

ETTEVALMISTUS KEEMIAOLÜMPIAADIKS II

ÜLESANDED VALEMITE MÄÄRAMISE KOHTA

Rahvusvahelisel olümpiaadil Kielis (Saksamaa) 2004. a. oli pakutud ülesanne mineraal arhürodiidi valemite määramise kohta, mille lühikirjeldus on toodud allpool:

Ülesanne 1

Mineraal arhürodiit on stöhhiomeetriline ühend, mis sisaldab hõbedat (oksüdatsiooniaste +1), väävlit (oksüdatsiooniaste -2) ja tundmatut elementi **Y** (oksüdatsiooniaste +4). Hõbeda ja elemendi **Y** masside suhe arhürodiidis on $m(\text{Ag}) : m(\text{Y}) = 11,88 : 1$. Leidke mineraali valem.

Sarnaste ülesannete lahendamist, mis hõlmavad valemite määramist, kasutades massiprotsente ja elektroneutraalsuse võrrandit, hakkame õppima kursuse esimeses osas.

Valemite määramine, lähtudes protsendilisest sisaldusest

Valemite määramise ülesannetes tuleb leida antud ühendi valem, teades elementide masside suhteid ühendis või reagentide suhteid reaktsioonivõrrandis.

Lihtsaim massisuhete juhus: elemendi sisaldus massiprotsent alusel, mida arvutatakse valemite järgi:

$$\omega(\text{E}) = \frac{m(\text{E})}{m(\text{aine})} \cdot 100\% = \frac{n \cdot M(\text{E})}{M(\text{aine})} \cdot 100\%$$

kus $m(\text{E})$ ja $m(\text{aine})$ – elemendi **E** mass antud aine massis (grammides), n – elemendi **E** aatomite arv aine brutovalemis, mis vastab aine molaarmassile – M .

Aine molaarmass – ühe mooli aine mass grammides. Üksikute keemiliste elementide korral me mõistame molaarmassi all selle elemendi üksikute aatomite ühe mooli massi. Sel juhul on elemendi molaarmassi ühikuks grammi ühe mooli kohta ja langeb kokku elemendi aatomimassiga aatommassiühikutes (a.m.ü.).

Kui ülesandes on antud iga elemendi protsendiline sisaldus, siis valemite leidmiseks on vaja elemendi protsendiline sisaldus jagada vastava elemendi molaarmassiga. Saadud arvude suhe on võrdne elementide aatomite arvude suhtega. Edaspidi on neid vaja korrutada arvuga (et saada täisarvud), mis vastavad iga elemendi aatomite arvule aine molekulis.

Ülesanne 2

Järgnevalt on antud elementide massiprotsendilised sisaldused mineraalis. Leidke mineraali lihtsaim valem kasutades täpse kvantitatiivanalüüsi tulemusi: kroom – 0,419%, alumiinium – 52,684%, berüllium – $1,1 \cdot 10^{-3}\%$, raud – $7,4 \cdot 10^{-5}\%$, kaltsium – $0,9 \cdot 10^{-4}\%$, hapnik – 46,786%, räni – $7,9 \cdot 10^{-2}\%$, naatrium – $4,3 \cdot 10^{-3}\%$.

Lahendus:

Alumiiniumi ja hapniku protsendiline sisaldus mineraalis on 99,470%.

$$\text{Al:O} = \frac{52,684\%}{26,982 \text{ g/mol}} : \frac{46,786\%}{15,999 \text{ g/mol}} = 1,9526 : 2,9243 = 1,00 : 1,50 = 2 : 3$$

Ühend Al_2O_3 , rubiin kroomi jälgedega.

Ülesanne 3

Keemilise analüüsi tulemuste järgi on ühendil **A** järgmine koostis: K – 38,62%, N – 13,86%, O – 47,52%. **A** kuumutamisel moodustub aine **B**, mille koostis on: K – 45,88%, N – 16,47%, O – 37,65%. Millistest keemilistest ühenditest on jutt?

