO}_2$ , kui **Y** on  $\text{Cl}_2$ . Tumevioletne värv vastab  $\text{KMnO}_4$ -le (**A**), mille lagunemisel tekivad  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}_2$  (jääk **B**) ja  $\text{O}_2$  (**X**).  $\text{KMnO}_4$  valik on põhjendatud ka sellega, et  $\text{K}_2\text{O}$  värvib leegi violetseks.  $\text{MnO}_2$  reaktsioonil soolhappega tekib  $\text{Cl}_2$ .

## AGREGAATOLEK: GAAS, VEDELİK VÕI TAHKE AINE?

Gaasilisi aineid pole kuigivõrd palju – lihtainetest  $\text{H}_2$ , He,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{F}_2$ , Ne,  $\text{Cl}_2$ , Ar, Kr, Xe; lihtsaimatest mitmeatomilistest ainetest  $\text{CH}_4$ , CO,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , NO,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{SiH}_4$ . Vedelad lihtained on broom ja elavhõbe. Enamik sooladest ja kristallhüdraatidest on tahked, kuigi molekulaarse ehitusega ained on tihti ka vedelikud:  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{CO})_5$  (helekollane)  $\text{NCl}_3$ ,  $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$  (tumesinine vedelik).

## ÜLESANNE 8

Metall **A** reageerib raske punakas-pruuni vedelikuga **B**, tulemusena saadakse ainult üks binaarne ühend **C**. Ühend **C** lahustatakse vees ja moodustunud lahus valatakse kahte katseklaasi. Esimesse lisatakse ammoniaagivett; tulemusena tekib valge geeljas sade **D**, mis lahustub NaOH lahuses, moodustades kompleksühendit **E**. Sade **D** lahustub ka soolhappes. Teise katseklaasi lisatakse hõbenitraadi lahust, tekib kollakas sade **F**. Kirjutage ainete **A–F** valemid ja nimetused.

## LAHENDUS:

Punakas-pruun vedelik **B** on broom, mida tõestab sademe **F** ( $\text{AgBr}$ ) värv. Sademe **D** lahustumine NaOH lahuses annab märku metalli **A** amfoteersusest; **A** on Al (alumiinium), mis moodustab NaOH-ga kompleksühendi  $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ , **C** on  $\text{AlBr}_3$  ja **D**  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

## ÜLESANNE 9

Sama stöhiomeetrilise koostisega binaarsed anorgaanilised ühendid **I–VII** sisaldavad ühte ühist elementi. Kõik need ained on toatemperatuuril vedelikud. Mõningad ainete omadused on toodud tabelis, kus nad paiknevad molaarmasside kasvu järjekorras. Määrake ühendite **I–VII** valemid.

Aine	$T_{\text{sul.}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{keem.}}, ^\circ\text{C}$	värvus	interaktsioon veega
I	-23	77	värvitu	ei segune
II	-69	58	värvitu	reaktsioon värvitu, tekib pruun sade, eraldub gaas
III	-50	83	värvitu	reaktsioon värvitu, tekib pruun sade, eraldub gaas
IV	-21	153	pruun	reageerib, tekib sinine lahus, eraldub gaas
V	-24	136	värvitu	reaktsioon värvitu, tekib pruun sade, eraldub gaas
VI	-33	114	värvitu	reaktsioon värvitu, tekib pruun sade, eraldub gaas
VII	-7	-	kollane	reaktsioon värvitu, tekib pruun sade, eraldub gaas

### LAHENDUS:

Ülesande lahendus on elegantne ja – mis on kõige tähtsam – loogiline. Kuna ühenditel on sama stöhhiomeetriline koostis, peaksid kõik (või vähemalt enamus) kodeeritud ühendid sisaldama perioodilisussüsteemi ühe rühma elemente. Binaarseteks aineteks võivad olla halogeniidid (fluoriidid, kloriidid), kalkogeniidid (oksiidid, sulfiidid), fosfiidid, nitriidid jne.

Vedelaid oksiide on üsna vähe ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$  ja mõned teised). Vedelaid sulfide praktiliselt ei eksisteeri (v.a.  $\text{CS}_2$ ). Samal põhjusel ei sobi ka fosfiidid ja nitriidid.

Analüüsinud läbi kõikvõimalikud variandid, jõuame järeldusele, et kodeeritud aineteks on IV rühma elementide kloriidid koostisega  $\text{XCl}_4$ , mis on kõik vedelikud.

