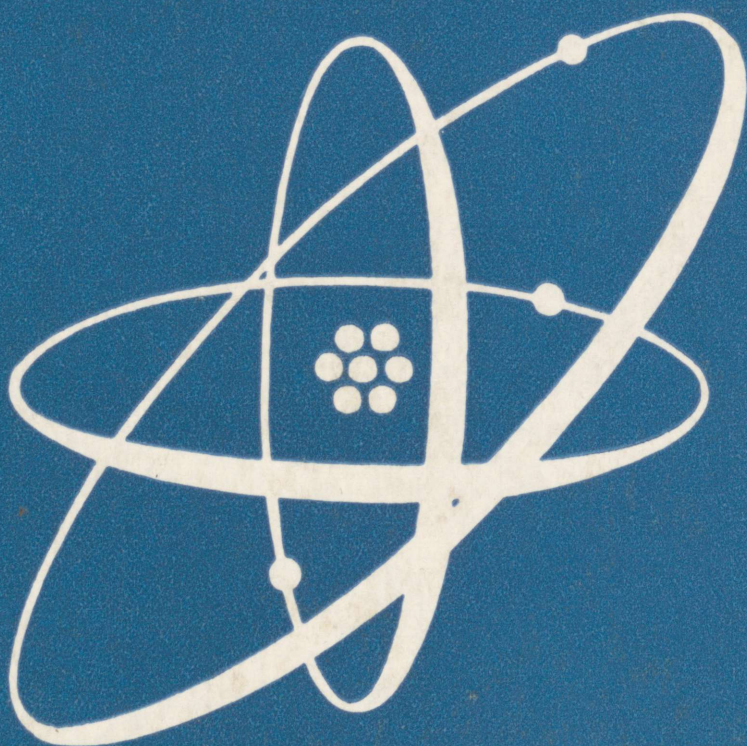


H. KARIK, V. RATASSEPP

KEEMIA



VIII KL.

PERIOODID	READ	I RÜHM		II RÜHM		III RÜHM		IV RÜHM	
		PEA- ALARÜHM	KÕRVAL- ALARÜHM	PEA- ALARÜHM	KÕRVAL- ALARÜHM	PEA- ALARÜHM	KÕRVAL- ALARÜHM	PEA- ALARÜHM	KÕRVAL- ALARÜHM
I	1	¹ H 1,00797 <i>Vesinik</i>							
II	2	³ Li 6,939 <i>Litium</i>		⁴ Be 9,0122 <i>Berüllium</i>		⁵ B 10,81 <i>Boor</i>		⁶ C 12,01115 <i>Süsinik</i>	
III	3	¹¹ Na 22,9898 <i>Naatrium</i>		¹² Mg 24,312 <i>Magneesium</i>		¹³ Al 26,9815 <i>Alumiinium</i>		¹⁴ Si 28,086 <i>Räni</i>	
IV	4	¹⁹ K 39,102 <i>Kaalium</i>		²⁰ Ca 40,08 <i>Kaltsium</i>			²¹ Sc 44,956 <i>Skandium</i>		²² Ti 47,90 <i>Titaan</i>
	5		²⁹ Cu 63,54 <i>Vask</i>		³⁰ Zn 65,37 <i>Tsink</i>	³¹ Ga 69,72 <i>Gallium</i>		³² Ge 72,59 <i>Germaanium</i>	
V	6	³⁷ Rb 85,47 <i>Rubiidium</i>		³⁸ Sr 87,62 <i>Strontsium</i>			³⁹ Y 88,905 <i>Ütrium</i>		⁴⁰ Zr 91,22 <i>Tsirkoonium</i>
	7		⁴⁷ Ag 107,87 <i>Hõbe</i>		⁴⁸ Cd 112,40 <i>Kaadmium</i>	⁴⁹ In 114,82 <i>Indium</i>		⁵⁰ Sn 118,69 <i>Tina</i>	
VI	8	⁵⁵ Cs 132,905 <i>Tseesium</i>		⁵⁶ Ba 137,34 <i>Baarium</i>			^{57 *} La 138,91 <i>Lantaan</i>		⁷² Hf 178,49 <i>Hafnium</i>
	9		⁷⁹ Au 196,967 <i>Kuld</i>		⁸⁰ Hg 200,59 <i>Elavhõbe</i>	⁸¹ Tl 204,37 <i>Tallium</i>		⁸² Pb 207,19 <i>Plii</i>	
VII	10	⁸⁷ Fr <223> <i>Frantsium</i>		⁸⁸ Ra <226> <i>Raadium</i>			^{89 **} Ac <227> <i>Aktiinium</i>		¹⁰⁴ Ku <260> <i>Kurtsatsoovium</i>

* LANTANIIDID

⁵⁸ Ce 140,12 <i>Tseerium</i>	⁵⁹ Pr 140,907 <i>Praseodüüm</i>	⁶⁰ Nd 144,24 <i>Neodüüm</i>	⁶¹ Pm <145> <i>Promeetium</i>	⁶² Sm 150,35 <i>Samaarium</i>	⁶³ Eu 151,96 <i>Euroopium</i>	⁶⁴ Gd 157,25 <i>Gadooliinium</i>	⁶⁵ Tb 158,924 <i>Terbium</i>
---	--	--	--	--	--	---	---

** AKTINIIDID

⁹⁰ Th 232,038 <i>Toorium</i>	⁹¹ Pa <231> <i>Protaktiinium</i>	⁹² U 238,03 <i>Uraan</i>	⁹³ Np <237> <i>Neptuunium</i>	⁹⁴ Pu <242> <i>Plutoonium</i>	⁹⁵ Am <243> <i>Ameriitsium</i>	⁹⁶ Cm <243> <i>Küürium</i>	⁹⁷ Bk <249> <i>Berkeelium</i>
---	---	---	--	--	---	---	--

V RÜHM		VI RÜHM		VII RÜHM		VIII RÜHM	
PEA- ALARÜHM	KÖRVAL- ALARÜHM	PEA- ALARÜHM	KÖRVAL- ALARÜHM	PEA- ALARÜHM	KÖRVAL- ALARÜHM	PEA- ALARÜHM	KÖRVALALARÜHM
						2 He 4,0026 Heelium	
7 N 14,0067 Lämmastik		8 O 15,9994 Hapnik		9 F 18,9984 Fluor		10 Ne 20,183 Neoon	
15 P 30,9738 Fosfor		16 S 32,064 Väävel		17 Cl 35,453 Kloor		18 Ar 39,948 Argoon	
	23 V 50,942 Vanaadium		24 Cr 51,996 Kroom		25 Mn 54,9380 Mangaan		26 Fe 55,847 Raud
							27 Co 58,9332 Koobalt
							28 Ni 58,71 Nikkel
33 As 74,9216 Arseen		34 Se 78,96 Seleen		35 Br 79,909 Broom		36 Kr 83,80 Krüptoon	
	41 Nb 92,906 Niobium		42 Mo 95,94 Molibdeen		43 Tc (99) Tehneetsium		44 Ru 101,07 Ruteenium
							45 Rh 102,905 Roodium
							46 Pd 106,4 Palladium
51 Sb 121,75 Antimon		52 Te 127,60 Telluur		53 I 126,9044 Jood		54 Xe 131,30 Ksenoon	
	73 Ta 180,948 Tantaal		74 W 183,85 Volfram		75 Re 186,2 Reenium		76 Os 190,2 Osmium
							77 Ir 192,2 Iriidium
							78 Pt 195,09 Plaatina
83 Bi 208,980 Vismut		84 Po (210) Polonium		85 At (210) Astaat		86 Rn (222) Radoon	

66 Dy 162,50 Disproosium	67 Ho 164,930 Holmium	68 Er 167,26 Erbium	69 Tm 168,934 Tuulium	70 Yb 173,04 Üterbium	71 Lu 174,97 Luteetsium
98 Cf (249) Kalifornium	99 Es (254) Einsteinium	100 Fm (255) Fermium	101 Md (256) Mendeleevium	102 No (254) Nobeelium	103 Lw (257) Laurentsium

- Metallid
- Amfoteersed elemendid
- Mittemetallid
- Väänisgaasid

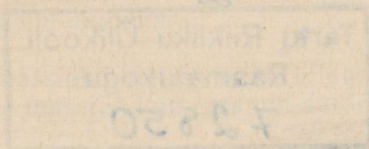
A-29317

IV

H. KARIK
V. RATASSEPP

KEEMIA

VIII KLASSILE



KIRJASTUS „VALGUS“ * TALLINN 1968

Kunstiliselt kujundanud A. Säde

Kinnitatud Eesti NSV Haridusministeeriumi poolt

2



I. GRAMM-AATOM JA GRAMM-MOLEKUL.

§ 1. GRAMM-AATOM.

- ▶ *Gramm-aatomi mõiste*
- ▶ *Erinevate elementide gramm-aatomid sisaldavad võrdse arvu aatomeid*
- ▶ *Aatomite arv ühes gramm-aatomis*

Keemias on tavaliste massiühikute (gramm, kilogramm, tonn) kõrval kasutusel veel teised massiühikud: gramm-aatom ja gramm-molekul.

Gramm-aatomiks (lühendatult g-aatom) nimetatakse keemilise elemendi kogust grammides, mis arvuliselt võrdub tema aatommassiga.

Väävli aatommass on 32. Üks gramm-aatom väävlit kaalub järelikult 32 grammi. Üks gramm-aatom vaske kaalub 64 grammi, sest vase aatommass on 64 jne.

Kaalume tehnilistel kaaludel a) pool gramm-aatomit väävlit ja vaske, b) ühe gramm-aatomi väävlit ja vaske. Võrdleme kaalutud ainekoguseid.

Üks gramm-aatom vaske on ühest gramm-aatomist väävlist kaks korda raskem, sest vase aatommass on väävli aatommassist kaks korda suurem. Teisiti öeldes — vase aatom on väävli aatomist kaks korda raskem. Järelikult ka kümme vase aatomit on kaks korda raskemad kui kümme väävli aatomit jne.

Nagu näeme, on aatomite masside vaheline suhe püsiv.

Kuna gramm-aatomite massid võrduvad arvuliselt elementide aatommassidega, siis on ka nende suhe jääv suurus.

Näiteks väävli puhul:

$$\frac{32 \text{ (1 g-aatom väävli grammides)}}{32 \text{ (väävli aatommass süsinikuühikutes)}} = \frac{1}{1} = 1$$

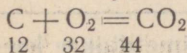
ja vase puhul:

$$\frac{64 \text{ (1 g-aatom vaske grammides)}}{64 \text{ (vase aatommass süsinikuühikutes)}} = \frac{1}{1} = 1$$

Siit võime järeldada, et ühes gramm-aatomis olevate aatomite arv on samuti jääv suurus. Ühes gramm-aatomis vases on nii-sama palju vase aatomeid nagu ühes gramm-aatomis väävlis on väävli aatomeid või nagu ühes gramm-aatomis rauas on raua aatomeid. On kindlaks tehtud, et mistahes elemendi (ka lihtaine) gramm-aatom sisaldab 602 000 000 000 000 000 000 000 ehk $6,02 \cdot 10^{23}$ aatomit. Seda arvu tähistatakse tähega N ja nimetatakse Avogadro arvuks.

$$N = 6,02 \cdot 10^{23}$$

Vaatame nüüd, mis tähtsus on sellel uuel massiühikul. Võtame selleks järgmise lihtsa võrrandi (alla on märgitud reaktsiooni lähteainete ja saaduste mass aatommassiühikutes):

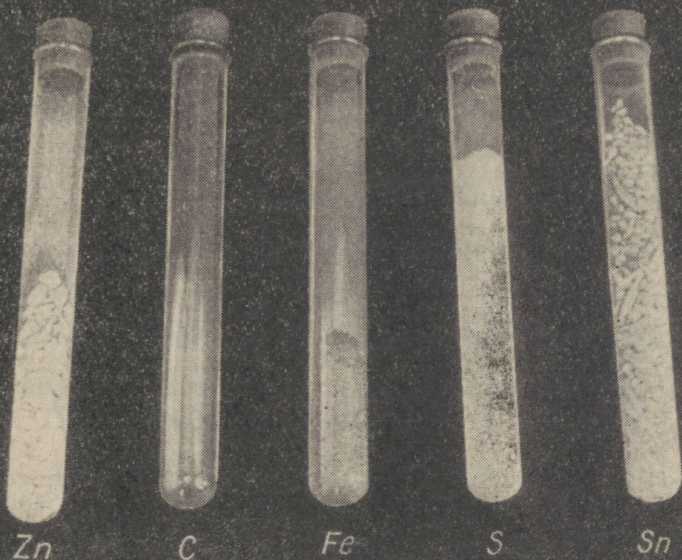


Nagu võrrandist näeme, kulub põlemisel ühe süsiniku aatomi kohta üks molekul (kaks aatomit) hapnikku. Ühte süsiniku aatomit ning ühte hapniku molekuli pole aga praktiliselt võimalik kaaluda, sest need on väga väikesed. Kaaluda saab aga (sõe kujul) üht g-aatomit süsinikku (12 g) ja kaht g-aatomit hapnikku (32 g). Võime näiteks välja kaaluda ka pool g-aatomit süsinikku (näiteks 6 g sütt) ja, kui oleme selle põletanud, väita, et selleks kulus 1 g-aatom (16 g) hapnikku. Uue massiühiku väärtus selles seisabki, et võimaldab võtta reaktsiooniks sobiva koguse ainet — üle kanda reaktsiooni võrrandist tulenevaid massivahekordi ainekogustele, mida on võimalik kaaluda.

Näiteid gramm-aatomi mõiste kasutamise kohta.

Näide 1. Mitu grammi kaalub 2 gramm-aatomit rauda?

Et raua aatommass on 56 ja üks gramm-aatom rauda kaalub 56 g, siis 2 gramm-aatomit rauda kaalub $56 \cdot 2 = 112$ g



Joonis 1. Mõnede lihtainete gramm-aatomid.

Vastus. 2 g-aatomit rauda kaalub 112 g.

Näide 2. Mitu gramm-aatomit on 320 g väävlit?

Et väävli aatommass on 32 ja üks gramm-aatom väävlit kaalub 32 g, siis 320 g väävlit on $\frac{320}{32} = 10$ gramm-aatomit väävlit.

Vastus. 320 g väävlit on 10 g-aatomit.

Näide 3. Mitu magneesiumi aatomit on 10 gramm-aatomis magneesiumis?

Et ühes gramm-aatomis magneesiumis on N aatomit (s.o. $6,02 \cdot 10^{23}$ aatomit), siis 10 gramm-aatomis magneesiumis on $10 N$ magneesiumi aatomit. Korrutades N arvulise väärtuse 10-ga, saame:

$$10 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 60,2 \cdot 10^{23} \text{ magneesiumi aatomit.}$$

Vastus. 10 g-aatomis magneesiumis on $60,2 \cdot 10^{23}$ magneesiumi aatomit.

Näide 4. Mitu aatomit on alumiiniumitükis, mis kaalub 9 g?

Et alumiiniumi aatommass on 27 ja tema gramm-aatom kaalub

27 g, siis 9 g alumiiniumi on $\frac{9}{27} = \frac{1}{3}$ grammaatomit. Ühes gramm-aatomis alumiiniumis on $6,02 \cdot 10^{23}$ aatomit, $\frac{1}{3}$ gramm-aatomis alumiiniumis aga $\frac{1}{3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$ aatomit.

Vastus. 9-grammine alumiiniumitükk sisaldab $2,007 \cdot 10^{23}$ alumiiniumi aatomit.

Näide 5. Kui palju kaalub rauatükk, milles sisaldub $3,01 \cdot 10^{24}$ aatomit?

Kuna üks gramm-aatom rauda sisaldab $6,02 \cdot 10^{23}$ aatomit, siis $3,01 \cdot 10^{24}$ raua aatomit moodustavad $\frac{3,01 \cdot 10^{24}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 5$ gramm-aatomit. Üks gramm-aatom rauda kaalub 56 g, 5 gramm-aatomit rauda kaalub $5 \cdot 56 = 280$ g.

Vastus. Rauatükk, milles on $3,01 \cdot 10^{24}$ aatomit, kaalub 280 grammi.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Millest võib järeldada, et erinevate elementide gramm-aatomid sisaldavad võrdse arvu aatomeid?
2. Kas järgmised väljendid on õiged: a) 0,3 g-aatomit, b) 0,3 aatomit? Põhjendada!
3. Kaaluda a) kaks g-aatomit väävlit ja b) pool g-aatomit väävlit.
Asetada vastavad ainekogused kõrvuti ja võrrelda neid.
4. Kaaluda $\frac{1}{8}$ gramm-aatomit pulbrilist rauda ja nii palju väävlit, mis kulub nimetatud rauakogusega reageerimiseks.
5. Mitu grammi kaalub 6 g-aatomit kloori?
6. Esemekandmiseks kulus 0,05 g-aatomit niklit. Mitu grammi see on? (2,95 g)
7. Mitu gramm-aatomit on 1,344 kg vaske?
8. Joodise valmistamiseks kulus 29,75 grammi tina. Mitu gramm-aatomit see on? (0,25 g-aatomit)
9. Mitu raua aatomit on 5 g-aatomis rauas?
10. Hõbesõlg sisaldab 0,02 g-aatomit hõbedat. Mitu hõbeda aatomit sisaldab sõlg? ($12,04 \cdot 10^{21}$ aatomit)
11. Mitu aatomit on vasetükis, mis kaalub 8 g?
12. Mitu aatomit on 460 g naatriumis? ($12,04 \cdot 10^{24}$)
13. Kui palju kaalub tsingitükk, milles on $1,505 \cdot 10^{25}$ aatomit?

14. Mitu grammi kaalub elavhõbe, mis sisaldab $18,06 \cdot 10^{22}$ aatomit? (60,3 g)
 15. Mitu gramm-aatomit alumiiniumi on alumiiniumkuubikus, mille serva pikkus on 1 dm? (Alumiiniumi tihedus on 2,7)
 16. Mitmes grammis alumiiniumis on niisama palju aatomeid kui 2,8 grammis lämmastikus? (5,4 g alumiiniumis)
 17. Kummas on rohkem aatomeid, kas 1 g väävlis või 1 g vases? Mitu korda? (1 g väävlis on kaks korda rohkem aatomeid)
-
18. Mitu kulla aatomit on 1 g kullas, mille proov on 750? ($0,023 \cdot 10^{23}$ aatomit)
 19. Sulam, millest valmistatakse käibelolevaid vaskrahasid, sisaldab 95% vaske ja 5% alumiiniumi. Mitu gramm-aatomit vaske on ühes rublas sellises peenrahas, kui üks kopikas kaalub 1 g? (1,48 g-aatomit)

§ 2. GRAMM-MOLEKUL EHK MOOL.

- ▶ *Gramm-molekuli mõiste*
- ▶ *Erinevate ainete gramm-molekulid ehk moolid sisaldavad võrdse arvu molekule*
- ▶ *Molekulide arv ühes gramm-molekulis*

Gramm-molekuliks ehk mooliks nimetatakse aine kogust grammides, mis arvuliselt võrdub tema molekulmassiga.

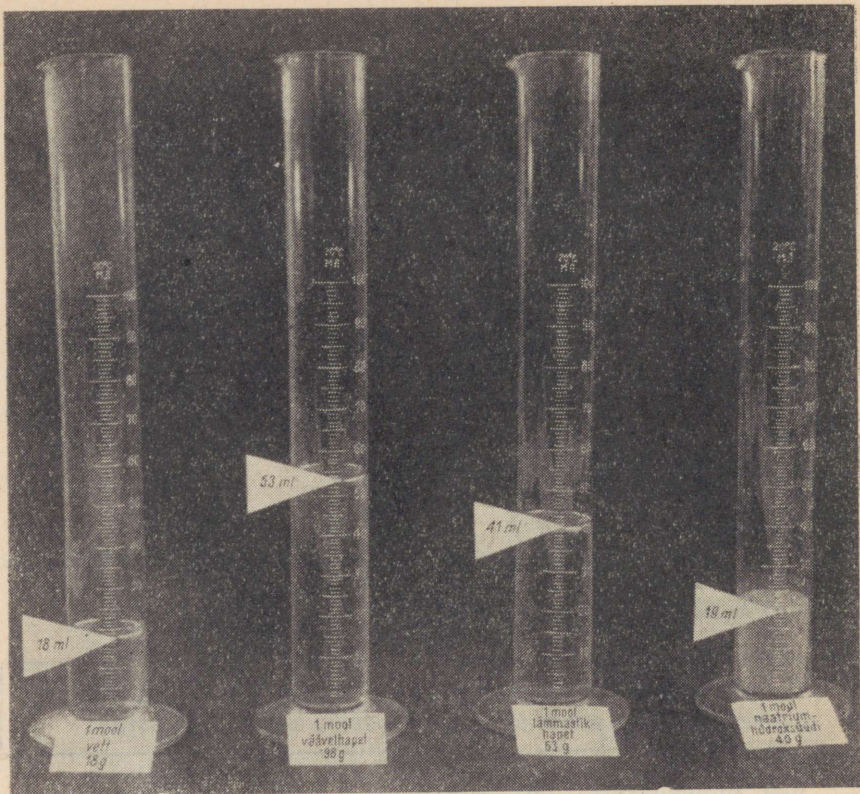
Vee molekulmass on: $M_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot 1 + 16 = 18$. Üks gramm-molekul ehk mool vett kaalub seega 18 grammi. Üks mool väävelhapet kaalub 98 grammi, sest väävelhappe molekulmass on 98; üks mool naatriumkloriidi kaalub 58,5 g jne.

Kaalume tehnilistel kaaludel a) pool mooli vett ja naatriumkloriidi, b) ühe mooli vett ja naatriumkloriidi. Võrdleme kaalutud ainekoguseid.

Kuigi erinevate ainete moolid erinevad massi poolest, sisaldavad nad kõik võrdse arvu molekule ja nimelt $6,02 \cdot 10^{23}$ molekuli. Moolis olevate molekulide arv tähistatakse samuti tähega *N*. Miks?

Näiteid gramm-molekuli mõiste kasutamise kohta.

Näide 1. Mitu grammi kaalub 2 gramm-molekuli lämmastikhapet?



Joonis 2. Mõnede tahkete ainete ja vedelike ühe mooli ruumalad.

Et lämmastikhappe molekulmass $M_{\text{HNO}_3} = 1 + 14 + 48 = 63$ ja tema gramm-molekul kaalub 63 g, siis 2 gramm-molekuli lämmastikhapet kaalub $63 \cdot 2 = 126$ g.

Vastus. 2 gramm-molekuli lämmastikhapet kaalub 126 g.

Näide 2. Mitu gramm-molekuli on 36 g vett? Et vee molekulmass $M_{\text{H}_2\text{O}} = 2 + 16 = 18$ ja tema gramm-molekul kaalub 18 g, siis 36 g vett on $\frac{36}{18} = 2$ gramm-molekuli.

Vastus. 36 g vett on 2 gramm-molekuli.

Näide 3. Mitu vee molekuli on 3 moolis vees?

Et ühes gramm-molekulis vees on N molekuli (s. o. $6,02 \cdot 10^{23}$

molekuli), siis 3 gramm-molekulis vees on 3 N molekuli. Korrutades N arvulise väärtuse 3-ga, saame:

$$3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 18,06 \cdot 10^{23} \text{ vee molekuli.}$$

Vastus. 3 moolis vees on $18,06 \cdot 10^{23}$ vee molekuli.

Näide 4. Mitu molekuli on ühes kilogrammis kaltsiumkarbonaadis (marmor, kriit)?

Et kaltsiumkarbonaadi molekulmass $M_{\text{CaCO}_3} = 40 + 12 + 48 = 100$ ja tema gramm-molekul kaalub 100 g, siis 1 kg kaltsiumkarbonaati on $\frac{1000}{100} = 10$ gramm-molekuli. Ühes gramm-molekulis kaltsiumkarbonaadis on $6,02 \cdot 10^{23}$ molekuli, 10 gramm-molekulis aga $10 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{24}$ molekuli.

Näide 5. Kui palju kaalub söögisooda kogus, milles sisaldub $1,505 \cdot 10^{23}$ molekuli?

Kuna üks mool söögisoodat (NaHCO_3) sisaldab $6,02 \cdot 10^{23}$ molekuli, siis moodustavad $1,505 \cdot 10^{23}$ molekuli.

$$\frac{1,505 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,25 \text{ mooli.}$$

Leiame, kui palju kaalub 0,25 mooli söögisoodat.

$M_{\text{NaHCO}_3} = 23 + 1 + 12 + 48 = 84$, seega üks mool söögisoodat kaalub 84 grammi. 0,25 mooli söögisoodat kaalub siis $0,25 \cdot 84 = 21$ grammi.

Vastus. Söögisooda kogus, milles sisaldub $1,505 \cdot 10^{23}$ molekuli, kaalub 21 grammi.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Milles seisab gramm-molekuli kui massiühiku praktiline tähtsus?
2. Kas järgmised väljendid on reaalsed:
a) 0,5 mooli ja b) 0,5 molekuli?
3. Mõõta kolbi kümme mooli vett. Mitu milliliitrit see vee kogus moodustab?
4. Asetada kolbi 0,2 mooli naatriumkloriidi ja lahustada see 8 moolis vees. Missugune on saadud lahuse protsendiline kontsentratsioon?
5. Mitu grammi kaalub 0,2 mooli naatriumhüdrosiidi?
6. Reaktsioonil kulus 3 mooli lämmastikhapet. Mitu grammi see on? (189 g)
7. Mitu gramm-molekuli on 14 g lämmastikku?

8. Mitu mooli on ühes liitris vees? (*55,56 mooli*)
9. Mitu molekuli on 5 moolis veevabas väävelhappes?
10. Katseks kulub 0,5 mooli KMnO_4 . Mitu molekuli see on? (*$3,01 \cdot 10^{23}$ molekuli*)
11. Mitu molekuli on ühes klaasitäies vees, mille ruumala on 200 ml?
12. Mitu molekuli on 1 liitris vees? (*$335 \cdot 10^{23}$ molekuli*)
13. Kui palju kaalub kustutamata lubja (CaO) kogus, milles on $36,12 \cdot 10^{24}$ molekuli?
14. Süsinikdioksiid, mis täidab anuma, sisaldab $3,01 \cdot 10^{23}$ molekuli. Mitu grammi kaalub see süsinikdioksiidi kogus? (*22 g*)
15. Millises aines on rohkem molekule: kas 1 grammis väävelhappes või 1 grammis lämmastikhappes?
16. Mitu mooli väävelhapet on ühes liitris väävelhappes, mille tihedus on 1,84? (*18,8 mooli*)
17. Mitu millimeetrit väävelhapet (tihedusega 1,84) tuleb mõõtesilindriga mõõta, et seda oleks 45 grammi? Mitu mooli see on? (*24,5 ml ja 0,459 mooli*)
18. Millises fosforhappe (H_3PO_4) koguses on niisama palju moole kui 9,8 g väävelhappes? (*9,8 grammis*)

II. ANORGAANILISTE AINETE PÕHIKLASSID.

§ 1. OKSIIDID.

1. OKSIIDIDE MÕISTE. OKSIIDIDE ESINEMINE LOODUSES.

Looduses leidub palju mitmesuguseid oksiide, millel on suur praktiline tähtsus igapäevases elus ja tööstuses. Kõige levinum oksiid on vesi ehk divesinikoksiid (H_2O). Elusorganismide hingamisel ning orgaaniliste ainete põlemisel ja kõdunemisel tekib süsinikdioksiidi ehk süsihappegaasi (CO_2), mida leidub alati vähesel määral õhus (0,03%).

Paljude metallide ja mittemetallide oksiide leidub maakoores. Liiv koosneb peamiselt ränidioksiidist (SiO_2). Alumiiniumoksiidi (Al_2O_3) sisaldub savis ja mõnedes kivimites ning mineraalides. Raua oksiidid moodustavad looduses suuri rauamaakide lademeid (näiteks punane rauamaak — Fe_2O_3). Vähesel määral esineb looduses vask(I)oksiidi mineraal kupriidina (Cu_2O). Samuti leidub looduses tina(IV)oksiidi e. tinakivi (SnO_2). Paljusid looduses leiduvaid oksiide kasutatakse tööstuses toorainena metallide saamisel.

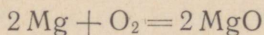
Oksiidid on liitained, mis koosnevad kahest elemendist, millest üks on hapnik.

2. OKSIIDIDE SAAMINE.

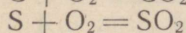
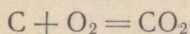
- ▶ Liht- ja liitainete põlemine
- ▶ Liitainete lagunemine

Oksiidid võivad tekkida mitmel viisil. Magneesiumi põlemisel

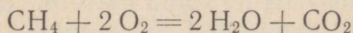
õhus või hapnikus moodustub valge tahke aine — magneesiumoksiid:



Põlemisprotsessi tulemusena tekivad ka mitmed mittemetalli oksiidid, näiteks süsinikdioksiid (CO_2), vääveldioksiid (SO_2) jt.:

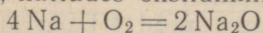


Oksiidid moodustuvad mitte üksnes lihtainete, vaid ka lihtainete põlemisel. Näiteks majapidamis- ja loodusliku gaasi tähtsaim komponent metaan (CH_4) moodustab põlemisel kaks oksiidid — süsinikdioksiidi ja vee:

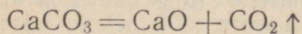


Joonis 3. Lubjaahjud.

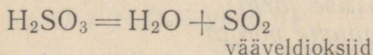
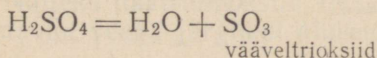
Oksiidid on ka aeglase oksüdeerumise saadusteks. Nii tekib raua roostetamisel ühe produktina raud(III)oksiid (Fe_2O_3). Naatriumi läikiv löikepind tuhmub väga kiiresti õhuga kokkupuutumisel, kattudes oksiidikihiga (Na_2O , Na_2O_2 jt. ühendid).



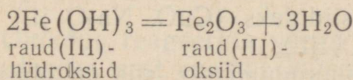
Mõned metallid ei reageeri hapnikuga ka väga kõrgel temperatuuril (hõbe, kuld, plaatina). Nende oksiide saadakse kaudsel teel. Kaudsel teel tekivad oksiidid mõnede soolade, hapete ja aluste lagundamisel. Lubjakivi kuumutamisel lubjaahjus tekib soolade klassi kuuluvast ühendist kaltsiumkarbonaadist (CaCO_3), millest see kivim peamiselt koosneb, kaltsiumoksiid (kustutamata lubi, CaO) ja süsinikdioksiid (CO_2):



Hapnikku sisaldavate hapete (väävelhappe — H_2SO_4 , väävlihappe — H_2SO_3 jt.) kuumutamisel tekivad neile hapetele vastavad oksiidid ja vesi:



Enamik aluseid (kuid mitte naatrium- ja kaaliumhüdroksiid) laguneb kuumutamisel samuti oksiidideks:



Küsimusi ja ülesandeid.

1. Mis tüüpi reaktsioonide hulka kuuluvad oksiidide saamise reaktsioonid? Tuua näiteid!
2. Milles seisneb seos a) metalli ja metalli oksiidi, b) mitte-metalli ja mittemetalli oksiidi vahel?
3. Millised järgmistest liitainetest pole valemi põhjal oksiidid: P_2O_5 , HPO_3 , SO_3 , SiO_2 , KClO_3 , K_2O , KMnO_4 ?
4. Kandikul on vasktraat, vesi, vask(II)hüdroksiid, tiiglitangid, piirituslamp ja tikud. Saada kahel erineval viisil vask(II)oksiidi. Kirjutada reaktsiooni võrrandid.
5. Lähtudes väävlist saada vääveldioksiidi. Kirjutada reaktsiooni võrrand ja arvutada, mitu protsenti väävli on vääveldioksiidis.

6. Raud(III)hüdrokksiidi lagunemisreaktsiooni tulemusena saadi 0,4 mooli oksiiidi. Mitu grammi ja mis oksiiidi saadi?
7. Vääveldioksiidi saamiseks kulutati 9,6 t väävlit. Mitu gramm-aatomit see on? (300 000 g-aatomit)
8. Arvutada raua protsendiline sisaldus raud(III)oksiidis. (70%)
9. Mitu grammi hapnikku ja elavhõbedat on 54,25 g elavhõbeoksiidis? (4 g hapnikku ja 50,25 g elavhõbedat)
10. Arvutada, mitu grammi vask(II)sulfaati sisaldub 60 g 5%-lises vask(II)sulfaadi lahuses ning kui palju vask(II)sulfaat-5-vett ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) kulub sellise lahuse valmistamiseks? (3 g CuSO_4 ja 4,7 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
11. Mitu kilogrammi alumiiniumi sisaldub 340 kg alumiiniumoksiidis, kui selles on 10% lisandeid? (162 kg)

3. OKSIIDIDE KLASSIFIKATSIOON.

- ▶ Oksiidide liigitamine nende koostise järgi
- ▶ Oksiidide liigitamine nende omaduste põhjal
- ▶ Millest on tulnud a) aluseliste, b) happeliste oksiidide nimetus

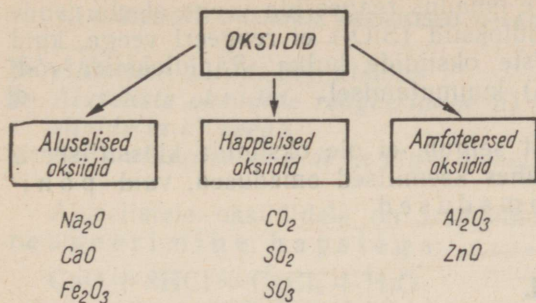
Oksiide klassifitseeritakse erinevatel alustel. Koostise järgi liigitatakse oksiide a) metalli oksiidideks (CuO , Na_2O jt.) ja b) mittemetalli oksiidideks (SO_2 , CO_2 jt.).

Kuna keemia on teadus ainete muundumisest, siis on oluline kasutada oksiidide klassifitseerimise alusena nende keemilisi omadusi. Viimaste poolest võivad oksiidid sarnaneda või erineda.

Seitsmendas klassis õpitust teame, et keemiliseks omaduseks, mille alusel oksiide liigitatakse, on nende põhiline omadus — reageerimine hapete või alustega. Oksiidid, mis reageerivad hapetega, kuuluvad aluseliste oksiidide hulka, oksiidid, mis reageerivad alustega — happeliste oksiidide hulka. Mõnede metallide oksiidid võivad sõltuvalt tingimustest reageerida kord hapetega, kord alustega. Selliseid oksiide tuntakse amfoteersete oksiidide nimetuse all (Al_2O_3 , ZnO jt.).

Oksiidide klassifikatsiooni, mille aluseks on nende keemilised omadused, vt. skeemilt lk. 15.

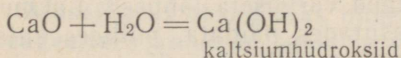
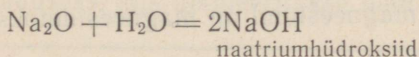
Nagu skeemist nähtub, langeb oksiidide liigitus aluselisteks ja happelisteks põhiliselt kokku nende liigitamisega metalli ja mittemetalli oksiidideks. Seega metalli oksiidid on üldiselt aluselised oksiidid ning mittemetalli ok-



siidid — happelised oksiidid. Erandiks on siin amfoteersed oksiidid ja mõned teised oksiidid.

Aluseliste oksiidide nimetus on tulnud sellest, et neil nagu alustel on omaduseks reageerida hapetega ning mõned aluselised oksiidid annavad veega aluseid.

Näiteks naatriumoksiid (Na_2O) ja kaltsiumoksiid (CaO) moodustavad veega järgmisi aluseid:

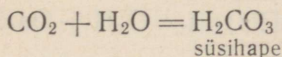
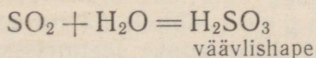


Omadus reageerida veega ei ole aluseliste oksiidide üldiseks omaduseks, sest enamus aluselisi okside (CuO , Fe_2O_3 jt.) ei reageeri veega ega moodusta sel viisil aluseid. Vastupidi, nimetatud okside võib saada aluste lagundamisel, mille juures eraldub vesi.

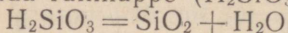
Tuntumateks oksiidideks, mis reageerivad veega, tekitades aluseid, on K_2O , Na_2O , CaO ja BaO . Vastavad alused lahustuvad samuti vees — neid nimetatakse leelisteks.

Happeliste oksiidide nimetus on tulnud sellest, et neil nagu hapetel on omaduseks reageerida alustega ning enamik happelisi okside moodustab veega reageerimisel happeid. Happelised oksiidid tekivad ka hapete lagunemisel.

Vääveldioksiid ja süsinikdioksiid tekitavad veega vastavalt väävlisshappe ja süsihappe:



Ka happeliste oksiidide omadus reageerida veega ei ole nende üldiseks omaduseks. Ränidioksiid (SiO_2) ei reageeri veega, kuid ka tema kuulub happeliste oksiidide hulka. Ränidioksiidi võib saada ränihappe (H_2SiO_3) kuumutamisel:



Nagu toodud näidetest selgub, ei ole oksiidide klassifitseerimise aluseks nende mistahes keemilised omadused, vaid põhilised keemilised omadused.

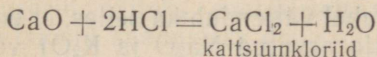
Küsimusi ja ülesandeid.

1. Mis on a) aluseliste, b) happeliste oksiidide põhiliseks omaduseks, mille põhjal neid klassifitseeritakse?
2. Nimetada oksiide, mis on toatemperatuuril tahkes, vedelas või gaasilises olekus.
3. Teostada järgmised muundamised:
 $\text{Mg} \longrightarrow \text{MgO} \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$
Arvutada, mitu protsenti magneesiumi on magneesiumoksiidis.
4. Kolmes katseklaasis on selged värvuseta lahused. Lakmuse ja fenoolftaleiini lahust kasutades näidata, millises katseklaasis on alus, millises hape ja millises vesi.
5. Arvutada, mitu grammi hapnikku on 3 moolis elavhõbe(II)-oksiidis.
6. Missuguses vee koguses sisaldub $3,01 \cdot 10^{23}$ molekuli?
7. Missuguses kaaliumpermanganaadi (KMnO_4) koguses on 1,5 g-aatomit hapnikku? (59,25 grammis)
8. Kaalukausile pandi 1 mool raud(III)oksiidi. Mitu mooli vask(II)oksiidi tasakaalustaks selle raud(III)oksiidi koguse? (2 mooli)
9. Mitmes grammis süsinikdioksiidis on niisama palju molekule kui 8 g hapnikus? (11 g)
10. Mitu mooli naatriumhüdroksiidi on 600 g 8%-lises naatriumhüdroksiidi lahuses? (1,2 mooli)

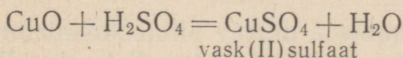
4. ALUSELISTE OKSIIDIDE KEEMILISED OMADUSED.

- ▶ Aluselise oksiidi definitsioon
- ▶ Aluseliste oksiidide reageerimine a) hapete, b) happeliste oksiidide ja c) veega
- ▶ Seos aluselise oksiidi ja aluse vahel

Aluselistele oksiididele on iseloomulikuks omaduseks nende reageerimine hapetega:



Reaktsiooni tulemusena tekivad sool ja vesi. Ka vask-(II)oksiid ja teised oksiidid, mis veega ei reageeri, reageerivad hapetega, kusjuures tekivad sool ja vesi:

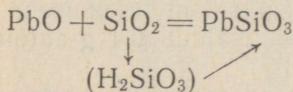


Alustega aluselised oksiidid ei reageeri.

Kuna hapetega reageerimine on aluseliste oksiidide üldiseks omaduseks, siis defineeritakse neid selle omaduse põhjal.

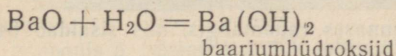
Aluselisteks oksiidideks nimetatakse oksiide, mis hapetega reageerides annavad soola ja vee, kuid alustega ei reageeri.

Aluseliste oksiidide teiseks iseloomulikuks keemiliseks omaduseks on nende reageerimine happeliste oksiididega. Kui kuumutada näiteks kõrgel temperatuuril (kuni 1500°C) pliioksiidi (PbO) ja liiva (SiO₂) segu, siis toimub reaktsioon ja tekib klaasitaoline aine, — pliisilikaat (PbSiO₃), mis kuulub soolade klassi:



Märkus. Reaktsiooni võrrandis on ränidioksiidi valemi alla märgitud temale vastava happe, ränihappe valem, et mõista, miks reaktsioonil tekib ränihappe sool, ja osata koostada valemit õigesti.

Aluseliste oksiidide keemiliseks omaduseks (kuid mitte üldiseks) on ka nende reageerimine veega. Baariumoksiidi reageerimisel veega tekib baariumhüdrokksiid:



Aluselise keskkonna teket sellel reaktsioonil näitab lakmuse värvumine siniseks ja fenoolftaleiini värvumine punaseks. Veega moodustavad leelisi (vees lahustuvaid aluseid) ka naatrium-, kaalium- ja kaltsiumoksiid.

Nimetatud reaktsioonidel ilmneb seos aluselise oksiidi ja aluse vahel. See seisneb selles, et mõnest aluselisest oksiidist võib veega reageerimisel saada aluse.

Enamus aluselisi oksiide (CuO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 jt.) veega siiski ei reageeri.

Seos aluselise oksiidi ja aluse vahel väljendub ka selles, et enamikku aluselistest oksiididest (välja arvatud Na_2O ja K_2O) võib saada aluste lagundamisel.

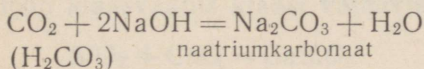
Küsimusi ja ülesandeid.