Lahendus:

A – KNO_3

B – KNO_2

$$\text{A – K:N:O} = \frac{38,62\%}{39,10 \text{ g/mol}} : \frac{13,86\%}{14,01 \text{ g/mol}} : \frac{47,52\%}{16,00 \text{ g/mol}} = 0,988 : 0,989 : 2,97 = 1 : 1 : 3$$

$$\text{B – K:N:O} = \frac{45,88\%}{39,10 \text{ g/mol}} : \frac{16,47\%}{14,01 \text{ g/mol}} : \frac{37,65\%}{16,00 \text{ g/mol}} = 1,173 : 1,176 : 2,353 = 1 : 1 : 2$$

Tuleb mõista, et jagades massiprotsendi molaarmassiga eeldame, et meil on olemas 100 g antud ainet ja iga elemendi mass on arvuliselt võrdne selle elemendi protsendilise sisaldusega. Elemendi massi suhe selle molaarmassiga on võrdne elemendi hulgaga 100 g aines, kuid aga kõikide elementide hulkade suhe on võrdeline aatomite hulkade suhetega aine molekulis. Muuseas ei ole oluline mis ühikutega on väljendatud mass. Vaatame järgmist näidet.

Ülesanne 4

Arusaamine sellest, millistes proportsioonides elemendid reageerivad, oli üks peamisi eeldusi materia atomaarse ehituse teooria arengus.



Maal illustreerib 1660. aastal läbiviidud eksperimenti, mille käigus antimon kuumutati päikesekiirguse abil oksiidi moodustumiseni.

Alkeemik teatas, et selles eksperimendis mass suurenes 12 graanist 15 graanini. Arvestades eksperimendi ebatäpsust, on saadud väärtus üllatavalt lähedane teoreetilisele – 14,4 graani.

Määrake antimoni oksiidi valem.

Lahendus:

12 graani Sb annavad 14,4 graani oksiidi, seega peavad 12 graani Sb reageerima 2,4 graani hapnikuga. Kuna suhte leidmisel ühikud pole olulised, ei ole vaja teada mitu grammi võrdub üks graan. Leiame suhte

$$n(\text{Sb}) : n(\text{O}) = \frac{12}{121,8} : \frac{2,4}{16,0} = 2 : 3$$

Oksiid – Sb_2O_3 . Ülesannet on võimalik lahendada ka protsentide kaudu:

$$\omega(\text{Sb}) = \frac{12}{14,4} = 0,83, \omega(\text{O}) = \frac{2,4}{14,4} = 0,17, \text{ siis } n(\text{Sb}) : n(\text{O}) = 2 : 3.$$

Elektroneutraalsuse võrrand

Kui on vaja määrata anorgaanilise aine valem, mille koostisesse kuuluv element või elemendid on teada, siis ülesande lahendamiseks on vaja kasutada võrrandit, mida kutsutakse elektroneutraalsuse võrrandiks.

Elektroneutraalsuse võrrand põhineb väga lihtsal ideel – anorgaanilise aine iga elemendile saab määrata oksüdatsiooniastme (elektroneutraalsuse tingimus). Kuna

molekuli laeng peab olema võrdne nulliga, siis kõikide molekuli koostisse kuuluvate elementide laengute liitmisel peab vastuseks tulema null:

$$\sum \chi(\mathbf{E}_i) \cdot n(\mathbf{E}_i) = \chi(\mathbf{E}_1) \cdot n(\mathbf{E}_1) + \chi(\mathbf{E}_2) \cdot n(\mathbf{E}_2) + \chi(\mathbf{E}_3) \cdot n(\mathbf{E}_3) + \dots = 0$$

kus $\chi(\mathbf{E}_i)$ on elemendi i oksüdatsiooniaste (arvestades märki); $n(\mathbf{E}_i)$ on elemendi i aatomite arv valemis.

Ülesanne 5

Millised allpool toodud valemitest võivad vastata reaalselt eksisteerivatele ainetele?

1. $\text{CaMg}_3(\text{SiO}_3)_4$
2. $\text{Cs}_4\text{HAl}_4(\text{SiO}_3)_9$
3. $\text{Li}_2\text{Al}_2\text{F}_2(\text{SiO}_3)_2$

Lahendus:

Kui molekuli summaarne laeng on võrdne nulliga, saab aine eksisteerida.

1. Arvutame laengute summa, arvestades, et kaltsiumi ja magneesiumi o.a. on $2+$, räni $+4$, hapniku -2 : $(+2) \cdot (1 + 3) + (+4) \cdot 4 + (-2) \cdot 12 = 0$. Kuna elektroneutraalsuse tingimus on täidetud, saab selline ühend eksisteerida.

