

2020/2021. õa keemiaolümpiaadi piirkonnavooru ülesannete lahendused
10. klass

Ülesanne 1. Test (11 p)

a) (2)

Elemendi o.a	V	IV	III	$-\frac{1}{3}$
Ühendi valem	$\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$	$\text{Na}_2[\text{SiF}_6]$	$[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]_2(\text{SO}_4)_3$	NH_4I_3

b) i) N_2O , H_3PO_4 , NH_3 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, CH_3COOH , NH_4Cl , Na_2S , KNO_3 , AgCl (2)

ii) NH_3 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, Na_2S (1)

c) i)

1. F_2	2. Cl_2	3. Br_2
<i>Keemistemperatuuri tõus</i>		
→		

Põhjendus: Halogeenide molekulide vahel esinevad dispersioonijõud, mis tugevnevad molekulide suurenedes. Suurtes aatomites on rohkem elektrone ning aatomituumast kaugemal asuvaid elektrone hoitakse nõrgemini kinni, mistõttu on suuri aatomeid sisaldavate molekulide polariseeritavus suurem. (1)

ii)

1. H_2S	2. NH_3	3. H_2O
<i>Keemistemperatuuri tõus</i>		
→		

Põhjendus: NH_3 -s ning H_2O -s esinevad vesiniksidemed, mistõttu on nende keemistemperatuur H_2S -i keemistemperatuurist kõrgem. Hapnik on elektronegatiivsem element kui lämmastik ning seob seega elektrone tugevamalt. Seetõttu on O–H side polaarsem kui N–H side ja H_2O -s esinevad vesiniksidemed järelikult tugevamad. Lisaks saab H_2O molekulide vahel esineda neli vesiniksidet, kuid NH_3 molekulide vahel ainult kaks. Seetõttu on H_2O keemistemperatuur kõrgem kui NH_3 -l. (1)

d) i) Oletame, et 0,90% NaOH lahust on $1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$. Teades lahuse tihedust, saame leida lahuse massi: $m_{\text{lahus}} = V_{\text{lahus}} \cdot \rho_{\text{lahus}} = 1000 \text{ cm}^3 \cdot 1,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 1000 \text{ g}$
Leiame selles lahusekoguses sisalduva NaOH massi:

$$m_{\text{NaOH}} = \frac{1000 \text{ g} \cdot 0,90\%}{100\%} = 9,0 \text{ g} \quad (0,5)$$

$$M(\text{NaOH}) = 40,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

ning lahuse molaarse kontsentratsiooni:

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{M(\text{NaOH}) \cdot V_{\text{lahus}}} = \frac{9,0 \text{ g}}{40,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 1 \text{ dm}^3} = 0,225 \text{ M} \approx \mathbf{0,23 \text{ M}} \quad (0,5)$$

ii) $\text{pOH} = -\log(c_{\text{NaOH}}) = -\log(0,225) \approx 0,648$ (0,5)

$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 0,648 = 13,352 \approx \mathbf{13,35}$ (0,5)

e) i) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ (0,5)

ii) $3\text{S} + 6\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (0,5)

iii) $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ (0,5)

iv) $\text{KIO}_3 + 5\text{KI} + 6\text{HCl} \rightarrow 3\text{I}_2 + 6\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$ (0,5)

Ülesanne 2. Lubjakivi kaltsiumisisalduse määramine (10 p)

a) Oletame, et soolas X on üks kaltsiumiaatom. Seega ühes moolis soolas X oleks 40,08 g kaltsiumi, mis vastavalt massiprotsendile moodustab soola kogumassist 31,29%. Leiame kaltsiumi, süsiniku ja hapniku masside suhted:

$$m_{\text{C}} = \frac{40,08 \text{ g} \cdot 18,75\%}{31,29\%} \approx 24,017 \text{ g}$$

See vastab kahe mooli süsinikuaatomite massile ning seega on soolas X Ca:C suhe 1:2. (0,5)

$$m_O = \frac{40,08 \text{ g} \cdot 49,96\%}{31,29\%} \approx 63,995 \text{ g}$$

(0,5)

See vastab nelja mooli hapnikuaatomite massile ning seega on soolas X Ca:O suhe 1:4. (0,5)
Järelikult suhtuvad soolas X Ca, C ja O vastavalt 1:2:4. Sellele vastav aine brutovalem on **CaC₂O₄**.

b) Hüdraadi Y valem on CaC₂O₄·xH₂O

$$M(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 128,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Teades hapniku massiprotsendilist sisaldust hüdraadis, saame kirjutada võrrandi:

$$w_O = \frac{(4 + x) \cdot 16,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{128,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + x \cdot 18,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 54,75\%$$

(1)

mille lahendamisel saame, et $x = 1$.