1. Mis tüüpi reaktsioonid toimuvad hapete, happeliste oksiidide ja vee reageerimisel aluseliste oksiididega? Tuua näiteid!
2. Miks ei defineerita aluselisi oksiide omaduse põhjal reageerida veega?
3. Missugused oksiidid vastavad järgmistele alustele:
 $\text{Cu}(\text{OH})_2$, CuOH , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, NaOH , KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$? Võrrelda metalli valentsi aluses ja sellele vastavas oksiidis.
4. Tõestada katseliselt, et BaO on aluseline oksiid. Mitu grammi baariumi sisaldub 45,9 g baariumoksiidis?
5. Saada vask(II)hüdrosiidist lähtudes vastav oksiid. Arvutada, mitu protsenti vaske on selles oksiidis.
6. Kirjutada reaktsiooni võrrandid raud(III)oksiidi saamise kohta a) ühinemis-, b) lagunemisreaktsiooni tulemusena.
7. Missuguses kaltsiumoksiidi koguses sisaldub 0,4 g aatomit kaltsiumi?
8. Kui suure osa gramm-molekulist moodustab 10 g kaltsiumkarbonaati (CaCO_3)?
9. Maagiproovi analüüsil leiti selles 0,432 g vask(I)oksiidi. Mitu a) grammi ja b) gramm-aatomit vaske sisaldub selles maagiproovis? (0,384 g ja 0,006 g-aatomit)
10. Kui palju rauda sisaldub 50 t punases rauamaagis, mis sisaldab 64% raud(III)oksiidi? (22,4 t)

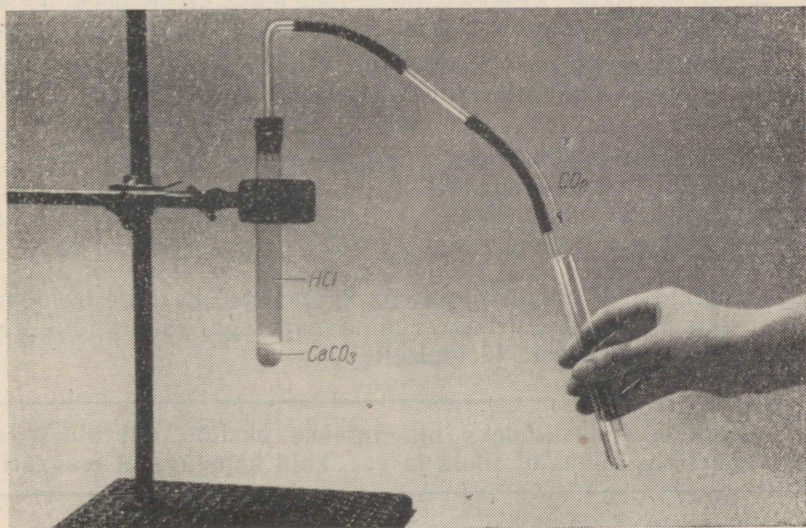
5. HAPPELISTE OKSIIDIDE KEEMILISED OMADUSED.

- ▶ *Happelise oksiidi definitsioon*
- ▶ *Happeliste oksiidide reageerimine a) aluste, b) aluseliste oksiidide ja c) veega*
- ▶ *Seos happelise oksiidi ja happe vahel*

Kõigi happeliste oksiidide ühiseks keemiliseks omaduseks on nende reageerimine aluste ehk hüdroksiididega. Süsinikdioksiid reageerib näiteks energiliselt naatriumhüdroksiidiga, kusjuures reaktsiooni saadusteks on sool (naatriumkarbonaat) ja vesi:

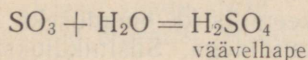
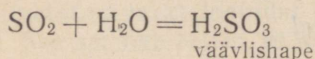
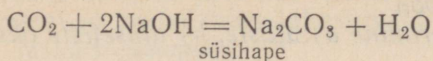


Süsinikoksiidile vastab süsihape (H₂CO₃). Kuna naatriumkarbonaat on süsihappe sool, sisaldab ta samuti happejääki CO₃^{II} nagu süsihape.

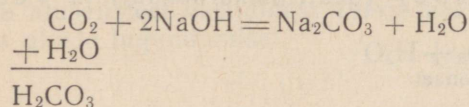


Joonis 5. Süsinikdioksiidi juhtimine baariumhüdroksiidi lahusesse.

Happelisele oksiidile vastava happe võime leida, kui liidame mõttes ühe vee molekuli oksiidile valemile:



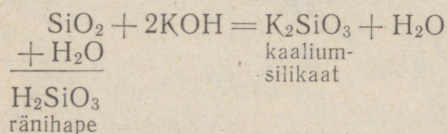
Liitmistehte võime märkida võrrandisse oksiidile valemile alla:



Happelise oksiidile ja aluse vahelise reaktsiooni võrrandi koostamisel arvestame seega järgmist:

- 1) reaktsiooni tulemusena tekivad sool ja vesi;
- 2) tekib reageerivale oksiidile vastava happe sool;
- 3) oksiidile vastava happe võib tuletada vee liitmisel oksiidile valemile.

Erinevalt enamikust happelistest oksiididest reageerib ränidioksiid (SiO_2) alustega märkimisväärselt vaid kõrgemal temperatuuril:

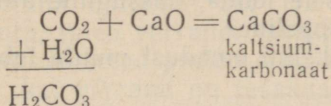


Kuna alustega reageerimine on happeliste oksiidide iseloomustavamaks omaduseks (reageerimine hapetega on erandnäiteks), siis defineeritakse neid järgmiselt:

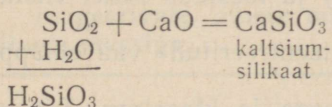
happelisteks oksiidideks nimetatakse okside, mis alustega reageerides annavad soola ja vee, kuid hapetega ei reageeri.

Happeliste oksiidide üldiseks omaduseks on ka nende reageerimine aluselistele oksiididega.

Kui tükkidena esinev kustutamata lubi (CaO) seisab pikemat aega lahtiselt õhu käes, siis need tükid lagunevad, kuna toimub reaktsioon ning tekkiv kaltsiumkarbonaat moodustab koheva pulbri:

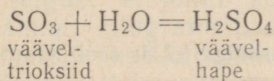


Ka ränidioksiid, mis veega ei reageeri, reageerib kõrgele temperatuuril aluseliste oksiididega. Näiteks kulgeb taoline reaktsioon klaasvannis klaasi valmistamisel:



Tekkiv sool (CaSiO_3) on ränihappe (H_2SiO_3) sool ja kuulub ühe komponendina klaasi koostisse.

Ka reageerimine veega on happeliste oksiidide üheks keemiliseks omaduseks. Vääveltrioksiid, vääveldioksiid, süsinikdioksiid jt. happelised oksiidid tekitavad veega reageerimisel happelise keskkonna. Seda saab kindlaks teha lakmuse ja metüül-oranži abil, mis muutuvad happelises keskkonnas punaseks.



Siin ilmneb happelise oksidi ja happe vaheline seos. Happe- line oksiid võib tekitada vastava happe. Antud juhul vääveltri- oksiid moodustab väävelhappe. Väävelhappe kuumutamisel võib kulgeda ka vastupidine reaktsioon — tekib vääveltrioksiid. Selles ilmneb samuti seos happelise oksidi ja happe vahel.

Kõik happelised oksiidid ei reageeri veega (näiteks SiO_2 , mis kuulub liiva koostisse).

Küsimusi ja ülesandeid.

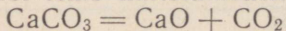
1. Missugune happeliste oksiidide keemiline omadus on alu- seks nende definitsioonile ja miks?
2. Mis tüüpi reaktsioonid toimuvad mitmesuguste ainete rea- geerimisel happeliste oksiididega? Tuua näiteid.

3. Missugused oksiidid vastavad järgmistele hapetele: väävelhape (H_2SO_4), väävlishape (H_2SO_3), lämmastikhape (HNO_3), fosforhape (H_3PO_4), metafosforhape (HPO_3), süsihape (H_2CO_3), ränihape (H_2SiO_3)?
4. Kuidas saab katseliselt selgusele jõuda, missugune antud oksiididest on aluseline või happeline?
5. Milleks kasutatakse süsinikdioksiidi omadust muuta lubjavesi häguseks?
6. On antud: väävel, pulbriline magneesium, vesi, sinine lakmuspaber, põleti, tikud, ainete põletamise lusikas ja purk papist kaanega, mille keskel on auk.
Saada väävlishapet (H_2SO_3) ja tõestada kahel viisil, et see on hape.
7. Lähtudes ühest tilgast kontsentreeritud väävelhapest saada vääveltrioksiidi.
8. On antud: katseklaas lubjaveega ja klaastoru. Tõestada katseliselt, et kustutatud lubi reageerib süsinikdioksiidiga, mida sisaldab väljahingatav õhk.
9. Missuguses vääveldioksiidi koguses on niisama palju molekule kui 28,4 g difosforpentoksiidis? (12,8 grammis)
10. Naatriumhüdroksiidi reageerimisel vääveltrioksiidiga tekkis 3 mooli soola. Arvutada, mitu grammi väävlit on selles soola koguses. (96 g)
11. Difosforpentoksiidi reageerimisel kaaliumoksiidiga tekkis sool. Arvutada fosfori protsendiline sisaldus selles soolas.
12. Mitme grammi ja mitme protsendi võrra suureneb mass, kui 160 g vääveltrioksiidi reageerib veega? (36 g ja 22,5% võrra)

6. ARVUTUSI KEEMILISTE VÕRRANDITE JÄRGI.

- ▶ Aine massi jäävuse seadus — alus reaktsiooni võrrandite tasakaalustamiseks
- ▶ Reaktsiooni lähteainete ja produktide vajaliku koguse arvutamine baseerub keemilisel võrrandil

Keemiliste võrrandite abil kirjutatakse lühidalt üles keemilisi reaktsioone. Näiteks kaltsiumkarbonaadi (lubjakivi) kuumutamisel tekib kaltsiumoksiid (kustutamata lubi) ja süsinikdioksiid:



Kuumutamisel laguneb kaltsiumkarbonaat alati nii. Selleks et lubja saada, peame tundma kaltsiumkarbonaadi seda omadust.

Siis on meil võimalik kirjutada ka vastavat reaktsiooni võrrandit.

Kui vastava reaktsiooni võrrand on koostatud, võime asuda arvutama, kui palju lähteaineid on vaja võtta teatud ainekoguse saamiseks.

Kuna aatomite arv (ja mass) keemilistel reaktsioonidel ei muutu, tuleb võrrandi tasakaalustamisel alati kontrollida, et võrrandi mõlemad pooled seda arvu ka õigesti edasi annavad. Ainult siis, kui võrrand on tasakaalus, saab selle järgi õigesti arvutusi teha.

Nagu teame, väljendavad keemilised võrrandid aine -massi jäävuse seadust:

reageerivate ainete mass võrdub reaktsioonil tekkinud ainete massiga.

Meenutame selle seaduse arvestamise vajadust kaltsiumkarbonaadi lagunemisreaktsiooni näitel. Selleks märgime võrrandis vastavate ainete valemite alla nende massi massiühikutes:

$$\begin{aligned}\text{CaCO}_3 &= \text{CaO} + \text{CO}_2 \\ (40 + 12 + 3 \cdot 16) &= (40 + 16) + (12 + 2 \cdot 16) \\ 100 &= (56 + 44) \\ 100 &= 100\end{aligned}$$

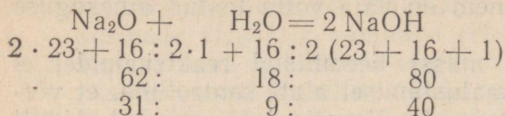
Selgub, et juhul kui reaktsioonil laguneb 100 massiühikut (grammi, kilogrammi, tonni) kaltsiumkarbonaati, siis saadakse 56 massiühikut kaltsiumoksiidi ja 44 massiühikut süsinikdioksiidi. Tekkiva kaltsiumoksiidi ja süsinikdioksiidi kogumass (100 massiühikut) on aga võrdne lagununud kaltsiumkarbonaadi massiga. Kui kaltsiumkarbonaati laguneks kaks korda rohkem (200 massiühikut), siis tekiks kaks korda rohkem ka kaltsiumoksiidi ($2 \cdot 56 = 112$ massiühikut) ja süsinikdioksiidi ($2 \cdot 44 = 88$ massiühikut).

Reageerima pannakse alati teatud kindlad ainehulgad sõltuvalt sellest, kui palju produkti soovitakse saada. Keemiatööstuses ja -laboratooriumides ei talitata ainete saamisel juhuslikult. Eelnevalt arvutatakse reaktsiooni võrrandi järgi lähteainete vajalikud kogused.

REAGEERIVATE AINETE MASSIVAHEKORRA ARVUTAMINE.

Ü l e s a n n e. Leida, missuguses massivahekorras on omavahel reageerivad naatriumoksiid ja vesi ning seejuures tekkiv naatriumhüdroksiid?

Lahendus. Koostame reaktsiooni võrrandi, leiame ainete molekulmassid ning taandame suhte liikmed:



Vastus. Naatriumoksiid, vesi ning reaktsioonil tekkiv naatriumhüdroksiid on massivahekorras 31 : 9 : 40.

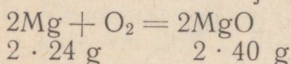
REAKTSIOONI SAADUSTE JA LÄHTEAINETE MASSI ARVUTAMINE REAKTSIOONI VÖRRANDI JÄRGI.

Ülesanne 1. Mitu grammi magneesiumoksiidi tekib 3 g magneesiumi põlemisel?

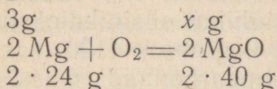
Lahendus. Leiame magneesiumoksiidi molekulmassi:

$$M_{\text{MgO}} = 24 + 16 = 40$$

Koostame reaktsiooni võrrandi ning märgime, mitu massiühikut magneesiumi reageerib ja mitu massiühikut magneesiumoksiidi tekib võrrandi järgi:



Kirjutame võrrandis magneesiumi sümboli kohale magneesiumi antud massi (3 g), magneesiumoksiidi valemi kohale aga magneesiumoksiidi otsitava massi — x g.



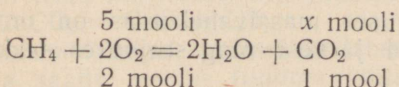
Otsitava massi leidmiseks koostame võrde ja lahendame selle:

$$\frac{3}{2 \cdot 24} = \frac{x}{2 \cdot 40} \quad x = \frac{3 \cdot 2 \cdot 40}{2 \cdot 24} = 5 \text{ g}$$

Vastus. 3 g magneesiumi põlemisel tekib 5 g magneesiumoksiidi.

Ülesanne 2. Mitu grammi süsinikdioksiidi tekkis metaani põlemisel, kui selleks kulus 5 mooli hapnikku?

Lahendus. Koostame reaktsiooni võrrandi ning märgime nii sellele vastavad ainemassid kui ka antud ja otsitava aine massi moolides:



Leiame otsitava:

$$x = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ mooli}$$

Süsinikdioksiidi molekulmass on:

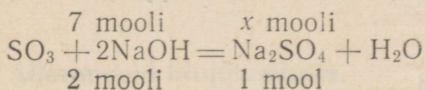
$$M_{\text{CO}_2} = 12 + 32 = 44$$

1 mool süsinikdioksiidi kaalub seega 44 g ja 2,5 mooli kaalub $2,5 \cdot 44 = 110 \text{ g}$

Vastus. Metaani põlemisel tekkis 110 g süsinikdioksiidi.

Ülesanne 3. Mitu mooli naatriumsulfaati tekkis vääveltrioksiidi juhtimisel lahusesse, mis sisaldas 7 mooli naatriumhüdrokksiidi.

Lahendus. Koostame reaktsiooni võrrandi ja märgime andmed moolides:



$$x = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ mooli}$$

Vastus. Tekkis 3,5 mooli naatriumsulfaati.

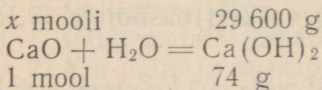
Ülesanne 4. Mitu mooli kustutamata lupja (CaO) tuleb võtta, et selle kustutamisel saada 29,6 kg kustutatud lupja Ca(OH)_2 ?

Lahendus. Leiame kaltsiumhüdrokksiidi molekulmassi:

$$M_{\text{Ca(OH)}_2} = 40 + 32 + 2 = 74$$

Koostame reaktsiooni võrrandi ja teeme arvutuse.

Võtame arvesse, et 29,6 kg = 29 600 g (moolid on samuti grammides).



$$x = \frac{29\,600}{74} = 400$$

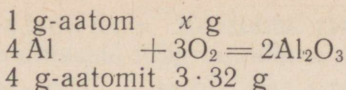
Vastus. 29,6 kg kustutatud lupja saamiseks tuleb võtta 400 mooli kustutamata lupja.

Ülesanne 5. Mitu grammi hapnikku kulub 1 g-aatomi alumiiniumi oksüdeerimiseks?

Lahendus: Hapniku molekulmass on:

$$M_{\text{O}_2} = 2 \cdot 16 = 32$$

Koostame reaktsiooni võrrandi ning märgime juurde vajalikud andmed:



Kuna 1 on 4-st 4 korda väiksem, siis on ka x $3 \cdot 32$ -st 4 korda väiksem:

$$\frac{3 \cdot 32}{4} = 24 \text{ g}$$

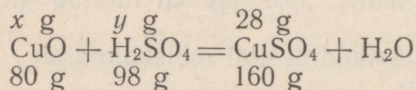
Vastus. 1 g-aatomi alumiiniumi oksüdeerimiseks kulub 24 g hapnikku.

Ülesanne 6. Mitu grammi vask(II)oksiidi ja väävelhapet kulus reaktsioonil, kui selle tulemusena tekkis 28 g vask(II)sulfaati?

Lahendus. Leiame vask(II)oksiidi, väävelhappe ja vask(II)sulfaadi molekulmassid:

$$\begin{array}{l} M_{\text{CuO}} = 64 + 16 = 80 \\ M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2 + 32 + 64 = 98 \\ M_{\text{CuSO}_4} = 64 + 32 + 64 = 160 \end{array}$$

Koostame reaktsiooni võrrandi, märgime vastavad ainete massid selle alla, otsitavate ainete massid ning antud saaduse massi aga võrrandi kohale:



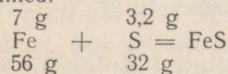
Leiame otsitavad ainete massid:

$$x = \frac{80 \cdot 28}{160} = 14 \text{ g}; \quad y = \frac{98 \cdot 28}{160} = 17,15 \text{ g}$$

Vastus. Reaktsioonil kulus 14 g vask(II)oksiidi ja 17,15 g väävelhapet.

Ülesanne 7. Katseks võeti 7 g pulbrilist rauda ja 3,2 g väävlit ning kuumutati segu. Millist ainet võeti reaktsiooniks ülehulgas ja kui palju?

Lahendus. Koostame reaktsiooni võrrandi ja märgime juurde vajalikud andmed:



Kuna 32 g väävli reageerimiseks kulub 56 g rauda, siis 3,2 g väävli reageerimiseks kulub 5,6 g rauda. Katseks aga võeti 7 g rauda. Viimast jäi seega reageerimata $7 - 5,6 = 1,4 \text{ g}$.

Vastus. Rauda oli ülehulgas 1,4 g.

Ülesanne 8. Mitu tonni kaltsiumoksiidi tekib 25 t lubjakivi kuumutamisel lubjaahjus, kui lubjakivis on 20% lisandeid?

Lahendus. Kaltsiumoksiid võib tekkida üksnes kaltsiumkarbonaadist, selle

kuumutamisel. Seepärast leiame kõigepealt, kui palju kaltsiumkarbonaati (CaCO_3) sisaldab antud lubjakivi kogus. Kuna lisandeid on lubjakivis 20%, siis kaltsiumkarbonaati on 80%. Leiame, kui palju on 80% 25 tonnist lubjakivist:

$$80\% \cdot 25 = 0,8 \cdot 25 = 20 \text{ t}$$

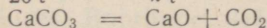
Leiame kaltsiumkarbonaadi ja kaltsiumoksiidi molekulmassid:

$$M_{\text{CaCO}_3} = 40 + 12 + 48 = 100$$

$$M_{\text{CaO}} = 40 + 16 = 56$$

Koostame reaktsiooni võrrandi ning märgime selle alla võrrandile vastavad ainehulgad. Võrrandi kohale märgime antud ja otsitava aine massid:

$$20 \text{ t} \quad x \text{ t}$$



$$100 \text{ t} \quad 56 \text{ t}$$

Leiame otsitava. Kuna 20 on 100-st 5 korda väiksem, siis on ka x 56-st 5 korda väiksem:

$$x = \frac{56}{5} = 11,2 \text{ tonni}$$

Vastus. 25 t lubjakivi kuumutamisel tekib 11,2 t kaltsiumoksiidi.

Ulesandeid harjutamiseks.

1. Missuguses massivahekorras on omavahel reageerivad alumiinium ja hapnik ning seejuures tekkiy alumiiniumoksiid?
2. Kaltsiumkarbonaadi lagunemisreaktsioonil tekivad kaltsiumoksiid ja süsinikdioksiid. Missuguses massivahekorras on reaktsiooni lähteaine ja saadused? (25:14:11)
3. Arvutada, mitu grammi vääveldioksiidi tekib 0,8 g väävli põlemisel?
4. Raua töötlemisel sepikojas põles ühe detaili kohta 3,36 g rauda tagiks (Fe_3O_4). Mitu grammi tekkis tagi? (4,64 g)
5. Mitu grammi hapnikku kulub 2,48 g fosfori põlemiseks?
6. Mitu grammi vett peab osa võtma reaktsioonist 2,84 g difosforpentoksiidiga, et viimane reageeriks täielikult, moodustades metafosforhappe (HPO_3)? (0,36 g)
7. Kui palju ja missugust oksiidi saadakse kolme mooli raud(III)hüdroksiidi termilisel lagundamisel?
8. Mitu grammi ja missugust hapet saadakse 1,5 mooli dilämmastikpentoksiidi reageerimisel veega? (189 g lämmastikhapet)
9. Arvutada, mitu grammi raud(III)oksiidi ja väävelhapet kulus reaktsioonil, kui selle tulemusena tekkis 16 g raud(III)sulfaati.
10. Süsinikdioksiidi juhtimisel baariumhüdroksiidi lahusesse tekkis sade, mis kaalus pärast kuivatamist 3,94 g. Mitu grammi kumbagi lähteainet reageeris? (0,88 g süsinikdioksiidi ja 3,42 g baariumhüdroksiidi)

11. Mitu mooli soola ja missugust soola saadakse alumiiniumoksiidi reageerimisel soolhappe lahusega, mis sisaldab 9 mooli vesinikkloriidi?
12. Kaltsiumhüdroksiidi lahusesse juhti 19,2 g vääveldioksiidi. Mitu mooli kaltsiumhüdroksiidi reageeris? (0,3 mooli)
13. Mitu mooli alumiiniumhüdroksiidi ja lämmastikhapet kulus reaktsioonil, kui selle tulemusena tekkis 2,5 g alumiiniumnitraati?
14. Mitu a) milliliitrit, b) kuupsentimeetrit vett vabaneb 3 mooli vask(II)-hüdroksiidi lagunemisreaktsioonil?
15. Vette juhti vääveltrioksiidi. Mitu grammi vääveltrioksiidi reageeris veega, kui saadi 200 g 0,98%-list väävelhappe lahust? (1,6 g)
16. Mitu grammi õhku kulub 7,8 g etüüni (atsetüleen — C_2H_2) täielikuks põlemiseks, kui arvestada, et õhus on kaaluliselt 23% hapnikku ja reaktsiooni tulemusena tekivad CO_2 ja H_2O ? (104 g)

Põhiküsimusi oksiidide kohta.

1. Mis on oksiidid?
2. Kuidas koostatakse valentsi abil oksiidide valemeid? Tuua näiteid.
3. Kuidas liigitatakse okside?
4. Kuidas koostatakse metalli- ja mittemetalli oksiidide nimetusi? Tuua näiteid.
5. Nimetada aluseliste oksiidide keemilisi omadusi. Tuua näiteid reaktsiooni võrranditena.
6. Nimetada happeliste oksiidide keemilisi omadusi. Tuua näiteid reaktsiooni võrranditena.
7. Nimetada amfoteersete oksiidide keemilisi omadusi.
8. Tuua näiteid reaktsioonidest, mille tulemusena tekivad oksiidid.
9. Mis on a) gramm-aatom, b) gramm-molekul? Tuua näiteid.
10. Kui palju aatomeid on ühes gramm-aatomis, kui palju molekule on ühes gramm-molekulis?

§ 2. HAPPED.

Tänapäeva keemiatööstus toodab ja kasutab mitmesuguseid happeid. Väävelhapet vajatakse suurtes kogustes mineraalväetiste tootmiseks, soolhapet paljude tema soolade — kloriidide valmistamiseks, lämmastikhapet — mineraalväetiste, lõhkeainete jne. tootmiseks.

Looduses leidub nimetatud anorgaanilisi ehk mineraalhappeid harva. Lämmastikhapet sisaldab väga lahjendatult näiteks äiksevihm. Sool- ja väävelhapet on avastatud mõnede vulkaanide kraatrites asuvates järvekestes. Mineraalhapetest esineb looduses kõige enam süsihapet (H_2CO_3), mis tekib süsinikdioksiidi reageerimisel veega. Süsinikdioksiidirikast vett sisaldavad paljud mineraalveeallikad. Väävlisahapet (H_2SO_3) ja vesiniksulfiidhapet (H_2S) esineb mitmetes veekogudes, tegutsevate vulkaanide läheduses. Boorhapet (H_3BO_3) sisaldavad mõnede kuumaveeallikate veed.

Orgaanilisi happeid (sidrunhapet, õunhapet, äädikhapet, piimhapet, sipelghapet jt.) leidub looduses väga laialdaselt. Neid sisaldavad puuviljad, marjad, hapupiim; mõnesid happeid eritavad sipelgad, mesilased, herilased jt. putukad. C-vitamiin, millel on suur tähtsus inim- ja loomorganismide elutegevuses, on samuti hape (askorbiinhape).



1. ETTEVAATUSABINÕUSID HAPETEGA TÖÖTAMISEL.

Hapetel (väävel-, sool-, lämmastikhappel jt.) on söövitav toime. Eriti sööbivad on kontsentreeritud happed, seepärast tuleb nendega töötada äärmiselt ettevaatlikult. Kui happe pritsmed satuvad näole, kätele või riietele, tuleb vastavat kohta viivitamatult pesta rohke veega ja seejärel kohe niisutada söögisooda lahusega, mis neutraliseerib happe. Raskemate põletuste puhul pöörduda pärast seda arsti poole. Lauale sattunud hape tuleb kohe eemaldada, et ta ei muutuks ohtlikuks teistele õpilastele ega rikuks lauda.

Õnnetuste vältimiseks tuleb töötada väikeste happekogustega. Hapete pudelitel peab olema märgitud, kas neis hoitakse lahjendatud või kontsentreeritud happeid. Etiketita pudelites ei tohi hoida ei happeid, leelisi ega ka muid kemikaale.

Esmaabiks vajalikud vahendid peavad keemiakabinetis olema vastavas esmaabikapis.

2. HAPETE KOOSTIS.

- ▶ *Happe mõiste*
- ▶ *Happe vesinik ja hapete üldiste omaduste sarnasus*
- ▶ *Happejäägid keemilistes reaktsioonides*

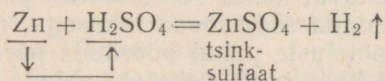
Happed on liitained, mis koosnevad vesinikust ja happejäägist.

Tõestuseks selle kohta, et happed sisaldavad vesinikku, on võimalus saada neist vesiniku lihtainena. Seda on näha ka hapete valemitest (H_2SO_4 , HCl jt.).

Hapete koostist uurides selgub, et erinevate hapete molekulide koostises on erinev arv vesiniku aatomeid. Kui happe molekuli koostises on üks vesiniku aatom, siis nimetatakse hapet ühealuseliseks. Ühealuseline hape on näiteks soolhape (HCl). Kui happe molekuli koostises on kaks vesiniku aatomit, siis on hape kahealuseline. (Tingimusel, et mõlemad vesiniku aatomid on asendatavad metalli aatomitega.) Kahealuseline hape on näiteks väävelhape (H_2SO_4). Kolmealuselise happe näiteks on fosforhape (H_3PO_4).

Hape on nii mitme aluseline, kui mitu metallide poolt asendatavat vesiniku aatomit kuulub tema molekuli koostisse. Happe koostisse kuuluv vesinik põhjustabki hapete hapu maitse. Samal põhjusel muudavad happed indikaatorite värvust ja neil on teisi sarnaseid keemilisi omadusi.

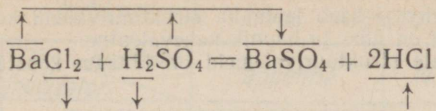
Tsingi ja väävelhappe vahelisel asendusreaktsioonil asub tsink vesiniku asemele, moodustades väävelhappe happejäägiga tsinksulfaadi (happejääk on happe osa, mis on seotud happe vesinikuga):



Et vesiniku aatomid on ühevalentsed ning happes seotud happejäägiga, saab vesiniku kaudu kindlaks määrata happejäägi valentsi. Näiteks soolhappes (HCl) on happejääk seotud ühe vesiniku aatomiga, mis näitab, et soolhappe happejääk on ühevalentne (Cl). Väävelhappes (H_2SO_4) on happejääk seotud kahe vesiniku aatomiga. Väävelhappe happejääk on seega kahevalentne (SO_4^{II}).

Vaatame nüüd, kuidas happejäägid võtavad osa keemilistest reaktsioonidest. Miks kirjutatakse happejäägid reaktsiooni saaduste valemites samasugustena, nagu nad esinesid lähteainete valemites?

Katse. Valame katseklaasi baariumkloriidi lahust ja lisame väävelhapet. Reaktsiooni tulemusena tekib valge sade. See on sool — baariumsulfaat (BaSO_4).

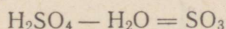


Antud juhul baarium (Ba) vahetab soolhappe happejäägi (^ICl) väävelhappe happejäägiga (^{II}SO₄) ning tekib sool — baariumsulfaat (BaSO₄).

Ka vesinik vahetab happejäägi ^{II}SO₄ happejäägiga ^ICl, mille tulemusena tekib vesinikkloriid (HCl). Happejääkide (^{II}SO₄ ja ^ICl) koostis sellel reaktsioonil ei muutu, nad vahetavad vaid kohti.

Keemilistel reaktsioonidel jäävad happejäägid enamasti muutumata.

Hapete struktuurivalemite koostamiseks on vaja osata leida ka hapet moodustava elemendi valentsi. Väävelhappes (H₂SO₄) on hapet moodustavaks elemendiks väävel. Väävli valentsi leidmiseks lahutame väävelhappe valemist mõttes vee:



Saame väävelhappele vastava oksiidi, millest leiamegi väävli valentsi:



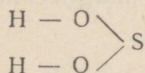
Väävli valents väävelhappes on niisama suur kui temale vastavas oksiidis, s. o. kuuevalentne.

Koostame nüüd väävelhappe struktuurivalemi.

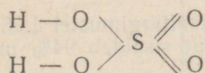
1. Kirjutame üksteise alla nii mitu vesiniku märki, kui palju vesiniku aatomeid on happe molekulis ning tähistame nende valentsi kriipsukesega märgi kõrval:



2. Seome vesiniku märgid hapnikusilla abil (hapniku kaudu) hapet moodustava elemendi sümboliga (väävliga):

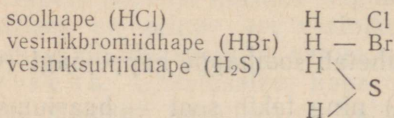


3. Ühendame hapniku sümbolid väävli sümboliga, asetades ühendatavate hapniku ja väävli sümbolite vahele kaks kriipsukest (valentssidet), sest hapnik on kahevalentne ja väävel kuuevalentne:



Hapet moodustava elemendi valentsi saab leida ka struktuurivalemi koostamise käigus, arvestades, et vesinik on ühe- ja hapnik kahevalentne.

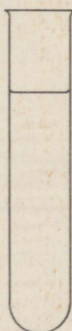
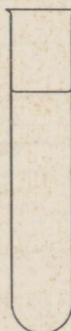
Hapnikku mittesisaldavate hapete struktuurivalemeid on lihtsam koostada. Toome mõne näite:



Küsimusi ja ülesandeid.

1. Pärast nahale sattunud hapet eemaldamist veega niisutatakse nahka söögisooda lahusega. Miks selleks ei tohi kasutada naatrium- või kaaliumhüdroksiidi lahust?
2. Kuidas saab hapet valemi järgi määrata a) happejärgi valentsi, b) hapet moodustava elemendi valentsi?
3. Millise reaktsiooni tulemusena võib lähtudes a) lahjendatud väävelhapest, b) soolhapest saada vesinikku? Kuidas tõestatakse, et tekkis vesinik?
4. Tõestada katseliselt, et vesinik kuulub soolhappe koostisse. Mitu grammi vesinikku eraldub, kui tsingiga reageerib 3 mooli soolhapet?
5. Lähtudes väävelhapest saada vesinikku ja arvutada, mitu grammi hapet kulub 0,1 mooli vesiniku saamiseks.
6. Arvutada väävli protsendiline sisaldus väävelhappes.
7. Mitmes grammis väävelhappes on niisama palju vesinikku nagu 189 g lämmastikhappes? (147 g)
8. Mitu grammi väävelhapet ja vett on vaja võtta 40 g 4%-lise väävelhappe lahuse valmistamiseks? (1,6 g H_2SO_4 ja 38,4 g vett)
9. Väävelhappe lahusega pandi reageerima 10 g magneesiumoksiidi. Mitu grammi soola tekkis?
10. Mitu grammi vesinikku eraldub, kui tsingiga (ülehuulgas võetud) panna reageerima 30 g 12% soolhapet? (0,099 g)
11. Kas piisab 400 g 49%-lisest väävelhapest reageerimiseks 161,5 g vask(II)oksiidiga? (Ei piisa)
12. Missugune sool tekib lämmastikhappe reageerimisel 2,24 g kaltsiumoksiidiga? Kui palju? (6,56 g)
13. Mitu liitrit süsinikdioksiidi (1 l CO_2 kaalub normaaltingimustel 1,96 g) tekib 10 g magneesiidi kuumutamisel, kui magneesiit sisaldab 94% magneesiumkarbonaati (MgCO_3)? (2,51 l)

Indikaatorite värvus mitmesugustes keskkondades

Keskkond Indikaator	Happeline	Neutraalne	Aluseline
Lakmus			
Metüüloranž			
Fenoolftaleiin			
	Värvusetu	Värvusetu	Vaarikpunane

3. HAPETE KLASSIFIKATSIOON JA NIMETUSED.

- ▶ *Hapnikku sisaldavad happed*
- ▶ *Hapnikku mittesisaldavad happed*
- ▶ *Hapnikku sisaldavate ja hapnikku mittesisaldavate hapete nimetused*

Happeid liigitatakse nende koostise ja omaduste põhjal mitmeti. Hapnikusisalduse järgi klassifitseeritakse happed hapnikku sisaldavateks ja hapnikku mittesisaldavateks hapeteks:

Tabel 1.

Hapnikku sisaldavad happed	Hapnikku mittesisaldavad happed
Lämmastikhape — HNO_3	Soolhape ehk vesinik- — HCl
Lämmastikushape — HNO_2	kloriidhape
Väävelhape — H_2SO_4	Vesinikbromiidhape — HBr
Väävlisahape — H_2SO_3	Vesinikjodiidhape — HI
Süsihape — H_2CO_3	Vesinikfluoriidhape — HF
Ränihape — H_2SiO_3	Vesiniksulfiidhape — H_2S
Fosforhape — H_3PO_4	
Metafosforhape — HPO_3	

Tuntakse vedelaid (H_2SO_4 , HNO_3 , HCl jt.) ja tahkeid happed (metafosforhape — HPO_3 , fosforhape — H_3PO_4 , boorhape — H_3BO_3 jt.). Kontsentratsiooni arvestades võivad happed olla kontsentreeritud või lahjendatud. Vastavalt sellele, kas happed sisaldavad või ei sisalda lisandeid, võivad nad olla tehnilised või puhtad happed. (Vett siin lisandiks ei loeta.)

Hapnikku sisaldavate hapete nimetus tuletatakse hapet moodustava elemendi nimetuse järgi. Näiteks:

Tabel 2.

Happe valem	Hapet moodustav element	Nimetus
H_2SO_4	väävel	väävelhape
HNO_3	lämmastik	lämmastikhape
H_3PO_4	fosfor	fosforhape
H_2SiO_3	räni	ränihape.

Juhul kui hapet moodustava elemendi valents on maksimaalsest madalam, lisatakse elemendi nimetusele omastavas käändes täht «s». Näiteks lämmastikushape (HNO_2), milles lämmastik ei ole viie-, vaid kolmevalentne, või väävlishape (H_2SO_3), milles väävel ei ole kuue-, vaid neljavalentne.

Hapnikku mittesisaldavate hapete nimetus tuletatakse hapet moodustava aine nimetusest, millele lisatakse sõna «hape». Näiteks vesinikbromiidhape (HBr), vesinikkloriidhape (HCl) ehk soolhape, vesiniksulfiidhape (H_2S) jt.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Milline on järgmiste soolade koostisse kuuluvate happejääkide valents: AgNO_3 , MgCl_2 , Al_2S_3 ?
2. Määrata antud hapete valemite põhjal happejäägi valents: H_3PO_4 , H_2S , HNO_3 , H_2CO_3 , $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$, HClO_3 , H_2SiO_3 , HPO_3 .
3. Missugused happed vastavad järgmistele sooladele: NaCl , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, CaCO_3 , $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, Na_3PO_4 , K_2SO_3 ?
4. On antud neli katseklaasi, milledes on:
 - a) lahjendatud soolhape, b) naatriumhüdroksiidi lahus, c) naatriumkloriidi lahus, d) vesi. Teha kindlaks, millises katseklaasis asub iga nimetatud aine.
5. Saada sool happe reageerimisel aluselise oksiidiga. Mitu grammi seda soola tekib, kui reaktsioonist võtab osa 2 mooli aluselist oksiidi?
6. Mitu grammi fosforit sisaldub 588 g fosforhappes? (186 g)
7. Mitu protsenti lämmastikku on lämmastikhappes?
8. Kumb on raskem, kas 3 mooli fosforhapet või 3 mooli väävelhapet?
9. Arvutada, mitu grammi vesinikkloriidi sisaldub 0,25 kg 10%-lises soolhappes (25 g)
10. Lahusele, mis sisaldas 0,4 mooli kaaliumhüdroksiidi, lisati lahust, mis sisaldas 0,4 mooli väävelhapet. Missugune on tekkinud lahuse reaktsioon?
11. 140 g lubjakivi kuumutamisel saadi 70 g kustutamata lupja. Mitu protsenti a) kaltsiumkarbonaati b) lisandeid sisaldas lubjakivi? (89,3% CaCO_3 ja 10,7% lisandeid)

4. HAPETE KEEMILISED OMADUSED.

Kui maitsta lahjendatud sool- või väävelhapet, siis tunneme, et nad on hapud.* Haput maitset tunneme ka äädikhappel, sidrunhappel, õunhappel, piimhappel jt. hapetel. Sellest on tingitud ka nimetus «hape». Palju ühist on hapetel ka nende toimes indikaatoritesse, metallidesse, aluselistesse oksiididesse, alustesse ja sooladesse. Tutvume nimetatud omadustega lähemalt.

Hapete toime indikaatoritesse.

Hapete vesilahused muudavad indikaatorite värvust. Tavaliselt kasutatakse happelise keskkonna kindlakstegemiseks lakmuse ja metüüloranži lahuseid. Mõlemad nad muutuvad happes punaseks.

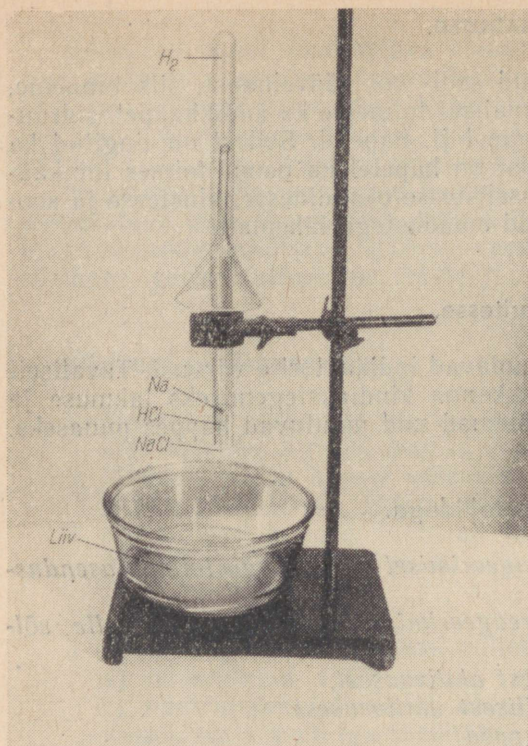
Hapete reageerimine metallidega.

- ▶ *Lahjendatud hapete reageerimisel metallidega toimub asendusreaktsioon*
- ▶ *Lahjendatud hapete reageerimine metallidega ja selle sõltumine*
 - a) *hapete keemilisest aktiivsusest,*
 - b) *metallide keemilisest aktiivsusest*
- ▶ *Tugevad ja nõrgad happed*

Hapete ja metallide vaheliste reaktsioonidega oleme juba varem kokku puutunud. Näiteks tsiingi ja väävelhappe vastastikusel toimel eraldub vesinik ja tekib sool tsinksulfaat (ZnSO_4). Happed reageerivad paljude metallidega. Eriti energiliselt kulgeb reaktsioon leelismetallidega (Na, K jt.). Nende katsete puhul esineb plahvatusoht.

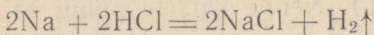
Katse 1. Valame katseklaasi veidi soolhapet ja kinnitame katseklaasi statiivi külge. Nüüd viskame soolhappesse tikupeasuuruse naatriumitüki. Naatrium reageerib energiliselt soolhappega, hüpeldes happe pinnal (joonis 6). Reaktsioonil tekib sool, mis sadestub kristallidena katseklaasi põhja. Vesiniku, mis eraldub reaktsiooni käigus, kogume teise katseklaasi, mis on asetatud alumise katseklaasi kohale. Reaktsiooni lõpul süü-

* Maitsta võib ainult tugevasti lahjendatud happe vesilahuseid (üks tilk hapet klaasi vee kohta). Mitte alla neelata!



Joonis 6. Naatriumi reageerimine soolhappega.

tame kogutud vesiniku. Soolhape reageerib naatriumiga järgmiselt:



Lahjendatud soolhape, väävelhape jt. happed reageerivad raua, alumiiniumi, magneesiumi ja teiste metallidega. Metallide reageerimisel lahjendatud hapetega tekib sool ja eraldub tavaliselt vesinik.