2. Tseesiumi o.a. on $+1$, vesiniku $+1$, alumiiniumi $+3$: $(+1) \cdot (4 + 1) + (+3) \cdot 4 + (+4) \cdot 4 + (-2) \cdot 27 = -1$. Kuna elektroneutraalsuse tingimus ei ole täidetud, ei saa selline ühend eksisteerida.

3. Liitiumi o.a. on $+1$, fluori -1 , alumiiniumi $+3$: $(+1) \cdot 2 + (+3) \cdot 2 + (-1) \cdot 2 + (+4) \cdot 2 + (-2) \cdot 6 = +2$. Kuna elektroneutraalsuse tingimus ei ole täidetud, ei saa selline ühend eksisteerida.

Laengut, mida omavad antud elemendi aatomid, saab leida järgmisel viisil: tuleb jagada elemendi mass vastava molaarmassiga ja korrutada oksüdatsiooniastmega.

Üldjuhul näeb elektroneutraalsuse võrrand välja järgmine:

$$\sum \frac{\chi(\mathbf{E}_i) \cdot \omega(\mathbf{E}_i)}{M(\mathbf{E}_i)} = \frac{\chi(\mathbf{E}_1) \cdot \omega(\mathbf{E}_1)}{M(\mathbf{E}_1)} + \frac{\chi(\mathbf{E}_2) \cdot \omega(\mathbf{E}_2)}{M(\mathbf{E}_2)} + \frac{\chi(\mathbf{E}_3) \cdot \omega(\mathbf{E}_3)}{M(\mathbf{E}_3)} + \dots = 0$$

kus $\chi(\mathbf{E}_i)$ on elemendi \mathbf{E}_i oksüdatsiooniaste (arvestades märki); $\omega(\mathbf{E}_i)$ on elemendi \mathbf{E}_i protsendiline sisaldus; $M(\mathbf{E}_i)$ on elemendi i molaarmass.

Pärast antud võrrandi lihtsustamist saame järgmise valemi:

$$M = k \cdot \chi$$

kus χ on täisarv, k on ratsionaalarv.

Matemaatika seisukohalt on sellel võrrandil lõpmatu arv lahendeid, kuid tegelikkuses on oksüdatsiooniastmel ja aatommassil piiratud lahendite arv. Seepärast arvutades ära kõik χ ja M väärtused, saab leida need, mis on ülesande lahenditeks.

Lahendame järgmise ülesande.

Ülesanne 6

Sool sisaldab 31,8% kaaliumit, 39,2% hapnikku, ülejäänud osa on mingisugune hapet moodustav element. Leidke soola valem.

Lahendus:

Elektroneutraalsuse võrrandi järgi:

$$(+1) \cdot \frac{31,8}{39,1 \text{ g/mol}} + (-2) \cdot \frac{39,2}{16,0 \text{ g/mol}} + \chi \cdot \frac{100 - 31,8 - 39,2}{M(\mathbf{E})} = 0$$

kus 39,1 g/mol on kaaliumi aatommass; 16,0 g/mol on hapniku aatommass χ on tundmata elemendi oksüdatsiooniaste; $M(\mathbf{E})$ on tundmatu elemendi molaarmass.

Ülaltoodud võrrandit saab teisendada: $M(\mathbf{E}) = 7,1 \cdot \chi$.

Koostame M sõltuvuse χ -st tabeli:

χ	M	element	lahendus
1	7,1	Li	ei moodusta happeid
2	14,2	N	$\text{K}_2\text{N}_2\text{O}_2$ ei sobi
3	21,3	–	ei eksisteeri
4	28,4	Si	K_2SiO_3 ei sobi
5	35,5	Cl	KClO_3 sobib
6	42,5	–	ei eksisteeri
7	49,6	–	ei eksisteeri
8	56,7	–	ei eksisteeri

Allpool on toodud näide sellest, kuidas tuleb arutleda lahendamise käigus:

Olgu $\chi = 1$, siis $M(\mathbf{E}) = 7,1 \text{ g/mol}$.

Element lähedase molaarmassiga on liitium, aga liitium ei moodusta happeid, seetõttu ei sobi.

Olgu $\chi = 2$, siis $M(\mathbf{E}) = 14,2 \text{ g/mol}$.