(0,5)

Seega on kristallhüdraadi Y brutovalem: **CaC₂O₄·H₂O**

(0,5)

c) Ülesandes on toodud, et: $T = 773 \text{ K}$, $p = 101,325 \text{ kPa} = 101325 \text{ Pa}$,

$$V_{\text{CO}+\text{H}_2\text{O}} = 94,50 \text{ dm}^3 = 0,09450 \text{ m}^3$$

Teades ideaalgaasi võrrandit, saame leida gaaside segu moolide arvu:

$$n_{\text{CO}+\text{H}_2\text{O}} = \frac{pV}{RT} = \frac{101325 \text{ Pa} \cdot 0,09450 \text{ m}^3}{773 \text{ K} \cdot 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} \approx \mathbf{1,49 \text{ mol}}$$

(1)

d) Oletame, et soola X on x mooli ja hüdraati Y y mooli, seega nende termilise lagunemisel eraldub $(x + y)$ mooli CO ja y mooli H₂O. Saame koostada võrrandisüsteemi:

$$n_{\text{CO}+\text{H}_2\text{O}} = (x + y) + y = 1,49 \text{ mol} \quad (0,5)$$

$$m_{X+Y} = x \cdot M(\text{CaC}_2\text{O}_4) + y \cdot M(\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 161,15 \text{ g} \quad (0,5)$$

Võrrandisüsteemi lahendamisel saame, et kuivatatud sademes oli soola X $n_X = x \approx \mathbf{0,950 \text{ mol}}$ ning hüdraati Y $n_Y = y \approx \mathbf{0,270 \text{ mol}}$

(1)

e) $M_{\text{CaCO}_3} = 100,09 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Kaltsiumkarbonaadis on kaltsiumi massiprotsendiline sisaldus:

$$w_{\text{Ca}} = \frac{40,08 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{100,09 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 100\% \approx 40,044\%$$

(0,5)

Seega on proovis sisalduva kaltsiumi mass:

$$m_{\text{Ca proovis}} = \frac{122,11 \text{ g} \cdot 40,04\%}{100\%} \approx 48,898 \text{ g}$$

(0,5)

ning uuritava lubjakivi kaltsiumisisaldus vastavalt:

$$w_{\text{Ca}} = \frac{48,898 \text{ g}}{128,1 \text{ g}} \cdot 100\% \approx \mathbf{38,17\%}$$

(1)

f) $M(\text{CaO}) = 56,08 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Ühes tonnis kustutamata lubjas on kaltsiumit:

$$m_{\text{Ca}} = 1 \text{ t} \cdot \frac{40,08 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{56,08 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 0,71469 \text{ t}$$

(0,5)

Seega tuleks ühe tonni kustutamata lubja tootmiseks kaevandada:

$$m_{\text{lubjakivi kaevandada}} = \frac{0,71469 \text{ t} \cdot 100\%}{38,17\%} \approx \mathbf{1,872 \text{ t}}$$

analüüsitud lubjakivi.

(0,5)

Ülesanne 3. Halogeenide ühendid (12 p)

a)

(7)

	Ühendi valem	Nimetus
A	Cl_2	kloor
B	HCl	vesinikkloriid
C	NaCl	naatriumkloriid
D	NaOCl või NaClO	naatriumhüpoklorit
E	NaClO_3	naatriumkloraat
F	ClO_2	kloordioksiid
G	NaClO_4	naatriumperkloraat

- b) 1 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$ (1)
 2 $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{NaOCl} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ (1)
 3 $3\text{NaOCl} \xrightarrow{t(^{\circ}\text{C})} \text{NaClO}_3 + 2\text{NaCl}$ (1)
 4 $2\text{NaClO}_3 + \text{SO}_2 \rightarrow 2\text{ClO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ (1)
 5 $4\text{NaClO}_3 \xrightarrow{t(^{\circ}\text{C})} \text{NaCl} + 3\text{NaClO}_4$ (1)