Hapetest tõrjuvad vesiniku välja vaid need metallid, mis on vesinikust aktiivsemad. Keemilise aktiivsuse järgi reastatakse metallid järgmiselt:

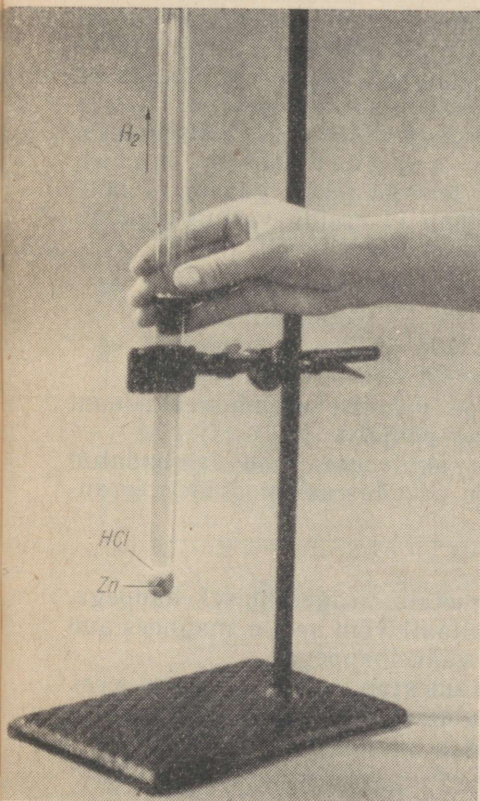
K Ca Na Mg Al Zn Fe Sn Pb H Cu Hg Ag Pt Au

metallide keemilise aktiivsuse vähenemise suund

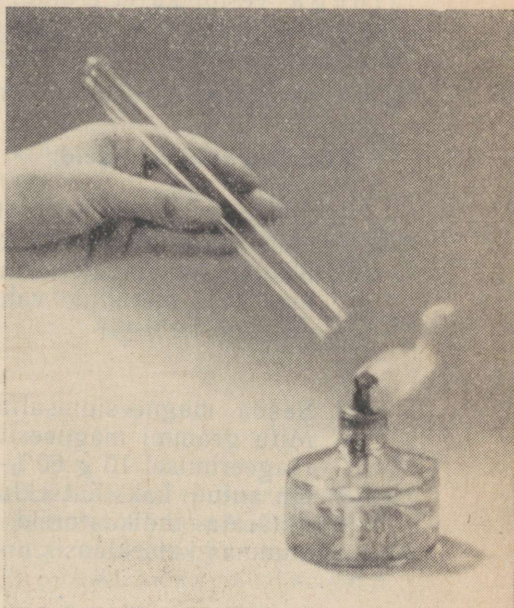
Saadud rida nimetatakse metallide aktiivsuse reaks ehk metallide pingereaks. Metallide pingerida algab aktiivsemate metallidega (K, Ca, Na jt.) ning lõpeb vähem aktiivsetega (Cu, Hg, Ag jt.).

Vesinik on asetatud metallide aktiivsuse ritta selleks, et saada ülevaadet, missugused metallid tõrjuvad ta lahjendatud hapetest välja ning missugused ei tõrju.

Metallide reageerimisel lahjendatud hapetega tõrjuvad pingereas vesinikust vasakul paiknevad metallid hapetest vesiniku välja.



Joonis 7. Vesiniku kogumine ja tõestamine tsingi reageerimisel hapetega.



Metallide pingerida kasutatakse ainult asendusreaktsioonide puhul.

Ka happed erinevad üksteisest oma keemilise aktiivsuse poolest. Seetõttu reageerivad mõned happed metallidega energilisemalt kui teised.

Katse 2. Valame ühte katseklaasi 10%-list soolhapet, teise 10%-list väävelhapet ja kolmandasse 10%-list äädikhapet. Igasse katseklaasi asetame võrdse arvu ühesuurusi tsingitükke. Jälgime, kuidas kulgeb keemiline reaktsioon hapete ja tsingi vahel.

Selgub, et väävelhape ja soolhape reageerivad tsingiga energilisemalt ning seetõttu eraldub nende puhul ka intensiivsemalt vesinikku kui äädikhape puhul.

Katsetest järeldame, et väävelhape ja soolhape on keemiliselt aktiivsed happed. Niisuguseid happeid nimetatakse tugevateks hapeteks. Äädikhape on aga keemiliselt vähem aktiivne, ta on nõrk hape. Nõrkade hapete hulka kuulub ka süsihape.

Kõik happed ei reageeri metallidega ühtemoodi. Katsed tõestavad, et lämmastikhappe reageerimisel metallidega vesinikku ei eraldu, vaid tekivad teised gaasid — lämmastikoksiidid (NO_2 või NO). Samuti ei eraldu vesinikku kontsentreeritud väävelhappe reageerimisel metallidega.

Küsimusi ja ülesandeid.

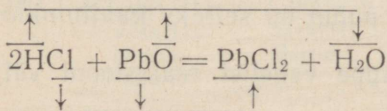
1. Seletada tsingi ja soolhappe vahelist asendusreaktsiooni molekulaar-atomistliku teooria põhjal.
2. Kuidas kasutada metallide aktiivsuse rida lahjendatud hapete ja metallide vaheliste asendusreaktsioonide võrrandite koostamisel?
.
.
.
3. Saada magneesiumsulfaat metalli reageerimisel happega. Mitu grammi magneesiumsulfaati võib saada magneesiumi reageerimisel 10 g 60%-lise väävelhappega?
4. On antud kaks katseklaasi: ühes on soolhape, teises vesi. Määrata indikaatoreid kasutamata ja lahust maitsmata, kummas katseklaasis on vesi.
.
.
.

5. Mitu liitrit vesinikku (1 l vesinikku kaalub normaalingimustel 0,09 g) eraldub 3,6 g alumiiniumi reageerimisel vajaliku hulga soolhappega?
 6. Mitu grammi vesinikku võib saada 50 g 28,61 %-lise soolhappe reageerimisel vajaliku hulga kaltsiumiga? (0,39 g)
 7. Mitu grammi fosforhapet ja magneesiumi peavad reageerima, et tekiks 13,6 g magneesiumfosfaati?
 8. Jootevedeliku valmistamiseks pandi granuleeritud tsinki reageerima lahjendatud soolhappega. Seejuures eraldus 1 g vesinikku. Mitu grammi tsinki reageeris? (32,5 g)
- . . .
9. Mitu grammi vesinikku võib saada 49 g väävelhappe reageerimisel vajaliku hulga tsingiga, kui saagis moodustab 94% (s. o. teoreetilisest hulgast saadakse tegelikult 94% vesinikku). (0,94 g)
 10. Reaktsiooniks alumiiniumiga kasutati lahjendatud väävelhapet, mis valmistati laboratooriumis olemasolevast 96%-lisest väävelhapest. Tekkis 6,84 g soola. Mitu grammi 96%-list väävelhapet vajati? (6,13 g)
 11. Happega pandi reageerima 10 g sulamit «elektron», mis sisaldab 93% Mg, 5,4% Al ja 1,6% Zn. Mitu grammi vesinikku eraldus seejuures? (0,84 g)

Hapete reageerimine aluseliste oksiidide ja alustega.

- *Hapete reageerimisel aluseliste oksiidide ja alustega toimub vahetusreaktsioon*
- *Hapete ja aluseliste oksiidide ning hapete ja aluste vaheliste vahetusreaktsioonide pöördumatus*

Plii(II)oksiid (PbO) reageerib keemiseni soojendamisel lahjendatud soolhappega. Reaktsiooni tulemusena tekivad plii(II)kloriid (PbCl_2) ja vesi:

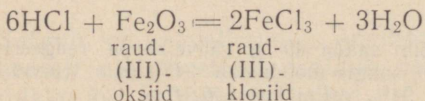
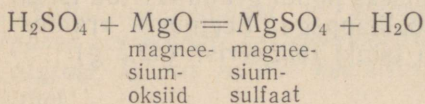


Nooltega on tähistatud reaktsiooni kõik molekulaar-atomistliku teooria järgi. Plii ja kloori aatomid annavad reaktsioonil pliiikloriidi, hapniku ja vesiniku aatomid aga vee. Plii- ja vesiniku aatomid vahetavad kohad — toimub vahetusreaktsioon.

Vahetusreaktsioonist võtab osa kaks liitainet ning reaktsiooni tulemusena tekib kaks uut liitainet.

Samalaadselt reageerivad happed ka teiste aluseliste oksiididega, kusjuures tekivad vastavad soolad ja vesi.

Näiteks:



Happe ja aluselise oksiidi vahel toimuva reaktsiooni olemus seisneb selles, et metalli ja vesiniku aatomid vahetavad kohad.

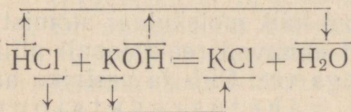
Vahetusreaktsioon toimub ka happe reageerimisel alusega. Näitena käsitleme reaktsiooni soolhappe ja kaaliumhüdroksiidi vahel.

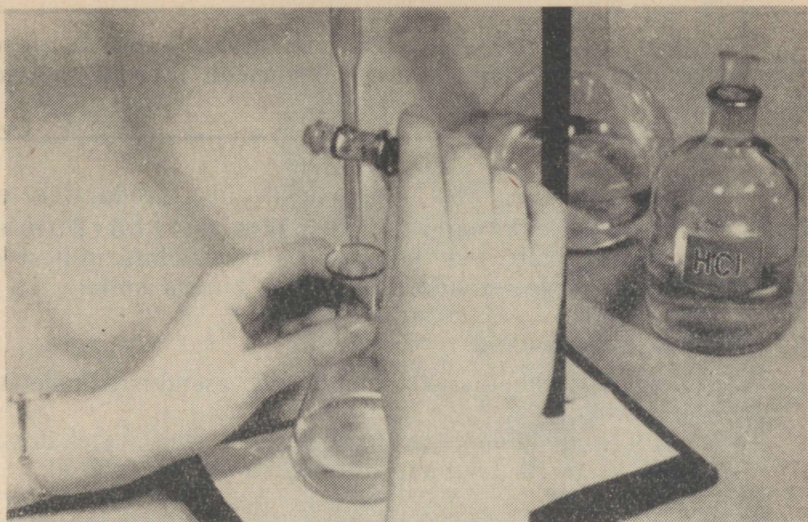
Katse. Valame kolbi 10 ml lahjendatud soolhapet ja lisame ühe tilga fenoolftaleiini lahust. Vähehaaval lisame büretist lahjendatud kaaliumhüdroksiidi lahust (joonis 8), kuni lahus värvub viimasest tilgast punaseks. See osutab, et lahuses ei ole enam hapet. Viimane on täielikult reageerinud kaaliumhüdroksiidiga.

Kui lisada sellele lahusele tilk soolhapet, muutub ta jällegi värvusetuks. Saadud lahust võime nimetada neutraalseks ehk neutraalse reaktsiooniga lahuseks (s. t. lahus pole ei happeline ega ka aluseline).

Neutraalse lahuse aurustamisel portselankausis jääb järele tahke aine — sool. Antud katse puhul on selleks kaaliumkloriid (KCl).

Kaaliumhüdroksiidi ja soolhappe vahelist reaktsiooni väljendame järgmiselt:

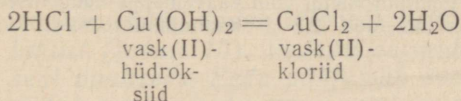
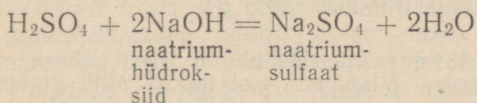




Joonis 8. Happe neutraliseerimine alusega.

Kaalium ja kloor annavad reaktsiooni tulemusena kaaliumklooriidi. Hüdroksiidrühm ja vesinik aga moodustavad vee. Kaalium ja vesinik vahetavad kohad — toimub vahetusreaktsioon.

Samuti reageerivad omavahel ka teised happed ja alused, kaasa arvatud lahustumatud alused:



Molekulaar-atomistliku teooria põhjal seisneb ka happe ja aluse vahelise vahetusreaktsiooni olemus selles, et aluse metall ja happe vesinik vahetavad kohad. Kuna tugeva happe ja tugeva aluse reageerimisel tekkinud sool lahustub vees neutraalse reaktsiooniga, siis nimetatakse sellist keemilist reaktsiooni neutralisatsioonireaktsiooniks.

Neutralisatsioonireaktsiooniks nimetatakse happe ja aluse vastastikust reageerimist, mille tulemusena tekivad sool ja vesi.

! Vahetusreaktsioon, mille käigus tekib ühe produktina vesi, kulgeb lõpuni ehk, nagu veel öeldakse, on pöördumatu. Reaktsioominõusse jääb vaid tekkinud soola vesilahus, millest võib lahuse aurustamise teel saada soola tahke ainena kätte.

Küsimusi ja ülesandeid.

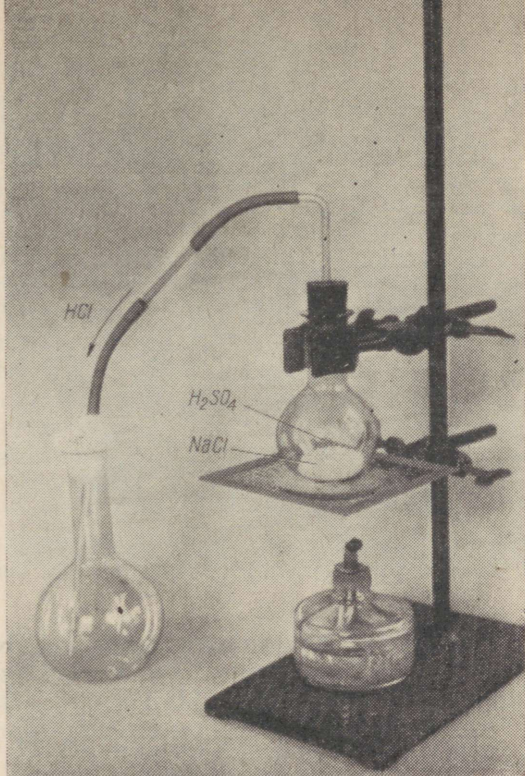
1. Mille poolest vahetusreaktsioon erineb asendusreaktsioonist? Tuua näiteid.
2. Seletada väävelhappe ja magneesiumoksiidi vahelist vahetusreaktsiooni molekulaar-atomistliku teooria põhjal.
3. Valmistada magneesiumoksiidist lähtudes magneesiumnitraati. Mitu grammi magneesiumnitraati tekib, kui reaktsiooniks võeti 8 g magneesiumoksiidi?
4. Lähtudes hapest ja alusest saada keedusool. Arvutada, mitu grammi vastavat hüdroksiidi kulub 6 mooli happe neutraliseerimiseks.
5. Mitu grammi kaltsiumhüdroksiidi kulub 49 g fosforhappe neutraliseerimiseks?
6. Kui palju väävelhapet kulub 200 g 10%-lise naatriumhüdroksiidi lahuse neutraliseerimiseks (24,5 g)
7. Lahusele, mis sisaldas 1,48 g kaltsiumhüdroksiidi, lisati lahust, mis sisaldas 2,6 g lämmastikhapet. Missugune sool tekkis? Mitu grammi? (3,28 g kaltsiumnitraati)
8. Mitu grammi 20%-list naatriumhüdroksiidi võib väävelhappe neutraliseerimisel asendada lahust, mis sisaldab 2,8 g kaaliumhüdroksiidi (10 g 20%-list NaOH)

Hapete reageerimine sooladega.

- ▶ *Hapete reageerimisel sooladega toimub vahetusreaktsioon*
- ▶ *Hapete ja soolade vahelise vahetusreaktsiooni pöördumatus*
- ▶ *Hapete ja soolade vahelise vahetusreaktsiooni tähtsus*

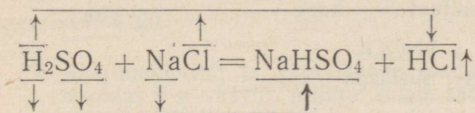
Katse. Võtame kolbi keedusoola, lisame kontsentreeritud väävelhapet ja soojendame (joonis 9). Reaktsiooni tulemusena

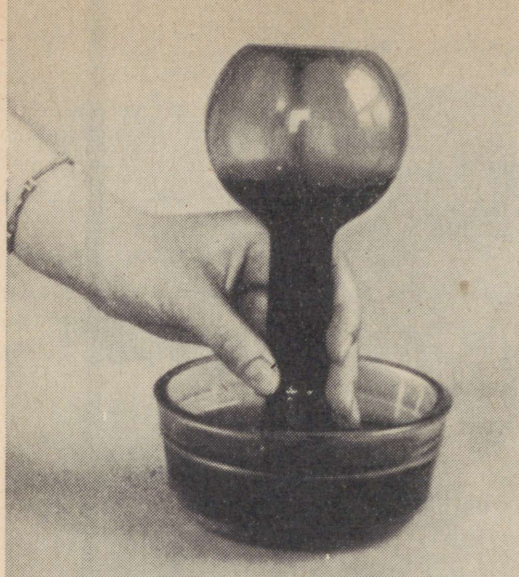
Joonis 9. Kontsentreeritud
väävelhappe reageerimine
keedusoolaga.



eraldub gaas — vesinikkloriid (HCl). Vesinikkloriidi juhime gaasijuhtetoru kaudu kuiva purki, mis on kaetud vatt-tampooniga. Kui vesinikkloriid hakkab läbi vatt-tampooni välja tungima, on purk täis. Suleme vesinikkloriidiga täidetud kolvi korgiga, millest on läbi peeneks tõmmatud otsaga toru, ning asetame kolvi (suue allpool) vette, millele on lisatud lakmuse lahust (joonis 10). Vedelik paiskub fontäänina kolbi, värvides seal punaseks. Seda põhjustab soolhape, mis tekib vesinikkloriidi lahustumisel vees.

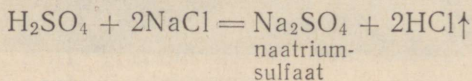
Väävelhappe reageerimist keedusoolaga märgime järgmiselt:





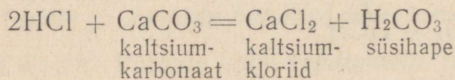
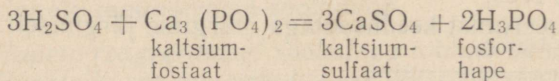
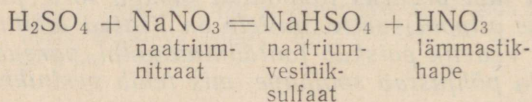
Joonis 10. Vesinikkloriid lahustub vees väga hästi.

Tavalistes tingimustes tekib sellel reaktsioonil vesiniksool naatriumvesiniksulfaat. Kõrgel temperatuuril (700°C) moodustub aga lihtsool (Na_2SO_4):

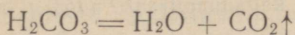


Toimunud vahetusreaktsiooni olemus molekulaar-atomistliku teooria järgi seisneb selles, et naatriumi ja vesiniku aatomid vahetavad kohad. Sõltuvalt reaktsiooni tingimustest asendub metalliga kas üks või mõlemad vesiniku aatomid.

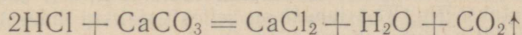
Toome ka teisi näiteid hapete reageerimisest sooladega:



Süsihape laguneb süsinikdioksiidiks ja veeks:



Reaktsiooni võrrand kirjutatakse seetõttu tavaliselt järgmiselt:



! Esitatud vahetusreaktsioonidel tekivad ühe produktina gaasid (HCl , CO_2) või happed (HNO_3 , H_3PO_4 jt.), mis on lenduvamad või nõrgemad kui reaktsiooniks võetud happed. Reaktsioon kulgeb ainult siis, kui sellest võtab osa hape, mis on tugevam kui saadav hape. See, et üks produktidest eraldub reaktsiooni keskkonnast gaasi või auruna (mõnel juhul aga on lenduvam või nõrgem kui reaktsiooniks võetud hape), on reaktsiooni kulgemise oluliseks tingimuseks. Vastasel korral oleks reaktsioon pöörduv, sest reaktsiooni saadused reageeriksid omavahel ning moodustaksid jälle võetud lähteaineid. Pöörduval reaktsioonil pole aga hapete saamise seisukohalt praktilist tähtsust.

Kuna hapete reageerimisel sooladega tekivad uus sool ja uus hape, siis kasutatakse neid reaktsioone soolade ja hapete saamiseks.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Tuua näiteid õpitud vahetusreaktsioonide kohta.
2. Nimetada kõigi hapete üldisi keemilisi omadusi.
3. Saada sool soolhappe toimel hõbenitraadisse (AgNO_3). Mitu grammi hõbedat sisaldub 2,87 g täiesti kuivas sademes? Milline on saadud soola lahustuvus vees? (Hõbenitraadi lahust võta katseks vaid 1—2 tilka!)
4. Saada soolhappe reageerimisel marmoriga (koosneb põhiliselt kaltsiumkarbonaadist) süsinikdioksiidi ja tõestada kahe erineva reaktiiviga, et saadud gaas on süsinikdioksiid. Kirjutada vastavate reaktsioonide võrrandid.
5. Hõbenitraadi reageerimisel soolhappega saadi 3,6 g sadet. Kui palju hõbedat sisaldab sade?
6. Väävelhappe reageerimisel kaltsiumfosfaadiga saadi 3 mooli fosforhapet. Mitu grammi kaltsiumfosfaati reageeris? (465 g)
7. Baariumkloriidi ja väävelhappe reageerimisel sademena tekkinud aines sisaldus 8 g väävlit. Milline kogus sadet tekkis ja kui palju kulus reaktsioonil väävelhapet? (58,25 g sadet ja 24,5 g H_2SO_4)

8. Mitu grammi ja millist ainet sadestub 0,7 kg 14% lise fosforhappe kokkuvalemisel lahusega, mis sisaldab 1,6 mooli kaltsiumnitraati? (155 g kaltsiumfosfaati)
9. Tulekustuti väävelhappeampull sisaldas 500 g 58,8%-list väävelhapet. Mitu liitrit süsinikdioksiidi tekib selle tulekustuti töötamisel, kui sooda (antud kustutis kasutatakse Na_2CO_3) lahust on selles vajalikul määral ja kui 1 l süsinikdioksiidi kaalub 1,96 g? (67,2 l)

Põhiküsimusi hapete kohta.

1. Mis on happed?
2. Nimetada tähtsamaid happeid. Missugused on nende valemid?
3. Mis on happejääk? Kuidas määratakse tema valentsi?
4. Kuidas liigitatakse happeid a) vesinikusisalduse, b) hapnikusisalduse järgi? Tuua näiteid.
5. Nimetada happelisi oksiide, mis vastavad hapnikku sisaldavatele hapetele.
6. Mille poolest vahetusreaktsioon erineb asendusreaktsioonist? Tuua näiteid reaktsiooni võrranditena.
7. Mis on neutralisatsioonireaktsioon? Tuua näiteid reaktsiooni võrranditena.
8. Millega reageerivad happed? Tuua näiteid reaktsiooni võrranditena.
9. Milliste indikaatoritega tehakse kindlaks happelist keskkonda? Milliseks muutub selles indikaatorite värvus?
10. Milliseid ettevaatusabinõusid tuleb arvestada hapetega töötamisel? Mida teha, kui nahale või riidele satub hapet?
11. Kuidas kasutada metallide pingerida asendusreaktsiooni võrrandite kirjutamisel happe ja metalli vahel?
12. Missugused õpitud hapetest on a) tugevad, b) nõrgad happed? Tuua näiteid.

§ 3. ALUSED EHK HÜDROKSIIDID.

Alustest ehk hüdroksiididest tunneme juba naatrium- ja kaltsiumhüdroksiidi. Nimetatud hüdroksiididel on kõige suurem praktiline tähtsus. Kaalium- ja naatriumhüdroksiid, nii nagu väävel- ja soolhapegi, on keemiatööstuse tuntumaid produkte. Neid kasutatakse seebi valmistamisel, puuvillaste riidekangaste töötlemisel (riide värvitavuse parandamiseks), keemialaboratuuriumides jm. Kaltsiumhüdroksiidi kasutatakse ehituslubjana, keemiatööstuses aga väetiste, sooda, kloorlubja ning mitmete teiste ainete valmistamiseks.

1. ETTEVAATUSABINÕUD LEELISTEGA TÖÖTAMISEL.

! Leelised söövitavad nahka, paberit, riidet ja mõningaid teisi aineid. Seepärast nimetati leelisi varem sööbeleelisteks.

Eriti tugeva söövitava toimega on naatrium- ja kaaliumhüdrioksiidid. Kui nende lahust satub riidele, muutub see rabadaks ja tekivad augud. Puit ja paber muutuvad nende toimel kollaseks ja rabadaks. Nahale sattudes tekitavad nad raskesti paranevaid haavu.

Naatriumhüdrioksiidi ning ammoniaagi vesilahuse sattumisel silma ähvardab pimedaksjäämine. Silma võib naatriumhüdrioksiidid sattuda näiteks tema peenestamisel. Seepärast tuleb kindlasti kanda kaitseprille ning asetada peenestatav naatriumhüdrioksiidi tükk kuiva riidelapi sisse.

Sööbiv on ka kaltsiumhüdrioksiid. Seepärast ei tohi ehitussegu ja lubimörti kunagi käega segada.

Leelistega tuleb töötada ettevaatlikult, eriti kangete lahustega. Kui leeliste pritsmed satuvad nahale või riidele, tuleb nad kohe veega maha pesta. Pesta tuleb seni, kuni leelistega kokkupuutunud koht ei tundu enam sõrmedele libedana. Seejärel niisutada leelisega kokkupuutunud kohta nõrga äädikhappe või sidrunhappe lahusega.

2. ALUSTE KOOSTIS JA NIMETUSED.

▶ *Aluse mõiste*

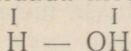
▶ *Aluse hüdrioksiidrühm ja aluste üldiste omaduste sarnasus*

▶ *Hüdrioksiidrühmad keemilistes reaktsioonides*

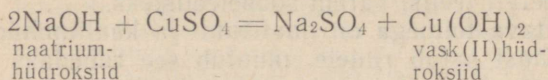
Alused ehk hüdrioksiidid on liitained, mis koosnevad metallist ja hüdrioksiidrühmast.

Alustes võib sisalduda kas üks või enam hüdrioksiidrühma. Aluste koostises esinev hüdrioksiidrühm põhjustab alustele iseloomulikke keemilisi omadusi: leelised muudavad ühtviisi indikaatorite värvust, seebistavad rasvu jne.; alused reageerivad hapete ja happeliste oksiididega.

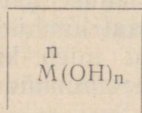
Hüdrioksiidrühma võib tuletada veest, kui selle molekulist eraldada mõtteliselt üks vesiniku aatom:



Hüdroksiidrühm on ühevalentne. Hüdroksiidrühm sãilib paljudes keemilistes reaktsioonides, seepärast vaadatakse teda kuitervikut:



Aluse ehk hüdroksiidi valemit võib üldjuhul avaldada järgmiselt:



M — metalli sümbol, n — metalli valents.

Järelikult hüdroksiidrühmade arv hüdroksiidi valemis võrdub metalli valentsiga.

Aluste nimetus on analoogiline neile vastavate oksiidide nimetustega, ainult nimetuse lõpp «oksiid» asendub lõpuga «hüdrok- siid».

Näiteks:

Tabel 3.

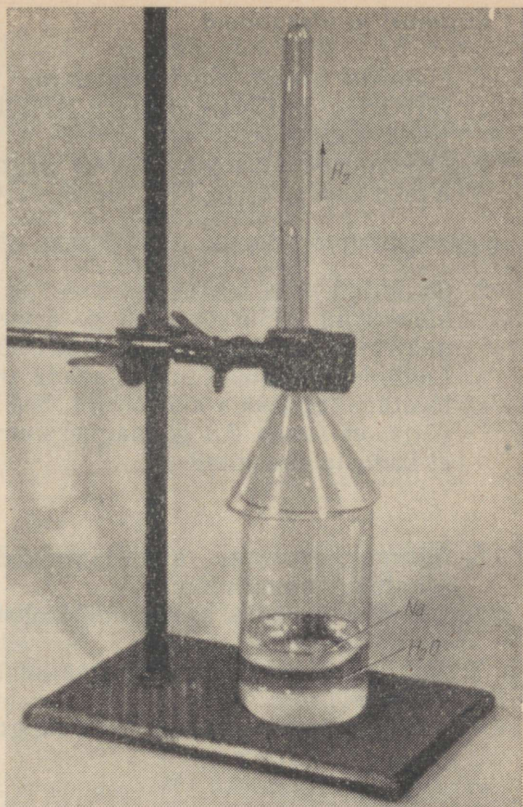
Hüdroksiidile vastav oksiid		Alus ehk hüdroksiid	
Na ₂ O	— naatriumoksiid	NaOH	— naatriumhüdroksiid
K ₂ O	— kaaliumoksiid	KOH	— kaaliumhüdroksiid
CaO	— kaltsiumoksiid	Ca(OH) ₂	— kaltsiumhüdroksiid
Al ₂ O ₃	— alumiiniumoksiid	Al(OH) ₃	— alumiiniumhüdroksiid
Cu ₂ O	— vask(I)oksiid	CuOH	— vask(I)hüdroksiid
CuO	— vask(II)oksiid	Cu(OH) ₂	— vask(II)hüdroksiid
Fe ₂ O ₃	— raud(III)oksiid	Fe(OH) ₃	— raud(III)hüdroksiid

Nagu näidetest selgub, märgitakse muutuva valentsiga metalli puhul selle valents aluse nimetuses sulgudesse võetud rooma numbriga.

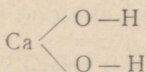
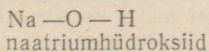
Metalli valents hüdroksiidis on niisama suur kui sellele vastavas aluselises oksiidis.

Püsiva valentsiga metalli puhul hüdroksiidi nimetusse metalli valentsi ei märgita.

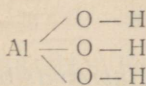
Joonis 11. Naatriumi reageerimine veega.



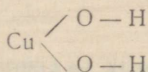
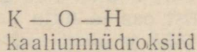
Aluste struktuurivalemite koostamisel on vaja arvestada metalli valentsi ja seda, et hapnik on kahe-, vesinik aga ühevalentne:



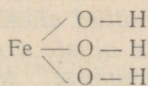
kaltsiumhüdroksiid



alumiiniumhüdroksiid



vask(II) hüdroksiid



raud(III) hüdroksiid

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Määrata antud aluste valemite põhjal metalli valents: $\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, CuOH , $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, KOH , $\text{Cr}(\text{OH})_3$.
2. Missugused alused vastavad järgmistele oksiididele: Na_2O , CaO , Fe_2O_3 , FeO , Cu_2O , Al_2O_3 , CuO , K_2O ?
.
.
3. On antud kaks tahket ainet — naatriumkloriid ja naatriumhüdroksiid. Määrata need ja arvutada, kummas aines on naatriumi protsendiline sisaldus suurem.
4. Lähtudes magneesiumist saada magneesiumhüdroksiidi ja tõestada, et tekkis hüdroksiid. Kui palju magneesiumi tuleb võtta, et saada 2,9 g magneesiumhüdroksiidi (arvestades, et kadusid ei esine)?
.
.
5. Mitmes grammis alumiiniumhüdroksiidis sisaldub 0,02 g-aatomit alumiiniumi?
6. Mitmes grammis kaltsiumhüdroksiidis on 3 g-aatomit kaltsiumi? (222 g)
7. Mitu molekuli on 1,12 kg kaaliumhüdroksiidis? ($12,04 \cdot 10^{24}$ molekuli)
8. Millises kaltsiumhüdroksiidi koguses sisaldub $30,1 \cdot 10^{23}$ molekuli? (370 g)
.
.
9. Lubja kustutamisel saadi selline kogus kustutatud lubja, milles sisaldus $24,08 \cdot 10^{23}$ molekuli. Mitme protsendi võrra on lubja kustutamisel tekkinud aine mass suurem võetud kustutamata lubja massist? (32,1% võrra)
10. Baariumhüdroksiidi lahusesse juhitavast 2 liitrist süsinikdioksiidist reageeris 75%. (1 l CO_2 kaalub 1,98 g.) Mitu grammi baariumhüdroksiidi võttis reaktsioonist osa ja mitu grammi ainet tekkis sademe näol? (11,5 g $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ja 13,3 g ainet sademe näol)

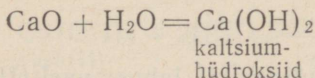
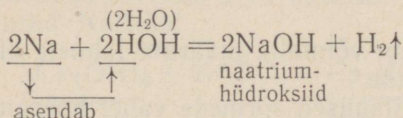
3. ALUSTE KLASSIFIKATSIOON JA SAAMINE.

- ▶ Leelised ja vees lahustumatud alused
- ▶ Leeliste ja lahustumatute aluste erinev saamine
- ▶ Lahustumatute aluste saamisel kulgeva vahetusreaktsiooni pöördumatus

Vees lahustuvuse järgi liigitatakse aluseid lahustuvateks alusteks ehk leelisteks ja lahustumatuteks alusteks.

Leelisi tuntakse võrdlemisi vähe. Tähtsamateks neist on: NaOH, KOH, Ca(OH)₂ ja Ba(OH)₂. Leelised on valged tahked ained. Nad on kuumutamisele vastupidavad ained. Naatrium- ja kaaliumhüdroksiid ei lagune isegi tugeval kuumutamisel.

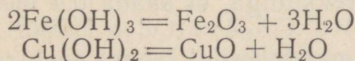
Leelisi saadakse mõnede metallide ja metalli oksiidide reageerimisel veega:



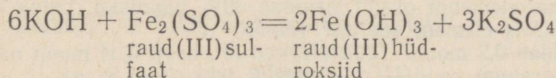
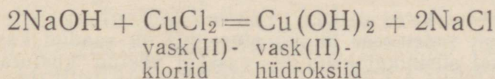
Mitmeid leelisi saadakse tööstuslikult vastavate soolade vesilahuste elektrolüüsil.

Lahustumatud alused on mitmesuguse värvusega tahked ained. Vask(II)hüdroksiid näiteks on sinine, raud(III)hüdroksiid — pruun, kroom(III)hüdroksiid — roheline jne. Lahustumatuid aluseid ei saa indikaatorite abil kindlaks määrata, sest nad ei moodusta vees aluselise keskkonda.

Lahustumatuid aluseid ei saada neile vastavate oksiidide reageerimisel veega, sest viimased veega ei reageeri. Nimetatud oksiide võib aga saada lahustumatutest alustest lagunemisreaktsiooni tulemusena, sest nad lagunevad kuumutamisel:



Lahustumatuid aluseid saadakse leeliste reageerimisel vastavate soolade lahustega. Näiteks:



! Leeliste reageerimine sooladega on oma olemuselt vahetusreaktsioon. Selle reaktsiooni praktiline väärtus seisneb selles, et saadakse uus sool ja uus alus — lahustumatu alus. Reaktsioon on võimalik (on pöördumatu, kulgeb lõpuni) seepärast, et üks tekkiv aine (lahustumatu alus) on vees lahustumatu ning läheb sademesse. Vastasel korral oleks reaktsioon pöörduv ja reaktsiooni-keskkond sisaldaks kõiki nelja ainet, mida ei saaks üksteisest eraldada.

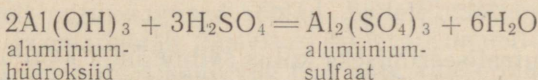
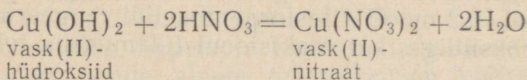
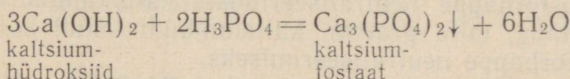
Küsimusi ja ülesandeid.

1. Milliste indikaatorite abil on võimalik määrata lahuste aluselist keskkonda? Põhjendada.
2. Miks tunduvad leeliste vesilahused sõrmede vahel hõõrumisel libedana?
3. On antud vask, vesi, naatriumhüdroksiidi lahus, vask(II)-oksiid ja vask(II)sulfaadi lahus. Saada vask(II)hüdroksiidi ja arvutada, kui palju lähteaineid on vaja 3 mooli vask(II)-hüdroksiidi saamiseks.
4. Saada vahetusreaktsioonil raud(III)hüdroksiidi ja eraldada see filtri abil. Mitu grammi rauda on 321 g raud(III)hüdroksiidis?
5. Kui palju naatriumhüdroksiidi on lahustatud 200 g 0,1%-lises naatriumhüdroksiidi lahuses?
6. Kummas aines on rohkem rauda, kas 60 g raud(III)hüdroksiidis või 60 g raud(II)hüdroksiidis?
7. Arvutada, mitu grammi 5%-list vask(II)sulfaadi lahust peab reageerima naatriumhüdroksiidiga, et saada 0,4 mooli vask(II)hüdroksiidi.
8. Mitu grammi 20%-list naatriumhüdroksiidi lahust peab reageerima alumiiniumsulfaadiga, et saada 0,03 mooli alumiiniumhüdroksiidi? (18 g)
9. Mitme protsendi võrra on sademesse läinud aine, mis on saadud kustutatud lubja reageerimisel süsinikdioksiidiga, raskem võetud kustutatud lubjast? (35,1%)
10. Mingi kolmevalentse elemendi oksiid sisaldab 30% hapnikku. Leida elemendi aatommass. Mis element see on? (Fe-56)
11. Lahusele, mis sisaldab 0,2 mooli raud(III)kloriidi, lisati 0,24 mooli naatriumoksiidi. Mitu grammi raud(III)hüdroksiidi tekkis? (8,56 g)

4. ALUSTE REAGEERIMINE HAPETE JA HAPPELISTE OKSIIDIDEGA.

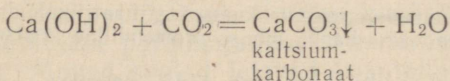
- ▶ Reageerimine hapete ja happeliste oksiididega — aluste üldised omadused
- ▶ Aluse ja happelise oksidi reageerimise saadused
- ▶ Neutralisatsioonireaktsioon

Aluste kõige iseloomulikumaks omaduseks on nende reageerimine hapetega — neutralisatsioonireaktsioon. Neutralisatsioonireaktsiooni astuvad nii leelised kui ka lahustumatud alused. Näiteks:

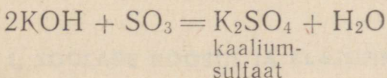


Ka teist alustele iseloomulikku omadust — leeliste reageerimist happeliste oksiididega — oleme juba varem käsitlenud (vt. happelised oksiidid lk. 19). Toome siinkohal veel näiteid.

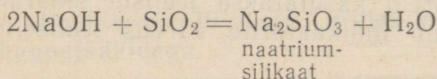
Kaltsiumhüdroksiidi reageerimine süsinikdioksiidiga:



Kaaliumhüdroksiidi reageerimine vääveltrioksiidiga:



Lahustumatud alused võivad happeliste oksiididega reageerida vaid kõrgel temperatuuril. Ka mitmed reaktsioonid happelise oksiidi ja leelise vahel ei kulge tavalistes tingimustes, vaid toimuvad kõrgemal temperatuuril. Näiteks naatriumhüdrokksiid reageerib kuumutamisel ränidioksiidiga (SiO_2):



Aluse reageerimisel happelise oksiidiga tekivad sool ja vesi. Sool on seejuures reageerivale happelisele oksiidile vastava happe sool.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Mis tüüpi reaktsioonid toimuvad aluste reageerimisel
a) hapete ja b) happeliste oksiididega?
2. Tuua näiteid vahetusreaktsioonide kohta.
3. Saada sool fosforhappe neutraliseerimisel kaltsiumhüdrok-
siidiga. Arvutada, mitu grammi kaltsiumhüdrok-
siidi kulub 1,5 mooli fosforhappe neutraliseerimiseks.
4. Saada sool happelise oksiidide reageerimisel alusega. Mitu
grammi soola tekib 0,2 mooli difosforpentoksiidi reageerimi-
sel naatriumhüdrok-
siidiga, kui reaktsiooni tulemusena tekib
naatriumfosfaat? (65,6 g)
5. Väävelhappe neutraliseerimiseks kulus selline hulk kaalium-
hüdrok-
siidi, mis sisaldas 58,5 g kaaliumi. Kui palju väävel-
hapet neutraliseeriti?
6. Dilämmastikpentoksiidiga reageeris selline hulk naatrium-
hüdrok-
siidi, mis sisaldas $3,612 \cdot 10^{23}$ molekuli. Mitu grammi
soola tekkis? (45 g)
7. 25 g väävelhappe lahuse neutraliseerimiseks kulus 1 g naatriumhüdrok-
siidi lahust. Milline oli selle väävelhappe lahuse protsendiline kontsent-
ratsioon? (4,9%-line)
8. Mingi kolmevalentse elemendi oksiid sisaldab 47,1% hapnikku. Leida
elemendi aatommass. Mis element see on? (Al-27)

Põhiküsimusi aluste kohta.

1. Mis on alused?
2. Kuidas liigitatakse aluseid? Tooge näiteid.
3. Kuidas koostatakse aluste valemite a) püsiva valentsiga
metalli, b) muutuva valentsiga metalli puhul? Tooge näi-
teid.
4. Missuguseid aluseid saab kindlaks teha indikaatorite abil?
5. Missuguseid indikaatoreid kasutatakse leeliste määrami-
seks? Milliseks muutub indikaatorite värvus leeliselises
keskkonnas?

6. Tuua reaktsiooni võrrandite varal näiteid aluste keemiliste omaduste kohta.
7. Missugust aatomite rühma nimetatakse hüdroksiidrühmaks? Mitme valentne ta on?
8. Kuidas saadakse a) leeliseid, b) lahustumatuid aluseid? Tooge näiteid reaktsiooni võrranditena.
9. Kuidas anda esmaabi naha söövitamise korral leeliste lahustega?
10. Mis tüüpi reaktsioon on neutralisatsioonireaktsioon? Tuua näide reaktsiooni võrrandina.
11. Mis toimub alustega nende kuumutamisel? Missugused alused on erandiks?

§ 4. SOOLAD.

Oksiidide, hapete ja aluste omaduste vaatlemisel tegime kindlaks, et nende ainete omavahelisel reageerimisel moodustuvad sageli mitmesugused soolad. Sellele vaatamata et soolad koostiselt ja omadustelt üksteisest erinevad, on neil siiski ka ühiseid omadusi. Seepärast kuuluvad nad ühte ainete klassi — soolade klassi.

Soolasid tuntakse väga palju. Neid esineb laialdaselt nii loomkui ka taimorganismide koostises, mineraalides ja kivimites. Looduslikud veed sisaldavad mitmesuguseid lahustunud soolasid. Soolad võivad moodustada ka lademeid (NaCl , CaCO_3 , NaNO_3).

Sooladel on suur praktiline tähtsus. Seetõttu valmistatakse neid keemiatööstuses suurtes kogustes. Mitmesuguseid soolasid kasutatakse põllumajanduses mineraalväetistena ja kahjurite tõrjeks. Mõned soolad leiavad kasutamist tehnikas ehitusmaterjalidena. Soolade töötlemisel saadakse metalle, happeid ja aluseid. Joonisel on esitatud soolade mitmesuguseid kasutusalasid.