Saadud väärtus on lähedane lämmastiku molaarmassile. Lämmastik oksüdatsiooniastmega +2 moodustab $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$. Järelikult sobib kaaliumhüponitriit $\text{K}_2\text{N}_2\text{O}_2$.

Kontrollime: kaaliumi sisaldus $K_2N_2O_2$ -s on võrdne 56,5%, mis ei vasta toodud tingimustele.

Olgu $\chi = 3$, siis $M(\mathbf{E}) = 21,3$ g/mol.

Antud suurus on neooni ja naatriumi vahel, mõlemad neist elementidest ei moodusta happeid.

Olgu $\chi = 4$, siis $M = 28,4$ g/mol.

Antud suurus on lähedane räni aatommassile – 28. Räni oksüdatsiooniastmega +4 moodustab ränihapet. Järelikult sobib kaaliumsilikaat K_2SiO_3 . Kontrollime: kaaliumi sisaldus K_2SiO_3 on 51%, tingimuste järgi sisaldab sool 31,8% kaaliumi, järelikult kaaliumsilikaat ei sobi.

Olgu $\chi = 5$, siis $M(\mathbf{E}) = 35,5$ g/mol.

Antud aatommass langeb kokku kloori aatommassiga. Kloor oksüdatsiooniastmega +5 moodustab soola $KClO_3$ – kaaliumkloraat. Kontrollime: kaaliumi sisaldus kaaliumkloraadis on 31,8%, hapnikku sisaldus – 39,2%, mis langeb täpselt kokku ülesandes antud andmetega. See tähendab, et kaaliumkloraat sobib ülesande lahendiks.

Olgu $\chi = 6$, siis $M(\mathbf{E}) = 42,5$ g/mol.

Perioodilisustabelis ei ole elemente sellise aatommassiga.

Olgu $\chi = 7$, siis $M(\mathbf{E}) = 49,6$ g/mol.

Saadud suurus on titaani ja vanaadiumi molaarmasside vahel, kuid kumbki nendest elementidest ei oma oksüdatsiooniastet +7.

Olgu $\chi = 8$, siis $M(\mathbf{E}) = 56,7$ g/mol.

Saadud aatommass on lähedane raua aatommassile. Teoreetiliselt on võimalik soolade eksisteerimine, kus raud on hapet moodustavaks elemendiks ja omab oksüdatsiooniastet +8, kuid praeguseni pole selliseid sooli eraldatud. Seepärast see lahendus ei sobi.

Ei tohi unustada, et elemendi keskmine oksüdatsiooniaste mõnedes ühendites on murd. Näiteks:

Ülesanne 7

Leidke pigmendi valem, mis sisaldab 9,33% hapnikku ja elementi **X**.

Lahendus:

Vastavalt elektroneutraalsuse võrrandile:

$$(-2) \cdot \frac{9,33\%}{16,0 \text{ g/mol}} + \frac{\chi \cdot (100 - 9,33)\%}{M(\mathbf{E})} = 0$$

kus 16,0 g/mol – hapnikku molaarmass; χ – tundmatu elemendi oksüdatsiooniaste; $M(\mathbf{E})$ – tundmatu elemendi molaarmass.

Avaldame tundmatu elemendi molaarmassi $M(\mathbf{E})$:

$$M(\mathbf{E}) = \frac{\chi}{2} \cdot \frac{90,67\%}{9,33\%} \cdot 16,0 \text{ g/mol} = 77,7 \cdot \chi \text{ g/mol}$$

Täisarvuliste χ väärtustele ei vasta ühtegi lahendust. Oletame, et ühend sisaldab n aatomit tundmatut elementi ja m aatomit hapnikku: $\chi = 2m/n$. Murdarvulised χ väärtused ilmnevad, kui $n=3$. Leiame õige vastuse: $\chi = 8/3$, $M = 207 \text{ g/mol}$. Tundmatu element on plii (Pb).

Õige lähenemise korral võib sarnase ülesande lahendada mõne minutiga. Ei tohi kiirustada ning kõik arvutused tuleb läbi viia õiges järjekorras.

Järgnevalt vaatame ülesannet, mis sisaldab andmeid kahe tundmatu kohta.

Ülesanne 8

Leidke mineraali valem, mis sisaldab 10,04% alumiiniumi, 31,35% räni, ülejäänud osa on elemendid \mathbf{X} ja \mathbf{Y} . Elementide \mathbf{X} ja \mathbf{Y} sisalduste suhe on 1 : 10,652. Tehke kindlaks mineraali valem.