Niisiis, I –  $\text{CCl}_4$  (ei segune veega), II –  $\text{SiCl}_4$ , III –  $\text{TiCl}_4$ . Kuid aine IV ei ole  $\text{GeCl}_4$ , kuna  $\text{GeCl}_4$  ei ole värviline ning hüdroolüüsil peaks andma sademe  $\text{GeO}_2$  mitte sinise lahuse. Tõenäoliselt on  $\text{GeCl}_4$  hoopis aine V. Aine IV on aga kloriidi koostisega  $\text{XCl}_4$ , kusjuures element X ei asu IV rühmas, vaid Ti ja Ge vahel.

Võib tekkida mulje, et sellise ülesande lahendamiseks pole üldse vaja mingisuguseid konkreetseid teadmisi; samas võib väita, et “koolis selliseid asju ei käsitleta”. Tõepoolest võiks IV ühendi täpse identifitseerimiseks teada vanaadiumi ja selle ühendite (antud juhul  $\text{VCl}_4$ ) omadusi. Tõenäoliselt on selleks elemendiks vanaadium. Niisiis: IV –  $\text{VCl}_4$ , V –  $\text{GeCl}_4$ , VI –  $\text{SnCl}_4$ , VII –  $\text{PbCl}_4$ .

Ülesande autori arvates on vanaadiumi valik loomulik ja ilmne, kuid peab arvestama, et sugugi mitte kõik õpilased tunnevad niivõrd hästi vanaadiumi keemiat. Samas on autori väide põhjendatud — õige tuletuskäik eeldab vaid teadmist, et vanaadiumi ühendid on värvilised ning et teised Ti ja Ge vahel asuvad metallid ei moodusta kloriide koostisega  $\text{XCl}_4$ , mis sobiks lahenditena: nii gallium [ $\text{GaCl}_4(?)$ ], tsink [ $\text{ZnCl}_4(?)$ ], vask [ $\text{CuCl}_4(?)$ ], koobalt [ $\text{CoCl}_4(?)$ ],



nikkel  $[\text{NiCl}_4(?)]$ , raud  $[\text{FeCl}_4(?)]$ , mangaan  $[\text{MnCl}_4(?)]$  kui ka kroom  $[\text{CrCl}_4\text{-tahke}]$  ei sobi. Seega on vastus ilmne

### MIS SAAB SIIS, KUI ÜLESANDE TEKST ON LIIGA PIKK?

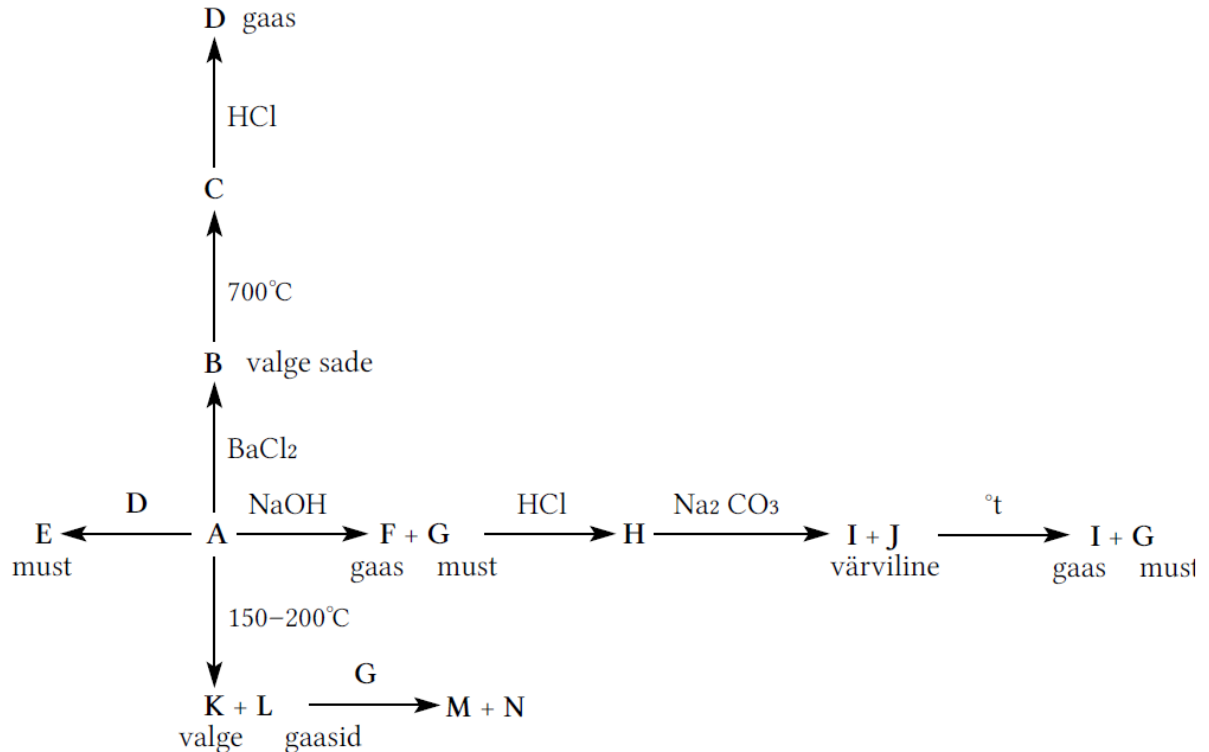
Eespool toodud näide sisaldas alla kaheksa kodeeritud ühendit, kuid leidub ka ülesandeid, kus otsitavate ainete arv võib olla palju suurem, tekstis kirjeldatud muutuste arv aga veelgi suurem. Selline ülesande tekst tekitab üsna palju segadusi, mille vältimiseks on soovitatav koostada muundumiste skeemi.