Ülesanne 4. Vesinikuenergeetika (9 p)

- a) Anood: $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ või $4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$ (0,5)
 Katood: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ (1)
 Summaarne võrrand: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ (0,5)

- b) $M(\text{H}_2) = 2,016 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $10 \text{ kg} = 10000 \text{ g}$
 $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$
 $n_{\text{H}_2} = \frac{m_{\text{H}_2}}{M(\text{H}_2)} = \frac{10000 \text{ g}}{2,016 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 4960 \text{ mol}$ (0,5)

1 mooli H_2 tekkimiseks vee redutseerumisel on vaja $z = 2$ elektroni. Teades Faraday seadust, saame arvutada teoreetilise vajaliku voolutugevuse

$$I_{\text{teoreetiline}} = \frac{zFn}{t} = \frac{2 \cdot 96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 4960 \text{ mol}}{3600 \text{ s}} \approx 266000 \text{ A}$$
 (1)

Kuna elektrolüüser töötab kasuteguriga 81%, siis kasutatav voolutugevus peab olema:

$$I_{\text{praktiline}} = \frac{266000 \text{ A} \cdot 100\%}{81\%} \approx 328000 \text{ A} \approx 330000 \text{ A}$$
 (0,5)

- c) Teades, et 10 kg vesiniku tootmiseks kulub 1 h ning $U = 1,6 \text{ V}$, saame leida, et selle vesinikukoguse tootmiseks kulub:

$$E = UIt = 1,6 \text{ V} \cdot 328000 \text{ A} \cdot 1 \text{ h} = 524800 \text{ W} \cdot \text{h} = 524,8 \text{ kW} \cdot \text{h} \approx 520 \text{ kW} \cdot \text{h}$$
 (1)

- d) $524,8 \text{ kW} \cdot \text{h} \approx 525 \text{ kW} \cdot \text{h}$

1,0 kg H_2 tootmiseks kulub $\frac{1 \text{ h}}{10} = 0,1 \text{ h}$. 1,0 kg vesiniku müügist saadava summa ja selle koguse vesiniku tootmiseks kasutatud elektrienergia maksumuse vahe on:

$$3,0 \text{ €} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 1 \text{ kg} - 525 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot 0,1 \text{ h} \cdot 0,060 \text{ €} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} = -0,15 \text{ €}$$
 (1)

- e) $30 \text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ K}$

Arvutame gaasilise vesiniku tiheduse:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n = \frac{pV}{RT}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{nM}{V} = \frac{pM}{RT}$$

$$\rho_{\text{gaas}} = \frac{121300 \text{ Pa} \cdot 0,002016 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}}{8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 303,15 \text{ K}} \approx 0,0970 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

(1)

Leiame, mitu korda on veeldatud vesiniku ruumala väiksem:

$$m_{\text{gaas}} = m_{\text{vedel}} = m_{\text{H}_2}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$\frac{V_{\text{gaas}}}{V_{\text{vedel}}} = \frac{\rho_{\text{vedel}}}{\rho_{\text{gaas}}} = \frac{70,9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}}{0,0970 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}} \approx \mathbf{730}$$

(1)



Ülesanne 5. Tundmatu sulam (8 p)



b) Leiame titrandi kontsentratsiooni:

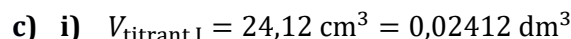
$$100,0 \text{ cm}^3 = 0,1000 \text{ dm}^3$$

$$M(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 207,2 + 2 \cdot 14,01 + 6 \cdot 16,00 = 331,22 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{\text{Pb}(\text{NO}_3)_2} = \frac{0,3319 \text{ g}}{331,22 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 0,0010021 \text{ mol} \quad (0,5)$$

$$c_{\text{titrant}} = \frac{n}{V} = \frac{0,0010021 \text{ mol}}{0,1000 \text{ dm}^3} = 0,010021 \text{ M} \approx \mathbf{0,01002 \text{ M}}$$

(0,5)



Arvutame esimeses tiitrimises kulunud titrandi moolide arvu:

$$n_{\text{titrant I}} = cV = 0,010021 \text{ M} \cdot 0,02412 \text{ dm}^3 \approx 2,4171 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \quad (0,5)$$