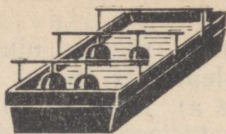
1. SOOLADE KOOSTIS JA KLASSIFIKATSIOON.

- ▶ Soola mõiste
- ▶ Lihtsoolad
- ▶ Vesiniksoolad
- ▶ Hüdroksiidsoolad

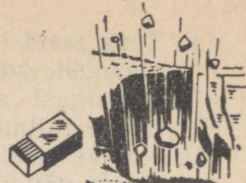
Soolad on liitained, milles metalli aatomid on seotud happejääkidega.



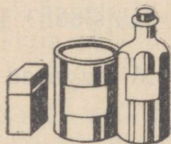
Fotograafias



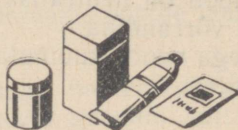
Korrosioonikindlad
katted



Lõhkeained, tikud



Mürkemikaalid



Värvained



Meditsiinis



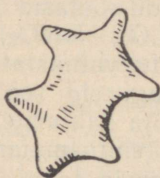
Väetised



Paberitööstuses, kangaste
värvimisel



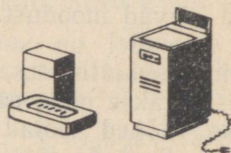
Klaasitöötisel



Nahatööstuses



Toiduainete konservimisel



Pesemisvahendid

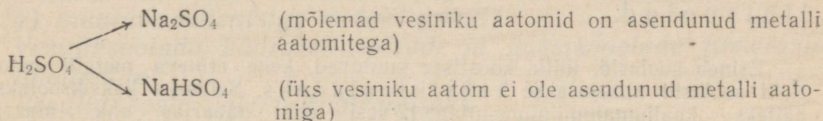
Joonis 12. Soolade kasutusalasid.

Kui võrdleme soola valemite happe valemiga, siis näeme, et soola võib vaadelda aienena, mis on saadud happe vesiniku asendamisel metalliga. Soolad võivad sisaldada mitmesuguseid happejääke sõltuvalt sellest, millise happe soolad nad on. Vastavalt võivad soolad olla väävelhappe soolad ehk sulfaadid (Na_2SO_4 , CaSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ jt.), soolhappe soolad ehk kloriidid (NaCl , AlCl_3 jt.), fosforhappe soolad ehk fosfaadid (Na_3PO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ jt.) jne. Soolasid võib rühmitada ka vastavalt neis sisalduvale metallile,

näiteks naatriumi soolad (NaCl , Na_2SO_4 , Na_3PO_4 jt.), kaltsiumi soolad (CaSO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaCl_2 jt.) jne.

Metalli ja ka happejäägi järgi rühmitamist kasutatakse keemia laboratooriumides soolade paigutamisel kappidesse, kust neid on sellise süsteemi olemasolu korral võimalik kergesti leida.

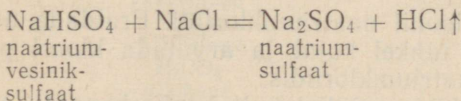
Happe vesiniku asendumine metalliga võib olla täielik või osaline. Väävelhapest võivad tekkida näiteks järgmised soolad:



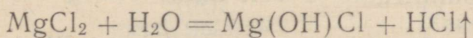
Soolasid, mis koosnevad metalli aatomitest ja vesinikku sisaldavatest happejääkidest, nimetatakse vesiniksooladeks ehk happelisteks sooladeks.

Naatriumvesiniksulfaat (NaHSO_4) kuulub vesiniksoolade hulka. Vesiniksoolaks on ka sool, mida me tunneme igapäevasest elust söögisoodana (NaHCO_3). Vesiniksoolasid võivad moodustada vaid mitmealuselised happed. Soolhape, lämmastikhape ja teised ühealuselised happed vesiniksoolasid ei moodusta.

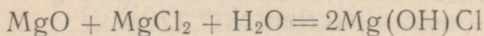
Vesiniksoolade koostises olev vesinik võib keemilise reaktsiooni tulemusena samuti metalliga asenduda, seejuures tekib lihtsool, näiteks:



Tuntakse ka nn. aluselisi soolasid ehk hüdroksiidsoolasid. Neist lihtsamad, magneesiumhüdroksiidkloriid $[\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}]$ tekib osaliselt näiteks magneesiumkloriidi vesilahuse aurustamisel:



See hüdroksiidsool moodustub ka magneesiumoksiidist ja magneesiumkloriidi kontsentreeritud lahusest valmistatud massi seismisel. Mass tardub hüdroksiidsoola tekkimise tõttu:



Seda segu kasutatakse magneesiaaltsementi nime-
tuse all sidematerjalina luiskude, käiade, veskikivide jm. valmis-
tamisel.

Mineraal malahhiit koosneb peamiselt hüdroksiidsoolast —
vask(II)hüdroksiidkarbonaadist ($\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$). Seda helerohe-
list pulbrilist ainet kasutatakse koolis lagunemisreaktsiooni de-
monstreerimisel.

Soolad, mis ei sisalda vesinikku ega hüdroksiidrühmasid, on
lihtsoolad.

Esineb soolasid, mille koostisse kuuluvad kahe erineva metalli aatomid.
Neid soolasid nimetatakse kaksiksooladeks. Selliseks kaksiksoolaks on
näiteks kaaliumalumiiniumsulfaat-12-vesi ehk maarjas ehk maarjajää
 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Maarjas tekib kahe soola — kaaliumsulfaadi (K_2SO_4) ja
alumiiniumsulfaadi $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ lahuste segust kristallimise teel. Maarjat kasu-
tatakse suurtes kogustes naha parkimisel, peitsina puuvillase riide värvimisel
jm. Maarjat kasutatakse ka habemeajamisel tekkinud kriimustuste puhul verd-
sulgeva vahendina.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Missuguste hapete soolade valemid on esitatud: $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$,
 KCl , NaHSO_4 , Na_2CO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$, K_2SiO_3 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$,
 Na_2SO_3 , Al_2S_3 , KHCO_3 ? Milline on nende soolade happe-
jääk ja mitme valentne see on?
2. Saada vahetusreaktsioonil naatriumkloriidi. Eraldada naat-
riumkloriid lahusest tahkel kujul ja arvutada kloori prot-
sendiline sisaldus naatriumkloriidis.
3. Valmistada kaltsiumhüdroksiidist kaltsiumkarbonaati. Mitu
grammi kaltsiumhüdroksiidi on vaja 0,001 mooli kaltsium-
karbonaadi valmistamiseks?
4. Mitu grammi kaaliumnitraati ja vett kulub 350 g 5%-lise
lahuse valmistamiseks?
5. 3—4%-list raud(II) sulfaadi lahust kasutatakse viljapuude
ja marjapõõsaste pritsimiseks. Kui palju seda soola ja vett
on vaja 500 kg 3%-lise lahuse valmistamiseks? (15 kg soola
ja 485 kg vett)
6. Mitu grammi kaltsiumhüdroksiidi kulub 180 g 10%-
lise lämmastikhappe neutraliseerimiseks? (10,6 g)

7. Mitu grammi kaaliumhüdroksiidi kulub 20 ml 26,36%-lise lämmastik-
happe neutraliseerimiseks? (5,44 g)
8. 100 g lubjakivi kuumutamisel saadi 40 g süsinikdioksiidi. Mitu protsenti
kaltsiumkarbonaati sisaldab lubjakivi? (90,9%)

2. SOOLADE NIMETUS.

- ▶ Soolade nimetuste tuletamine a) püsiva valentsiga metalli,
b) muutuva valentsiga metalli puhul
- ▶ Vesiniksoolade, hüdroksoosoolade ja kaksiksoolade -nimetuste
tuletamine
- ▶ Reeglid soola valemi koostamiseks

Rahvusvaheliselt on kokku lepitud nimetada soolasid kõikides
keeltes ühel põhimõttel. Vaatleme soolade nimetusi alljärgnevas
tabelis.

Tabel 4.

Happe valem ja nimetus	Soola valem ja nimetus
H_2SO_4 väävelhape	Na_2SO_4 naatriumsulfaat
H_2SO_3 väävlisahape	Na_2SO_3 naatriumsulfit
H_2CO_3 süsihape	Na_2CO_3 naatriumkarbonaat
H_2SiO_3 ränihape	Na_2SiO_3 naatriumsilikaat
HNO_3 lämmastikhape	NaNO_3 naatriumnitraat
H_3PO_4 ortofosforhape ehk fosforhape	Na_3PO_4 naatriumortofosfaat ehk naatriumfosfaat
HPO_3 metafosforhape	NaPO_3 naatriummetafosfaat
HCl vesinikkloriidhape	NaCl naatriumkloriid
(soolhape)	
H_2S vesiniksulfiidhape	Na_2S naatriumsulfiid
(väävelvesinikhape)	

Kui soola koostisse kuuluv metall on muutuva valentsiga, tule-
tatakse nimetused nii, et metalli nimetuse järele asetatakse sulgu-
desse metalli valents rooma numbriga. Näiteks:

FeCl_2 — raud(II)kloriid (loe: raud-kaks-kloriid),
 FeCl_3 — raud(III)kloriid (loe: raud-kolm-kloriid).

Vesiniksoolade nimetustes lisatakse metalli nimetuse järele
sõna «vesinik». Näiteks:

NaHSO_4 — naatriumvesiniksulfaat,
 KHCO_3 — kaaliumvesinikkarbonaat,
 Na_2HPO_4 — naatriumvesinikfosfaat.

Mitmealuseliste hapete vesiniksoolade puhul, mis sisaldavad
enam kui ühe vesiniku aatomi, nimetatakse ka vesiniku aatomite
arv:

NaH_2PO_4 — naatriumdivesinikfosfaat.

Hüdroksiidsoolade nimetustes lisatakse metalli nimetuse järele
sõna «hüdroksiid». Näiteks:

$\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$ — magneesiumhüdroksiidkloriid,
 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ — vask(II)hüdroksiidkarbonaat.

Kaksiksoolade nimetuses märgitakse kõigepealt mõlemad me-
tallid ning seejärel soola nimetus lähtudes hapest.

Näiteks:

$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ — kaaliumalumiiniumsulfaat-12-vesi.

3. SOOLADE VALEMITE KOOSTAMINE.

Soola valem koostatakse soolas sisalduva metalli ja happe-
jäägi valentsi järgi. Happejääki vaadatakse kui tervikut. Soolade
valemite, mis sisaldavad mitu ühesugust happejääki, asetatakse
viimane sulgudesse ning sulu juurde paremale alla märgitakse
indeksiga happejääkide arv.

Näitena koostame ühe lihtsoola (kaltsiumfosfaadi) valemi:

1. Kirjutatakse kõrvuti metalli ja happejäägi sümbolid:

CaPO_4

2. Märgitakse valentsid:

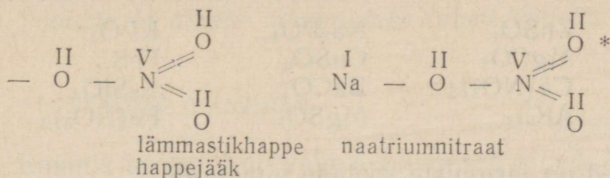
$\overset{\text{II}}{\text{Ca}} \quad \overset{\text{III}}{\text{PO}_4}$

3. Märgitakse indeksid:

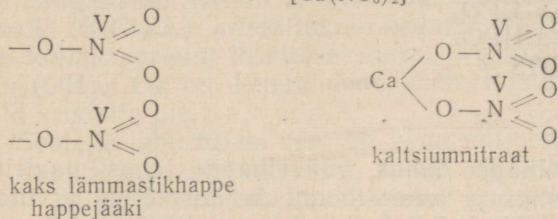
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

Soolade struktuurivalemite koostamiseks koostatakse soolale vastava happe struktuurivalem, kusjuures vesiniku sümboli asemele märgitakse vastava metalli sümbol. Koostame näitena mõnede soolade struktuurivalemid.

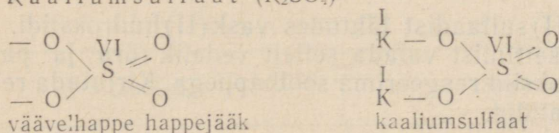
Naatriumnitraat (NaNO_3)



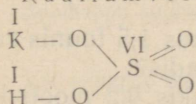
Kaltsiumnitraat [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$]



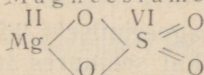
Kaaliumsulfaat (K_2SO_4)



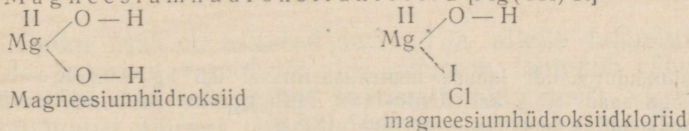
Kaaliumvesiniksulfaat (KHSO_4)



Magneesiumsulfaat (MgSO_4)



Magneesiumhüdroksiidkloriid [$\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$]



* Järgnevates valemities jätame hapniku valentsi märkimata.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Tuletada soolade nimetused alljärgnevate valemite järgi ja määrata metalli valents:

K_2SO_4	$ZnSO_4$	Na_3PO_4	KPO_3
$NaNO_3$	$MgCO_3$	$CuSO_4$	FeS
$FeSO_4$	$Ca(NO_3)_2$	$BaCO_3$	K_2SiO_3
$AgCl$	$AlCl_3$	$MgSO_3$	$Fe(NO_3)_3$

2. Missugused on järgmiste soolade nimetused:

$KHSO_4$	NaH_2PO_4
$NaHCO_3$	Na_2HPO_4
$Ca(HCO_3)_2$	KHS

[.]

3. On antud soolhappe lahus, väävelhappe lahus, naatriumhüdroksiidi lahus ja vesi. Saada keedusool ja arvutada, mitu grammi hüdroksiidi kulub 2 mooli keedusoola saamiseks.
4. Saada vask(II)sulfaadist lähtudes vask(II)hüdroksiidi. Pärast sademe settimist valada sellelt vedelik ära ja panna vask(II)hüdroksiid reageerima soolhappega. Kirjutada reaktsioonide võrrandid.
5. Kumbas soolas sisaldub rohkem rauda, kas 1,5 tonnis raud(II)kloriidis või 1 tonnis raud(III)nitraadis?
6. Süsinikdioksiidi juhtimisel lubjavette tekkis 0,2 mooli kaltsiumkarbonaati. Mitu grammi kaltsiumhüdroksiidi võttis reaktsioonist osa? (14,8 g)
7. Mitu grammi difosforpentoksiidi kulub reageerimiseks 0,5 kg 12%-lise naatriumhüdroksiidi lahusega, kui seejuures tekib naatriumfosfaat? (35,5 g)
8. Kaltsiumhüdroksiidi lahuse neutraliseerimisel 0,6 kg 4,9%-lise fosforhappega saadi 37 g kaltsiumfosfaati. Mitu grammi soola tekkis vähem, kui seda näitab teoreetiline arvutus? (9,5 g)
9. Mitu grammi 25%-list naatriumhüdroksiidi lahust peab reageerima vääveltrioksiidiga, et tekiks 35,5 g soola? (80 g)

4. SOOLADE OMADUSED.

- ▶ Soolade olek ja värvus
- ▶ Soolade lahustumine vees
- ▶ Soolade ja aluste lahustuvuse tabeli (vt. lk. 157) kasutamine

FÜSIKALISED OMADUSED.

Enamik soolasid on valged kristalsed ained. Mõnede metallide ja mõnede hapete sooladel on aga iseloomulik värvus. Kaaliumpermanganaadi (KMnO_4) kristallid on tumelillad, kaaliumdikromaadi ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) kristallid — oranžid, raud(III)kloriid moodustab kollakaspruuni kristalse massi, vask(II)hüdrosiidkarbonaat $[\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3]$ on heleroheline, vask(II)sulfaat moodustab sini-seid kristalle jne.

Soolade lahustuvus vees on väga mitmesugune. Mõned soolad on praktiliselt lahustumatud, teised aga lahustuvad vees väga hästi. Alljärgnevas tabelis on toodud andmeid tähtsamate soolade lahustuvuse kohta.

Tabel 5.

Soolad	Soolade lahustuvus
Lämmastikhape soolad Soolhape soolad	Kõik soolad lahustuvad vees. Enamik sooladest lahustuvad vees. Lahustumatu on AgCl . Vähe lahustub PbCl_2 .
Väävelhape soolad	Enamik sooladest on lahustuvad. Lahustumatud on BaSO_4 ja PbSO_4 . Väga vähe lahustub CaSO_4 .
Süsihappe soolad	Lahustuvad on naatriumi ja kaaliumi soolad ning mõned teised.
Fosforhappe soolad	Lahustuvad on naatriumi ja kaaliumi soolad ning mõned teised.

Õpiku lisas on esitatud soolade ja aluste lahustuvuse tabel. Seda, kas vastav sool või alus lahustub, lahustub vähesel määral või ei lahustu, märgitakse vastavalt tähistega l, vl, ja e. Lahter lahustuvust näitava tähisega leitakse nii nagu vajalik ruut malelual — see asub metalli sümbolist tõmmatud püstjoone ja happejäägist või hüdrosiidrühmast tõmmatud põikjoone ristumiskohal.

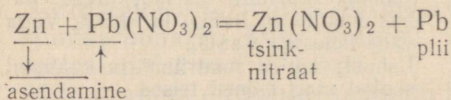
1. Leida, milline on järgmiste soolade lahustuvus vees: baariumkloriid, raud(II)sulfaat, tsinknitraat, hõbekloriid, plii(II)silikaat, naatriumsulfit, kaltsiumfosfaat, kaaliumkloriid, raud(II)sulfiid.
2. Milline hape ja alus peavad omavahel reageerima, et tekiksid järgmised soolad: NaCl , CaCl_2 , AlCl_3 ?
3. Millised ained sadestuvad järgmisi aineid sisaldavate lahuste kokkuvalamisel:
 - 1) plii(II)nitraat ja väävelhape
 - 2) raud(III)kloriid ja kaaliumhüdrokksiid
 - 3) baariumkloriid ja fosforhape
 - 4) vask(II)sulfaat ja vesiniksulfiidhape
 - 5) alumiiniumsulfaat ja naatriumhüdrokksiid
 - 6) tsinksulfaat ja fosforhape?

KEEMILISED OMADUSED.

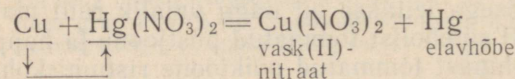
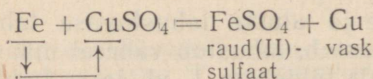
Soolade reageerimine metallidega.

- Soolade reageerimisel metallidega toimub asendusreaktsioon
 ► Seaduspärasused soolade reageerimisel metallidega

Kui asetada plii(II)nitraadi lahusesse tsingitükikesi, siis mõne aja pärast tekivad viimaste pinnale läikivad plii kristallikesed. Katse näitab, et tsingi ja pliinitraadi vahel toimub asendusreaktsioon:



Asendusreaktsioonid kulgevad ka raua ja vask(II)sulfaadi, vase ja elavhõbe(II)nitraadi ning teiste metallide ja soolade vahel:



Nimetatud reaktsioonidel asendavad lihtaine koostisse kuuluvad metalli aatomid soola valemis teise metalli aatomeid. Reaktsiooni tulemusena tekivad uus sool ja uus metall.

Soovides aga panna reageerima näiteks raud(II)sulfaadi ja vase, tsinknitraadi ja plii või vask(II)nitraadi ja elavhõbeda, me reaktsiooni tunnuseid ei tähelda.

Katsed tõestavad, et mitte iga metall ei suuda mistahes metalli aatomeid tema soolast välja tõrjuda ega asendada. Asendamine on tingitud metallide keemilisest aktiivsusest.

K Ca Na Mg Al Zn Fe Sn Pb /H/ Cu Hg Ag Pt Au

metallide keemilise aktiivsuse vähenemise suund →

Iga metall tõrjub pingereas temale järgnevad metallid nende sooladest välja, kuid ei suuda välja tõrjuda temale eelnevaid metalle.

Näiteks tsink tõrjub soolade lahustest välja raua, tina, plii, vase, elavhõbeda, hõbeda, plaatina ja kulla, kuid ei tõrju välja kaaliumi, kaltsiumi, naatriumi, magneesiumi ja alumiiniumi. Vask aga tõrjub soolade lahustest välja elavhõbeda, hõbeda, plaatina ja kulla, kuid ei ole võimeline välja tõrjuma tsinki, rauda jt. metalle, mis asetsevad metallide aktiivsuse reas temast vasakul.

Metallide pingerea kasutamisel reaktsioonide läbiviimise ja reaktsiooni võrrandite kirjutamise puhul tuleb silmas pidada, et reaktsioonil ühendis teist metalli asendav metall esineks ise lihtainena (asendusreaktsioon). Vahetusreaktsioonide puhul, kus reaktsioonist võtavad osa ainult liitained, see seaduspärasus ei kehti.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Seletada soola ja metalli vahelist asendusreaktsiooni molekulaar-atomistliku teooria põhjal.
2. Mille poolest asendusreaktsioon erineb vahetusreaktsioonist? Tuua näiteid.

. . .

3. Teostada järgmised muundamised: $\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{CuO}$.
Mitu grammi vask(II)sulfaati oli lahuses, kui 8 g rauda tõrjus sellest välja kogu vase?
4. Eraldada hõbenitraadist puhas hõbe. Mitu grammi puhast vaske kulub 0,01 g-aatomi hõbeda väljatõrjumiseks hõbenitraadi lahusest?
5. Mitu grammi vask(II)nitraati oli lahuses, kui 13 g tsinki tõrjus sellest välja kogu vase?
6. Mitu grammi elavhõbe(II)nitraati oli lahuses, kui 12,8 g vaske tõrjus sellest välja kogu elavhõbeda? (65 g)
7. Mitu grammi rauda on vaja 0,3 g-aatomi vase väljatõrjumiseks vask(II)kloriidi lahusest? (16,8 g)
8. Mitu grammi tsinki, mis sisaldab 9% lisandeid (Pb, Cu jt.) on suuteline plii(II)nitraadi lahusest välja tõrjuma 0,1 g-aatomit pliid? (7,14 g)
9. Mitu grammi vesinikku tekib 1,3 g tsingi reageerimisel lahusega, mis sisaldab 3,5 g väävelhapet? (0,04 g)

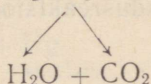
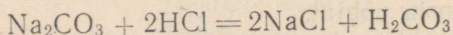
Soolade reageerimine hapete, leeliste ja sooladega.

Soolade reageerimisel hapete, leeliste ja sooladega toimuvad vahetusreaktsioonid

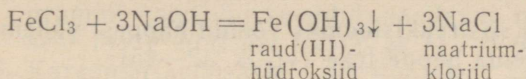
Vahetusreaktsioonid kulgevad lõpuni siis, kui tekib a) sade, b) gaasiline aine, c) vesi

Soolade ja hapete ning soolade ja leeliste vahelise vahetusreaktsiooniga oleme juba varem tutvunud. Toome siinkohal veel mõne näite.

Soolade reageerimisel hapetega tekib uus sool ja saadakse uus hape. Viimaseid reaktsioone tuntakse juba vanast ajast lenduvamate ning nõrgemate hapete väljatõrjumise reaktsioonidena sooladest vähem lenduvate ning tugevamate hapetega. Järgnevas näites aga kulgeb reaktsioon seetõttu, et tekib ebapüsiv hape, mis laguneb süsinikdioksiidiks ja veeks:



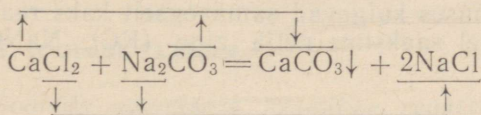
Paljude soolade reageerimisel leelistega saadakse lahustumatuid aluseid ning tekib uus sool:



Vahetusreaktsioon võib kulgeda ka soolade omavahelistel reaktsioonidel.

Katse. Valame katseklaasi kaltsiumkloriidi lahust ja lisame naatriumkarbonaadi (sooda) lahust. Näeme, et reaktsioonil tekib valge sade. See on kaltsiumkarbonaat — CaCO_3 .

Antud juhul toimub vahetusreaktsioon järgmise võrrandi kohaselt:



Sel teel reageerivad omavahel paljud soolad, moodustades uusi soolasid. Reaktsioonidel tekkinud lahustumatuid soolasid on võimalik eraldada filtri abil.



Ka sooladevahelise vahetusreaktsiooni korral ei ole ükskõik, millised soolad reageerima pannakse. Reaktsioon kulgeb vaid siis, kui üks tekkivatest ainetest ei lahustu vees ning moodustab sademe. Soolade ja aluste lahustuvuse tabelit kasutades (vt. lk. 157) on võimalik juba enne, kui ained reageerima pannakse, veenduda, kas tekkivate ainete hulgas on vees lahustumatuid aineid. Kui on, siis võib aineid reageerima panna ning saada soovitud uue soola. Ka reaktsioonide võrrandite koostamisel, näiteks ülesannete lahendamisel või ainete keemiliste omaduste kohta näiteid tuues tuleb alati arvestada, kas reaktsioon toimub või mitte. Vastasel korral võime saada küll reeglipäraselt tasakaalustatud reaktsiooni võrrandi, kuid tegelikult taolist reaktsiooni ei toimu.

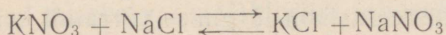


Oleme käsitlenud kolme juhtu, millal vahetusreaktsioonid kulgevad lõpuni ehk, teisiti väljendades, on pöördumatud. Nendeks on:

- 1) lahustumatu aine teke, mis läheb sademesse (vt. lk. 52 ja 67);
- 2) gaasilise aine või siis reaktsiooniks võetud happest vähem lenduva või nõrgema happe teke (vt. lk. 42—45);
- 3) vee teke (vt. lk. 39—42).

Pöördumatuid reaktsioone saab kasutada paljude soolade, hapete ja aluste saamiseks.

Juhul kui nimetatud tingimusi ei esine, on vahetusreaktsioon pöörduv — ei kulge lõpuni. Näiteks:



Nooled näitavad, et lahuses kulgevad samaaegselt kaks reaktsiooni. Lahuse aurustamisel saaksime nelja aine (KCl , NaNO_3 , KNO_3 ja NaCl) segu.

Küsimusi ja ülesandeid.

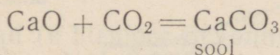
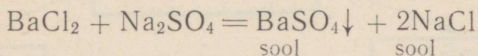
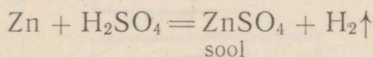
1. Mis on tunnuseks sooladevahelise vahetusreaktsiooni kulgemise kohta?
2. Kasutades soolade ja aluste lahustuvuse tabelit, leida
 - a) missugune plii sool tuleks võtta, et selle reageerimisel väävelhappega saada pliisulfaati, b) missugune alumiiniumi sool tuleks võtta, et selle reageerimisel fosforhappega saada alumiiniumfosfaati?
3. On antud tsinkkloriidi, hõbenitraadi ja kaaliumnitraadi lahused. Saada tsinknitraati ja eraldada see segust tahkena.
4. On antud granuleeritud tsink, kaaliumhüdrokksiidi lahus ja lahjendatud soolhape. Saada tsinkhüdrokksiidi.
5. Baariumkloriidi ja väävelhappe reageerimisel sademena saadud aines sisaldus 1,2 g väävlit. Mitu grammi lahustumatut ainet tekkis?
6. Hõbenitraadi reageerimisel soolhappega sademena saadud aine sisaldas 2,7 g hõbedat. Mitu grammi lahustumatut ainet tekkis? (3,59 g)

7. Arvutada, kui palju 20% -list väävelhapet kulub reaktsioonil baariumkloriidiga, et tekiks 0,1 mooli baariumsulfaati? Mitu grammi baariumi sisaldub saadavas baariumsulfaadi koguses? (49 g 20% -list H_2SO_4 ja 13,7 g Ba)
 8. Karusmarjapõõsaste pritsimiseks kasutatakse 0,5% -list sooda (Na_2CO_3) lahust. Kui palju soodat ja vett on vaja 2 ämbritäie sellise lahuse valmistamiseks (1 ämbritäis kaalub 12 kg)?
- • •
9. Kui palju kristallsoodat ($Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O$) kulub reaktsioonil lahusega, mis sisaldab 4,9 g väävelhapet (reaktsiooni tulemusena tekib Na_2SO_4)? (14,3 g)
 10. Valmistati lahus 27 g kristallsoodast ja 73 g veest. Milline on naatriumkarbonaadi protsendiline kontsentratsioon saadud lahuses? (10%)

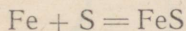
5. SOOLADE SAAMINE.

- Soolade saamiseks keemilise reaktsiooni tulemusena tuleb tunda reaktsioonide kulgemise tingimusi
- Soolade saamise viisid

Soolasid võib saada väga mitmete reaktsioonide tulemusena, näiteks:

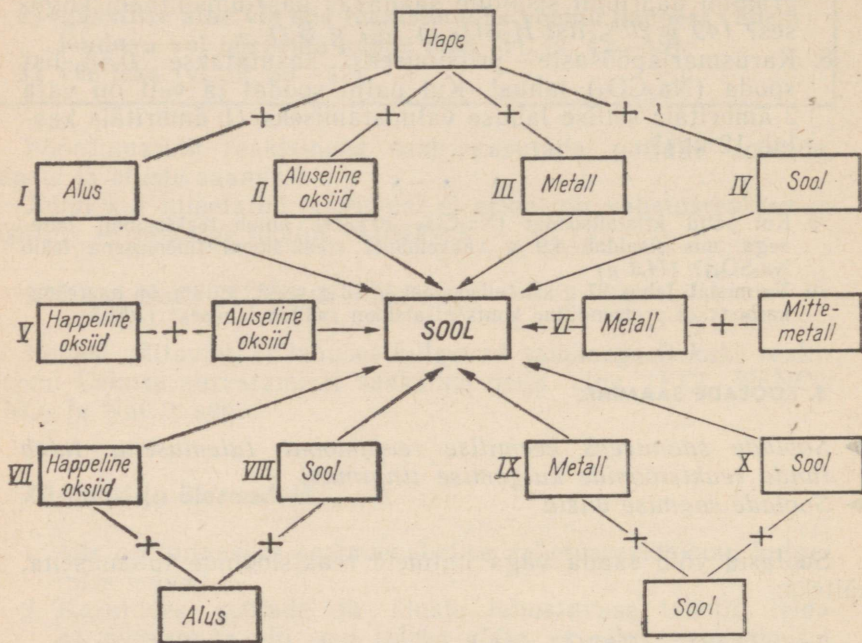


Sool võib tekkida ka metalli ja mittemetalli omavahelisel reageerimisel. Näiteks raua ja väävli ühinemisreaktsioonil tekib vesiniksulfiidhappe (H_2S) sool — raud(II) sulfiid (FeS):



Anorgaaniliste ainete keemiliste omaduste tundmine võimaldab meil käsitleda eraldi kõiki neid reaktsioone, mille tulemusena tekib sool. Tavaliselt vaadeldakse neid reaktsioone kui võimalusi soolade saamiseks — soolade saamise viise.

Järgmine skeem annab ülevaate soolade saamise tähtsamatest viisidest:



Joonis 13. Soolade saamisviise.

Küsimusi ja ülesandeid.

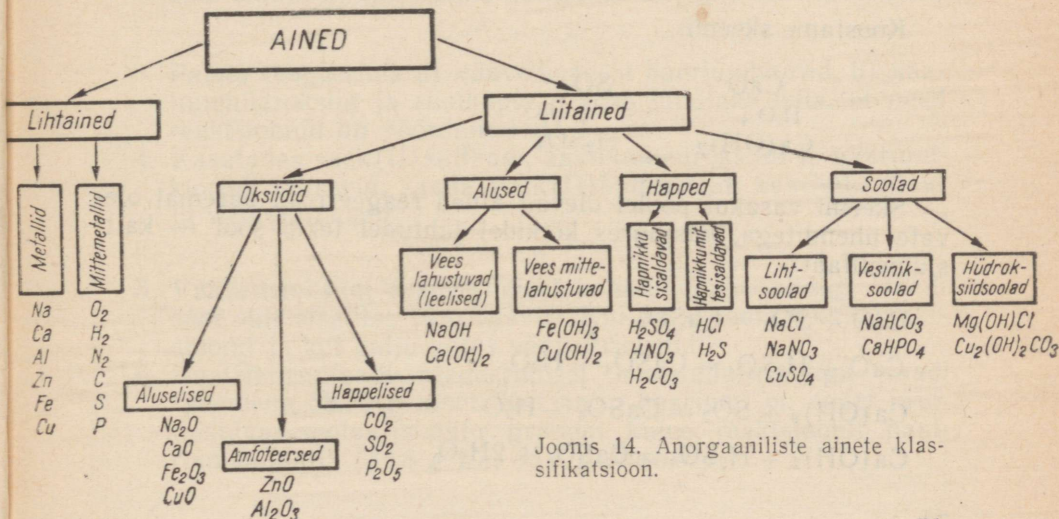
- Missuguste ainetega reageerimisel annavad soolaid a) happed, b) alused, c) soolad, d) aluselised oksiidid, e) happelised oksiidid, f) metallid, g) paljud mittemetallid?
- Missuguseid keemiliste reaktsioonide kulgemise seaduspärasusi tuleb tunda selleks, et saada soolaid ja kirjutada vastavaid reaktsiooni võrrandeid a) asendusreaktsiooni, b) vahetusreaktsiooni abil?
- Saada sool lähtudes vävlist ja rauast. Mitu grammi raud-(II)sulfiidi tekib 0,7 g raua reageerimisel vajaliku hulga vävliga?

4. Saada sool kaltsiumoksiidi reageerimisel lahjendatud soolhappega (kanda kaitseprille!). Mitu grammi HCl kulub 0,5 mooli soola saamiseks sel viisil?
5. Mitu grammi soola saadakse vääveldioksiidi juhtimisel 0,6 kg 16%-lisse naatriumhüdroksiidi lahusesse?
6. Mitu grammi kaaliumsulfaati tekib 30,4 g raud(II) sulfaadi reageerimisel kaaliumkarbonaadiga? (34,8 g)
7. Süsinikdioksiidi juhtimisel 60 g 30%-lisse kaaliumhüdroksiidi lahusesse tekkis 17 g lihtsoola. Mitu protsenti on see kogusest, mida oleks pidanud saada teoreetilise arvutuse põhjal? (76,6%)
8. Mitu grammi vask(II)kloriidi peab reageerima naatriumhüdroksiidiga, et saada selline kogus vask(II)hüdroksiidi, mis tekib 3,2 g vask(II)sulfaadi reageerimisel naatriumhüdroksiidiga? (2,7 g)

§ 5. ANORGAANILISTE AINETE KLASSIFIKATSIOON JA OMAVAHELINE SEOS.

- Igal anorgaaniliste ainete klassil on neile iseloomulikud üldised omadused
- Ainete klassifikatsiooni tähtsus
- Seos anorgaaniliste ainete vahel seisneb võimaluses saada ühe ainete klassi esindajast lähtudes teine

Anorgaanilisi aineid, millega oleme tutvunud, võib liigitada järgmistesse klassidesse:



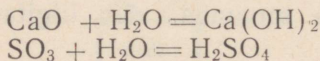
Joonis 14. Anorgaaniliste ainete klassifikatsioon.

Sellise kindla süsteemi, ainete klassifikatsiooni puudumisel poleks meil võimalik orienteeruda ainete tohtus mitmekesisuses. Aineid liigitatakse ühte või teise klassi nende koostise ja sellest tulenevate tüüpiliste keemiliste omaduste põhjal. Hapete üldisteks, tüüpilisteks omadusteks on näiteks võime reageerida aluste, aluseliste oksiidide, metallide ja sooladega ning muuta ühtviisi indikaatorite värvust. Me ei ole õppinud tundma kõiki happeid, teame vaid valemi järgi näiteks vesiniksulfiidhapet (H_2S), lämmastikuhapet (HNO_2) jt. Need ained kuuluvad aga hapete klassi ning, tundes hapete üldisi omadusi, võime neid laiendada ka nimetatud hapetele. Seejuures peame muidugi silmas, et iga hape reageerib küll eespool nimetatud ainetega, kuid omamoodi — tekivad erinevad produktid jne. Reaktsioonid aga toimuvad samade seaduspärasuste järgi.

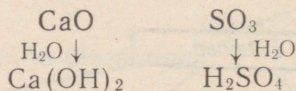
Tundes ainete üldisi omadusi, võime hõlpsasti otsustada, milisesse ainete klassi mingi uuritav aine kuulub. Teisest küljest võib mõne ainete klassi tüüpilise esindajaga tutvumise kaudu saada ülevaate vastavast ainete klassist.

Tutvunud oksiidide, aluste, hapete ja soolade omaduste ja saamisviisidega, võime koostada skeemi, millel piltlikult on näidatud ainete klasside omavaheline seos.

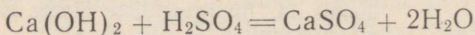
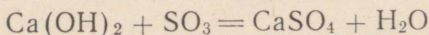
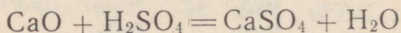
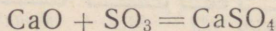
Lähtume kaltsiumoksiidist ja vääveltrioksiidist. Veega reageerimisel moodustab kaltsiumoksiid aluse, vääveltrioksiid aga happe:



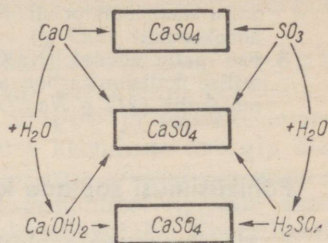
Koostame skeemi:



Skeemi vasakul poolel olevad ained reageerivad paremal olevate ühenditega, kusjuures kõikidel juhtudel tekib sool — kaltsiumsulfaat:



Ehk lühendatult:



Joonis 15. Skeem kaltsiumsulfaadi tekkimise kohta erinevatel reaktsioonidel.

Lihtainete, oksiidide, aluste, hapete ja soolade vahel esineb kindel seos. See seos seisneb selles, et lähtudes ühtedest ainetest võib vastavatel tingimustel saada teisi (tekkeline ehk geneetiline seos).

Anorgaaniliste ainete klasside vahelise seose tundmine on oluline uute ainete saamise seisukohalt.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Mille põhjal jaotatakse anorgaanilisi aineid erinevatesse klassidesse?
2. Tuua näiteid, kuidas saab ennustada mingi meile tundmata aine omadusi, kui teame, millisesse ainete klassi ta kuulub.
3. Panna reageerima a) väävelhape ja baariumkloriid, b) kaaliumhüdroksiid ja soolhape. Kuidas kindlaks teha, et need reaktsioonid on pöördumatud?
4. Kasutades vask(II)sulfaadi, kaaliumhüdroksiidi ja baariumkloriidi lahuseid, saada vask(II)hüdroksiid, baariumsulfaat ja vask(II)oksiid.
5. Vääveltrioksiidi reageerimisel kaltsiumhüdroksiidiga saadi sool, mis sisaldas 16 g väävlit. Kui palju soola tekkis reaktsioonil ja kui palju kulus vääveltrioksiidi?
6. Naatriumsulfaadi reageerimisel baariumnitraadiga saadi sademena 58,25 g ainet. Kui palju baariumi on sadet moodustavas soolas ja mitu grammi kulus reaktsioonil naatriumsulfaati? (34,3 g Ba; 35,5 g Na_2SO_4)

7. 3,4 g hõbenitraati sisaldav lahus segati lahusega, mis sisaldas niisama palju naatriumkloriidi. Kas kogu hõbenitraat reageerib? Kui palju tekib hõbekloriidi? (2,87 g)
8. Kui palju soodat (Na_2CO_3) ja kaltsiumkloriidi (CaCl_2) on vaja võtta sellise kaltsiumkarbonaadi koguse saamiseks, mis sisaldab $12,04 \cdot 10^{23}$ molekuli? (212 g Na_2CO_3 ja 222 g CaCl_2)

Põhiküsimusi soolade kohta.

1. Mis on a) lihtsoolad, b) vesiniksoolad, c) hüdroksiidsoolad? Tuua näiteid.
2. Tuua näiteid a) lihtsoola, b) vesiniksoola, c) hüdroksiidsoola valemite koostamisest.
3. Kuidas tuletatakse a) lihtsoolade, b) vesiniksoolade, c) hüdroksiidsoolade nimetused? Tuua näiteid.
4. Tuua reaktsiooni võrrandite varal näiteid soolade keemiliste omaduste kohta.
5. Kuidas otsustada, kas asendusreaktsioon metalli ja soola vahel kulgeb või ei? Tuua näiteid.
6. Missugustel juhtudel kulgevad vahetusreaktsioonid lõpuni?
7. Õppige kasutama lahustumistabelit reaktsioonivõrrandite kirjutamisel.
8. Milles seisneb seos oksiidide, aluste, hapete ja soolade vahel?

§ 6. TERMOKEEMIA PÕHIMÕISTEID.

- ▶ *Energia jäävuse seadus*
- ▶ *Keemilise energia üleminek teisteks energia liikideks*
- ▶ *Ekso- ja endotermilised reaktsioonid*
- ▶ *Reaktsiooni soojusefekt*
- ▶ *Termokeemilised võrrandid ja termokeemia*

1. ENERGIA JÄÄVUSE SEADUS JA KEEMILISE REAKTSIOONI SOOJUSEFEKT.

Füüsika kursuses on tutvutud energia jäävuse seadusega:

Energia ei teki ega kao, vaid ainult muundub ühest liigist teise.

Soojusenergia võib muunduda valgusenergiaks ja elektrienergiaks, viimane omakorda soojusenergiaks ja teisteks energialiikideks. Elektripirni volframniidi hõõgumisel läheb elektrienergia üle valgus- ja soojusenergiaks.

Tuntakse ka energia liiki, mida nimetatakse keemiliseks energiaks. Keemiline energia vabaneb keemilistel reaktsioonidel ja võib samuti üle minna soojus-, valgus- ja teisteks energialiikideks. Kütuse põlemisel läheb kütuse keemiline energia üle soojus- ja valgusenergiaks. Viimased omakorda võivad üle minna keemiliseks energiaks. Elavhõbeoksiidi lagunemisel neeldub soojust — soojusenergia läheb üle keemiliseks energiaks. Keemilistel reaktsioonidel vabaneb vaid osa ainetes sisalduvast keemilisest energiast. Kõige kergemini muundub keemiline energia soojusenergiaks.

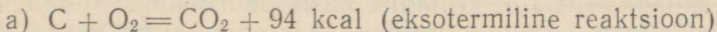
Reaktsioone, mille kulgemisel vabaneb soojust, nimetatakse eksotermilisteks reaktsioonideks. Nendeks on lubja kustutamine, väävli ja raua ühinemisreaktsioon, paljude ainete põlemine jne.