### ÜLESANNE 10

(tekstist on eemaldatud arvulised andmed) Eredavärvilise anorgaanilise aine **A** lahuse reageerimisel baariumkloriidi lahusega eraldub sade **B**, mis ei lahustu hapetes ega leelistes. Sademe **B** kuumutamine  $700\text{ }^\circ\text{C}$  juures koos süsiniku liiaga annab ühendi **C**, mille lahustumisel soolhappes eraldub gaas **D**. Aine **A** lahuse reageerimisel gaasiga **D** tekib aine **E** must sade, mis ei lahustu soolhappes. Aine **A** lahuse keetmisel leeliselega eraldub gaas **F** ning tekib ühendi **G** must sade, mis moodustab soolhappe mõjul lahust **H**. Sooda mõjul aine **H** lahusesse tekib gaas **I** ning värviline sade **J**, mille kuumutamisel tekib seesama gaas **I** ning eespool mainitud must ühend **G**. Lähteaine **A** kuumutamisel  $150\text{--}200\text{ }^\circ\text{C}$ -ni moodustub aine **K** valge pulber, mille lahustumisel vees tekib värviline lahus, ning eralduvad lenduvad produktid **L**, mis neelduvad täielikult väävelhappes. Ainete **L** juhtimisel üle soojendatud aine **G** muutub viimase värvus ning moodustub ühend **M**, mis ei lahustu soolhappes; väljuv gaas **N** ei neeldu enam väävelhappes täielikult. Mis ained on **A–N**?

### LAHENDUS:

Joonistame muundumisskeemi, kirjutades juurde ainete agregaatolekud ja värvid:

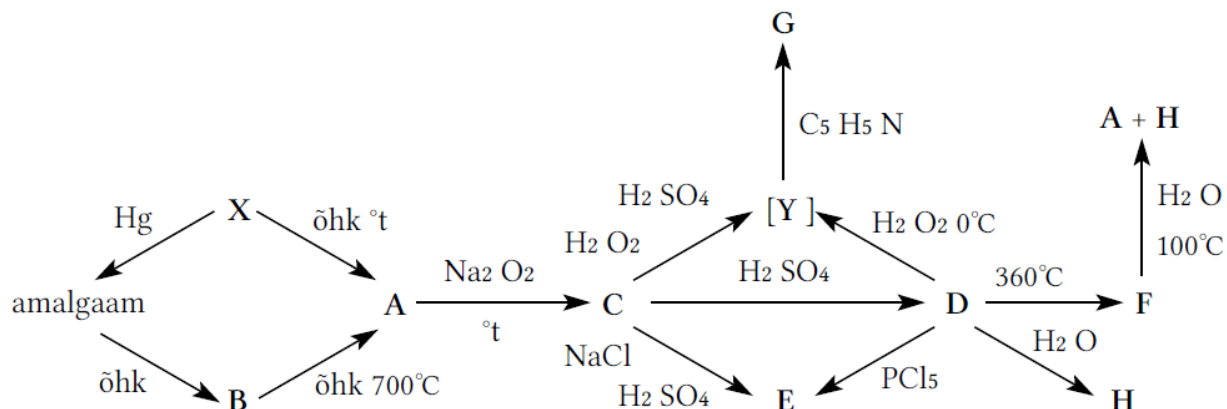


$\text{BaCl}_2$  reaktsioon **A**-ga näitab  $\text{SO}_4^{2-}$  sisaldust, seega **B** on  $\text{BaSO}_4$ . Võib eeldada, et  $\text{BaSO}_4$  reaktsioonil süsinikuga moodustub ühend **C** -  $\text{BaCO}_3$ , mis erinevalt  $\text{BaSO}_4$ -st lahustub hapetes; samuti sobib  $\text{BaS}$ . Teine võimalik saadus on  $\text{BaSO}_3$ . Vastavad gaasid, mis eralduvad  $\text{HCl}$  reaktsioonil **C**-ga, on:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ . Oletame, et **A** on vase sool, millest moodustub must sade **G** –  $\text{CuO}$ . Ühendades meie loogilise tuletuskäigu mõlemad ahelad, jõuame järeldusele, et gaas **D** on  $\text{H}_2\text{S}$  ning must sade **E** on  $\text{CuS}$ .