Lahendus:

Antud juhul on olemas kaks tundmatut elementi. Kuid elektroneutraalsuse võrrandit saab kasutada vaid siis, kui on olemas üks tundmatu element. Seetõttu tuleb üks elementidest ära arvata. Ülesandes on öeldud, et tundmatu mineraal sisaldab räni ja alumiiniumi. Tõenäoselt on see alumosilikaat, seega peab mineraal sisaldama hapnikku ning üks elementidest \mathbf{X} või \mathbf{Y} on hapnik. Selleks, et teada saada, kumb tundmatutest on hapnik, kasutame järgmist loogikat: nii alumiinium kui ka räni omavad positiivset laengut, hapniku sisaldus peab seega olema piisavalt suur, et kompenseerida räni ja alumiiniumi laenguid. Seetõttu element \mathbf{Y} on hapnik. Antud eeldust saab matemaatiliselt tõestada võttes \mathbf{X} hapnikuks ja arvutada hapniku negatiivne laeng. See tuleb palju väiksem positiivsest laengust, mille tekitavad alumiiniumi ja räni.

Element \mathbf{X} ja hapnik koos moodustavad $100\% - 10,04\% - 31,35\% = 58,61\%$.

Kuna $\omega(\mathbf{X}) : \omega(\mathbf{Y}) = 1 : 10,652$, on \mathbf{X} protsendiline sisaldus $\frac{58,61\%}{1 + 10,652} = 5,03$

hapniku sisaldus aga – 53,58%. Kirjutame välja elektroneutraalsuse valemi:

$$(+3) \cdot \frac{10,04\%}{26,98 \text{ g/mol}} + (+4) \cdot \frac{31,25\%}{28,09 \text{ g/mol}} + n \cdot \frac{5,03\%}{M(\mathbf{X})} + (-2) \cdot \frac{53,38\%}{16,00 \text{ g/mol}} = 0$$

Antud võrrandist $M(\mathbf{X})$ avaldades saame:

$$M(\mathbf{X}) = 4,50 \cdot n$$

Andes n erinevaid väärtusi leiame, et kõige sobivamaks $M(\mathbf{X})$ väärtuseks on 9,00 g/mol, mis vastab berülliumile. Saame, et otsitava aine valem on $\text{Al}_2\text{Be}_3\text{Si}_6\text{O}_{18}$.

Ülesanne 9

Mineraal berüll sisaldab 31,3% räni, 53,6% hapnikku, ülejäänud osa moodustavad alumiinium ja berüllium. Leidke mineraali valem.

Lahendus

Antud juhul teame kõiki mineraalis sisalduvaid elemente, kuid ei tea kahe elemendi (alumiiniumi ja berülliumi) sisaldust. Teades räni ja hapniku sisaldust, saame arvutada, kui suure osa moodustavad berüllium ja alumiinium: $100\% - 31,3\% - 53,6\% = 15,1\%$.

Olgu berülliumi sisaldus x . Seega alumiiniumi sisaldus ühendis ($15,1 - x$).

Nüüd kasutame elektroneutraalsuse valemit ja leiame x :

$$(+3) \cdot \frac{(15,1 - x)\%}{27,0 \text{ g/mol}} + (+4) \cdot \frac{31,3\%}{28,1 \text{ g/mol}} + (+2) \cdot \frac{x}{9,01 \text{ g/mol}} + (+2) \cdot \frac{53,6\%}{16,0 \text{ g/mol}} = 0$$

Lahendades selle võrrandi, saame $x = 5,1\%$. Siit leiame alumiiniumi sisalduse, mis võrdub 10,0%. Saame, et mineraali koostisesse kuuluvate elementide masside suhted on:

$$\text{Al} : \text{Si} : \text{Be} : \text{O} = 10,0 : 31,3 : 5,1 : 53,6.$$

Saame, et otsitava aine valem on taaskord $\text{Al}_2\text{Be}_3\text{Si}_6\text{O}_{18}$.

Kasutades elektroneutraalsuse võrrandit lahendame eelkõige matemaatilisi võrrandeid, milles võib muutujaks olla lisaks oksüdatsiooniastmetele ka erinevate rühmade või molekulide arv.