Reaktsioone, mille kulgemisel neeldub soojust, nimetatakse endotermilisteks reaktsioonideks. Sellisteks on reaktsioonid, mis kulgevad lubjakivi kuumutamisel, hapniku saamisel kaaliumpermanganaadist või Berthollet' soolast jt.

Kalorimeetri abil on võimalik mõõta, kui palju soojust antud keemilisel reaktsioonil eraldub või neeldub. Seda soojushulka nimetatakse reaktsiooni soojusefektiks ning see antakse tavaliselt kilokalorites ühe mooli reaktsioonisaaduse kohta.*

2. TERMOKEEMILISED VÕRRANDID.

Keemilise reaktsiooni soojusefekti märgitakse ka reaktsiooni võrranditesse. Näiteks:

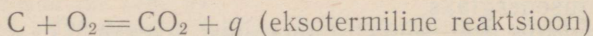


Võrrandist loeme välja, et 1 mooli, s. o. 44 g süsinikdioksiidi tekkeks süsinikust (sõe põlemisel) eraldub 94 kcal soojust.

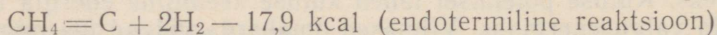
* 1 kilokalor (kcal) on soojushulk, mis kulub 1 kg vee soojendamiseks 1° C võrra.

Tehnikas antakse soojusefektid sageli 1 kg saadud aine kohta, gaaside puhul aga 1 m³ aine kohta.

Kui ei soovita reaktsiooni soojusefekti arvuliselt märkida, kuid tahetakse siiski näidata, et reaktsioonil vabaneb soojust, kasutatakse tähist q . Näiteks:



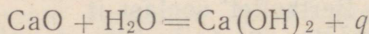
b) 1200°C juures metaan laguneb. Tema lagunemisreaktsioonil neeldub soojust:



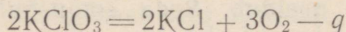
Võrrandist selgub, et 1 mooli, s. o. 16 g metaani lagundamiseks kulub 17,9 kcal soojust.

Keemilisi võrrandeid, kus on ära toodud ka reaktsiooni soojusefektid, nimetatakse termokeemilisteks võrranditeks.

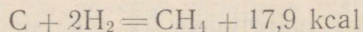
Reaktsiooni võrrandites võrdusmärgist paremale märgitud $+q$ tähendab üldjuhul, et vabaneb soojust ja $-q$, et neeldub soojust. Järelikult kuuluvad termokeemiliste võrrandite hulka ka nende tähistega varustatud võrrandid, näiteks:



ja



On kindlaks tehtud, et soojushulk, mis neeldub mingi aine lagunemisel, on võrdne soojushulgaga, mis vabaneb selle aine tekkimisel. Näiteks metaani lagunemisel neeldub 17,9 kcal soojust. Niisama palju soojust vabaneb metaani tekkimisel süsinikust ja vesinikust:



Siit järeldub, et soojushulka, mis eraldub mingi aine tekkimisel, võib pidada selle aine keemilise püsivuse mõõduks. Mida enam aine moodustamisel soojust eraldub, seda enam kulub seda selle sama aine lagundamiseks. Kui aine lagundamiseks kulub palju soojusenergiat, on tegemist püsiva ühendiga.

Keemia osa, mis tegeleb keemiliste reaktsioonide soojusefektide uurimisega, nimetatakse **termokeemiaks**.

Üheks termokeemia rajajaks oli vene akadeemik *German Hess*.

III. D. MENDELEJEVI PERIOODILISUS- SEADUS JA ELEMENTIDE PERIOODILI- SUSE SÜSTEEM. AINE EHITUS.

§ 1. ELEMENTIDE KLASSIFIKATSIOONIST ENNE D. MENDELEJEVIT.

Möödunud sajandiks oli keemia alal kogutud juba võrdlemisi rikkalik materjal. Oli uuritud paljude keemiliste elementide ja nende rohkearvuliste ühendite omadusi. Tekkis vajadus elemente klassifitseerida.

Üheks esimeseks keemiliste elementide klassifikatsiooniks oli nende jaotamine metallilisteks ja mittemetallilisteks elementideks. Selle klassifikatsiooni andis möödunud sajandil rootsi keemik J. Berzelius.

Järgmiseks sammuks elementide klassifitseerimisel oli nende koondamine loomulikesse rühmadesse. Seejuures võeti arvesse elementide füüsikalisi ja ka keemilisi omadusi.

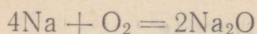
1. LEELISMETALLIDE RÜHM.

- ▶ Naatriumi omadused
- ▶ Leelismetallide mõiste
- ▶ Leelismetallide omaduste muutumine seoses aatommassi kasvamisega

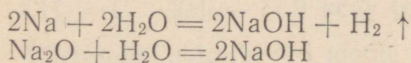
Elemendid naatrium, kaalium, liitium, rubiidium ja tseesium on sarnaste omadustega. Ülevaate saamiseks tutvume ühega neist, näiteks naatriumiga.

Naatrium on hõbedase läikega pehme ja kerge metall. Naatrium juhib hästi elektrit ja soojust. Kuna metalne läige, plastilisus ja elektrijuhtivus on metallidele iseloomulikud omadused, on naatrium tüüpiline metall.

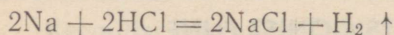
Naatrium on keemiliselt väga aktiivne, mistõttu paikneb metallide pingerea alguses. Naatrium oksüdeerub juba kokkupuutumisel õhuhapnikuga, moodustades naatriumoksiidi:



Naatriumi ja naatriumoksiidi reageerimisel veega tekib naatriumhüdroksiid:



Hapetega reageerimisel moodustab naatrium soolaid:



Mõnede hapetega, näiteks väävelhappega, kulgeb see reaktsioon plahvatusena.

Ühendites on naatrium ühevalentne. Naatriumiga sarnaseid füüsikalisi ja keemilisi omadusi esineb ka liitiumil, kaaliümil, rubiidiumil, tseesiumil ja frantsiumil. Kõik nad moodustavad veega reageerimisel aluseid (LiOH , KOH , RbOH jt.). Vastavad alused lahustuvad vees — nad on leelised. Seepärast kutsutakse neid metalle leelismetallideks. Kõik nad on ühendites ühevalentsed.

Leelismetallidel on ka erinevaid omadusi. Neil on erinev tihedus, sulamis- ja keemispunkt. Leelismetallidel on ka erinev keemiline aktiivsus:

Sümbol:	Li,	Na,	K,	Rb,	Cs,	Fr
Aatommass:	6,9	23	39,1	85,5	132,9	223

→
keemilise aktiivsuse kasvamine

Nagu näeme, aatommassi suurenemisel keemiline aktiivsus kasvab.

Suure keemilise aktiivsuse tõttu ei leidu leelismetalle looduses vabas olekus.

Leelismetallid värvivad erinevalt põleti leeki. Naatrium ja ta ühendid värvivad leegi kollaseks, kaalium lillaks, liitium — vaarikpunaseks, rubiidium — punakaslillaks, tseesium — siniseks. Leegi värvuse järgi määratakse leelismetalle nende ühendites.

Jälgime tabelis, kuidas muutuvad leelismetallide omadused sõltuvalt aatommassist. Leelismetallid on tabelisse kantud aatommasside tõusu järjekorras.

Tabel 6.

Element	Liitium Li	Naatrium Na	Kaalium K	Rubiidium Rb	Tseesium Cs	Frantsium Fr
Aatommass	6,9	23	39,1	85,5	132,9	223
Tihedus	0,53	0,97	0,86	1,53	1,9	2,4
Sulamis- punkt (°C)	186	97,8	63	38,5	28,5	20
Keemis- punkt (°C)	1336	880	760	700	670	620
Oksüdeeru- misvõime						
Reageeri- mine veega (keemiline aktiivsus)	rahuli- kult	energili- selt	väga energili- selt	tormili- selt	väga tor- miliselt	väga tor- miliselt
Leelismetallide hüdrosiidide leelis- elised omadused						

Selgub, et aatommassi suurenedes leelismetallide tihedus suureneb, sulamis- ja keemispunkt aga alanevad. Kasvavad oksüdeerimisvõime, aktiivsus veega reageerimisel ning intensiivistuvad vastavate hüdroksiidide leeliselised omadused.

Kokkuvõtteks:

Liitiumil, naatriumil, kaaliumil, rubiidiumil, tseesiumil ja frantsiumil on sarnased omadused. Nad moodustavad leelismetallide rühma. Enamik elementide omadusi selles rühmas muutub reeglipäraselt koos aatommassi kasvuga.

2. HALOGEENIDE RÜHM.

- ▶ Kloori, fluori, broomi ja joodi füüsikalised omadused
- ▶ Halogeenide mõiste
- ▶ Halogeenide omaduste muutumine seoses aatommassi kasvuga

Nii nagu naatrium, kaalium jt. moodustavad sarnaste elementide rühma — leelismetallide rühma, moodustavad fluor, kloor, broom ja jood halogeenide rühma. Vastandina leelismetallidele on halogeenid tüüpilised mittemetallid.

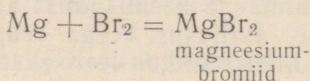
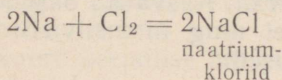
Tutvume halogeenide tähtsamate füüsikaliste ja keemiliste omadustega.

Kui asetada klooriga täidetud purgi taha valge paberileht, siis näeme, et kloor on kollakasroheline gaasiline aine. Kuna kloor on mürgine, võib tema lõhnaga tutvuda vaid väga väikese kloorikoguse abil. Selleks sobib näiteks kloori atmosfääris hoitud vatt. Klooril on ebameeldiv terav lõhn. Ka fluor on väga mürgine gaasiline aine. Ta sarnaneb klooriga, on aga kloorist kergem ja helekollase värvusega.

Broom kujutab endast punakaspruuni värvusega rasket vedelikku, mis aurustub kergesti. Seetõttu on pudelis vedela broomi kohal alati pruunid aurud. Broom on tugeva sööbiva toimega ning tekitab nahale sattudes raskesti paranevaid haavu. Broomi aurud on väga mürgised.

Joodil esineb ka omadusi, mille poolest ta sarnaneb metallidega. Jood on metalse läikega hallikasmust tahke aine. Soojendamisel moodustab ta lillasid aure.

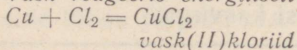
Väliselt on fluor, kloor, broom ja jood erinevad. Keemiliste omaduste poolest on nad aga sarnased. See väljendub näiteks nende reageerimises metallidega, kusjuures tekivad soolad. Nimeetus «halogeenid» tulenebki sellest omadusest ja tähendab «soolatekitajad»:



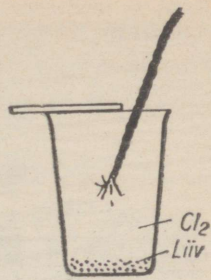
Toome näiteid halogeenide omaduste kohta moodustada metallidega reageerimisel soolasid.

Katse 1. (Viiakse läbi tõmbekapis.) Kuumutame põleti leegil vasktraati (soovitav 5–6 kiust koosnevat elektrijuhtmetraati) kuni hõõgumiseni ja viime siis kiiresti klooriga täidetud purki, mille põhja on eelnevalt raputatud liiva (joonis 16).

Vask reageerib energiliselt klooriga, moodustades vask(II)kloriidi:



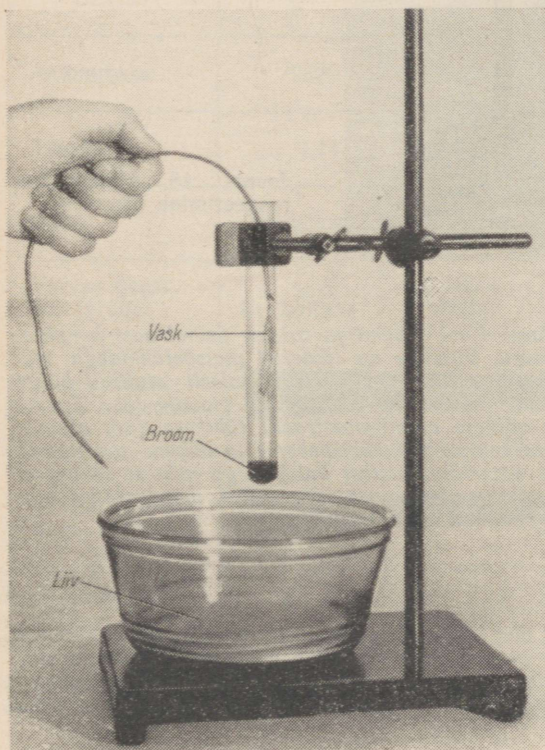
Joonis 16. Vase reageerimine klooriga.



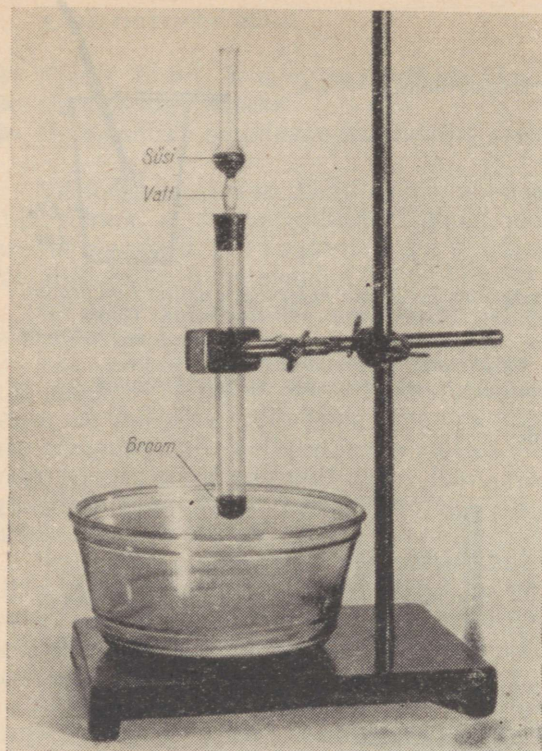
Katse 2. (Viiakse läbi tõmbekapis.) Võtame katseklaasi umbes 1 ml broomi ja kinnitame siis katseklaasi vertikaalselt statiivi külge (joon. 17). Katseklaasi alla paigutame kausi vee või liivaga. Soojendame nõrgalt katseklaasi ja viime sinna hõõgkuuma elektrijuhtmetraadi. Broom reageerib vasega energiliselt, moodustades vask(II)bromiidi:

$$\text{Cu} + \text{Br}_2 = \text{CuBr}_2$$

vask(II)bromiid

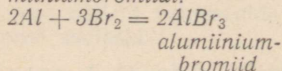


Joonis 17. Vase reageerimine broomiga.



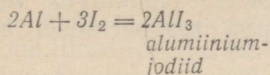
Joonis 18. Alumiiniumi reageerimine broomiga.

Katse 3. Võtame katseklaasi 1 ml broomi ja suleme katseklaasi korgiga, mida läbib kaltsiumkloriiditoru. Viimane on täidetud puusõetükkidega, mis neelavad broomiauru. Katseklaasi kinnitame vertikaalselt statii vi külge ning katseklaasi alla asetame kausi vee või liivaga (joonis 18). Avame katseklaasi, viskame sinna väikese alumiiniumtraadi tükikese (või alumiiniumipaberi, näiteks šokolaadikompveki ümbrispaberi) ja suleme siis uuesti. Mõne aja pärast (sõltuvalt katsetingimustest kulub aega mõnest sekundist kuni minutini) hakkab alumiinium broomiga reageerima, moodustades alumiinumbromiidi:



Katse 4. (Soovitav läbi viia tõmbekapis või võtta reaktsiooniks vajalikke lähteaineid vähe.) Segame klaasplaadil võrdsetes mahulistes kogustes cel-nevalt peenestatud kuiva joodi ja alumiiniumpulbrit. Asetame reaktsiooni-segu koonusekujulisse hunnikusse ja tilgutame sinna klaastoru otsast paar tilka vett.

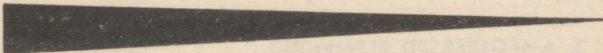
Toimub energiline reaktsioon ja segu süttib. Vesi on alumiiniumi ja joodi ühinemisreaktsiooni puhul katalüsaatoriks. Ühinemisreaktsioonil moodustub alumiiniumjodiid:



Kõik halogeenid reageerivad vesinikuga, moodustades nn. vesinikhalogeniide: HCl, HBr, HI, HF. Vees lahustudes tekitavad vesinikhalogeniidid tugevaid happeid (vastavalt soolhape, vesinikbromiidhape, vesinikjodiidhape ja vesinikfluoriidhape).

Jälgime tabelit, millesse halogeenid on paigutatud aatommassi tõusu järjekorras.

Tabel 7.

Element	Fluor F	Kloor Cl	Broom Br	Jood I
Aatommass	19,00	35,5	80	127
Tihedus	1,11	1,56	3,12	4,93
Olek	gaasiline	gaasiline	vedelik	tahke
Värvus gaasi või auruna	helekollane	kollakas- roheline	punakas- pruun	lilla
Võime vesini- kuga reageerida				
Võime metalli- dega reageerida				
Sulamispunkt (°C)	-223	-101,5	-7,3	+113,7
Keemispunkt (°C)	-188	-34	+58,7	+184,4

Aatommassi suurenedes suureneb halogeenide tihedus ning kasvab sulamis- ja keemispunkt. Muutub ka halogeenide olek ja värvus (tumeneb). Nõrgeneb lõhn ja väheneb lahustuvus vees. Keemiline aktiivsus metallide ja vesinikuga reageerimisel aga väheneb.

Elemendi aktiivsus vesinikuga ühinemisel on mittemetallilisuse tunnus. Seepärast võime öelda, et aatommassi tõusu reas suurenevad halogeenide metallilised omadused, mittemetallilised aga vähenevad.

Kokkuvõtteks:

Fluoril, klooril, broomil ja joodil on sarnaseid omadusi. Nende alusel moodustavad nad halogeenide rühma. Halogeenide omadused muutuvad seaduspäraselt seoses aatommassi muutumisega.

Ka teisi elemente võib nende sarnaste omaduste alusel ühisesse rühma koondada. Ühisesse rühma kuuluvad näiteks süsinik ja räni:

Tabel 8.

Nimetus ja sümbol	Oksiidi valem	Happe valem	Valents hapniku suhtes
Süsinik C	CO ₂	H ₂ CO ₃	4
Räni Si	SiO ₂	H ₂ SiO ₃	4

Omaette rühma kuuluvad ka kaltsium ja magneesium (Ca, Mg), väärisgaasid (He, Ne, Ar, Kr ja Xe) ja teised.

Ka neis rühmades muutuvad elementide omadused koos aatommassi muutumisega.

3. AMFOTEERSED ELEMENDID.

- ▶ Terava piiri puudumine metallide ja mittemetallide vahel
- ▶ Amfoteersed elemendid ja amfoteersed ained

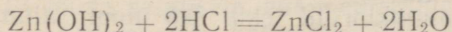
Metalle ning mittemetalle, millel esinevad eredal kujul vastavalt metallilised ja mittemetallilised omadused, tuntakse tüüpiliste

metallide ja mittemetallidena. Tüüpilisteks metallideks on näiteks leelismetallid, tüüpilisteks mittemetallideks aga halogeenid.

Metalliliste ja mittemetalliliste elementide kõrval tuntakse ka elemente, millel ilmneb nii metallilisi kui mittemetallilisi omadusi. Jood lihtainena on toatemperatuuril metalse läikega tahke kristalne aine. Grafiit (element süsinik lihtainena) juhib hästi elektrit nagu metallid. Metall elavhõbe ei ole tahke nagu teised metallid, vaid vedelik. Need näited viitavad sellele, et metallide ja mittemetallide vahel puudub terav piir. Ka keemilistes reaktsioonides võib üks ja seesama element ilmutada kord metallilisi, kord mittemetallilisi omadusi. Element tsingil lihtainena on näiteks metallidele iseloomulikud omadused.

Tutvume nüüd tsingiga ühendite koostises, mis võtavad osa keemilistest reaktsioonidest.

Kui valada tsinkhüdrokksiidi sademele soolhapet, siis sade lahustub. See on tunnuseks, et tsinkhüdrokksiid reageerib soolhappega:



Selles reaktsioonis esineb tsink metallilise elemendina — tema sümbol paikneb metallilisele elemendile ettenähtud kohal nii aluse kui ka soola valemis.

Tsinkhüdrokksiid reageerib ka leelistega, näiteks naatriumhüdrokksiidiga. Seejuures moodustub keeruka koostisega sool, milles tsink esineb mittemetallilise elemendina, kuuludes happejäägi koostisse.

Elemente, millel esinevad nii metallilised kui ka mittemetallilised keemilised omadused, nimetatakse amfoteerseteks elementideks.

Ühendeid, mis reageerivad nii hapete kui ka alustega, moodustades soolasid, nimetatakse amfoteerseteks ($\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$ jt.).

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Missugune on leelismetallide valents oksiidides, hüdroksiidides ja soolades? Tuua näiteid.
2. Missugune on halogeenide valents ühendites vesiniku ja metallidega? Tuua näiteid.

3. Millega seletada vette asetatud naatriumitükikese muutumist kuulikeseks ja tema tiirlemist veepinnal?
4. Mida tähendavad mõisted a) tüüpiline metall, b) tüüpiline mittemetall?
5. Lähtudes naatriumist saada naatriumhüdroksiidi ning tõestada katseliselt, et on tekkinud naatriumhüdroksiid. Arvutada, mitu grammi naatriumhüdroksiidi võib saada 12 g-aatomi naatriumi reageerimisel veega?
6. Mitu grammi naatriumhüdroksiidi tekib 1,5 g-aatomi naatriumi reageerimisel veega?
7. Mitu grammi alumiiniumkloriidi tekib 13,5 g alumiiniumi põlemisel klooris (66,7 g)
8. Mitu grammi alumiiniumkloriidi tekib 0,5 mooli alumiiniumhüdroksiidi reageerimisel soolhappega? (66,75 g)
9. Mitu grammi alumiiniumhüdroksiidi tekib 168 g kaaliumhüdroksiidi reageerimisel alumiiniumsulfaadiga?
10. 2,3 g naatriumi pandi reageerima 20 g veega. Mitu grammi vesinikku eraldus? (0,1 g)
11. 200 g 6,8%-list tsinkkloriidi lahust reageeris 50 g 16%-lise naatriumhüdroksiidi lahusega. Mitu grammi tekkis sademena eralduvat ainet? (9,94 g)

§ 2. PERIOODILISUSSEADUSE AVASTAMINE D. MENDELEJEVI POOLT.

- ▶ *Aatommass — elemendi põhiomadus*
- ▶ *Elementide valentsi sõltuvus aatommassist*
- ▶ *Perioodilisusseadus*

1868. a. sai D. Mendelejev Peterburi ülikooli keemia professoriks ning hakkas pidama loenguid. Kuna tol ajal puudus keemiliste elementide kindel süsteem, otsis ta teid selle loomiseks. D. Mendelejev uuris põhjalikult kõikide tol ajal tuntud elementide (arvult 63) omadusi, nende sarnasusi ja erinevusi. Töö hõlbusta-

miseks kirjutatakse iga elemendi kohta kaardikese, kuhu märkis elemendi sümboli, aatommassi, valentsi ja omadused. Elementide omaduste võrdlemisel jõudis Mendelejev järeldusele, et elemendi tähtsaimaks omaduseks on tema aatommass. Valentsi ei saa elemendi põhiomaduseks pidada, sest see on muutuv. Näiteks väävel on vääveldioksiidis (SO_2) neljavalentne, vääveltrioksiidis (SO_3) aga kuuevalentne.* Aatommass on aga kindel ning mõõdetav suurus.

D. Mendelejev uuris elementide aatommasside muutumist sarnaste elementide rühmades ja sidet nende rühmade vahel. Ta paigutas elementide rühmad (leelismetallid, halogeenid jt.) üksteise kõrvale nii, et elemendid sattusid ühte ritta aatommasside tõusu järjekorras. Seega on D. Mendelejevi tabeli ridadesse elemendid asetatud aatommasside suurenemise järjekorras, kusjuures sarnased elemendid on üksteise all.

Et jõuda selgusele, kas elementide valents ja teised omadused sõltuvad elementide aatommassist, vaatleme D. Mendelejevi perioodilisuse süsteemi ühte osa:

(Elemendi aatommass on ümardatud täisarvuni ja kirjutatud elemendi sümboli ette.)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
23Na	24Mg	27Al	28Si	30P	32S	35Cl	39Ar
I	II						
39K	40Ca	jne.					

Elmises paragrahvis õppisime, et elemendid naatrium ja kaalium on sarnaste omadustega: mõlemad on hõbevalged metallid, ühendites ühevalentsed, oksiidi valemid vastavalt Na_2O ja K_2O , mõlemad metallid reageerivad veega, moodustades leelisi, vastavalt NaOH ja KOH . Ka magneesium ja kaltsium on mõlemad hõbevalged metallid, mis reageerivad ühteviisi hapniku, vee ja hapestega [oksiidi valemid: MgO , CaO ; hüdroksiidi valemid: $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$]. Sellest järeldub, et kui paigutada elemendid ritta aatommasside suurenemise järjekorras, siis kindlate vahemike järel, s. t. perioodiliselt hakkavad elementide omadused (valents, hapnikuühendite aluseline või happeline iseloom jms.) korduma. Seega oli elementide omaduste sõltuvus aatommassist avastatud. 1869. a. avaldas D. Mendelejev perioodilisusseaduse: elementide omadused on perioodilises sõltuvuses nende aatommassi suuruselt.

* Elemendi suurimat valentsi ühendis hapnikuga nimetatakse tema kõrgeimaks valentsiks hapniku suhtes.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Mida nimetatakse elemendi kõrgeimaks valentsiks hapniku suhtes? Tuua näiteid!
2. Missugune on järgmiste elementide kõrgeim valents hapniku suhtes: K, Ca, Al, C, P, S, Cl?
3. Mitu protsenti hapnikku on oksiidis, milles fosfor esineb kõrgeima valentsiga?
4. Arvutada väävli protsendiline sisaldus happes, mis vastab oksiidile, kus väävel esineb kõrgeima valentsiga. (32,7%)
5. Mitu grammi sademena eralduvat ainet tekib 0,2 mooli alumiiniumkloriidi reageerimisel naatriumhüdroksiidiga?
6. Arvutada raud(III)hüdroksiidi kogus, mis tekib raud(III)-sulfaadi lahuse kokkuvalamisel lahusega, mis sisaldas 2 mooli kaaliumhüdroksiidi? (71,3 g)
7. Mitu g-aatomit rauda ja süsinikku sisaldub 500 g malmis, kui selles on 96% rauda ja 4% süsinikku?
8. 3,9 g kaaliumi reageeris 50 g veega. Mitu liitrit eraldus vesinikku, kui 1 l vesinikku kaalub 0,09 g? (1,12 l)

§ 3. D. MENDELEJEVI KEEMILISTE ELEMENTIDE PERIOODILISUSE SÜSTEEM.

1. PERIOODID JA READ.

- ▶ Elemendi järjenumber
- ▶ Perioodi mõiste
- ▶ Suured ja väikesed perioodid
- ▶ Elementide omaduste muutumine perioodis
- ▶ Elementide valentsi muutumine väikestes ja suurtes perioodides
- ▶ Rea mõiste

Järj e n u m b e r.

Perioodilisusseaduse alusel koostas D. Mendelejev keemiliste elementide tabeli — elementide perioodilisuse süsteemi. Selles on iga elemendi jaoks ette nähtud kindel koht. Vastavasse lahtrisse on märgitud elemendi sümbol, aatommass ja

järjenumber. Viimane näitab elementide järjestust perioodilisuse süsteemis.

Järjenumber	Aatommass	
13	26,9815	Al
		Alumiinium

Perioodid.

Perioodiks nimetatakse aatommassi tõusu järjekorras paigutatud elementide rida, mis algab leelismetalliga ja lõpeb väärisgaasiga.

Perioodid on esitatud tabelis joonisel 19.

Perioodilisuse süsteem koosneb seitsmest perioodist, mille kolme esimest (I, II ja III perioodi) nimetatakse väikesteks ja nelja järgnevat (IV, V, VI ja VII perioodi) suurteks perioodideks.

Elementide arvu perioodides näitab järgmine tabel:

Tabel 9.

Perioodi nimetus	Elementide arv perioodis	Periood	
		algab	lõpeb
I periood	2	H	He
II periood	8	Li	Ne
III periood	8	Na	Ar
IV periood	18	K	Kr
V periood	18	Rb	Xe
VI periood	32	Cs	Rn
VII periood	32*	Fr	—

* praegu tuntakse neist 18.

I periood	Väike periood	1 H																2 He	
II periood	Väike periood	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F										10 Ne	
III periood	Väike periood	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl										18 Ar	
IV periood	Suur periood	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
V periood	Suur periood	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
VI periood	Suur periood	55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
VII periood	Lõpetamata periood	87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U												

Joonis 19. Väikesed ja suured perioodid.

Seitsmendat perioodi nimetatakse lõpetamata perioodiks, sest seda täiendatakse veel uute, kunstlikult saadavate elementidega.

Kui jälgida elementide metallilisi ja mittemetallilisi omadusi, siis näeme, et perioodides aatommassi suurenemise suunas (vasakult paremale) metallilised omadused vähenevad. Näiteks III perioodi puhul: naatrium on väga aktiivne metall (leelismetall), magneesium on vähem aktiivne, alumiinium võib ühendis esineda amfoteerse elemendina. Alates ränist (Si) on ülejäänud III perioodi elemendid kõik mittemetallid.

Vaatame, kuidas muutuvad perioodis elementide, nende oksiidide ning oksiidide ja vee reageerimissaaduste omadused.

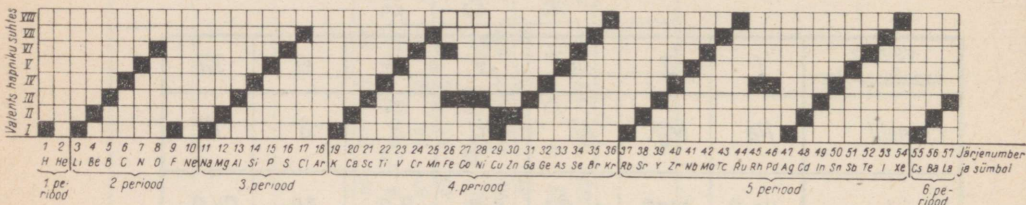
Valents hapniku suhtes	I	II	III	IV	V	VI	VII
Element	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
Oksiid	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_7
Oksiidile vastava aluse või happe valem	$NaOH$	$Mg(OH)_2$	$Al(OH)_3$	H_2SiO_3	H_3PO_4	H_2SO_4	$HClO_4$
Happeliste omaduste tugevnemine							
Aluseliste omaduste tugevnemine							

Joonis 20. Elementide ja nende ühendite omaduste muutumine perioodis.

Tabelist järeldub, et perioodis — vasakult paremale — kasvab elementide valents ja tugevnevad oksiidide ja vee reageerimissaaduste happelised omadused: naatriumoksiidi ja magneesiumoksiidi reageerimisel veega moodustuvad hüdroksiidid, alumiiniumoksiid ja -hüdroksiid on amfoteersed, ülejäänud elementide, mittemetallide oksiidid on happelise iseloomuga.

Read. Jälgime, kuidas muutub elementide valents perioodides. Selleks koostame graafiku, mille x -teljele on märgitud ele-

mendi järjenumbrid koos elemendi sümboliga ja y -teljele — elemendi kõrgeim valents hapniku suhtes. Esimese 56 elemendi kohta on vastavad andmed esitatud joonisel. Sellest järeldub, et väikes-tes perioodides elemendi järjenumbri kasvuga suureneb üldreeglina ka valents (hapniku suhtes). Suurte perioodide algul valents kasvab kuni kaheksani, perioodi keskel ta langeb järsku üheni ja hakkab siis taas suurenema, seetõttu on tabelis suured perioodid jaotatud kaheks reaks, milles elementide valents kasvab vasakult paremale. Kokku on tabelis 10 rida (iga väike periood hõlmab ühe rea, iga suur — kaks rida).



Joonis 21. Valentsi muutumine perioodides.

2. RÜHMAD JA ALARÜHMAD.

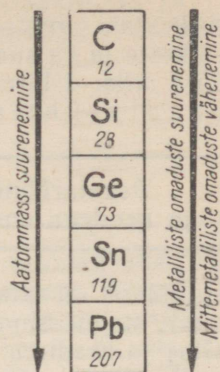
- ▶ Rühma mõiste ja seos elementide valentsiga
- ▶ Elementide omaduste muutumine rühmas
- ▶ Pea- ja kõrvalalarihmad
- ▶ Järjenumbr

Rühmad.

Elementid, mis ühesuguse valentsi alusel paiknevad üksteise all, moodustavad D. Mendelejevi perioodilisuse süsteemis rühma. Tabelis on kokku 8 rühma, mida nagu perioodegi tähistatakse rooma numbritega I, II, III... VIII.

Ühte rühma kuuluvatel elementidel on teatud sarnased omadused. Neil on näiteks ühesugune kõrgeim valents hapniku suhtes, millest tingituna on sarnased ka nende oksiidide valemid. Samuti on võrdne sama rühma elementide valents vesinikuühendites (I, II, III ja VIII rühma elementide vesinikuühendid ei ole tüüpilised).

Joonis 22. Elementide omaduste muutumine rühmas.



Tabel 11.

Rühm	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Valents hapniku suhtes	1	2	3	4	5	6	7	8
Oksiidi tüüpvalem	R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO_4
Valents vesiniku suhtes				4	3	2	1	
Vesinikuühendi tüüpvalem				RH_4	RH_3	RH_2	RH	

Tabelist järeldub, et rühma number näitab elemendi kõrgeimat valentsi hapniku suhtes.

Kui jälgida elementide metallilisi ja mittermetallilisi omadusi rühmas, siis näeme, et aatommassi suurenemise suunas (rühmas ülalt alla) suurenevad elementide metallilised omadused (joonis 22). IV rühma esimene element süsinik on mittermetall, plii aga on metall).

Ala rühmad. Kui jälgime D. Mendelejevi perioodilisuse süsteemi, siis näeme, et elementide sümbolid ei ole asetatud laht-

ri keskele, vaid on nihutatud kas vasakule või paremale nii, et väikeste ja ka suurte perioodide sarnased elemendid satuksid üksteise alla. Üldreeglina jaguneb iga rühm kaheks alarühmaks: peaarühmaks ja kõrvalalarühmaks.

Peaarühma moodustavad väikeste perioodide elemendid ja nendega enam sarnased elemendid suurtest perioodidest.

II rühma peaarühma kuuluvad näiteks elemendid berüllium (Be), magneesium (Mg), kaltsium (Ca), strontsium (Sr), baarium (Ba) ja raadium (Ra). Teised antud rühma elemendid moodustavad kõrvalalarühma. II rühma kõrvalalarühma kuuluvad seega: tsink (Zn), kaadmium (Cd) ja elavhõbe (Hg).

Alarühma nimetatakse vastava rühma kõige esimese elemendi järgi, näiteks hapniku alarühm (siia kuuluvad elemendid: O, S, Se, Te, Po), tsingi alarühm (siia kuuluvad elemendid: Zn, Cd, Hg) jne.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Nimetada elemendid, mis paiknevad a) kolmandas perioodis, b) viiendas perioodis.
2. Mille poolest sarnanevad perioodid üksteisega ja mille poolest nad erinevad?
3. Nimetada elemendid, millega algavad ja millega lõpevad perioodid.
4. Kumb element on metallilisem — tina või antimon? Miks?
5. Kumb element on mittemetallilisem — seleen (Se) või broom? Miks?
6. Mitu mooli naatriumkloriidi tuleb lahustada vees 2 kg 10% -lise lahuse saamiseks? (*3,42 mooli*)
7. 120 g vees lahustati 12,5 g naatriumkarbonaati. Mitme protsendiline lahus saadi? (*9,43%*)
8. Mitu grammi berülliumnitraati tekib 3 mooli berülliumhüdrosiidi neutraliseerimisel vajaliku hulga lämmastikhappega?
9. Nimetada element perioodilisuse süsteemi IV perioodist, mille metallilised omadused on tugevamad kui skandiumil, kuid nõrgemad kui kaaliu mil. Mitu grammi vesinikku eraldub, kui 10 g seda metalli reageerib veega? (*0,5 g*)

§ 4. KEEMILISTE ELEMENTIDE PERIOODILISUSSEADUS JA PERIOODILISUSE SUSTEEM AATOMI EHITUSE VALGUSEL.

1. AATOMI EHITUS.

- ▶ Aatomi koostisosad ja nende tähistamine
- ▶ Aatommass ja massiarv

Kaasaegsete seisukohtade järgi koosnevad aatomid positiivse laenguga tuumast ja selle ümber tohutu kiirusega liikuvatest elektronidest. Aatomil tervikuna ei ole laengut — ta on neutraalne (laeng on null). Kuna elektroni laeng on negatiivne (-1), siis peab aatomi neutraalsuse saavutamiseks kõikide elektronide laeng tasakaalustama aatomi tuuma positiivse laengu. Elektroni tähistähe kasutatakse e ehk e^- .

Aatomi tuumale annavad laengu positiivselt laetud osakesed — prootonid. Prootoni laeng on elektroni laenguga võrdne, kuid vastupidise märgiga ($+1$). Seega on elektroni ja prootoni laengud absoluutväärtuselt ühesuursed. Massilt on aga prooton elektronist umbes 1840 korda raskem. Ka prootoni tihedus on väga suur. Prootonit tähistatakse tähega p ning tema massi loetakse 1 ja laengut $+1$. Seda märgitakse: 1p ehk 1H , sest vesiniku aatomi tuum kujutab endast prootonit.

Aatomi tuum ei sisalda ainult prootoneid, vaid ka laenguta osakesi — neutroneid. Neutroni ja prootoni massid erinevad teineteisest väga vähe, kuid neutronil puudub laeng. Neutronit tähistatakse tähega n , tema massi arvuga 1 ja laengut -0 (tähis 1n).

Aatomi põhilisteks koostisosadeks on elektronid, prootonid ja neutronid, kusjuures kaks viimast elementaarosakeste liiki (prootonid ja neutronid) on ainult aatomituumades. Elektronide arv aatomis võrdub prootonite arvuga aatomi tuumas.

Prootonite, neutronite ja elektronide masside summa moodustab elemendi aatommassi. Neutronite hulga leidmiseks tuleb aatommassi suurusest lahutada prootonite ja elektronide mass. Et elektroni mass moodustab umbes $\frac{1}{1840}$ prootoni või neutroni massist, siis võib lugeda elektronide massi aatomis tühiselt väikseks ja seda mitte arvestada. Sellest lähtudes piisab, kui lahutame neutronite hulga leidmisel aatommassist prootonite massi.

Elemendi aatommass $\approx$ prootonite mass + neutronite mass.

Kuna aatomile annavad massi peamiselt prootonid ja neutronid, nimetatakse prootonite ja neutronite koguarvu massiarvuks. Viimane on ligikaudu võrdne aatommassiga. Teooria aatomituumade koosnemise kohta prootonitest ja neutronitest väljendas esmakordselt nõukogude teadlane D. Ivanenko.

2. ELEMENDI JÄRJENUMBRI TÄHENDUS.

► *Prootonite, neutronite ja elektronide arvu määramine aatomis*

Avastused aatomi ehituse alal rikastasid ja süvendasid veelgi D. Mendelejevi perioodilisusseaduse ja perioodilisuse süsteemi sisu.

Inglise teadlane H. Moseley (loe: *mozli*) avastas, et elementide järjenumbrid D. Mendelejevi elementide perioodilisuse süsteemis ei registreeri lihtsalt elementide asetust, vaid nad väljendavad ka elemendi aatomituumade laengu suurust. Seega võib perioodilisuse süsteemi kasutades öelda mistahes keemilise elemendi tuumalaengu suuruse (prootonite arvu tuumas). Hapniku järjenumbr on 8, seega on tema aatomi tuuma laeng $+8$ ja aatomi tuum sisaldab 8 prootonit. Alumiiniumi järjenumbr on 13, tema tuumalaeng on $+13$ ja aatomi tuum sisaldab 13 prootonit.

Et elektronide ja prootonite arv aatomis on võrdne, siis näitab järjenumbr ka elektronide arvu aatomis. Järelikult on hapniku aatomis 8 elektroni ja alumiiniumi aatomis 13 elektroni.

Arvestades Moseley avastust, võib perioodilisusseadust sõnastada järgmiselt.

Elementide ja nende ühendite omadused on perioodilises sõltuvuses aatomituumade laengu suuruselt.

Kirjeldame nüüd naatriumi aatomi ehitust. Naatriumi järjenumbr perioodilisuse süsteemis on 11, selle järgi võime öelda, et tema aatomi tuumas on 11 prootonit ja elektronkattes on 11 elektroni. Et naatriumi üheteistkümne elektroni mass on väga tühine

($11 \cdot \frac{1}{1840} \approx 0,006$ massiühikut), jätame selle neutronite arvu leidmisel arvestamata. Leiame nüüd neutronite massi. Selleks lahutame aatommassist prootonite massi: $23 - 11 \cdot 1 = 12$. Kuna üksiku neutroni mass on 1, siis on naatriumi aatomi tuumas järelilikult 12 neutronit. Seega: neutronite arvu määramiseks tuleb täisarvuni ümardatud elemendi aatommassist lahutada prootonite arv (s. o. elemendi järjenumber).