Antud etapil vastavad kõik meie eeldused ülesande tingimustele.  $\text{CuO}$  (**G**) reaktsioonil soolhappega moodustub  $\text{CuCl}_2$ , mille reaktsioonil  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ga tekib roheline aine  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  (**J**) ja gaas  $\text{CO}_2$  (**I**). Gaasi **F** eraldumine ja soola **A** värv näitavad, et selle soola koostis on keerulisem kui  $\text{CuSO}_4$ . Tõenäoliselt on  $\text{CuSO}_4$  hoopis aine **K** valem. Aine **G** värvi muutmine gaasisegu **L** läbijuhtimisel viitab reaktsiooni toimumisele. Kuna **M** ei lahustu soolhappes, tekib mõte, et **M** on  $\text{Cu}$ , vask. **N** on  $\text{N}_2$ , **L** on  $\text{H}_2\text{O}$  – seda tõestab asjaolu, et **N** ei neeldu soolhappes. Ammoniaak on tüüpiline redutseerija,  $\text{CuO}$  aga tuntud oksüdeerija:  $3\text{CuO} + 2\text{NH}_3 = 3\text{Cu} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ .

## ÜLESANNE 11

On antud metalli **X** järgmised muundumisread:



Nimetage kõik ained, kui on teada, et:

- **A**, **B** ja **C** on vastavalt rohelist, musta ja kollast värvi pulbrilised ained;
- **D** on violetse varjundiga punased kristallid, mis kaotavad õhus oma kuju;
- **F** — mustad vees halvasti lahustuvad mikrokristallid, mis moodustuvad **D** pürolüüsil klaaskerakestel; vee mõjul tekivad ühendist **F**  $100^\circ\text{C}$  juures ained **A** ja **H**;
- Ühend **Y** moodustub aine **C** töötlemisel 30%-lise vesinikperoksiidi lahusega madalal temperatuuril lahjendatud väävelhappe juuresolekul; ekstraktsioonil eetriga annab helesiniseid lahuseid. Sellele lahusele püridiini lisamisel sadenevad  $0^\circ\text{C}$  juures kaksikmurdumisega nõeljad kristallid, milles süsiniku sisaldus on lämmastiku sisaldusest 21,8% võrra suurem.

### LAHENDUS:

On arusaadav, et **A** ja **B** on elemendi **X** eri oksüdatsiooniastmetega oksiidid. Oksiid **A** on püsiv õhuhapnikuga oksüdeerimise suhtes, kuid elemendil **X** oksüdatsiooniaste selles ühendis pole kõige kõrgem, sest oksiid reageerib vesinikperoksiidiga. Sellistel reaktsioonidel (oksüdeeriv leeliseline sulatamine) tekivad tavaliselt hapete soolad, milles hapet moodustav element on kõrgeimas oksüdatsiooniastmes. Ühendite **A**, **B** ja **C** värvid lubavad eeldada, et **X** on Cr, kroom; sel juhul **A** on  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  – kroom(III)oksiid, **B** on  $\text{CrO}$  a – kroom(II)oksiid, **C** on  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  – naatriumkromaat.

Kontsentreeritud väävelhappe mõjul tekib naatriumkromaadist kroom(VI)oksiid. Järelikult: **D** on  $\text{CrO}_3$  – kroom(VI)oksiid, **E** on  $\text{CrO}_2\text{Cl}_2$  – kroom(VI)oksokloriid ehk kromüülkloriid, **H** on kroomhape –  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ .

**F** on kroomi oksiid, kus kroomi oksüdatsiooniaste on VI ja III vahel (ülesandes on toodud **F** disproportsioneerumisreaktsioon **A**-ks ja **D**-ks). Temperatuuril 360–540°C toimub  $\text{CrO}_3$  lagunemine kroom(IV)oksiidini; seega on ühend **F** –  $\text{CrO}_2$ , kroom(IV)oksiid.

## KOKKUVÕTE

Nuputamisülesandeid kasutatakse väga tihti olümpiaadil. Nende lahendamine on sarnane ristsõnamõistatuse lahendamisega: kui tuleb välja, siis protsess pakub tõelist naudingut. Seetõttu on parem alustada lahendamist lihtsamatest ülesannetest, mis on toodud kontrolltöös, ning jätkata keeruliste lisaülesannetega. Pidage meeles, et igal ülesandel on olemas lahendus, kui seda aktiivselt ja julgelt otsida, siis ta kindlasti leidub.