Kuna EDTA reageerib metalliioonidega suhtes 1:1, siis tiitritavas proovis (25,00 cm³) oli järelikult EDTA moolide arv:

$$n_{(\text{titrant I})} = n_{\text{EDTA liig } 25 \text{ cm}^3} = 2,4171 \cdot 10^{-4} \text{ mol.}$$

Leiame kogu proovile liias lisatud EDTA moolide arvu:

$$n_{\text{EDTA liig } 250 \text{ cm}^3} = \frac{2,4171 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{25,00 \text{ cm}^3 \cdot 250,0 \text{ cm}^3} = 2,4171 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad (0,5)$$

Leidmaks EDTA hulka, mis reageeris esmalt proovis olnud sulamimetallide ioonidega, leiame, mitu mooli EDTA-d lisati proovile:

$$25,00 \text{ cm}^3 = 0,02500 \text{ dm}^3$$

$$n_{\text{EDTA kõik}} = 0,2000 \text{ M} \cdot 0,02500 \text{ dm}^3 = 5,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad (0,5)$$

Järelikult seoti sulamimetallide kationide poolt:

$$n_{\text{EDTA reageeris}} = 5,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 2,4171 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,5829 \cdot 10^{-3} \text{ mol,}$$

Seega summaarne Pb ja M moolide arv on:

$$n_{\text{Pb+M}} = n_{\text{EDTA reageeris}} = 2,5829 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \approx \mathbf{2,583 \cdot 10^{-3} \text{ mol}} \quad (0,5)$$

ii) Teise tiitrimise andmetest saame leida, mitu mooli EDTA-d oli seotud metalliga M.

Selleks leiame tiitrimiseks kulunud titrandi moolide arvu:

$$V_{\text{titrant II}} = 14,98 \text{ cm}^3 = 0,01498 \text{ dm}^3$$

$$n_{\text{titrant II}} = 0,010021 \text{ M} \cdot 0,01498 \text{ dm}^3 \approx 1,5010 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Järelikult tiitritud lahuses (25,00 cm³) oli metalli M moolide arv:

$$n_{\text{M } 25 \text{ cm}^3} = n_{\text{EDTA vabanenud}} = n_{\text{titrant II}} = 1,5011 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \quad (0,5)$$

Sulami proovist valmistatud 250,0 cm³ lahuses oli seega:

$$n_{\text{M}} = \frac{1,5011 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{25,00 \text{ cm}^3} \cdot 250,0 \text{ cm}^3 = 1,5011 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \approx \mathbf{1,501 \cdot 10^{-3} \text{ mol}} \quad (0,5)$$

$$n_{\text{Pb}} = n_{\text{Pb+M}} - n_{\text{M}} = 2,5829 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 1,5011 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 1,0818 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \approx \mathbf{1,082 \cdot 10^{-3} \text{ mol}} \quad (1)$$

d) Leiame plii massi sulamist võetud proovis:

$$m_{\text{Pb}} = 1,0818 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 207,2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \approx 0,22415 \text{ g}$$

Teades proovi massi, saame arvutada plii massiprotsendilise sisalduse sulamis:

$$w_{\text{Pb}} = \frac{0,22415 \text{ g}}{0,4024 \text{ g}} \cdot 100\% \approx 55,70\% \quad (0,5)$$

Seega on metalli M massiprotsendiline sisaldus:

$$w_{\text{M}} = 100\% - 55,70\% = 44,30\% \quad (0,5)$$

e) Tuvastamiseks metalli M, arvutame esmalt selle massi sulamist võetud proovis:

$$m_{\text{M}} = 0,4024 \text{ g} - 0,22415 \text{ g} = 0,17825 \text{ g} \quad (0,5)$$

Teades sellele massile vastavate moolide arvu, saame arvutada metalli M molaarmassi:

$$M(\text{M}) = \frac{0,17825 \text{ g}}{1,5011 \cdot 10^{-3} \text{ mol}} \approx 118,7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Sellise molaarmassiga metall on **tina**. (0,5)

Ülesanne 6. Mangaani ja reenumi keemia (20 p)