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Kasutades Mendelejevi perioodilisuse süsteemi, määrata, mitu prootonit, neutroni ja elektroni on järgmiste elementide aatomis: vesinik, süsinik, lämmastik, kaalium, väävel, elavhõbe, plii.
2. Mitu grammi 15%-list väävelhapet kulub lahuse neutraliseerimiseks, mis sisaldab 0,5 mooli kaaliumhüdrokksiidi?
3. Mitu grammi naatriumsulfaati kulub 104 g baariumkloriidiga reageerimiseks? (71 g)
4. 80 g 25%-list väävelhapet segati 6 g 92%-lise väävelhappega. Arvutada tekkinud uue lahuse protsendiline kontsentratsioon. (29,67%)
5. 200 g 7,8%-list vask(II)sulfaadi lahust segati lahusega, mis sisaldas 0,02 mooli naatriumhüdrokksiidi. Mitu grammi ainet ja millist eraldub sademena? (9,76 g)

3. AATOMI ELEKTRONKATTE EHTUS.

- ▶ *Elektronkate ja elektronikihid*
- ▶ *Elektronikihtide tähistamine ja elektronide arvu leidmine kihtidel*
- ▶ *Elektronikihtide arvu leidmine*
- ▶ *Elektronide arvu leidmine aatomi väliskihis*
- ▶ *Aatomi elektronilise skeemi koostamine*

Keemilise elemendi aatomi tuuma ümber liikuvad elektronid moodustavad elektronkatte. Kuna aatom on elektroneutraalne, siis võrdub prootonite arv aatomi tuumas elektronide

I period	1 H-1 $\begin{array}{c} (+1) \\ \backslash \\ 1 \end{array}$							2 He-4 $\begin{array}{c} (+2) \\ \backslash \\ 2 \end{array}$
II period	3 Li-7 $\begin{array}{c} (+3) \\ \backslash \backslash \\ 2 \ 1 \end{array}$	4 Be-9 $\begin{array}{c} (+4) \\ \backslash \backslash \\ 2 \ 2 \end{array}$	5 B-11 $\begin{array}{c} (+5) \\ \backslash \backslash \\ 2 \ 3 \end{array}$	6 C-12 $\begin{array}{c} (+6) \\ \backslash \backslash \\ 2 \ 4 \end{array}$	7 N-14 $\begin{array}{c} (+7) \\ \backslash \backslash \\ 2 \ 5 \end{array}$	8 O-16 $\begin{array}{c} (+8) \\ \backslash \backslash \\ 2 \ 6 \end{array}$	9 F-19 $\begin{array}{c} (+9) \\ \backslash \backslash \\ 2 \ 7 \end{array}$	10 Ne-20 $\begin{array}{c} (+10) \\ \backslash \backslash \\ 2 \ 8 \end{array}$
III period	11 Na-23 $\begin{array}{c} (+11) \\ \backslash \backslash \backslash \\ 2 \ 8 \ 1 \end{array}$	12 Mg-24 $\begin{array}{c} (+12) \\ \backslash \backslash \backslash \\ 2 \ 8 \ 2 \end{array}$	13 Al-27 $\begin{array}{c} (+13) \\ \backslash \backslash \backslash \\ 2 \ 8 \ 3 \end{array}$	14 Si-28 $\begin{array}{c} (+14) \\ \backslash \backslash \backslash \\ 2 \ 8 \ 4 \end{array}$	15 P-31 $\begin{array}{c} (+15) \\ \backslash \backslash \backslash \\ 2 \ 8 \ 5 \end{array}$	16 S-32 $\begin{array}{c} (+16) \\ \backslash \backslash \backslash \\ 2 \ 8 \ 6 \end{array}$	17 Cl-35 $\begin{array}{c} (+17) \\ \backslash \backslash \backslash \\ 2 \ 8 \ 7 \end{array}$	18 Ar-40 $\begin{array}{c} (+18) \\ \backslash \backslash \backslash \\ 2 \ 8 \ 8 \end{array}$
IV period	19 K-39 $\begin{array}{c} (+19) \\ \backslash \backslash \backslash \backslash \\ 2 \ 8 \ 8 \ 1 \end{array}$	20 Ca-40 $\begin{array}{c} (+20) \\ \backslash \backslash \backslash \backslash \\ 2 \ 8 \ 8 \ 2 \end{array}$						

Joonis 23. Seos perioodilisuse ja aatomi ehituse vahel.

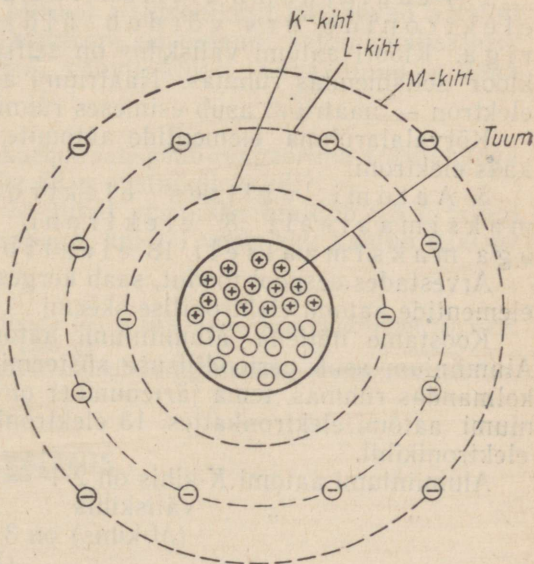
arvuga elektronkattes. Väävli järjenumber perioodilisuse süsteemis on 16, seega tema tuuma laeng on $+16$. Väävli aatomi tuum sisaldab 16 prootonit ja aatomi elektronkattes on 16 elektroni.

Elektronid paiknevad aatomi elektronkattes kihiti. Neid kihte tähistatakse tuuma poolt lugedes järgmiselt: esimest kihti — tähega *K*, teist kihti — tähega *L*, kolmandat — *M*, neljandat — *N*, viiendat — *O* jne. Elektronide maksimaalset võimalikku arvu eri kihtidel saab leida valemi $2n^2$ abil, milles n on kihi number. Seega võib olla:

esimesel,	<i>K</i> -kihil	—	$2 \cdot 1^2 = 2$	elektroni
teisel,	<i>L</i> -kihil	—	$2 \cdot 2^2 = 8$	elektroni
kolmandal,	<i>M</i> -kihil	—	$2 \cdot 3^2 = 18$	elektroni
neljandal,	<i>N</i> -kihil	—	$2 \cdot 4^2 = 32$	elektroni

Järgnevalt tutvume D. Mendelejevi perioodilisuse süsteemi esimestes perioodides paiknevate aatomite ehitusega (joonis 23).

Tabelist nähtub, et perioodis (või reas) lisandub iga järgneva elemendi aatomi väliskihile üks elektron. Seejuures kasvab elektronide arv väliskihis ühest kuni kaheksani (oktetini). Omadustelt



Joonis 24. Räni aatomi ehituse skeem.

⊕ — Prooton
 ○ — Neutron
 ⊖ — Elektron
 ⊖ — Väliskihi elektronid

on sarnased liitium (Li) ja naatrium (Na) — mõlemal on väliselektronikihis üks elektron. Omavahel on sarnased ka süsinik (C) ja räni (Si) — kummalgi on väliskihis neli elektroni; halogeenidel fluooril ja klooril on aatomi välises elektronikihis seitse elektroni.

Kui jälgida tabelis teise ja kolmanda perioodi elementide aatomite ehitust, siis näeme, et iga üheksanda elemendi aatomi välises elektronikihis on ühepalju elektrone. Näiteks liitiumil ja naatriumil — üks elektron, berülliumil ja magneesiumil — kaks elektroni, booril ja alumiiniumil — kolm elektroni jne. Sellest järeldub, et keemiliste elementide omaduste perioodilise muutumise aluseks on välise elektronikihhi elektronide arvu perioodiline kordumine. Tundes aatomi ehituse teooriat ja kasutades elementide perioodilisuse süsteemi, saame teha järgmised järeldused.

1. Perioodi number näitab elektronikihide arvu aatomi elektronkattes. Teades, et hapnik on teises perioodis, võime öelda, et hapniku aatomi elektronid paiknevad kahes kihis. Kloori aatomi elektronkattes on kolm kihti — ta peab asetsema kolmandas perioodis.

2. Peaalarühma elementide aatomite väliskihhi elektronide arv võrdub üldjuhul rühma numbriga. Kloori aatomi väliskihis on seitse elektroni, seepärast on kloor seitsmendas rühmas. Naatriumi aatomi väliskihis on üks elektron — naatrium asub esimeses rühmas.

Kõrvalalarühma elementide aatomite väliskihis on tavaliselt kaks elektroni.

3. Aatomi välises elektronikihis võib olla maksimaalselt 8 elektroni, eelviimases kihis aga maksimaalselt 18 elektroni.

Arvestades eespool toodut, saab kergesti koostada peaalarühma elementide aatomi elektronilise skeemi.

Koostame näitena alumiiniumi aatomi elektronilise skeemi. Alumiinium asub perioodilisuse süsteemi kolmandas perioodis ja kolmandas rühmas, tema järjenumber on 13. Järelikult on alumiiniumi aatomi elektronkattes 13 elektroni, mis paiknevad kolmel elektronikihil.

Alumiiniumi aatomi K -kihis on $2 \cdot 1^2 = 2$ elektroni

” ” ” väliskihis
(M -kihis) on 3 elektroni
(III rühm)

järelikult on eelviimases elektronikihis

$13 - (2 + 3) = 8$ elektroni.

Alumiiniumi aatomi elektronilises skeemis eraldame püstjoone abil tuumalaengu elektronikihtidest ja märgime viimaseid kaartena:

Al: +13 | 2) 8) 3)

Analoogiliselt võime koostada broomi aatomi elektronilise skeemi:

Br: +35 | 2) 8) 18) 7)

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Kaltsiumi aatomi tuum sisaldab 20 prootonit, ümber tuuma aga liigub 20 elektroni. Milline on kaltsiumi aatomi laeng? Miks?
2. Millega seletada sarnasust kaaliumi ja naatriumi keemilistes omadustes?
3. Lähtudes arseeni asukohast perioodilisuse süsteemis, vastata küsimustele: a) Mitu elektroni on arseeni aatomis? b) Mitu elektroni on arseeni aatomi väliskihis? c) Mitu neutronit on arseeni aatomi tuumas?
4. Lähtudes astaaadi asukohast perioodilisuse süsteemis, vastata küsimustele: a) Mitu prootonit ja neutronit on astaaadi aatomi tuumas? b) Mitmel elektronikihil paiknevad astaaadi elektronid? c) Mitu elektroni on astaaadi aatomi väliskihis?
5. Mitu elektroni on räni, väävli, kloori, vanaadiumi ja raua aatomite väliskihis?
6. Mitu mooli kaltsiumkarbonaati peab reageerima soolhappega (ülehulgas), et tekiks 88 g süsinikdioksiidi?
7. Mitu a) grammi ja b) liitrit vesinikku eraldub 6,5 g tsingi reageerimisel soolhappega, kui 1 l vesinikku kaalub 0,09 g? (0,2 g ja 2,24 l)
8. Mitu grammi vett tuleb lisada 100 g 30%-lisele naatriumkloriidi lahusele, et saada 12%-list lahust? (150 g)
9. Mitu grammi süsinikdioksiidi eraldub 10 kg kivisöe põlemisel, kui kivisüsi sisaldab 94% süsinikku?

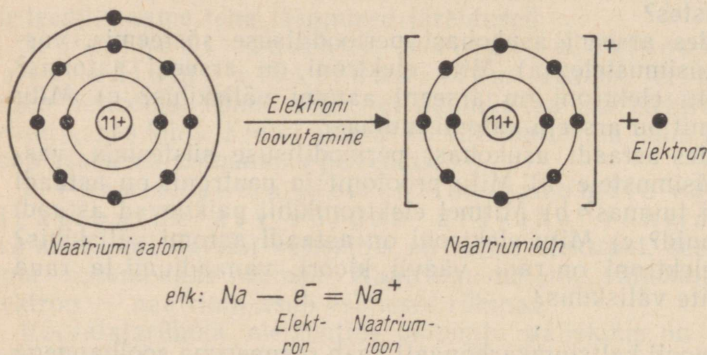
§ 5. KEEMILINE SIDE. VALENTS.

1. IOONILINE SIDE.

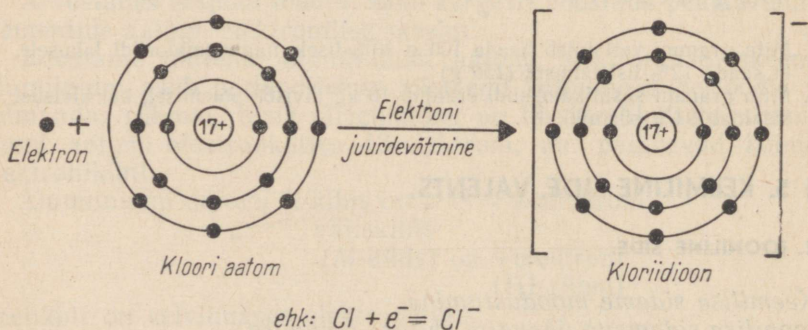
- ▶ Keemilise sideme moodustumine
- ▶ Ioonilise sidemega ühendite ehituse omapära
- ▶ Ioonivõre

Keemilises ühendis seob ühe elemendi aatom teatud arvu teise elemendi aatomeid. Aatomi ehituse tundmine lubab mõista ka seda, milline aatomi struktuur võimaldab ja milline ei võimalda ühtede aatomite ühinemist teiste aatomitega. Keemiliste reaktsioonide puhul toimuvad aatomite välises elektronikihis muutused. On tähele pandud, et seejuures püüavad aatomid saavutada sellist olukorda, kus nende välises elektronikihis oleks kaheksa elektroni (nn. oktet). Tutvume selle protsessiga lähemalt.

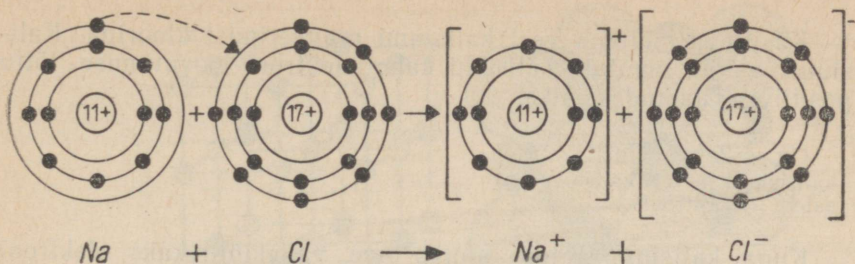
Naatriumi ja kloori aatomite lähenemisel teineteisele tõmmatakse naatriumi aatomi välises elektronikihis asuv ainus ja oma



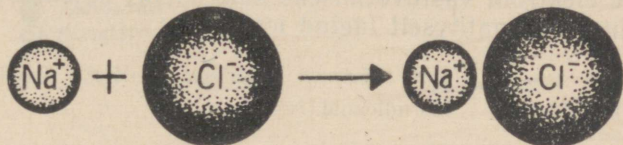
Joonis 25. Iooni moodustumine elektroni loovutamise teel.



Joonis 26. Iooni moodustumine elektroni juurdevõtmise teel.



Elektrostaatiline külgetõmme:



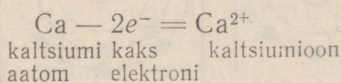
Joonis 27. Naatriumi reageerimine klooriga.

kauguse tõttu tuumast viimasega kõige nõrgemini seotud elektron kloori aatomi välisesse elektronikihti. Jälgime skeemidelt joonistel 25 ja 26, millised muudatused toimuvad seejuures reageerivate ainete aatomite välises elektronikihis. Naatriumi aatomis pärast välise elektronikihi (*M*-kihi) ainsa elektroni äraandmist muutub väliseks elektronikihtiks *L*-kiht, milles on 8 elektroni (joonis 25). Kloori aatom liidab aga välisele elektronikihile (kus varem oli 7 elektroni) ühe elektroni (naatriumi aatomi väliselektronikihist), mistõttu ka tema väliselektronikiht koosneb nüüd kaheksast elektronist (joonis 26). Nii omandavad mõlemad aatomid kaheksa-elektronilise väliskihi, kaotavad aga seejuures oma elektrilise neutraalsuse, sest neis ei ole enam võrdsel hulgal prootoneid ja elektrone. Et elektrilise laengu omandanud aatomeid nimetatakse ioonideks*, tekivad antud juhul naatriumioonid ja kloriidioonid.

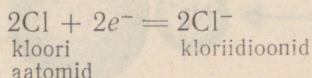
Erinimeliste laengutega ioonid tõmbuvad ja hoiduvad koos elektrostaatiliselt külgetõmbejõu tõttu. Kuna naatriumioonidel ja kloriidioonidel on võrdsed, kuid vastasnimelised laengud (+1 ja -1), seob üks naatriumioon vaid ühte kloriidiooni ja vastupidi (joonis 27).

* Ioon moodustub neutraalsest aatomist ühe või mitme elektroni liitumisel või loovutamisel.

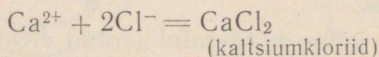
Käsitleme näitena veel kaltsiumi reageerimist klooriga. Kaltsiumi aatom muutub väliskihi kahe elektroni loovutamise tõttu positiivselt laetud iooniks:



Kuna kaltsiumi aatom annab oma väliskihilt kaks elektroni ära, kloori aatom saab aga vastu võtta ainult ühe elektroni, kulub kahe elektroni vastuvõtmiseks kaks kloori aatomit, mis muutuvad seejuures negatiivselt laetud ioonideks:



Kaltsiumiooni laeng on aga suurem (+2) ja tema seob kahte kloriidiooni:

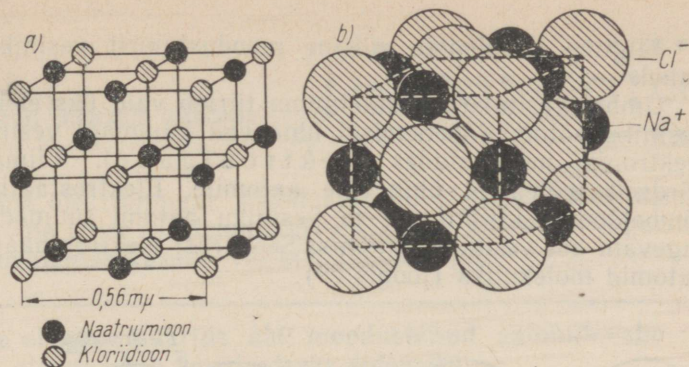


Ioonide vahel tekkinud sidet nimetatakse iooniliseks sidemeks.

See sidemetüüp moodustub aktiivsete metallide (näiteks leelismetallide) ning mittemetallide (näiteks halogeenide) vahel. Iooniline side esineb sellistes ainetes, nagu NaCl, KCl, NaBr, CaCl₂.

Ioonilise sidemega ained ei koosne molekulidest, vaid erinimeliselt laetud ioonidest. Tahkes olekus moodustavad ioonilise sidemega ühendid kristalle. Näiteks naatriumkloriidi puhul on (joonis 28) ruumis korrapäraselt paigutatud naatrium- ja kloriidioonid. Viimased moodustavad naatriumkloriidi kristallivõre.

Naatriumkloriidi kristallivõre võresõlmedes asuvad järjestikku ioonid — naatrium- ja kloriidioonid, seepärast nimetatakse seda võretüüpi ioonivõreks. Kristalli sees on iga naatriumioon ümbritsetud kuue kloriidiooniga (joonis 28), mistõttu ei saa rääkida NaCl-molekulist, sest terve kristall kujutab endast tinglikult suurt molekuli. Kuna kristallivõres on naatrium- ja kloriidioonide arv võrdne, siis kirjutatakse naatriumkloriidi valemiks NaCl.



Joonis 28. Naatriumkloriidi ioonivõre.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Millega võib seletada väärisgaaside suurt keemilist püsivust?
2. Tuua näiteid ioonilise sidemega ainete kohta.
3. Kummas aines on rohkem molekule, kas ühes grammis hapnikus või ühes grammis lämmastikus?
4. Mitu aatomit on 10 grammis kaltsiumis? ($15 \cdot 10^{22}$ aatomit)
5. Mitu grammi 4%-list naatriumhüdroksiidi lahust kulub 200 g 8,1%-lise raud(III)kloriidi lahusega reageerimiseks? (300 g)
6. Mitu grammi vesinikku tekib sulami reageerimisel veega, kui sulam sisaldab 54,12% naatriumi ja 45,88% kaaliumi?

2. KOVALENTNE SIDE.

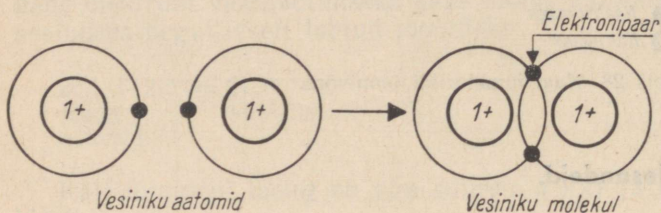
- Kovalentse sideme moodustumine
 ► Aatomivõre

Iooniline side võib esineda vaid keemilistelt omadustelt tunduvalt erinevate elementide aatomite vahel. Uhe ja sama elemendi aatomite või üksteisest vähe erinevate elementide aatomite puhul esineb kovalentne* side.

* eesliide ko- tuleneb ladina keelest ja tähendab ühes-, koos-.

Jälgime kovalentse sideme moodustumist vesiniku aatomite vahel.

Ümber vesiniku aatomi tuuma tiirleb vaid üks elektron. Kahe vesiniku aatomi lähenemisel ühinevad kummagi vesiniku aatomi elektronid, moodustades elektronipaari. Viimane kuulub võrdselt mõlemale ühinevale aatomile. Elektrostaatiline külgetõmbejõud elektronipaari ja vesiniku aatomi tuumade vahel on tugevam kui vesiniku aatomis. Seepärast elektronipaar seob need aatomid molekuliks (joonis 29).



Joonis 29. Vesiniku molekuli tekkimise skeem.

Elektronipaari abil tekkinud molekuli tähistatakse järgmiselt:

H : H
vesiniku
molekul

ehk

H — H
üks kriips struktuurivalemis
näitab ühe elektronipaari ole-
masolu

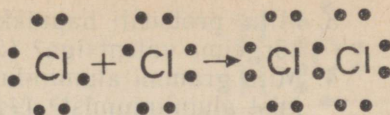
Aatomituumade tähistab sellises skeemis elemendi sümbol. Nii-
sugune tähistus ei tähenda muidugi seda, nagu asuks elektroni-
paar kahe aatomi vahel, vaid mõlemad aatomid valdavad seda ühe-
suguselt.

Teiste elementide puhul, mille aatomitel on rohkem elektrone,
märgitakse punktidenähtena välja vaid väliskihi elektronid. Näitena
vaatleme skeemi kloori aatomite ühinemise kohta (joonis 30).

Kahe kloori aatomi väliskihi paarideks ühinemata elektronid
moodustavad elektronipaari, mis seobki lähenevad aatomid mole-
kuliks. Kloori molekuli struktuurivalem on seega Cl—Cl.

Nagu skeemist nähtub, saavutab kumbki kloori aatom seejuures
püsiva kaheksaelektronilise väliskihi. Neist kaheksast elektronist
kuuluvad ainult kuus kummalegi kloori aatomile, kaks on neil aga
ühised.

Joonis 30. Kloori molekuli tekkimise skeem.



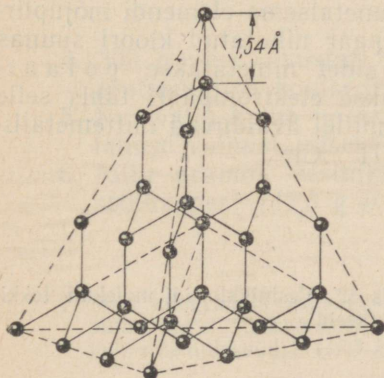
Üks ühine elektronipaar moodustab kovalentse üksiksideme. Kahe või kolme ühise elektronipaari esinemise korral on tegemist vastavalt kovalentse kaksik- või kolmiksidemega.

Ühiste elektronipaaride abil moodustunud aatomitevahelist sidet nimetatakse kovalentseks sidemeks.

Eespool käsitletud näidete (H_2 , Cl_2) puhul oli meil tegemist gaasiliste ainetega. Kovalentne side võib esineda aga ka tahketes kristallainetes. Vaatleme näiteks teemandi kristallivõret (joonis 31), mille igas võresõlmes asuvad süsiniku aatomid. Kõik süsiniku aatomid asuvad kristallis üksteisest võrdsetel kaugustel, kusjuures iga süsiniku aatom on seotud nelja teise süsiniku aatomiga. Teemandi kristallivõret nimetatakse aatomivõreks, sest võresõlmedes paiknevad aatomid.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Selgitada kovalentse sideme tekkimist hapniku molekulis.
2. Milline hape ja alus peavad reageerima, et moodustuksid järgmised soolad: a) NaBr , b) Na_2S , c) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, d) CaSO_4 ?



Joonis 31. Teemandi kristallivõre.

3. Mitu protsenti hapnikku on oksiidis, milles fosfor esineb kõrgeima valentsiga? (59,4%)
 4. Mitu grammi alumiiniumkloriidi on võimalik saada 9 grammist alumiiniumist? (44,5 g)
 5. Mitu aatomit on väävliütükis, mis kaalub 8 g? ($1,5 \cdot 10^{23}$ aatomit)
-
6. Mitu mooli hapnikku kulub 1 kg kiviisoe põlemisel, kui viimane sisaldab 90% süsinikku? (66,7 mooli)
 7. Lähtudes 200 g väävelhappe lahusest saadi 23,3 g baariumsulfaati. Milline oli väävelhappe lahuse protsendiline kontsentratsioon? (4,9%-line)

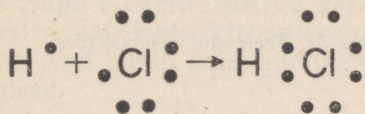
3. KOVALENTSE SIDEME ALALIIGID.

- Polaarne ja mittepolaarne side
- Molekulivõre

Kovalentsel sidemel esineb kaks teisendit — polaarne ja mittepolaarne side.

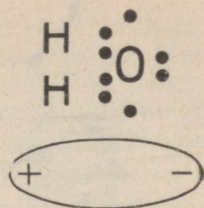
Lihtaine molekulides (H_2 , O_2 , N_2 , Cl_2 jt.) on ühinenud ühe ja sama elemendi aatomid. Sel juhul seovad mõlemad aatomid ühist elektronipaari võrdse jõuga ja elektronipaari tähis asetatakse valemis võrdsele kaugusele mõlema elemendi sümbolist, näiteks $H:H$, $O::O$, $Cl:Cl$. Niisugust keemilist sidet nimetatakse mittepolaarseks kovalentseks sidemeks.

Järgnevalt jälgime vesinikkloriidi moodustumist. Ühine elektronipaar on tõmmatud rohkem mittemetalsema elemendi mõjupiirkonda. Skeeemil on ühine elektronipaar nihutatud kloori suunas (joonisel 32). Niisugust keemilist sidet nimetatakse polaar-seks sidemeks. Valemites asetatakse elektronipaari tähis selle elemendi sümbolile veidi lähemale, millel avalduvad mittemetallilised omadused tugevamini, näiteks $H:Cl$.



Joonis 32. Vesinikkloriidi molekuli tekkimise skeem.

Joonis 33. Vee polaarse molekuli tekkimise skeem.



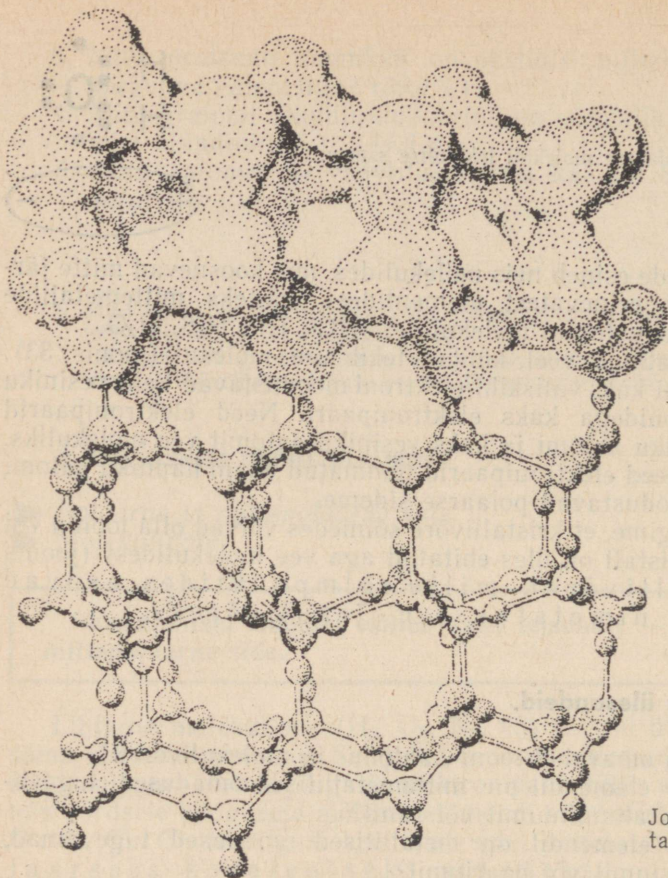
Polaarne side esineb neis molekulides, mis koosnevad mitte järealt üksteisest erinevatest elementidest, näiteks mittemetallide aatomitest moodustunud molekulides: HCl , HF , H_2S , H_2O .

Näitena vaatame veel, kuidas tekib vee molekul (joonis 33). Hapniku aatomi kaks väliskihi elektroni moodustavad kahe vesiniku aatomi elektronidega kaks elektronipaari. Need elektronipaariid seovadki hapniku aatomi ja kaks vesiniku aatomit vee molekuliks. Seejuures on need elektronipaariid tõmmatud enam hapniku aatomi poole ning moodustavad polaarse sideme.

Eespool nägime, et kristallivõre sõlmedes võivad olla ioonid või aatomid, jääkristall on üles ehitatud aga vee molekulidest (joonis 34). Kristallivõret, mille sõlmpunktides asuvad molekulid, nimetatakse molekulivõreks.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Võrrelda omavahel iooni-, aatomi- ja molekulivõret.
2. Kummal elemendil on mittemetallilised omadused tugevamad, kas alumiiniumil või ränil?
3. Kummal elemendil on metallilised omadused tugevamad, kas tseesiumil või baariumil?
4. 300 g vees lahustati 50 g suhkrut. Leida tekkinud lahuse protsendiline kontsentratsioon. (14,3%)
5. Kui palju kulub naatriumhüdrosiidi ja vett 50 g 0,5%-lise lahuse valmistamiseks? (0,25 g NaOH , 49,75 g vett)
6. Mitu grammi vesinikkloriidi ja vett on 38,4 g 30%-lises soolhappes? (12,3 g HCl , 26,1 g H_2O)
7. Mitu kilogrammi kaltsiumsilikaati tekib 25 kg lubjakivi (kui see oleks puhas kaltsiumkarbonaat) sulatamisel koos 10 kg liivaga (kui see oleks puhas rändioksiid)? (19,3 kg)



Joonis 34. Jääkristall.

8. Vesiniku põlemisel klooris tekkis 3 mooli vesinikkloriidi. Mitu grammi kloori ja vesinikku kulus reaktsioonil?
9. Mitu grammi vett tuleb lisada 60 g 42%-lisele lämmastikhappele, et saada 12%-list lahust? (150 g)

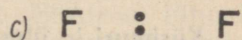
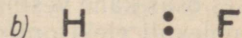
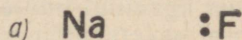
4. KEEMILISE SIDEME OLEMUS.

- ▶ Erinevate sidemetüüpide võrdlus
- ▶ Elektronipilu

Eespool käsitlesime ioonilist sidet ning kovalentse sideme alaliike — mittepolaarset ja polaarset sidet. Kõikidel juhtudel on

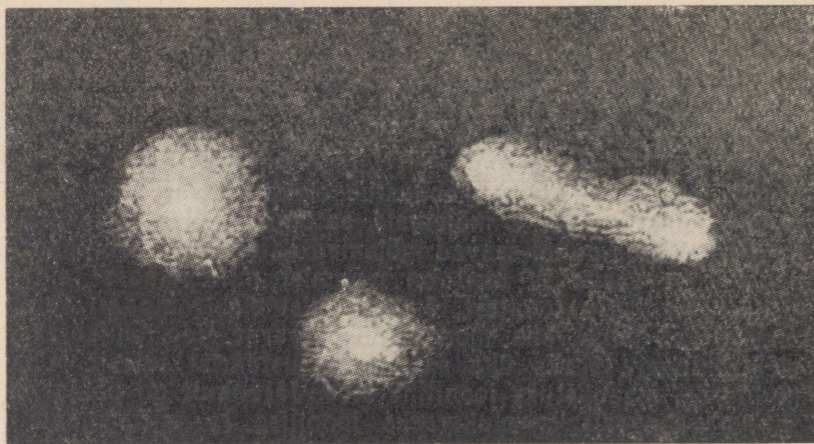
sideme moodustumine seotud aatomite väliskihi elektronidega. Aatomid püüavad saavutada kaheksaelektronilist väliskihti. Kui selleks ühe elemendi aatom loovutab elektrone, mida teine liidab, siis on tegemist ioonilise sidemega, kusjuures elektrone loovutanud element muutub positiivselt laetud iooniks, elektrone juurde võtnud aatom muutub aga negatiivselt laetud iooniks.

Kovalentse sideme puhul moodustub elektronipaar (või elektronipaarid), mis on ühine mõlemale aatomile selles molekulis. Lihtaine molekulide puhul seovad mõlemad aatomid elektronipaari ühesuguse tugevusega ja meil on tegemist mittepolaarse sidemega. Kui aga üks aatomitest tõmbab ühist elektronipaari veidi tugevamalt kui teine, siis moodustub polaarne side. Olukorras, kus elektronipaar läheks ühe aatomi mõjusfäärist täiesti teise aatomi juurde, moodustuks iooniline side. Järelikult on polaarne side nagu vahepealseks olukorraks ioonilise ja mittepolaarse sideme vahel. Elektronipaaride paigutust eri sidemetüüpide vahel iseloomustab skeem joonisel 35.



Joonis 35. Sidemete skeemid: a) iooniline side, b) polaarne side, c) mittepolaarne side.

Eespool käsitlesime keemilise sideme moodustumist aatomi ehituse seisukohalt äärmiselt lihtsustatult. Tegelikult liiguvad elektronid ümber aatomi tuuma mitte mööda ringjoont (nagu oli joonistel kujutatud), vaid väga keerukat teed mööda kiirusega tuhandeid kilomeetreid sekundis ning pööreldes samaaegselt oma telje ümber. Sellest järgneb analoogia elektroni ja maakera vahel. Elektron tiirleb ümber aatomi tuuma, samaaegselt pööreldes ümber oma telje nii nagu maakera, mis liigub ümber Päikese. Sellest ongi tuletatud aatomi planetaarse mudeli nimetus: Keemilise sideme kirjeldamisel märkisime, et välisele elektronikihile moodustub kaheksast elektronist koosnev oktet. Igal elektronil on aga oma orbiit (liikumistee) ja ainult nende kaheksa elektroni liikumisteede keskmine kaugus on tuumast peaaegu ühesuurune. Seepärast ei saa elektrone vaadelda ka kui kuulikesi, mis liiguvad orbiidil üksteise järel. Elektronide liikumisel mööda keerukaid liikumisteid



Joonis 36. Vesiniku aatomite ja molekuli elektronipilv (suurendatud): vasakul 2 vesiniku aatomit, paremal vesiniku molekul.

moodustub nn. elektronipilv. Joonisel 36 näeme vasakpoolses osas kahe vesiniku aatomi elektronipilve ja paremal — vesiniku molekuli elektronipilve suurendatud fotot.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Kumma mass on suurem, kas a) kaaliumi aatomil või kaaliumioonil, b) väävli aatomil või sulfiidioonil, c) kloori aatomil või kloriidioonil, d) vase aatomil või vaskioonil? Põhjendada vastust.
2. Kirjeldada kovalentse sideme moodustumist vesiniku ja broomi ühinemisreaktsioonil.
3. Mitu molekuli on 20 g vesinikus? ($6,02 \cdot 10^{24}$)
4. Mitu mooli on 72 g vett? (4 mooli)
5. Mitmes grammis väävelhappes on 2 g-aatomit väävlit? (196 g)
6. Arvutada kaaliumi sisaldus kaaliumhüdroksiidis. (69,5%)
7. Mitu kilogrammi vett kulub 280 kg kustutamata lubja kustutamiseks? (90 kg)
8. Mitu grammi raud(III)oksiidi kulus reaktsioonil soolhappega, kui reaktsiooni tulemusena saadi 3,25 g raud(III)-kloriidi? (1,6 g)

9. Mitu tonni naatriumnitraati võib saada sooda reageerimisel lämmastikhappe lahusega, mis sisaldab 18,9 t puhast hapet? (25,5 t)

10. Väävelhappe reageerimisel kaltsiumkloriidiga tekkis 146 g vesinikklooriidi. Kaltsiumkloriidist jäi seejuures 10 g reageerimata. Mitu protsenti võetud kaltsiumkloriidist reageeris?

5. VALENTS.

► *Positiivne ja negatiivne valents*
► *Valentsi määramine*

Keemilistel reaktsioonidel tekivad uued ühendid, milles mingi elemendi aatom on endaga sidunud teatud arvu teise elemendi aatomeid. Tuletame meelde ioonilise sideme teket naatriumkloriidi moodustumisel. Sideme loomisest võtavad osa ainult tuumaga nõrgemini seotud väliskihi elektronid, viimaseid nimetatakse seejärel valentselektronideks. Aatomi ehituse seisukohalt nimetatakse valentsiks aatomite omadust loovutada või juurde võtta elektrone. Kui aatom loovutab elektroni ja muutub positiivseks iooniks (katiooniks), siis räägime positiivsest valentsist. Elektroni liitumisel moodustab aatom aga negatiivse iooni (aniooni) ning tegemist on negatiivse valentsiga. Niisiis naatriumioon on positiivselt ühevalentne, sest aatom andis ära ühe elektroni; niisuguse iooni tähiseks on Na^+ . Kaltsiumioon (Ca^{2+}) on aga kahevalentne, sest tema moodustamisel loovutas kaltsiumi aatom 2 elektroni. Kloriidioon on negatiivselt ühevalentne (Cl^-), sulfiidioon aga negatiivselt kahevalentne (S^{2-}) jne.

Elemendi valentsi määrab juurdevõetud või loovutatud elektronide arv.

Tüüpiliselt esineb positiivne ja negatiivne valents neil elementidel, mis kuuluvad ioonilise sidemega ühendite koostisse. Seejuures on metallilised elemendid positiivse valentsiga ja mittemetallilised — negatiivse valentsiga. Näiteks kaaliumbromiidis on kaaliumiooni valents $+1$ ja broomiidiooni valents -1 .

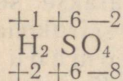
Üldjuhul on elemendi positiivne valents määratav D. Mendelejevi perioodilisuse süsteemis rühmanumbriga. Näiteks naatrium on esimeses rühmas ja tema valents on üks, alumiinium on kolmandas rühmas — ta on kolmevalentne jne.

! Peame meeles, et vesinik on ühendites alati positiivselt ühevalentne ja hapnik negatiivselt kahevalentne.

Teades, et ühendi koostiselementide valentside summa võrdub nulliga, saab määrata teiste koostiselementide valentsi. Määrame väävli valentsi väävelhappes. Selleks kirjutame vesiniku ja hapniku sümboli kohale nende valentsi ja sümboli alla valentsiühikute koguarvu vastavalt aatomite arvule:



Et valentsiühikute koguarv võrduks nulliga, peab väävli valents olema +6. Seega võime kirjutada



Kovalentse sidemega ühendid ei sisalda ioone, sest nimetatud sideme tekkel ei toimu elektronide juurdevõtmist ühe aatomi elektronkattesesse ega ka elektronide loovutamist.

Kovalentse sidemega ühendite puhul võrdub elemendi valents elektronide arvuga, mida aatom annab elektronipaaride moodustamiseks.

Nii on vesinik ja kloor vesinikkloriidi molekulis mõlemad ühevalentsed, hapnik vee molekulis kahevalentne jne.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Millisel tingimusel võime rääkida elementide valentsist?
2. Määrata lämmastiku valents lämmastikhappes.
3. Määrata fosfori valents fosforhappes.

4. Kasutades Mendelejevi tabelit leida, kui suur on järgmiste elementide maksimaalne positiivne valents: a) kaalium, b) magneesium, c) berüllium, d) kroom, e) tina, f) elavhõbe.

. . .

5. Arvutada, mitu grammi tsinki on 81 g tsinkoksiidis.
6. Leida, kui suures Berthollet' soola (KClO_3) koguses sisaldub sama palju hapnikku nagu 15,8 g kaaliumpermanganaadis (KMnO_4).
7. On antud 50 g 4 %-list kaaliumhüdrokksiidi lahust. Kui palju tuleb lisada vett, et saada 1 %-line lahus? (150 g)

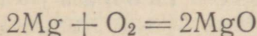
. . .

8. 100 g 14,2 %-list naatriumsulfaadi lahust segati 10 %-lise baariumkloriidi lahusega. Mitu grammi tekkis sademena eralduvat ainet? (23,3 g)
9. Segati 50 g 2 %-list suhkrut lahust ja 150 g 5 %-list suhkrut lahust. Leida tekkinud lahuse protsendiline kontsentratsioon. (4,25 %)

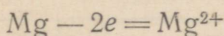
§ 6. HAPENDUMINE JA TAANDUMINE.

- *Hapendumise ja taandumise mõiste*
- *Hapendaja ja taandaja*

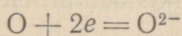
Seitsmenda klassi keemia kursuses käsitlesime hapendumist kui ühinemisreaktsiooni hapnikuga. Jälgime, millised muutused toimuvad seejuures reageerivate aatomite vahel. Näitena vaatleme magneesiumi hapendumist:



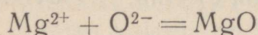
Magneesiumi aatom loovutab 2 valentselektroni ja muutub positiivselt kahevalentseks iooniks:



Hapniku aatom liidab 2 valentselektroni ja muutub negatiivselt kahevalentseks iooniks:

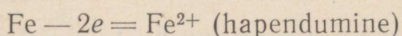


Vastasnimelised ioonid ühinevad ja moodustub magneesium-oksiid:



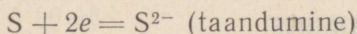
Hapendumiseks ehk oksüdeerumiseks nimetatakse aatomitelt või ioonidelt elektronide loovutamise protsessi. Elektronide liitumise protsessi aatomitele või ioonidele nimetatakse taandumiseks ehk redutseerumiseks.

Definitsioonist järeldub, et hapendusreaktsioonid ei pea alati olema seotud hapnikuga. Näiteks raud oksüdeerub reageerimisel väävliga:

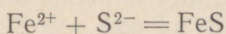


Raua aatom loovutab 2 valentselektroni ja muutub positiivselt kahevalentseks iooniks.

Väävli aatom liidab 2 valentselektroni ja muutub negatiivselt kahevalentseks sulfiidiooniks:



Raud- ja sulfiidiooni ühinemisel moodustub raudsulfiid:



Antud reaktsioonis raud oksüdeerub ja väävel redutseerub. Väävel on aga oksüdeerija ning raud — redutseerija.

Ainet, mis liidab elektrone, nimetatakse hapendajaks ehk oksüdeerijaks. Ainet, mis elektrone loovutab, nimetatakse taandajaks ehk redutseerijaks.