Ülesanne 10

Ühevalentse metalli protsendiline sisaldus metalli sulfaadi kristallhüdraadis on 14,3%. Tehke kindlaks kristallhüdraadi valem ja põhjendage, miks on olemas ainult üks võimalik lahend.

Lahendus

Tähistame kristallhüdraadi valemi $\mathbf{X}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Siis metalli \mathbf{X} massimurd on:

$$\frac{2M(\mathbf{X})}{2M(\mathbf{X})+32,07+16,00 \cdot 4+18,02 \cdot n}=0,143$$

Lihtsustades antud võrrandit, saame võrrandi: $M(\mathbf{X}) = 8 + 1.5 \cdot n$.

Proovides läbi kõik võimalikud n , väärtused, leiame lahendi, kus $n = 10$: $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

On selge, et n ei saa olla väiksem kui 10, vastasel juhul saame elemendid, mis asuvad perioodilisustabelis liitiumi ja naatriumi vahel. Nende hulgas ei ole aga ühevalentseid metalle. Kas n saab olla suurem kui 10? Naatriumile järgnev ühevalentne metall on kaalium. Sel juhul peab n olema umbes 21. Teiste elementide jaoks peab n olema veelgi suurem. Esiteks, ei ole nii suure veemolekulide arvuga kristallhüdraate avastatud; teiseks, ületab n sel juhul veemolekulide arvu küllastunud soola lahuses ühe molekuli kohta. Järelikult on ülesandel ainult üks lahend.

Toodud näites oli kirjas, et tegemist on kristallhüdraadiga, kuid ülesande autorid ei pruugi kirjeldada aine struktuuri iseärasusi. Seega juhul, kui elektroneutraalsuse võrrandi abil saame molaarmassi väärtuseks 56 g/mol, võib lahenduseks olla nii raud (raua ühend), kui ka kaltsium või magneesium (kaltsiumi/magneesiumi-ühendi kristallhüdraat).

Kuigi enamikus valemite määramise ülesannetes ei küsita struktuurse ja keemilise iseärasusi, tuleb iga kord mõelda vastuse õigsuse peale ning vajadusele otsida alternatiivseid lahendusi.

Vaatame ülesannet struktuuri ja koostise määramise kohta tundmatu aine korral.

Ülesanne 11

1960. aastal avastati ja kirjeldati Poolas uut helekollast mineraali. See mineraal koosneb täielikult ionidest. Üks ionidest esineb kujul, millena ta eksisteerib vesilahuses. See on binaarne nelja-aatomiline ühelaenguline kation. Igal elemendil selles mineraalis on ainult üks oksüdatsiooniaste, mis on selle elemendi jaoks tüüpiline. Mineraali elementanalüüsi andmed on järgmised: 34,85% Fe, 13,34% S, 1,89% H ja 49,92% O. Kirjutage mineraali valem, lähtudes ülesande tingimustest.

Lahendus

Massiprotsentide järgi leiame elementide suhted:

$$\text{Fe:H:S:O} = \frac{34,85}{55,85} : \frac{1,89}{1,01} : \frac{13,34}{32,07} : \frac{49,92}{16,00} = 3:9:2:15$$

Brutovalem: $\text{Fe}_3\text{H}_9\text{S}_2\text{O}_{15}$.

Nelja-aatomiline ühelaenguline kation on H_3O^+ , kuna väevli poolt moodustavad ioonid omavad negatiivset laengut ning vesilahuses esineb raud happelises vesilahuses vaba ioonina (Fe^{3+} või Fe^{2+}) või aluselises lahuses ühelaengulisena $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ või $\text{Fe}(\text{OH})^+$ kujul.

Väevli jaoks tüüpiline oksüdatsiooniaste on VI, mistõttu võib arvata, et väevliga moodustub ioon SO_4^{2-} . Üle jääb raud, mis esineb ühel eelpooltoodud kujul. Antud ülesandes on selleks $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ ioon. Selle tõdemuseni on võimalik jõuda kombineerides leitud brutovalemite ja võimalikke ioone, sealjuures pidades silmas, et molekuli kogulaeng on 0. Saame kristalli ioonvalemiks $[\text{H}_3\text{O}][\text{Fe}(\text{OH})_2]_3[\text{SO}_4]_2$.