I osa — Mangaan

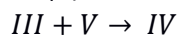
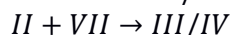
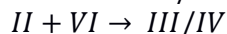
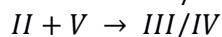
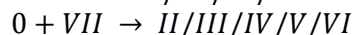
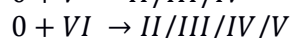
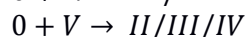
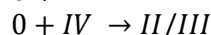
a) Vastavalt Frosti diagrammile on mangaani stabiilseim oksüdatsiooniaste vesilahuses **II** (+2). (0,5)

b) Disproportsioneeruvad: **Mn³⁺, H₃MnO₄, HMnO₄⁻** (1,5)

c) (3,5)

Osake	Mn	Mn ²⁺	Mn ³⁺	MnO ₂	H ₃ MnO ₄	HMnO ₄ ⁻	MnO ₄ ⁻
Reaktsioonide arv	0	5	7 või 6	9	2	1	0

Kokku saab toimuda 24 komproportsioneerumisreaktsiooni, milles o.a-d muutuvad järgmiselt:



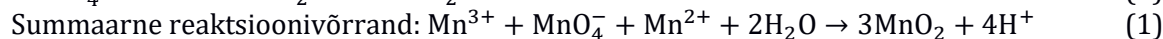
d) Alles jääb ainult **MnO₂**. (0,5)

Reaktsioonid:

Esmalt 1 mool Mn³⁺ disproportsioneerub ning selle käigus tekib 0,5 mooli Mn²⁺ ja 0,5 mooli MnO₂, mis ei lahustu vees.



Lahusesse jääb 1,5 mooli Mn²⁺ ja 1 mool MnO₄⁻, mis komproportsioneeruvad ning moodustub MnO₂.



II osa — Reenium

Huvitav teada: Selleaastane rahvusvaheline keemiaolümpiaad toimub Osakas Jaapanis, mis on üks vähestest riikidest, mille järgi on oma nime saanud keemiline element. Jaapani järgi nimetati nihoonium, mis on 2016. aastal avastatud perioodilisustabeli 113. element. Tegelikult, ei ole nihoonium ainuke element, mida on soovitud nimetada tõusva päikese maa järgi. 1909. aastal uuris Masataka Ogawa ühe haruldase mineraali, torianiit, koostist. Ta eraldas sellest varasemalt tundmatu elemendi. Keemik arvas, et tegu on 43. elemendiga (tänapäeval tehneetsium) ning

nimetas selle nipponiumiks. Hiljem aga selgus, et tegelikult oli tema avastatud element hoopis 75. element – reenum.

e) Leiame ühendis X reenumi- ja klooriaatomite suhte ja sellele vastava empiirilise valemi:

$$\text{Re} : \text{Cl} = \frac{(100 - 48,77)\text{g}}{186,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{48,77 \text{ g}}{35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1 : 5$$



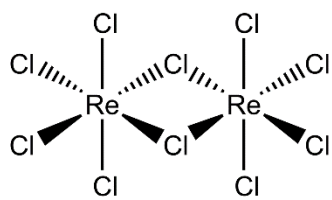
Leiame ühendis Y reenumi- ja klooriaatomite suhte ja sellele vastava empiirilise valemi:

$$\text{Re} : \text{Cl} = \frac{(100 - 36,35)\text{g}}{186,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{36,35 \text{ g}}{35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1 : 3$$

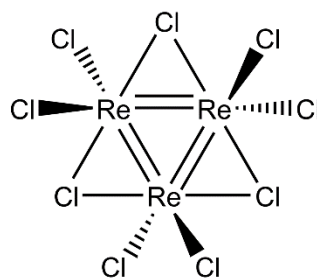


Teades, et kloriid Z tekib X-i (Re o.a on V) ja Y-i (Re o.a on III) komproportsioneerumisel, saame, et Z on **ReCl₄** (Re o.a on IV). (1)

f)



X



Y

Huvitav teada: Y-s on Re aatomi ümbruses 7 elektroni. Igal reenumiaatomil on kaks sildsidet kloori aatomiga. Võime eeldada, et üks neist sidemetest on tavaline kovalentne side ja teine koordinatiivne ehk doonor-aktseptorside, st elektronipaar, mis osaleb sideme moodustamises pärineb ühelt aatomilt (antud juhul kloorilt). Re aatom moodustab 3 kovalentsset sidet klooriaatomitega, seega moodustab see lisaks veel 2 kahekordset sidet teiste Re aatomitega.