Oksüdeerimis- ja redutseerumisnähtus on ühtne protsess. Sel ajal kui redutseerija oksüdeerub, oksüdeerija redutseerub. Oksüdeerimis-redutseerumisprotsessi nimetatakse lühendatult redoksprotsessiks.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Milles seisneb seos oksüdatsiooni- ja reduktsiooniprotsessi vahel?

2. Milline tähtsus on oksüdatsiooni- ja reduktsiooniprotsessidel igapäevases elus ja tööstuses?
3. Määrata kroomi valents ühendis H_2CrO_4 (kroomhape) ja $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (dikroomhape).

. . .

4. Mitu grammi vask(II)oksiidi tekib kahe mooli vastava aluse lagundamisel?
5. Mitu süsinikdioksiidi molekuli peab reageerima kaaliumhüdrosiidiga, et tekiks 138 g kaaliumkarbonaati?

. . .

6. Mitu grammi raud(III)sulfaati tekib 500 g 29,4%-lise väävelhappe reageerimisel raud(III)oksiidiga?
7. Mineraal sisaldab 96% vask(II)sulfiidi. Millises mineraalikoguses on 100 kg vaske? (156,3 kg)

§ 7. ISOTOOBID.

- *Isotoobi mõiste ja tähistusviis*
- *Elemendid kui isotoopide segud*
- *Aatommasside murdarvulisus*

Neutronite erinev arv aatomi tuumas mõjutab ainult tuuma massi, mitte aga laengut. Seepärast ei põhjusta neutronite arvu suurendamine või vähendamine ka muudatusi aatomi elektronkattes ega prootonite arvus. Kuna elemendi keemilised omadused sõltuvad prootonite arvust tuumas, siis ka neutronite arvu muutumine tuumas ei kutsu esile muudatusi aine keemilistes omadustes. Järelikult ühe ja sama elemendi aatomid võivad sisaldada erineva arvu neutroneid. Tuntakse näiteks järgmisi naatriumi aatomeid:

Tabel 12.

	Aatommass	Prootonite arv tuumas	Elektronide arv elektronkattes	Neutronite arv tuumas
Na	22	11	11	11
	23	11	11	12

Et need elementide teisendid paiknevad elementide perioodilise süsteemis samal kohal, hakati neid nimetama elemendi isotoopideks (kreeka keele sõnadest *isos* — sama ja *topos* — koht).

Keemilise elemendi teisendeid, mille aatomituumades on prootonite arv ühesugune, kuid neutronite arv erinev, nimetatakse isotoopideks.

Elemendi isotoopide tähistamiseks kasutatakse rahvusvaheliselt kahte indeksit, kusjuures alumine indeks tähistab tuumalaengut ja ülemine massiarvu. Näiteks tähistus $^{11}_{23}\text{Na}$ märgib naatriumi isotoopi, mille massiarv (või aatommass) on 23. Sageli kasutatakse lühendit naatrium-23.

Enamik elementidest on isotoopide segud.

Tabel 13.

Elemendi isotoobi nimetus	Tähis	Massi- arv	Aatomi- tuumas olevate		Tuumalaeng	Elekt- ronide arv	Järje- num- ber
			proo- tonite arv	neut- ronite arv			
vesinik-1	^1_1H	1	1	0	+1	1	1
vesinik-2 (deuteerium)	^2_1H ehk D	2	1	1	+1	1	1
vesinik-3 (tritium)	^3_1H ehk T	3	1	2	+1	1	1
hapnik-14	$^{14}_8\text{O}$	14	8	6	+8	8	8
hapnik-15	$^{15}_8\text{O}$	15	8	7	+8	8	8
hapnik-16	$^{16}_8\text{O}$	16	8	8	+8	8	8
hapnik-17	$^{17}_8\text{O}$	17	8	9	+8	8	8
hapnik-18	$^{18}_8\text{O}$	18	8	10	+8	8	8
hapnik-19	$^{19}_8\text{O}$	19	8	11	+8	8	8

Jälgime perioodilisuse süsteemis vesiniku ja hapniku aatom-massi suurust. Nende aatommassid väljenduvad murdarvudena vastavalt 1,0079 ja 15,994. Sellest järeldub, et nii looduslik vesinik kui ka hapnik kujutavad endast isotoopide segu ning perioodilisu- se süsteemi kantakse elemendi keskmine aatommass.

Eelnevast näitest järeldub ka, et kuigi vesinik sisaldab kolme isotoopi, on selles segus kõige enam isotoopi massiarvuga 1 (vesi- nik-1). Hapnikus on ülekaalus isotoop hapnik-16, teisi isotoope on hapnikus tühises koguses.

Kuna vesiniku ja hapniku puhul on üks isotoop tunduvas üle- kaalus, siis on nende aatommassid lähedased täisarvudele. Kloori aatommass on aga 35,45. See on tingitud sellest, et kloori kahest isotoobist ei ole kumbki valdavalt ülekaalus. Kloor sisaldab 24,5% kloor-37 ja 75,5% kloor-35. Tema keskmine aatommass on seega:

$$\frac{24,5 \cdot 37 + 75,5 \cdot 35}{100} = 35,45.$$

Teades, et aatomite tuumad koosnevad prootonitest (mass 1) ja neutronitest (mass 1), saame seletada, miks isotoopide aatom- massid väljenduvad täisarvudena. Elementide aatommassid väl- jenduvad siiski murdarvudena, sest nad koosnevad sama elemendi isotoopide segust.

Seega keemiliseks elemendiks nimetatakse aatomite liiki, millel on ühesugune tuumalaeng (aatommassid võivad olla erinevad, tingituna neutronite erinevast arvust tuumas).

Küsimusi ja ülesandeid.

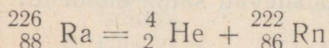
1. Vörrelda hapniku isotoopide $\overset{14}{0}$ ja $\overset{16}{0}$ ehitust.
8 8
2. Määrata räni valents ränihappes.
3. Valmistada 20 g 0,5%-list naatriumsulfaadi lahust.
4. Loodusliku vee hulka kuulub vähesel määral nn. rasket vett (D_2O). Kui palju kaalub 5 mooli rasket vett?

5. Kui palju väävelhapet kulub 50 g 10% -lise naatriumhüdrosiidi lahuse neutraliseerimiseks? (6,1 g)
6. Vesinikuvoolus kuumutati 18,47 g pliioksiidi. Pärast kuumutamise lõppemist kaalusid järelejäänud oksiid ja moodustunud plii 18,07 g. Mitu milliliitrit vett tekkis sellel katsel? (0,45 ml)

§ 8. KEEMILISTE ELEMENTIDE MUUNDAMINE.

- ▶ Radioaktiivsuse nähtus
- ▶ Looduslikud ja kunstlikud radioaktiivsed isotoobid
- ▶ Tuumareaktsioonid

Looduses esinevaid ebapüsivate aatomituumadega elemente nimetatakse radioaktiivseteks (ladina keeles *radius* — kiir, *activus* — tegev) elementideks, kuna nad kiirgavad iseenesest välja mitmesuguseid osakesi (näiteks α -, β -, γ -kiiri jne.) ning muunduvad seejuures uuteks elementideks. Nii laguneb raadium heeliumiks (He) ja radooniks (Rn):

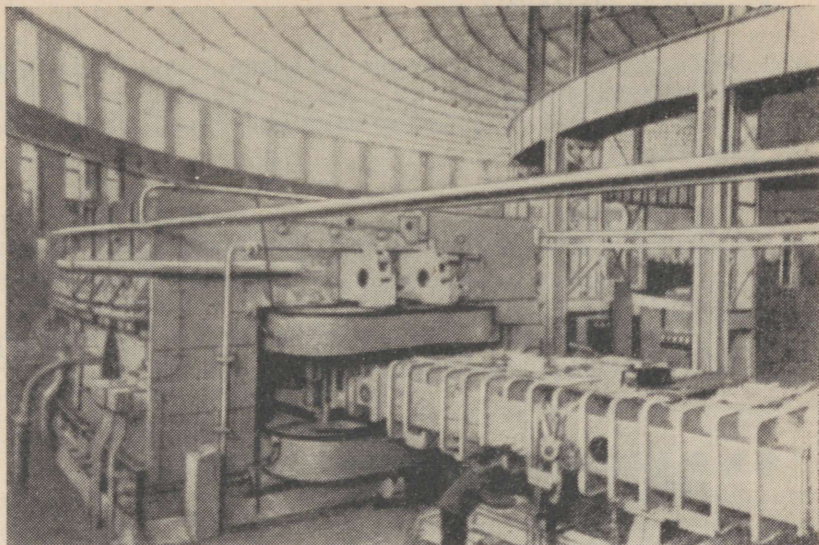


Radioaktiivsed on tooriumi, uraani, kaaliumi ja paljude teiste elementide isotoobid. Radioaktiivsuse nähtuse avastas prantsuse teadlane A. Becquerel (loe: bekrel) 1896. a. Marie Skłodowska-Curie ja Pierre Curie (loe: kürii) avastasid looduslikud radioaktiivsed elemendid raadiumi ja polooniumi.

Looduses radioaktiivsetena leiduvate elementide muundumist tuntakse loodusliku radioaktiivsuse nimetuse all. Uraan, raadium jt. elemendid on looduslikult radioaktiivsed elemendid.

Elemente võib muundada ka kunstlikult. Kui näiteks «pommitada» elemendi aatomi tuuma α -kiirtega, siis kulgeb tuumareaktsioon ja tekivad uued elemendid.

Tuumareaktsioonidel ei toimu muutused ainult aatomite elektronkattes, vaid ka aatomi tuumades. Kui aga aatomi tuumas muutub prootonite arv, siis moodustub uus keemiline element.



Joonis 37. Tsüklotron tuumareaktsiooni läbiviimiseks.

Kiiritades elementide aatomi tuumi neutronitega, moodustuvad kunstlikud radioaktiivsed isotoobid. Nii saadakse fosfori, joodi jt. elementide radioaktiivseid isotoope: nn. radiofosfor, radiojood jt. Viimaseid kasutatakse laialdaselt teaduses ja tehnikas. Kunstliku radioaktiivsuse nähtuse avastasid *Frederic Joliot-Curie ja Irène Curie* 1934. aastal.

Uraani aatomi tuuma järkjärgulisel kiiritamisel neutronite, vesiniku aatomi tuumade ja teiste osakestega on saadud mitmesuguseid radioaktiivseid isotoope ja isegi niisuguseid, mida looduses ei leidu. Nii sünteesiti elemendid küürium (nimetatud Curie auks), einsteinium (Einsteini auks), mendeleevium (Mendeleevi auks) jt. 1964. a. sünteesiti Dubnas element järjenumbriga 104, mille nimetus kurtšatovium anti tuntud nõukogude teadlase I. Kurtšatovi nime järgi.

Uraani ja plutooniumi aatomite muundumisprotsessidel vaba-energiat kasutatakse aatomielektrijaamades. Neid metalle kasutatakse ka tuumarelvade valmistamiseks.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Mille poolest erinevad tuumareaktsioonid tavalistest keemilistest reaktsioonidest?
2. Määrata väävli valents järgmistes ühendites: H_2S , SO_2 , SO_3 , H_2SO_3 .
3. Valmistatakse 200 g naatriumkloriidi 5%-list lahust. Kui palju tuleb selleks võtta naatriumkloriidi ja vett?
4. Mitu grammi ainet jääb tiiglisse pärast 100 g kaltsiumkarbonaadi kuumutamist?
5. 100 g vees lahustati 10 g soodat (Na_2CO_3). Leida tekkinud lahuse protsendiline kontsentratsioon. (9,1%).

§ 9. D. MENDELEJEVI PERIOODILISUSSEADUSE JA PERIOODILISUSE SÜSTEEMI TAHTSUS.

- ▶ *Elementide omaduste ennustamine*
- ▶ *Aatomi ehituse seos perioodilisuse süsteemiga*
- ▶ *Aatomite elektronilise struktuuri muutuvuse seaduspärasused suurtes ja väikestes perioodides*
- ▶ *Elementide valentsi, hapniku- ja vesinikuühendite valemi tuleamine ja omaduste ennustamine perioodilisuse süsteemi järgi*

Keemiliste elementide perioodilisusseaduse avastamisel ja perioodilisuse süsteemi loomisel oli väga suur tähtsus nii keemiale kui ka teistele loodusteadustele.

Perioodilisusseadus võimaldas Mendelejevil ennustada uute, tol ajal veel avastamata elementide olemasolu ja omadusi. Ajal, kui Mendelejev koostas elementide perioodilisuse süsteemi, tunti ainult 63 elementi ja keegi ei võinud kinnitada, kas kõik looduses olevad elemendid on juba avastatud. Näiteks ei tuntud skandiumi, galliumi, germaaniumi ja paljusid teisi. Aatommassi järgi tuli siis kaltsiumi järel titaan ja tsingi järel arseen. Valentsi ja ka teiste omaduste alusel ei sobinud aga titaan vahele kaltsiumi rühma, s.o. kolmandasse rühma. Veel vähem sobis kolmandasse rühma arseen. Seepärast jättis Mendelejev paljud lahtrid tabelis tühjaks. Tühjaks jäid ka lahtrid järjenumbritega 21, 31 ja 32, kus praegu asuvad skandium (Sc), gallium (Ga) ja germaanium (Ge). Selgituseks väitis Mendelejev, et neile kohtadele vastavaid elemente ei ole veel avastatud, kuigi nad on olemas.

D. Mendelejev andis veel tundmatutele elementidele isegi nime- tused. Nii nimetas ta elementi järjenumbriga 21 eka-boo- riiks, s. t. boori sarnaseks, elementi järjenumbriga 32 eka- siliitsiumiks. D. Mendelejev ennustas ka nende elemen- tide aatommassi, tiheduse ja sulamispunkti, samuti mõnede ühen- dide valemeid ja omadusi. Ta kirjutas: «Otsustasin seda teha sel- leks, et vähemalt kunagi — siis, kui mõni neist ennustatavatest ele- mentidest avastatakse — oleks mul endal võimalik lõplikult veen- duda ja ka teisi keemikuid veenda nende oletuste õigsuses, mis on minu poolt esitatud süsteemi aluseks.»

D. Mendelejevi poolt ennustatud elemendid avastatigi üksteise järel. Kolm neist — gallium (ekaalumiinium), skandium (eka- boor) ja germaanium (ekasiliitsium) avastati veel D. Mendelejevi eluajal. Galliumi (Gallia on Prantsusmaa muistne nimetus) avas- tas prantsuse keemik *Lecoq de Boisbaudran* (loe: *lökok dö buabod- raan*).

Tema poolt laboratoorsel teel saadud galliumi tihedus (4,7) ei vastanud aga D. Mendelejevi poolt ennustatud ekaalumiiniumi tihedusele (6,0). Veendunud perioodilisusseaduse õigsuses, teatas Mendelejev Pariisi, et L. de Boisbaudran on tiheduse määramisel eksinud. Kontrollimisel sai Boisbaudran galliumi tiheduseks 5,9.

Skandiumi (ekaboori) avastas rootsi teadlane L. Nilson ja germaaniumi (ekasiliitsiumi) saksa keemik C. Winkler.

Kuivõrd täpselt ennustas D. Mendelejev germaaniumi omadusi, näitab tabel 14.

Suure keemiku D. Mendelejevi teaduslikud ennustused osutusid seega hämmastavalt täpseteks ning tema keemiliste elementide perioodilisuse süsteem võitis maailmas üldise tunnustuse.

Tabel 14.

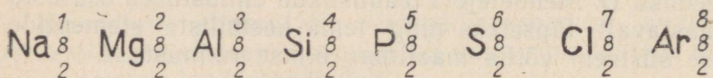
Omadused	Ekasiliitsium (Es) (ennustas Mendelejev 1871. a.)	Germaanium (Ge) (avastas Winkler 1886. a.)
1. Sulamispunkt	Ekasiliitsium on kõr- gel temperatuuril sulav metall. Sulamispunktist kõrgemal temperatuuril ta lendub.	Germaanium on me- tall, mis sulab tempera- tuuril 960° C, sellest kõr- gemal temperatuuril ta lendub.
2. Aatommass	72	72,6
3. Tihedus	5,5	5,36
4. Oksiidi valem	EsO ₂	GeO ₂
5. Oksiidi tihedus.	4,7	4,703
6. Kloriidi valem	EsCl ₄	GeCl ₄
7. Kloriidi tihedus	1,9	1,887

Perioodilisusseadus võimaldas parandada ka paljude elementide ebaõigesti määratud aatommasse. Kuna igale kohale perioodilisuse süsteemis vastavad kindlad omadused, sealhulgas ka kindel aatommass, sai D. Mendelejev leida vastava elemendi aatommassi teda ümbritsevate elementide aatommasside aritmeetilisest keskmisest. Nii parandas D. Mendelejev tseesiumi (Cs), berülliumi (Be), uraani (U) ja paljude teiste elementide aatommasse.

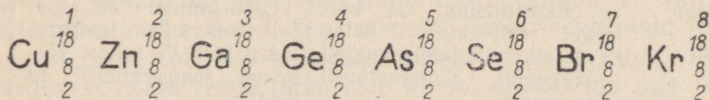
Ka mõnede elementide valentsi küsimust aitas lahendada perioodilisusseadus. Berülliumi peeti kaua kolmevalentseks, kuid perioodilisuse süsteem näitas, et berüllium sobib omaduste poolest teise rühma ning on kahevalentne.

Perioodilisuse süsteemi ülesehituses peegelduvad aatomi ehituse seaduspärasused (aatomi väliskihis olevate elektronide, nn. valentselektronide arv võrdub arvuliselt rühmanumbriga; elektronikihtide arv aatomi elektronkattes võrdub arvuliselt perioodi numbriga jne.). Elementide järjenumbri suurenemisega perioodilisuse süsteemis suureneb ka elemendi tuumalaeng ja kasvab prootonite arv tuumas ning elektronide arv elektronkattes. Tingituna aatomite ehituse omapärast näeme perioodilisuse süsteemis pidevat üleminekut metallilistelt elementidelt amfoteersetele ja sealt edasi mittemetallidele.

Väikestes perioodides (I—III) suureneb vasakult paremale elektronide arv elementide väliskihis. Näitena vaatleme III perioodi, märkides elemendi sümboli järele elektronide arvu eri kihtidel (väliskihi elektronide arv on «rasvase» kirjaga):



Samasuguseid muudatusi võime täheldada ka suurte perioodide paaritu arvulistes ridades asuvate elementide puhul. Vaatleme näiteks IV perioodi viiendat rida:



Suurte perioodide paarisarvulistes ridades elemendi tuumalaengu kasvuga ei suurene elektronide arv väliskihis, vaid eelviimases kihis. Aatomi välises elektronikihi on neisse ridadesse kuuluvatel elementidel 2 või 1 elektroni. Näitena vaatleme IV perioodi neljandat rida:

1	2	2	2	2	1	2	2	2	2
8	8	9	10	11	13	13	14	15	16
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Kuna paarisarvulistes ridades ei täitu elektronidega viimane, vaid eelviimane kiht, siis muutuvad neis ridades elementide omadused aeglasemalt. Näiteks algavad suurte perioodide paaritarvulised read metallidega (vask, hõbe, kuld), ridades elemendi järjenumbri suurenemisega vähenevad elementide metallilised omadused ning read lõpevad vääriskaasidega. Suurte perioodide paarisarvulised read aga algavad ja lõpevad metalliliste elementidega.

Keemiliste elementide perioodilisuse süsteemi tundmine võimaldab kergesti orienteeruda elementide ja nende ühendite tohutus hulgas. Kasutades perioodilisuse süsteemi võib näiteks kindlaks teha elementide järgmisi omadusi. Näitena vaatleme elementi väävel.

1. Kõrgeim valents hapniku suhtes. Väävli aatomi väliskihis on 6 elektroni, need võib ta loovutada, muutudes kuuevalentseks. Järelikult peab väävel asuma kuuendas rühmas ja ta kõrgeimaks valentsiks on kuus.
2. Oksiidi valem, milles element on kõrgeima valentsiga. Väävli valents on kuus. Selle alusel koostatud oksiidi valem on SO_3 (rühma tüüpvalेम perioodilisuse tabelis on RO_3).
3. Oksiidi omadused. Et väävel asub perioodi parempoolses osas, peab ta olema mittemetall. Ka paiknemine rühma ülaosas osutab mittemetallilistele omadustele. Oksiid SO_3 on järelikult happelise iseloomuga. Oksiidist tuletatud hape H_2SO_4 on väävelhape.
4. Võime ühineda vesinikuga. Vesinikuga ühinevad vaid peaarühma elemendid alates IV rühmast. Väävel asub VI rühma peaarühmas, järelikult moodustab ta ühendi vesinikuga.
5. Valents vesiniku suhtes. Summa, mis saadakse, kui elemendi kõrgeimale valentsile hapniku suhtes liita elemendi valents vesiniku suhtes, võrdub kaheksaga. Et leida elemendi valentsi vesiniku suhtes, lahutame kaheksast rühmanumbriga (s.o. elemendi kõrgeima valentsi hapniku suhtes). Kuna väävel asub kuuendas rühmas, siis on tema valents vesiniku suhtes $8 - 6 = 2$. Väävli ja vesiniku ühendi — vesiniksulfiidi — valem on seega H_2S . VI rühma elementide vesinikuühendite tüüpvalেমiks tabelis on RH_2 .

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Lähtudes joodi asukohast perioodilisuse süsteemis leida:
 - a) mitu prootonit ja neutronit on joodi aatomi tuumas,
 - b) mitmel elektronikihil paiknevad elektronid,
 - c) mitu elektroni on joodi aatomi väliskihis?
2. Millise valemiga on järgmiste elementide vesinikuühendid:
 - a) lämmastik, b) seleen, c) fosfor, d) jood, e) süsinik?
3. Valmistada 200 g 0,1%-list naatriumkloriidi lahust.
4. Mitu grammi kaalub rauatükk, milles on $1,5 \cdot 10^{23}$ aatomit?
(14 g)
5. Aurustati kuivaks 150 g 2%-list soola lahust. Kui suur oli jääk?
6. Neljavalentse elemendi oksiid sisaldab 13,4% hapnikku. Mis element see on?
7. 1,11 g leelismetalli reageerimisel veega tekkis 0,16 g vesinikku. Mis element see on?

§ 10. D. MENDELEJEVI ELULUGU.

Kuulsate vene õpetlaste seas on D. Mendelejev eriti väljapaistval kohal.

Omades sügavaid teadmisi keemiast, füüsikast, tehnikast ja teistelt teadusaladelt, ülekeevat initsiatiivi ja haruldast töövõimet, pühendas Mendelejev kogu oma jõu ning oskused kodumaa ja rahva teenimisele. Rohketes teaduslikes töödes tegi ta tolle aja kohta julgeid kavatsusi ja projekte kodumaa tööstuse arendamiseks ning tema rikkalike maavarade kasutamiseks. Mendelejevit võib õigusega nimetada vene keemiatööstuse isaks.

Dmitri Ivanovitš Mendelejev sündis 8. veebruaril 1834. a. Sibe-
ris Tobolski linnas.

Tobolsk oli tol ajal tuntud tsaari terrori ohvrite väljasaatmise kohana. Ka Mendelejevi isa oli saadetud sinna vabamõtlejate ja

D. Mendelejev
(1834—1907).



alistumatuse pärast Nikolai-aegsele režiimile. Ta töötas Tobolskis algul õpetajana ning seejärel kohaliku gümnaasiumi direktorina. 1848. aastal siirdus Mendelejevite perekond Moskvasse.

Kuna Tobolski gümnaasium, mille Mendelejev lõpetas 15-aastasena, kuulus Kaasani õpperingkonda, ei saanud Mendelejev tol ajal maksva korra kohaselt astuda Moskva ülikooli. Alles pärast pikki keerdkäike õnnestus tal asuda edasi õppima Peterburi Pedagoogilise Instituudi füüsika-matemaatika teaduskonda. Sel ajal õppis nimetatud instituudis ka tulevane revolutsionäär-demokraat N. Dobroljubov. Just tänu tema ning samuti N. Tšernõševski ideede mõjule suutis Mendelejev välja kannatada instituudis valitsevat rõhumissüsteemi ning anduda teadusele. Mendelejevi õpetajateks olid silmapaistvad vene teadlased, kelle mõju avaldus kogu tema

edasises teaduslikus tegevuses. Keemiat kuulas ta A. Voskresenski, füüsikat E. Lentsi ja matemaatikat M. Ostrogradski juures. Instituudis hämmastas Mendelejev kõiki oma suure töövoime ja andekusega. Juba üliõpilasena kirjutas ta kaks teaduslikku tööd mineraloogia alalt.

Mendelejev lõpetas instituudi kuldmedaliga ja sõitis siis Simferopoli ning sealt edasi Odessasse, kus ta õpetas koolides keemiat. Aasta pärast tuli ta aga tagasi Peterburi ja kaitses magistri väitekirja. Seejärel komandeeriti Mendelejev kaheks aastaks Saksamaale Heidelbergi ülikooli, kus ta töötas selle aja kuulsamate teadlaste J. R. Bunseni ja G. R. Kirchhoffi juures. Naasnud kodumaale, süvenes Mendelejev kogu energiaga pedagoogilisse, teaduslikku ja kirjanduslikku töösse. Aastal 1865, kaitsnud keemiadoktori väitekirja, valiti ta Peterburi ülikooli professoriks, kus ta töötas 23 aastat järjest keemia kateedri juhatajana. See periood oli Mendelejevi loomingu õitseag. Mendelejev oli tuntud õiglaste ja vabameelsete vaadete poolest. Seetõttu sattus ta konflikti tagurliku tsaarivalitsusega. Mendelejevit loeti politseis kahtlaseks isikuks ja tema kohta peeti Peterburi politseiülema poolt isegi eraldi «Mendelejevi toimikut». Nimetatud asjaoluga on seletatav ka see, et Venemaa Teaduste Akadeemia, mis oli saksa soost tagurlike akadeemikute mõju all, lükkas 1880. a. tagasi ettepaneku valida oma töödega kuulsaks saanud D. Mendelejev Akadeemia liikmeks. Samal ajal aga leidis Mendelejev üldist tunnustust välismaal. Oxfordi ja Cambridge'i ülikoolid valisid Mendelejevi oma audoktoriks, Ameerika ja Iiri teaduste akadeemiad valisid ta oma auliikmeks, paljude maade akadeemiad aga oma tegevliikmeks. Mendelejevil oli kokku üle saja teadusliku aunimetuse.

Pooldava suhtumise pärast üliõpilaste revolutsioonilisse liikumisse oli Mendelejev sunnitud lahkuma Peterburi ülikooli professori kohalt 1890. a. Ülikoolist lahkumise järel pühendas Mendelejev oma tähelepanu tehnilistele ja majanduslikele probleemidele. 1898. a. nimetati ta Mõõtude ja Kaalude Peapalati juhatajaks. Selle muutis ta esmajärguliseks uurimisasutuseks.

D. Mendelejev suri 20. jaanuaril 1907. a.

Alustanud teaduslikku tegevust juba üliõpilasena ja jätkates seda kuni surmani, jättis Mendelejev teadusliku pärandina maha üle neljasaja teadusliku töö. Ta jättis märgatavaid jälgi mitte ainult keemiasse, vaid ka väga paljudesse naaberdistsipliinidesse. D. Mendelejevi kõige väljapaistvamaks saavutuseks tuleb pidada aga elementide perioodilissuseaduse avastamist. Tänapäeval on see seadus omandanud sügavaima loodussaaduse tähenduse. Pikki aastaid oli juhtivaks teoseks keemia alal Mendelejevi kuulus õpik

«Keemia alused», mis on tõlgitud paljudesse keeltesse. Tähtsad on Mendelejevi uurimused lahuste ja gaaside alal, nafta, kivisöe ja teiste maavarade uurimisel. Mendelejevile kuulub näiteks kivisöe maa-aluse gaasistamise idee. Mendelejev tegeles ka aerodünaamika ja meteoroloogiaga. Tähelepanuväärne oli Mendelejevi hulljulge ettevõtte 1887. a. Klini linnas, kus ta tõusis täieliku päikesevarjutuse jälgimiseks õhku piloodita aerostaadil. Selle lennu eest sai Mendelejev audiplomi Pariisi Õhusõidu Akadeemia poolt.

Kogu oma tegevuse kestel pühendas Mendelejev suurt tähelepanu praktilistele küsimustele.

Nõukogude rahvas hindab vääriliselt D. Mendelejevit kui suurt teadlast ja patriooti.

Põhiküsimusi perioodilisusseaduse ja aatomi ehituse kohta.

PERIOODILISUSSEADUS.

1. Kuidas klassifitseeriti keemilisi elemente enne D. Mendelejevi töid?
2. Miks valis D. Mendelejev keemiliste elementide klassifitseerimise aluseks aatommassi?
3. Mida nimetatakse elemendi kõrgeimaks valentsiks hapniku suhtes?
4. Andke perioodilisusseaduse kaasaegne sõnastus.
5. Mida nimetatakse perioodiks?
6. Mille poolest sarnanevad perioodid üksteisega ja mille poolest nad erinevad?
7. Kuidas muutuvad elementide metallilised ja mittemetallilised omadused perioodides?
8. Mis põhimõttel on moodustatud perioodilisuse süsteemi read?
9. Mille alusel jaotatakse elemendid perioodilisuse süsteemis rühmadesse?
10. Kuidas muutuvad elementide metallilised ja mittemetallilised omadused rühmades?
11. Miks ja millisel põhimõttel jaotatakse rühmas asuvad elemendid alarühmadesse?
12. Millisel põhimõttel jaotatakse rühmad pea- ja kõrvalalärühmadesse?

1. Mis on looduslik, mis kunstlik radioaktiivsus?
2. Nimetage teadlasi, kes uurisid radioaktiivsust ning avastasid radioaktiivsed elemendid raadium ja poloonium.
3. Millistest peamistest elementaarosakestest koosnevad aatomid?
4. Iseloomustage elektroni, prootonit ja neutronit.
5. Mis on a) aatommass, b) massiarv?
6. Mis on a) elektronkate, b) elektronikiht, c) orbiit, d) elektronipilv?
7. Kuidas tähistatakse elektronikihte?
8. Kuidas leitakse, kasutades perioodilisuse süsteemi, elektronide arv elektronikihtides?
9. Kuidas on võimalik perioodilisuse süsteemi abil määrata aatomite valentselektronide arvu?
10. Millest sõltub aatomi tuumalaegu suurus?
11. Mis on ioonid? Mille poolest ioonid erinevad aatomitest?
12. Kuidas tekib iooniline side? Tooge näiteid.
13. Mis on ioonivõre?
14. Millisel juhul tekib kovalentne (mittepolaarne ja polaarne) side? Tooge näiteid.
15. Mis on a) aatomivõre, b) molekulivõre?
16. Millega võrdub elemendi valents
a) ioonilise sidemega ühendis (positiivne ja negatiivne valents), b) kovalentse sidemega ühendis?
17. Mis on a) oksüdeerumine, b) redutseerumine, c) oksüdeerija, d) redutseerija?
18. Mis on isotoobid?
19. Kuidas saab seletada aatomi ehituse seisukohalt elementide a) sarnaseid, b) erinevaid keemilisi omadusi?
20. Miks Mendelejevi tabelisse märgitud aatommassid väljenduvad murdarvudena?
21. Missugused andmed kinnitavad, et D. Mendelejevi antud elementide paigutus perioodilisuse süsteemis (argoon enne kaaliumi, telluur enne joodi ja nikkel enne koobaltit) oli õige?
22. Mis on keemiline element aatomi ehituse teooria seisukohalt?

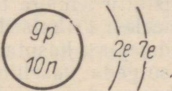
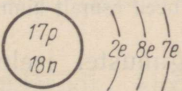
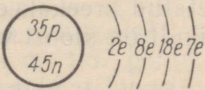
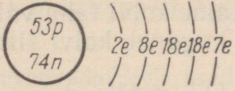
IV. HALOGEENID.

- Halogeenide aatomi ehituse omapära
- Aatomi raadiuse muutumine halogeenide rühma elementidel

Halogeenid paiknevad perioodilisuse süsteemi seitsmendas rühmas ning nende aatomite väliskihis on seitse elektroni. Reageerimisel metallidega tõmbavad nad metalli aatomi väliskihist elektroni oma väliskihiti, muutudes seejuures negatiivseks iooniks; metalli aatom, loovutanud oma väliskihi elektroni, moodustab positiivse iooni. Erinimeliselt laetud ionide vahel tekib iooniline side.

Järgmises tabelis on kujutatud skemaatiliselt halogeenide aatomite ehitust:

Tabel 15.

Halogen	Aatommass (ümardatud)	Tuumalaeng	Aatomi ehituse skeem	Aatomi raadiuse suure- mine	Mittemetal- like oma- duste nõrge- nemine
F	19	+9		↓	↓
Cl	35,5	+17		↓	↓
Br	80	+35		↓	↓
I	127	+53		↓	↓

Halogeenide rühmas fluorilt joodi suunas kasvab aatomi raadius. Kuna valentselektronide kaugus tuumast suureneb, hoitakse neid ka nõrgemini kinni. Järelikult nõrgenevad samas suunas halogeenide mittemetallilised omadused ja suurenevad metallilised omadused. Seda võime täheldada ka halogeenide juures väliselt. Fluor ja kloor on gaasid, broom on vedelik, jood on tahke, metalse läikega aine.

Halogeenide asendist perioodilisuse süsteemi seitsmendas rühmas järeldeb, et nad moodustavad vesinikuga ühendi RH (näiteks HF, HCl, HBr, HI). Kuigi halogeenid hapnikuga otseselt ei reageeri, tuntakse ühendeid, kus halogeeni kõrgeim valents hapniku suhtes on seitse, nagu järeldeb ka perioodilisuse süsteemi seitsmenda rühma elementide oksiidide tüüpvaalemist R_2O_7 (näiteks Cl_2O_7).

§ 1. KLOOR – Cl.

Molekuli valem Cl_2 . Aatommass 35,5; molekulmass 71,0.

1. KLOORI FÜSIKALISED OMADUSED.

- ▶ *Kloori värvus, lõhn ja tihedus (võrreldes õhuga)*
- ▶ *Kloorivesi*
- ▶ *Võtted kloori füüsikaliste omadustega tutvumiseks*

Märkus. Kloor on mürgine, mistõttu temaga tutvumisel tuleb olla väga ettevaatlik. Katsetel klooriga peame mees: 1) katsed tuleb läbi viia tõmbekapis või selleks kohandatud ohututes seadmetes, kasutades väikesi ainekoguseid; 2) klooriga täidetud nõud on vaja sulgeda vaseliiniga kaetud klaasplaadiga või korkiga; 3) katse lõppedes suletakse vastav nõu kohe; 4) pärast tundi pestakse kloori sisaldavad nõud, asetades need esmalt kummuli sooda lahusesse.

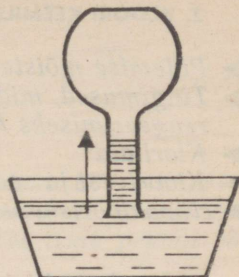
Kloor on tavalistel tingimustel iseloomuliku terava lõhnaga mürgine gaas.

Kloori nimetus on tuletatud kreekakeelsest sõnast *chloros*, mis tähendab *roheline*. Tegelikult on kloori värvus kollakasroheline.

Võrdleme kloori ja õhu raskust. Selleks juhime gaasijuhtetoru kaudu kolbi kloori. Asetame kolvi taha valge ekraani, et kloor oleks paremini nähtav. Kloor koguneb kolvi allossa, sest ta on õhust raskem.

Järgnevalt tutvume kloori lahustuvusega vees.

Joonis 38. Kloori lahustumine vees.



Katse. Asetame kolvi, milles vaatlesime kloori värvust, suudmega vette (joonis 38). Eemaldame vee all korgi ning liigutame kolbi vees üles-alla. Kui kolbi on tunginud veidi vett, suleme kolvi vee all uuesti korgiga, võtame ta veest välja ja loksutame. Viime nüüd kolvi uuesti vette ja eemaldame korgi — vett tungib veelgi kolbi. Kloor lahustub hästi vees.

Vett, milles on lahustunud kloori, nimetatakse klooriveeks.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Tuua näide ioonilise sidemega ühendi moodustumisest ühe halogeeni reageerimisel naatriumiga.
2. Võrrelda halogeenide rühma elemente keemiliselt aktiivsusest VI rühma mittemetalliliste elementidega.
3. Missuguse keemilise sidemega on kloori aatomid kloori molekulis?
4. Määrata kloori valents järgmistes ühendites: HCl , HClO_3 , Cl_2O_7 , HClO_4 .
5. Arvutada naatriumkloriidi kloorisisaldus protsentides. (60,7%)
6. Mitu molekuli on 35,5 g klooris?
7. Vedela kloori tihedus on $1,57 \text{ g/cm}^3$. Kui suure ruumala võtab enda alla 47,1 g vedelat kloori?
8. Kui palju kaalub a) 1 g-aatom, b) 1 mool kloori?
9. 10,8 g 16,15%-lisele vesinikkloriidhappele lisati 5,88 g 20%-list kaaliumhüdrosiidi lahust. Missugune on lakmuse värvus tekkivas vedelikus?

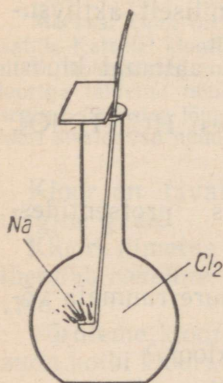
2. KLOORI KEEMILISED OMADUSED.

- ▶ Põlemise mõiste
- ▶ Tingimused, mida on vaja erinevate metallide ja mittemetallide reageerimiseks klooriga
- ▶ Kloriidid
- ▶ Kloorivesi ja soolhape
- ▶ Hüpokloorishape ja kloorivee pleegitav toime

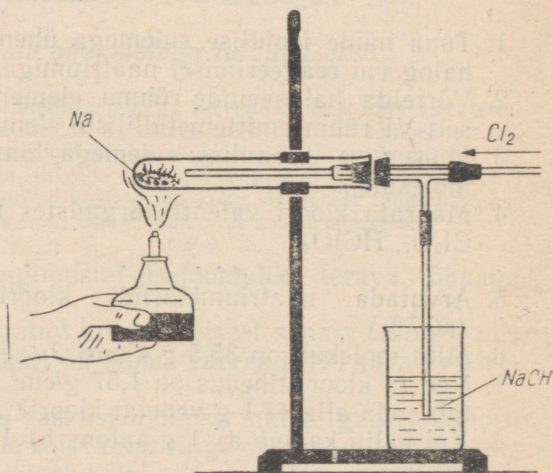
Kloori keemiliste omadustega tutvumiseks vaatleme tema reageerimist mõnede liht- ja lihtainetega.

Kloori reageerimine metallidega.

Katse 1. Võtame aine põletamise lusikasse tikupeasuuruse naatriumitüki ja soojendame seda põleti leegis, kuni naatrium sulab. Viime nüüd lusika koos sulanaatriumiga klooriga täidetud kolbi (joonis 39). Naatrium süttib ja põleb heleda leegiga. Kolvi seintele moodustub valge kirme. (Juhul kui hakkab eralduma punakaspruuni suitsu, eemaldame lusika kolvist.) Tõmbekapi puudumisel võib katse läbi viia seadmes, mis on kujutatud joonisel 40.

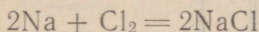


Joonis 39. Naatriumi põlemine klooris.



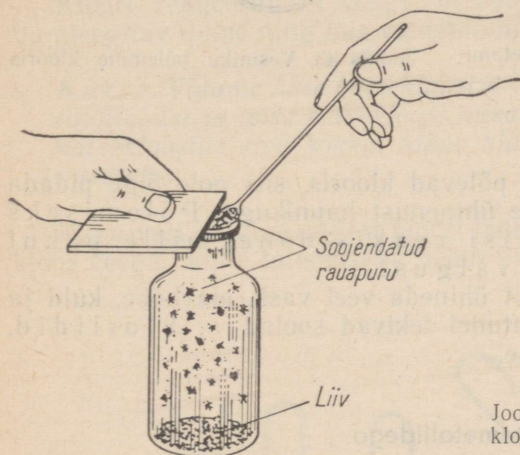
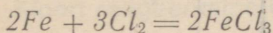
Joonis 40. Seadis naatriumi põlemise demonstreerimiseks klooris.

Naatriumi põlemisel klooris moodustub naatriumkloriid. Reaktsiooni võrrand on järgmine:



Ka teised metallid põlevad klooris.

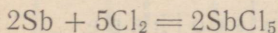
Katse 2. Puistame klooriga täidetud purki või silindrisse (mille põhjas on liiv) hõõgumiseni kuumutatud rauapulbrit. Raud põleb heledate sähvatustega, kusjuures tekib pruuni värvusega raud(III)kloriid:



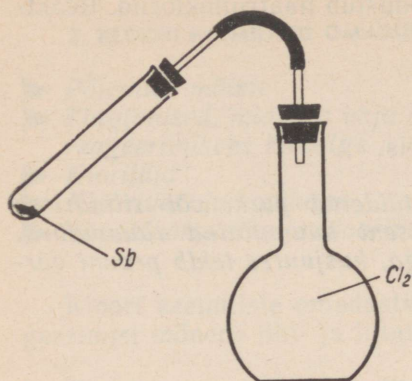
Joonis 41. Rauapulbri põlemine klooris.

Millega seletada pruunide aurude teket, kui naatriumi põletamiseks klooris kasutatakse raudlusikat?

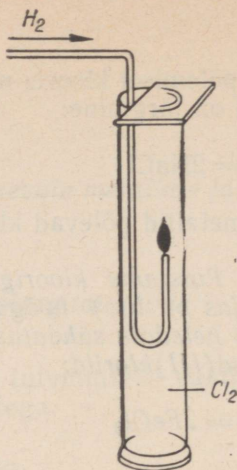
Katse 3. Puistame klooriga täidetud purki või silindrisse (mille põhjas on liiv) antimoni (Sb) pulbrit. Antimon süttib klooris ja anum täitub antimonpentakloriidi (SbCl_5) valge suitsuga:



Ohutu on katse teostamine joonisel 42 kujutatud seadme abil.



Joonis 42. Seadis antimoni põletamiseks klooris.



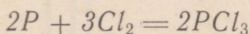
Joonis 43. Vesiniku põlemine klooris

Kuna mitmed metallid põlevad klooris, siis pole õige pidada põlemiseks ainuüksi ainete ühinemist hapnikuga. Põlemiseks tuleb pidada ka teisi reaktsioone, mille puhul eraldub soojust ja valgust.

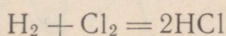
Klooriga võivad otseselt ühineda veel vask, elavhõbe, kuld ja teised metallid. Kõigil juhtudel tekivad soolad — kloriidid, milles kloor on ühevalentne.