Tähelepanu tuleb juhtida asjaolule, kui olulised on ülesandes antud vihjed. Antud ülesande lahendamine ilma nendeta oleks tunduvalt raskem. Mõelge, kuidas on võimalik lahendada antud ülesannet kasutades elektroneutraalsuse võrrandit.

Lõpetuseks lahendame kaks varasemalt olümpiaadil olnud ülesannet.

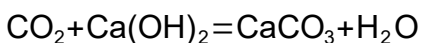
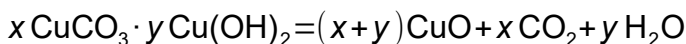
Ülesanne 12

Aluselise vaskkarbonaadi **A** [$x \text{CuCO}_3 \cdot y \text{Cu}(\text{OH})_2$] teatud koguse kuumutamisel saadi 7,95 grammi vask(II)oksiidi. Kuumutamisel eraldunud gaasi juhtimisel lubjavette moodustus 5,00 g sadet **B**.

Põhjendage arvutustega kordajate x ja y suhe aines **A**.

Lahendus

Eelkõige kirjutame reaktsioonivõrrandid:



Kuna sademe **B** mass on teada, siis võime leida, mitu mooli teatud kogus ainet **A** sisaldas vask(II)karbonaati

$$n(\text{CuCO}_3) = \frac{m(\mathbf{B})}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{5,00 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 0,05 \text{ mol}$$

Hulga kui palju aine **A** proov sisaldas vask(II)hüdrosiidi saame leida järgmiselt:

$$\begin{aligned} n(\text{Cu}(\text{OH})_2) &= \frac{m(\text{CuO}) - m(\text{CuO, mis tekkis CuCO}_3 \text{ kuumutamisel})}{M(\text{CuO})} = \\ &= \frac{7,95 \text{ g} - 0,05 \cdot 79,5 \text{ g}}{79,5 \text{ g/mol}} = 0,05 \text{ mol} \end{aligned}$$

Kuna nii vask(II)hüdrosiidi kui ka vask(II)karbonaati sisaldus proovis võrdselt, siis $x = y$ ehk suhe on 1:1

Ülesanne 13

Keemilised elemendid **X** ja **Y** kuuluvad perioodilisussüsteemi paarisarvulisse peaarühma. Elemendi **Y** väliskihi elektronide arv võrdub elemendi **X** kõikide elektronide arvuga. Nimetatud elemendid moodustavad omavahel ühendi valemiga XY_2 , mis sisaldab 15,8% elementi **X**.

Põhjendada millis(t)esse perioodi(desse) võib kuuluda element **X** ja nimetage elemendid, mis sobiksid **X** rolliks. Leidke elemendi **Y** aatommass elemendi **X** aatommassi järgi ja tuvastage XY_2 valem.

Lahendus:

Välises elektronihis on maksimaalselt kaheksa elektroni, seetõttu sobiksid elemendid, mille järjenumbr on 2, 4, 6 ja 8. Need oleksid esimese ja teise perioodi elemendid. Element järjenumbriga 2 on heelium, kuid ta ei anna keemilisi ühendeid ja seetõttu ta ei sobi. Sobiksid elemendid Be, C ja O.

Y leidmiseks tuleb proovida sobivaid elemente:

$$\text{Berüllium: } M(\text{Y}) = \frac{1}{2} \cdot \frac{9,01 \text{ g/mol}}{0,158} \cdot 0,842 = 24,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Lähedase molaarmassiga oleks Mg, kuid tema väliskihil on ainult 2 elektroni ning seetõttu ei sobi.

$$\text{Süsinik: } M(\text{Y}) = \frac{1}{2} \cdot \frac{12,0 \text{ g/mol}}{0,158} \cdot 0,842 = 32,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Sobiva molaarmassiga oleks väävel ning tema väliskihis on 6 elektroni. Seetõttu ta ka täidab tingimusi.

$$\text{Hapnik: } M(\text{Y}) = \frac{1}{2} \cdot \frac{16,0 \text{ g/mol}}{0,158} \cdot 0,842 = 42,6 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Sellise molaarmassiga elementi ei leidu.

Ühend on CS_2 . Elemendid **X** ja **Y** on vastavalt süsinik ja väävel.

Kokkuvõte

Oleme vaadanud üle kaks efektiivset ülesannete lahendamise meetodit ning käsitlenud mitmesuguseid näidisülesandeid valemite määramise kohta.