g) Leiame anioonis 1 kaltsiumi-, reenumi- ja klooriaatomite suhte ja sellele vastava aniooni brutovalemi:

$$\text{Ca} : \text{Re} : \text{Cl} = \frac{5,76 \text{ g}}{40,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{53,50 \text{ g}}{186,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{(100 - 5,76 - 53,50)\text{g}}{35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1 : 2 : 8,$$

seega Re aatomite arv on 2 ning iooni laeng 2- ja aniooni 1 brutovalem **[Re₂Cl₈]²⁻** (1)

Leiame anioonis 2 kaltsiumi-, reenumi- ja klooriaatomite suhte ja sellele vastava aniooni brutovalemi:

$$\text{Ca} : \text{Re} : \text{Cl} = \frac{5,76 \text{ g}}{40,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{53,50 \text{ g}}{186,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{(100 - 5,76 - 53,50)\text{g}}{35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1 : 2 : 8,$$

seega Re aatomite arv anioonis 2 on ühe võrra suurem kui anioonis 1, ehk 3 ning aniooni brutovalem seega **[Re₃Cl₁₂]³⁻**. (1)

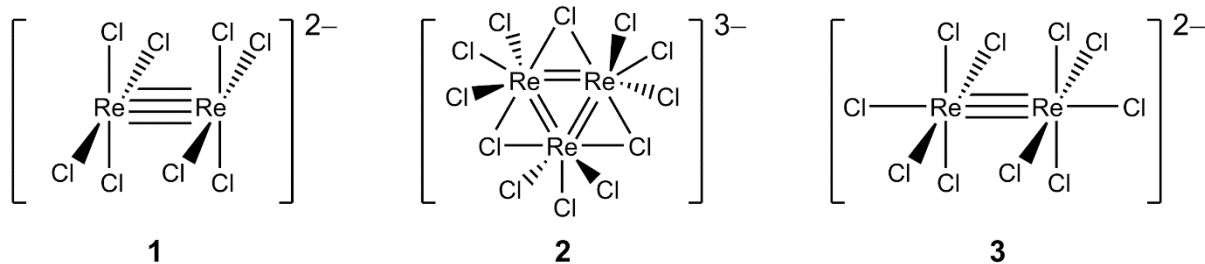
Leiame anioonis 3 kaltsiumi-, reenumi- ja klooriaatomite suhte ja sellele vastava aniooni brutovalemi:

$$\text{Ca} : \text{Re} : \text{Cl} = \frac{5,23 \text{ g}}{40,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{48,56 \text{ g}}{186,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} : \frac{(100 - 5,23 - 48,56)\text{g}}{35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1 : 2 : 10,$$

seega Re aatomite arv on 2 ning iooni laeng on 2- ja aniooni 3 brutovalem **[Re₂Cl₁₀]²⁻** (1)

h)

(3)



Huvitav teada: $[\text{Re}_2\text{Cl}_8]^{2-}$ – iga Re aatomit võib vaadelda nii, et selle ümbruses on $7 + 2/2 = 8$ valentselektroni, kusjuures 7 pärinevad Re väliskihist ja üks elektron tuleneb negatiivsest laengust. St, et reenumil peab kokku olema 8 sidet – 4 klooriaatomitega ja 4 teise Re aatomiga. Anioonis **1** on Re–Re sideme kordsus $8 - 4 = 4$.

$[\text{Re}_3\text{Cl}_{12}]^{3-}$ – Re aatomi ümbruses on $7 + 3/3 = 8$ valentselektroni. Igal reenumiaatomil on kaks sildsidet kloori aatomiga, võime eeldada, et üks neist sidemetest on tavaline kovalentne ja teine on koordinatiivne side. Re aatom moodustab 4 tavalist kovalentset sidet klooriaatomitega. Re–Re sideme kordsus $(8 - 4)/2 = 2$, mis on sama nagu Y-s.

$[\text{Re}_2\text{Cl}_{10}]^{2-}$ – sarnaselt **1**-ga on iga Re aatomi ümbruses 8 elektroni, seega saab see moodustada 5 sidet klooriaatomitega ja 3 sidet teise Re aatomiga. Anioonis **3** on Re–Re sideme kordsus $8 - 5 = 3$.