Kloori reageerimine mittemetallidega.

Katse 1. Viime kloori sisaldavasse purki ainete põletamise lusikal veidi punast fosforit. Fosfor süttib klooris iseenesest. Purki tekivad fosfortrikloriidi (PCl_3) aurud:



Kloor reageerib ka vesinikuga (joonis 43). Vesinik põleb klooris, moodustades vesinikkloriidi (HCl):



Vesinikkloriidi vesilahus on soolhape.

Kloori reageerimine vesinikuga võib toimuda ka energiliselt.

Katse 2. Täidame ühe katseklaasi klooriga ja teise vesinikuga. Asetame katseklaasid suudmetega teineteise vastu ja segame gaase, nagu on näidatud joonisel 44. Viime nüüd katseklaasid suudmetega põleti leeki. Toimub plahvatus. Proovime lakmuse lahusega, milline aine tekib reaktsiooni tulemusena.

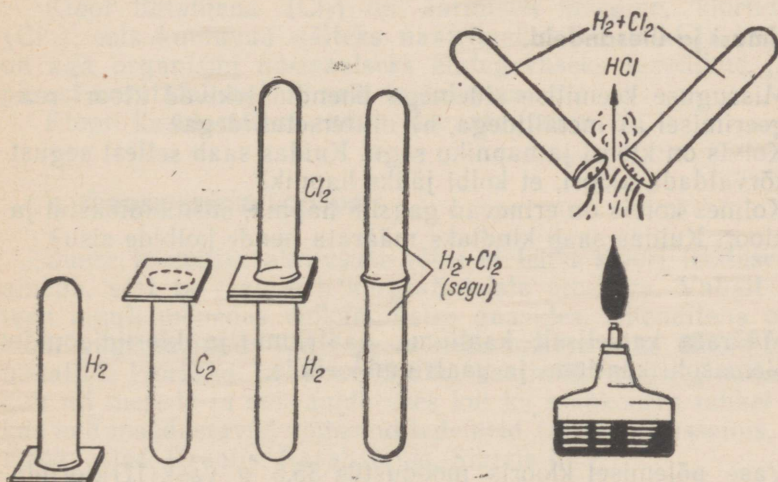
Vesiniku ja kloori segu plahvatus võib toimuda ka tugeva valguse käes.

Kloori reageerimine veega.

Kloori reageerimisel veega moodustub kloorivesi, millel on pleegitav toime ning mis valastab mitmeid värvaineid.

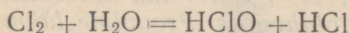
Katse. Võtame ühte katseklaasi 4—5 ml tugevasti lahjendatud tindilahust ja teise katseklaasi niisamapalju kloorivett. Valame katseklaaside sisu kokku. Mõne aja pärast muutub lahus värvusetuks.

Kloorivesi kujutab endast kloori lahust vees. Osaliselt reageerib kloor veega, mille tulemusena tekib väga ebapüsiv hape hüpoo-

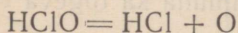


Joonis 44. Kloori ja vesiniku segu plahvatab süütamisel.

kloorishape (HClO) ja vesinikkloriidhape ehk soolhape (HCl):



Hüpokloorishape laguneb järgmise keemilise võrrandi kohaselt:



Hapnik on tekkimise momendil atomaarne (aatomitena — molekulideks ühinemata). Just selline hapnik ongi võimeline värvaineid pleegitama. Atomaarne hapnik reageerib värvainetega, mille tulemusena tekib värvuseta ühend. Öeldakse, et värvaine pleegib. Tavalisel hapnikul, mille molekulid koosnevad kahest aatomist, puudub nii suur oksüdeeriv toime, mistõttu ta värvaineid ei valasta. Atomaarse hapniku eraldumise tõttu kasutataksegi kloorivett riide (puuvillase, linase ja kanepist riide) ning paberi pleegitamiseks. Villast ja siidriiet ei tohi klooriga pleegitada, sest kloor šöövkitab neid. Pleegitamise järel tuleb kloor riidest kõrvaldada, et mitte kahjustada riide kvaliteeti.

Atomaarne hapnik, mis moodustub hüpokloorishappe lagunemisel, hävitab ka pisikuid. Seepärast lahustatakse vees enne veevõrku saatmist vähesel hulgal kloori.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Missuguse keemilise sidemega ühendid tekivad kloori reageerimisel a) metallidega, b) mittemetallidega?
2. Kolvis on kloori ja hapniku segu. Kuidas saab sellest segust kõrvaldada kloori, et kolbi jääks hapnik?
3. Kolmes kolvis on erinevad gaasid: hapnik, süsinikdioksiid ja kloor. Kuidas saab kindlaks määrata nende kolbide sisu?
.
4. Määrata katseliselt kaalium-, naatrium- ja kloriidioonide olemasolu kaalium- ja naatriumkloriidis.
.
5. Vase põlemisel klooris moodustus 35,5 g vask(II)kloriidi. Mitu grammi kloori ja vaske reageeris? (16,75 g vaske, 18,75 g kloori)

6. Mitu grammi fosforit põles klooris, kui tekkis 1,35 g fosfortrikloriidi (PCl_3)?
7. Kinnises nõus pandi plahvatama gaasisegu, mis koosnes 0,02 moolist vesinikust ja 0,01 moolist kloorist. Mis oli nõus pärast plahvatust? Leida tekkinud aine kogus grammides.

3. KLOORI KASUTAMINE.

- *Kloori omadused, millel põhineb tema kasutamine*
► *Tähtsamate klooriühendite leiukohad*

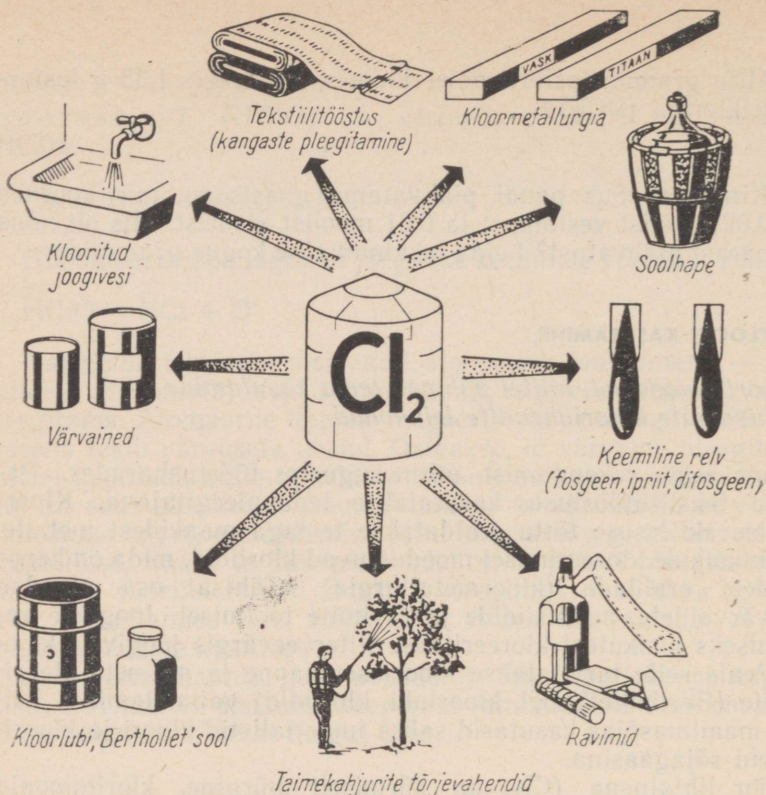
Kloor leiab rakendamist mitmesugustes tööstusharudes. Paberi- ja tekstiilitööstuses kasutatakse teda pleegitajana. Kloori keemilise aktiivsuse tõttu eraldatakse temaga maakidest metalle. Metallimaakide kloreerimisel moodustuvad kloriidid, mida on kerge maakidest eraldada (kloormetallurgia). Tähtsat osa etendab kloor värvainete, pestitsiidide ja ravimite tootmisel. Joogivee vabastamiseks pisikutest kloreeritakse filterveevärgis joogivett klooriga. Peale selle tarvitatakse kloori soolhappe ja mitmete klooriühendite (Berthollet' sool, kloorlubi, kloriidid) valmistamisel. Esiimeses maailmasõjas kasutasid saksa imperialistid kloori ja klooriühendeid sõjagaasina.

Kloor lihtainena (Cl_2) on äärmiselt mürgine, kloriidioonid (Cl^-), mis kuuluvad näiteks naatriumkloriidi (NaCl) koostisse, on aga organismi normaalseks elutegevuseks tarvilikud ja see pärast kasutataksegi viimast toidulisana.

Kloori kasutamisest annab ülevaate joonis 45.

4. KLOORIÜHENDID LOODUSES.

Suure keemilise aktiivsuse tõttu ei leidu kloori looduses lihtainena, sest ta reageerib kergesti teiste ainetega. Vabalt leidub teda ainult mõnedes vulkaanilistes gaasides. Ühenditena on aga kloor väga levinud. Tema peamisteks looduslikeks ühenditeks on metallide kloriidid: naatriumkloriid, kaaliumkloriid jt., mida sisaldub nii merede ja ookeanide vees kui ka maakoos tahkel kujul, kus nad moodustavad võimsaid lademeid (Donetsi basseinis, Taga-Kaukaasias, Uraalis, Kasahstanis, Siberis jm.).



Joonis 45. Kloori kasutamine.

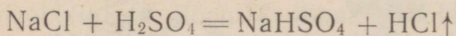
§ 2. VESINIKKLORIID – HCl.

- ▶ Vesinikkloriidi laboratoorne saamine
- ▶ Vesinikkloriidi füüsikalised omadused
- ▶ Vesinik- ja kloriidioonide tõestamine vesinikkloriidhappes (soolhappes)

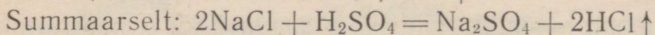
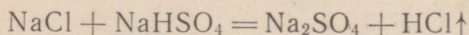
Vesinikkloriidi saadakse laboratoorsetes tingimustes, lähtudes naatriumkloriidist. Selleks lisatakse viimasele kontsentreeritud väävelhapet ning soojendatakse. Eralduv vesinikkloriid kogutakse, nagu on näidatud joonisel 9. Vesinikkloriidiga täidetud kolvi viimisel suudmega vette tungib vesi kolbi. Vee tungimine kolbi osutab vesinikkloriidi heale lahustumisele vees.

Naatriumkloriidi ja väävelhappe vaheline reaktsioon kulgeb olenevalt tingimustest järgmiselt:

a) madalamal temperatuuril tekib vesiniksool — naatriumvesiniksulfaat (NaHSO_4) ja vesinikkloriid:

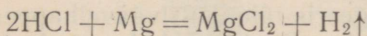


b) kõrgemal temperatuuril (700°C) reageerib tekkinud naatriumvesiniksulfaat naatriumkloriidiga ja tekib lihtsool — naatriumsulfaat ja vesinikkloriid:

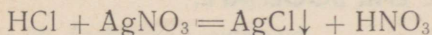


Vesinikkloriid on värvuseta, terava lõhnaga õhust raskem mürgine gaas, mis lahustub hästi vees.

Sinine lakmus värvub vesinikkloriidi vesilahuses (soolhappes) punaseks. Lisatav pulbriline magneesium aga reageerib energiliselt, mille tulemusena eraldub vesinikku:



Kui lisada soolhappe lahusele paar tilka hõbenitraadi (AgNO_3) lahust, tekib valge hõbekloriidi sade, millest teeme järelduse, et saadud hape on tõesti soolhape.



Tööstuslikult saadakse vesinikkloriidi vesiniku põletamisel klooris.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Mille poolest kloor lihtainena erineb kloorist, mis esineb ühendite koostises?
2. Näidata kaardil Nõukogude Liidu tähtsamate klooriühendite leiukohti.
3. Mis tüüpi reaktsioon kulgeb kaaliumkloriidi reageerimisel väävelhappega ja miks ta kulgeb lõpuni?
4. Lähtudes naatriumkloriidist saada a) vesinikkloriidi, b) kloori. (Katse teha tõmbekapis!)

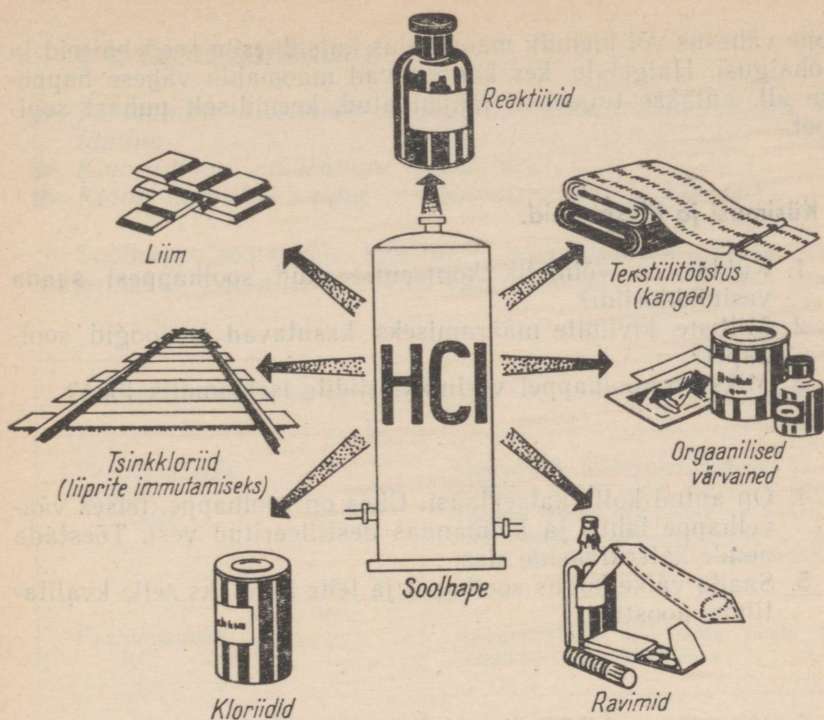
5. Valmistada 250 g 5%-list naatriumkloriidi lahust.
6. Vesiniku põlemisel klooris saadi 3 mooli vesinikkloriidi. Mitu grammi vesinikku ja kloori kulus reaktsioonil?
7. Mitu grammi ammoniaki (NH_3) peab reageerima vesinikkloriidiga, et saada 10,9 g ammooniumkloriidi, NH_4Cl ? (3,4 g)
8. Mitu mooli vesinikkloriidi võib saada 5,85, g naatriumkloriidi reageerimisel väävelhappega ja kui palju 20%-list soolhapet saab sellest vesinikkloriidi kogusest valmistada?
9. Vedela vesinikkloriidi tihedus on 1,19. Arvutada 5,84 g vedela vesinikkloriidi ruumala.
10. 29,25 g naatriumkloriidi reageeris täielikult väävelhappega. Eraldunud gaas lahustati kahes liitris vees. Arvutada tekkinud soolhappe protsendiline kontsentratsioon. (0,91%)

§ 3. VESINIKKLORIIDHAPE EHK SOOLHAPE.

- ▶ *Kontsentreeritud soolhape, selle füüsikalised omadused*
- ▶ *Soolhappe keemilised omadused*
- ▶ *Soolhappe tähtsamad kasutusala*

Vesinikkloriidi lahustamisel vees saadakse soolhape. Kontsentreeritud soolhape sisaldab umbes 37% vesinikkloriidi ja sellise happe tihedus on 1,19. Kontsentreeritud soolhape «suitseb» õhus, sest hapest eralduv vesinikkloriid tekitab õhuniiskusega väikesi piisakesi. Puhas soolhape on värvuseta, terava lõhnaga vedelik, mis mõjub söövitavalt, seepärast tuleb vältida tema sattumist nahale ja riidele. Soolhapet, mis on lisandite tõttu värvunud kollaseks (rauasoolad), nimetatakse tehniliseks soolhappeks.

Soolhape reageerib enamike metallidega, ainult mõned, metallide pingereas vesinikust paremal asuvad metallid — vask, hõbe, plaatina ja kuld, ei reageeri temaga. Plii pinnale tekib esialgsel reageerimisel tihe pliiid (PbCl₂) kiht, mis kaitseb metalli soolhappe toime eest.



Joonis 46. Soolhappe kasutamine.

Väävelhappe ja lämmastikhappe kõrval on soolhape üks enam-kasutatavaid ja tähtsamaid happeid. Peamine kogus soolhapet läheb paljude kloriidide valmistamiseks, mida kasutatakse reaktiividena laboratooriumides, värvainete, arstimate, mürgkemikaalide jne. tootmiseks. Kontide töötlemisel soolhappega saadakse liimi. Nahkade kroomparkimisele eelneb nende töötlemine soolhappega. Soolhapet kasutatakse sünteetilise kautšuki, glükoosi ning suhkrutootmisel, jootmis- ja tinutamistöödel puhastusvahendina (näiteks metallide pinna jm. puhastamisel), toiduainete tööstuses, väikeste kloorikoguste saamiseks laboratooriumides jne.

Soolhappe kasutamist on piltlikult kujutatud joonisel 46.

Soolhappel on suur füsioloogiline tähtsus. Inimese ja loomade maomahlas sisalduv soolhape etendab tähtsat osa valkude seedimisel. Inimese maomahl sisaldab soolhapet umbes 0,5%. Sool-

happe vähesus või ülehulk maomahlas kutsub esile seedehäireid ja maohaigusi. Haigetele, kes kannatavad maomahla vähesuse all, antakse tugevasti lahjendatud, keemiliselt puhast soolhapet.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Kuidas on võimalik kontsentreeritud soolhapest saada vesinikkloriidi?
2. Milliste kivimite määramiseks kasutavad geoloogid soolhapet?
3. Miks on soolhappel vesinikkloriidile iseloomulik lõhn?
4. On antud kolm katseklaasi. Ühes on soolhappe, teises väävelhappe lahus ja kolmandas destilleeritud vesi. Tõestada nende katseklaaside sisu.
5. Saada väike kogus soolhapet ja teha kindlaks selle kvalitaatiivne koostis.
6. Mitu grammi 7,3%-list soolhapet kulub 0,5 mooli kaltsiumoksiidiga reageerimiseks?
7. 1,4 g kaltsiumoksiidi pandi reageerima 3,65 kg 0,1%-lise soolhappega. Missugune on saadud lahuse reaktsioon (happeline, aluseline või neutraalne)?
8. Kas 80 l 20%-lisest soolhapest (tihedus 1,100) jätkub 87 g tsingiga reageerimiseks?
9. Katlakivi kõrvaldamiseks kasutatakse 4%-list soolhapet, tihedusega 1,02. Mitu kg 25%-list soolhapet tuleb sellise lahuse valmistamiseks võtta, kui katla maht on 4 m³? (650 kg)
10. Mitu grammi süsinikdioksiidi võib saada 300 g tehnilise potase reageerimisel soolhappega, kui potase kaaliumkarbonaadi sisaldus on 86%?

§ 4. KLOORIUHENDID.

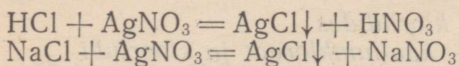
- Tähtsamate kloriidide omadused, millel põhineb nende kasutamine
- Klooriidiooni määramine kloriidides
- Kloori hapnikuühendid — kaaliumkloraat ja kloorlubi

Soolhappe soolasid — kloriide — kasutatakse laialdaselt rahvamajanduses. Tutvume tähtsamatega neist.

Tabel 16.

Kloriidi nimetus ja valem	Kasutusala
Naatriumkloriid, keedusool, NaCl	Maitseaine toiduvalmistamisel ja toiduainete (liha, kala, või jne.) konserveerimisel. Keemiatööstuses — naatriumhüdrosiidi, soolhappe, kloori, naatriumi, sooda jt. ainete tootmiseks.
Kaaliumkloriid, KCl	Kaaliumväetis. Lähteaine teiste kaaliumühendite tootmiseks.
Tsinkkloriid, ZnCl_2	Puidu immutusvahend (kaitseb mädanemise eest). Metallide jootevedeliku valmistamiseks (tsinkkloriidi lahus puhastab metallipinna oksiidikihist ja ei lase sellel tekkida ka jootmise ajal).
Raud(III)kloriid, FeCl_3	Kolmevalentsete rauaühendite saamiseks ja meditsiinis (verd sulgev vahend näiteks ninaverejooksu puhul).
Baariumkloriid, BaCl_2	Mürgisuse tõttu kasutatakse taimekahjurite tõrjevahendina.
Kaltsiumkloriid, CaCl_2	Eksikaatorites vett neelava ainaena.
Elavhõbe(II)kloriid, sublumaat HgCl_2	Väga mürgine, leiab kasutamist desinfitseeriva ainaena.
Hõbekloriid AgCl	Fotopaberite valmistamisel.

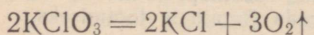
Soolhappe happejäägi kindlaksmääramiseks nii happes kui ka tema soolades kasutatakse hõbenitraati. Reaktsiooni tulemusena moodustub valge sade — hõbekloriid:



Lämmastikhappes hõbekloriidi sade ei lahustu. Järelikult saab lämmastikhappes lahustumatu hõbekloriidi sademe tekke järgi otsustada soolhappe happejäägi olemasolu üle. Hõbenitraat on seega soolhappe ja kloriidide reaktiiviks, (aine, mille abil tuntakse ära teine aine).

Hapnikku sisaldavatest klooriühenditest on tähtsamad kaaliumkloraat ehk Berthollet' sool ja kloorlubi.

Kaaliumkloraat (KClO_3) ehk Berthollet' sool on keemialaboratooriumis tuntud hapniku saamise lähteainena. Kuumutamisel laguneb ta kaaliumkloriidiks ja hapnikuks:



Segus mitmesuguste põlevate ainetega (sõe, väävli, suhkrud jt.) plahvatab kaaliumkloraat kergesti mitte ainult loogist, vaid ka juba ainete segamisel tekkivast hõrdumisest. Seepärast peab tema käsitlemisel olema väga ettevaatlik. Kaaliumkloraat kasutatakse tuletikkude ja lõhkeainete (sütikud) valmistamisel.

Kloorlubi on keeruka koostisega mitme aine segu, mida saadakse kloori reageerimisel kaltsiumhüdroksiidiga. Ta sisaldab kaltsiumhüdroksiidi, vaba kloori, kaltsiumkloriidi ja kaltsiumhüpokloriiti [$\text{Ca}(\text{ClO})_2$]. Kloorlubja lagunemisel eraldub gaasiline kloor ja atomaarne hapnik, mistõttu teda kasutatakse desinfitseerimis- ja pleegitusvahendina (paberitööstuses).

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Nimetada kloriide, mis ei lahustu vees (kasutada soolade lahustuvuse tabelit).
2. Mis tüüpi reaktsioon toimub kloriidiooni kindlaksmääramisel ja miks see kulgeb lõpuni?

3. Kolmes katseklaasis on järgmised lahused: ühes soolhappe, teises naatriumkloriidi ja kolmandas kaaliumnitraadi lahus. Määrata, kus on naatriumkloriidi lahus ja kus on soolhappe.
4. Teostada asendusreaktsioon raua ja vask(II)kloriidi vahel ning arvutada, mitu grammi vaske on võimalik sel teel saada 3 moolist vask(II)kloriidist?

5. Mitu mooli kaltsiumkloriidi tekkis 400 g marmori reageerimisel soolhappega, kui marmor sisaldas 5% lisandeid?
6. Suhkrupeditaimi pritsiti kahjurite tõrjeks 4%-lise baariumkloriidi lahusega. Arvutada a) baariumkloriidi kogus, mida vajatakse 20 kg sellise lahuse valmistamiseks, b) klooriisaldus 1 kilogrammis antud lahuses.

7. 0,4 g peent vasktraati põletati klooris ja tekkiv vaskkloriid lahustati 50 grammis vees. Missugune on saadud lahuse protsendiline kontsentratsioon?
8. Mitu liitrit kloori (1 l kloori kaalub normaaltingimustes 3,21 g) on võimalik saada kahest moolist kaaliumkloraadist selle reageerimisel soolhappega? Reaktsiooni saadusteks on veel kaaliumkloriid ja vesi. (132,7 l)

§ 5. FLUOR, BROOM, JOOD.

- ▶ Fluori omadused, vesinikfluoriid
- ▶ Broomi omadused
- ▶ Joodi omadused; sublimatsiooninähtus; reaktsioon tärglisega
- ▶ Halogeenide suhteline aktiivsus

1. FLUOR — F.

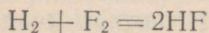
Molekuli valem F_2 . Aatommass 19, molekulmass 38.

Vaba fluor on mürgine gaas, mis on õhust veidi raskem (kloorist kergem), helekollase värvuse ja terava lõhnaga. Minimaalse fluorisaldusega õhu sissehingamine ärritab hingamisteede limanahku. Fluor söövitab tugevasti nahka.

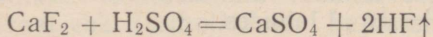
Gaasilise fluori molekul koosneb kahest aatomist — F_2 (loe eff-kaks).

Keemilistelt omadustelt on fluor kõige järsemalt väljenduv mittemetall. Ta on keemilistest elementidest kõige energilisem. Fluor reageerib kergesti peaaegu kõikide keemiliste elementidega ja paljude liitainetega.

Vesinikuga ühineb ta plahvatusega isegi pimedas. Fluori ühinemisel vesinikuga tekib vesinikfluoriid:



Vesinikfluoriidi saadakse tavaliselt kontsentreeritud väävelhappe toimel sulapaosse (CaF_2):

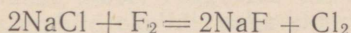


Vesinikfluoriid on harilikul temperatuuril kergesti lenduv vedelik, mis lahustub vees ja annab seejuures vesinikfluoriidhappe. Viimane on väga mürgine ja sööbiv. Vesinikfluoriidhappe tähelepanuväärseks omaduseks on tema võime klaasi söövitada, mistõttu teda kasutatakse mitmesuguste mustrite kaändmiseks klaasile. Teda säilitatakse eboniidist, kummist või pliist nõudes.

Vesinikfluoriidhappe soolasiid nimetatakse fluoriidideks.

Fluor reageerib energiliselt kõikide metallidega, moodustades fluoriide. Paljud metallid põlevad fluoris. Mittemetallid, nagu väävel, fosfor, arseen ja süsi süttivad fluoris ise.

Fluor tõrjub kloori, broomi ja joodi välja nende ühenditest:



Fluor esineb kõikides ühendites ühevalentsena.

Fluori ühenditel on tähtis osa võitluses väga levinud hamba-haigusega — hambasööbija ehk hambakaariesiga. Eriti levib hambasööbija seal, kus joogivees on fluori ühendeid liialt vähe. Viimasel ajal praktiseeritakse joogivee rikastamist nende ühenditega. Selle haiguse vältimiseks rakendatakse ka nn. hammaste fluorisatsiooni — hambapindade hõõrumist naatriumfluoriidi (NaF) sisaldava pastaga. Naatriumfluoriid, tungides hambavaabasse, soodustab kaltsiumisoolade ladestumist vaabas, mis suurendab hamba vastupidavust. Fluoriühendite üleküllus põhjustab seevastu hammaste lagunemist ning teisi haigusi.

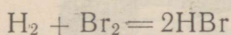
2. BROOM — Br.

Molekuli valem Br_2 . Aatommass 80, molekulmass 160.

Broom on kergesti auruv punakaspruuni värvusega väga mürgine vedelik.

Katse 1. Valame katseklaasi paar milliliitrit vett ja seejärel paar tilka broomi. Loksutame, kuni kogu broom lahustub. Broomi lahust vees nimetatakse broomiveeks. Valame saadud broomiveele veidi benseeni ja loksutame. Benseenikiht muutub pruuniks. Järelikult lahustub broom benseenis paremini kui vees.

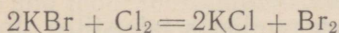
Nii nagu klooris, põleb vesinik ka broomis kahvatu leegiga. Reaktsiooni võrrand on järgmine:



Tekib värvusetu, terava lõhnaga gaas — vesinikbromiid. Vesinikbromiid lahustub vees, moodustades vesinikbromiidhappe. Selle happe soolasid nimetatakse bromiidideks. Nii vesinikbromiidhappes kui ka bromiidides on broom ühevalentne.

Katse 2. Valame katseklaasi paar milliliitrit kaalium- või naatriumbromiidi lahust ning juhime sellest läbi gaasilist kloori (või lisame kloorivett). Lahus värvub vaba broomi eraldumise tõttu pruuniks.

Katse tõestab, et reaktsioonides toimib kloor broomist energilisemalt, tõrjudes viimase ühenditest välja:



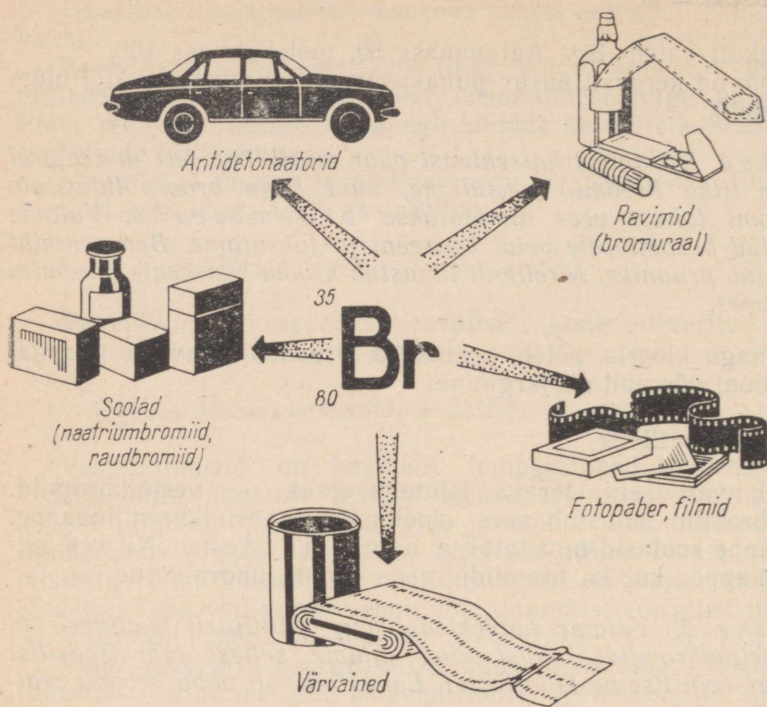
Broomi kasutamiselasid iseloomustab joonis 47.

3. JOOD — I.

Molekuli valem I_2 . Aatommass 127, molekulmass 254.

Jood on meile tuntud peamiselt jooditinktuurina (joodi lahus piirituses), mida kasutatakse väikeste haavade desinfitseerimiseks.

Jood ei ole aga vedelik, vaid metalse läikega hallikasmust kristalne aine. Joodi tihedus on 4,93. Vees lahustub jood halvasti, hästi



Joonis 47. Broomi kasutamine.

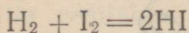
aga piirituses, benseenis ja teistes orgaanilistes lahustites. Joodi lahus piirituses ja eetris on pruun, benseenis — punakas.

Kui soojendada katseklaasis joodi kristallikesi, moodustub lilla aur, mis kondenseerub katseklaasi jahedatele seintele tahkete joodikristallidena, ilma et ta vahepeal veelduks.

Nähtust, mille puhul aur kondenseerub ja muutub tahkeks, vedelat olekut vahele jättes, nimetatakse sublimatsiooniks.

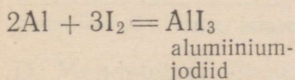
Lillade aurude järgi on jood saanud oma nimetuse (*iodes* tähendab kreeka keeles *sinililla*). Gaasilise joodi molekul koosneb kahest aatomist (I_2).

Kui halogeen reageerib jood vesiniku ja metallidega, kusjuures reaktsioonid nendega toimuvad joodi väiksema aktiivsuse tõttu aeglasemalt. Vesinikuga reageerib jood näiteks vaid soojendamisel (200°C), moodustades vesinikjodiidi (HI):



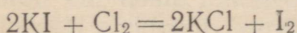
Vesinikjodiidi vesilahus on vesinikjodiidhape, mille soolaid nimetatakse jodiidideks.

Metallidega reageerimisel moodustab jood jodiide, näiteks:

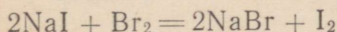


Jood on nii vesinikjodiidis kui ka jodiidides ühevalentne.

Kloor ja broom tõrjuvad joodi tema ühenditest välja. Kui lisada kaaliumjodiidi lahusele kloorivett ja benseeni ning loksutada, märkame peagi, et benseenikiht värvub lihtainena eralduva joodi toime punaseks:



Ka broom on joodist aktiivsem ja tõrjub viimase ühenditest välja:



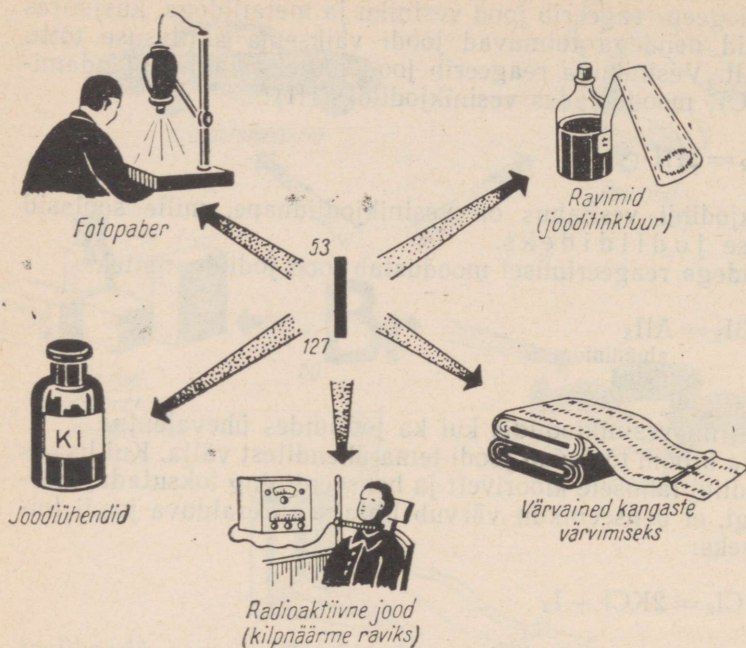
Vaba joodi tõestamiseks kasutatakse sageli veel tärgliskliistrit. Tärglis värvub joodi toime siniseks. Joodi ühendid ei muuda tärglise värvust.

Joodi kasutamisest annab ülevaate joonis 48.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Kuidas eristada kaaliumkloriidi kaaliumbromiidist?
2. Määrata halogeenide valents järgmistes ühendites: AlBr_3 , HBr , HIO_3 , OF_2 , HClO_4 .

3. On antud naatriumjodiidi lahus, kloorivesi ja tärgliskliister. Tõestada joodi olemasolu naatriumjodiidis.



Joonis 48. Joodi kasutamine.

4. Tõestada, et kartul sisaldab tärklist.

5. Naatriumfluoriidi vesilahust kasutatakse taimekahjurite tõrjeks. Kui palju naatriumfluoriidi ja vett kulub 200 kg 0,6%-lise lahuse valmistamiseks? (1,2 kg NaF, 198,8 kg vett)
6. 8,57 g kaltsiumfluoriidi, mis sisaldas 10% lisandeid, reageeris väävelhappega. Mitu grammi vesinikfluoriidi moodustus reaktsioonil? (4 g)

7. Lahusesse, mis sisaldas 8,3 g kaaliumjodiidi, juhti 19 g kloori. Mitu grammi joodi eraldub?
8. Arvutada, kui palju vesinikkloriidi on võimalik saada 23,4 g naatriumkloriidist, kui protsessi saagis on 98%.

§ 6. HALOGEENIDE RUHM.

Eespool nägime, et kuigi halogeenide füüsikalised omadused (värvus, olek, tihedus, keemispunkt jm.) on erinevad, võime keemilistes omadustes täheldada suurt sarnasust. Kõik halogeenid reageerivad vesinikuga, moodustades vastava vesinikhalogeniidi, mille vesilahus on hape. Nii vesinikhalogeniidides kui ka selle soolades on halogeenid kõik ühevalentsed.

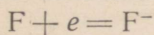
Halogeenide suhteline aktiivsus on aga erinev. Reastame halogeenid aktiivsuse langemise suunas:

F, Cl, Br, I

→
keemilise aktiivsuse langemine

D. Mendelejevi elementide perioodilisuse süsteemis paiknevad halogeenid seitsmendas rühmas. Halogeenide aatommass suureneb ülalt alla — fluorilt joodile. Samas suunas suureneb ka halogeenide aatomite tuumalaeng. Samuti korrapäraselt muutuvad halogeenide teised omadused. Keemiline aktiivsus tuumalaengu suurenemise suunas näiteks väheneb, sest aatomite raadius suureneb. Joodi seitse valentselektroni on seepärast tuumaga nõrgemini seotud kui teiste halogeenide valentselektronid ning joodi võime väliskihiti elektroni võtta on nõrgem.

Fluor liidab puuduva elektroni kõige energilisemalt, muutudes fluoriidiooniks:



Seaduspärasust näeme ka halogeenide oleku muutumises. Fluor ja kloor on gaasid, broom — vedelik ja jood — tahke aine.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Võrrelda halogeenide keemilist aktiivsust ja omadusi seoses nende aatomi ehitusega.
2. Missugused on halogeenide molekulivalemid?
3. Missugustel tingimustel reageerivad vesinikuga fluur, kloor, broom ja jood?
4. Missugused ühendid tekivad väävelhappe reageerimisel fluoriidide, kloriidide, bromiidide ja jodiididega?
5. Missugune element perioodilisuse süsteemis on kõige tüüpilisem mittemetall ja miks?

6. Võrrelda halogeenide rühma elemente keemiliselt aktiivsusest VI rühma mittemetallidega.
7. Määrata elementide valents järgmistes ühendites:
a) HIO_3 , b) HClO_4 , c) HBrO_3 .
8. Mitu grammi naatriumsulfaati tekib, kui 62 g 85%-list naatriumhüdroksiidi lahust neutraliseeritakse väävelhapp-ega? (93,575 g)
9. Kui palju vesinikku võib saada, kui 0,5 g-aatomit tsinki rea-geerib lahusega, milles on 2 mooli vesinikkloriidi?

Põhiküsimusi halogeenide kohta.

1. Halogeenide mõiste.
2. Nimetada halogeene. Kus nad paiknevad perioodilisuse süsteemis?
3. Mille poolest on sarnane halogeenide aatomite ehitus?
4. Kuidas tähistatakse gaasi või auruna esinevate halogeenide molekulivalemeid?
5. Mis on põlemine?
6. Miks halogeene ei leidu looduses vabas olekus? Põhjen-dada aatomi ehituse teooria alusel.
7. Nimetada halogeenide tähtsamaid keemilisi omadusi. Tuua näiteid reaktsiooni võrranditena.
8. Milles seisneb erinevus fluori keemilistes omadustes teiste halogeenidega võrreldes?
9. Millist üldnimetust kannavad halogeenide ühendid vesini-kuga?
10. Missugustel tingimustel toimub ühe või teise halogeeni reageerimine vesinikuga?
11. Milles seisneb kloorivee pleegitav toime?
12. Nimetada kloori tähtsamaid kasutusalasid ning omadusi, millel kloori selline kasutamine põhineb.
13. Mis on soolhape? Kuidas teda saadakse a) laboratooriumis, b) tööstuses?
14. Nimetada soolhappe tähtsamaid keemilisi omadusi. Tuua näiteid reaktsiooni võrranditena.
15. Kuidas tehakse kindlaks soolhapet ja kloriide?
16. Missugune on halogeenide olek ja värvus normaaltingi-mustel?

17. Kuidas muutuvad halogeenide keemilised omadused sõltuvalt aatommassist?
18. Millega on tingitud halogeenide erinev aktiivsus?
19. Missugune keemiline side esineb halogeenide ühendites a) metallidega, b) vesinikuga, c) halogeenide molekulides?
20. Mis on sublimatsioon? Milleks kasutatakse joodi sublimatsiooni?
21. Milleks kasutatakse joodi, broomi ja fluori?
22. Kuidas määratakse kindlaks a) vaba joodi, b) jodiidiooni?
23. Nimetada joodi, broomi ja fluori tähtsamaid ühendeid.

Tähtsamate keemiliste elementide nimetused, märgid ja aatommassid.

Keemiline element	Ladinakeelne nimetus	Keemiline märk	Loetakse keemilises valemis	Aatommass (ümardatud)
Alumiinium	Aluminium	Al	alumiinium	27
Antimon	Stibium	Sb	stiibium	122
Arseen	Arsenicum	As	arseen	75
Baarium	Barium	Ba	baarium	137
Boor	Borum	B	boor	11
Broom	Bromum	Br	broom	80
Elavhõbe	Hydrargyrum	Hg	hüdrargürum	201
Fluor	Fluorum	F	eff	19
Fosfor	Phosphorus	P	pee	31
Hapnik	Oxygenium	O	oo	16
Hõbe	Argentum	Ag	argentum	108
Jood	Iodum	I	jood	127
Kaalium	Kalium	K	kaalium	39
Kaadmium	Cadmium	Cd	kaadmium	112
Kaltsium	Calcium	Ca	kaltsium	40
Kloor	Chlorum	Cl	kloor	35,5
Koobalt	Cobaltum	Co	koobalt	59
Kroom	Chromium	Cr	kroom	52
Kuld	Aurum	Au	aurum	197
Lämmastik	Nitrogenium	N	enn	14
Magneesium	Magnesium	Mg	magneesium	24
Mangaan	Manganum	Mn	mangaan	55
Naatrium	Natrium	Na	naatrium	23
Nikkel	Niccolum	Ni	nikkel	59
Plaatina	Platinum	Pt	plaatina	195
Raud	Ferrum	Fe	ferrum	56
Räni	Silicium	Si	silliitsium	28
Plii	Plumbum	Pb	plumbum	207
Seleen	Selenium	Se	seleen	79
Strontsium	Strontium	Sr	strontsium	88
Süsinik	Carboneum	C	tsee	12
Telluur	Tellurium	Te	telluur	128
Tina	Stannum	Sn	stannum	119
Tsink	Zincum	Zn	tsink	65
Uraan	Uranium	U	uraan	238
Vask	Cuprum	Cu	kuprum	64
Vesinik	Hydrogenium	H	haa	1
Vismut	Bismuthum	Bi	vismut	209
Väävel	Sulfur	S	ess	32
Volfram	Wolframium	W	volfram	184

Metall Hüdroksiid- rühm või happejääk	I K	I Na	II Ba	II Ca	II Mg	III Al	III Cr	II Fe	III Fe	II Mn	II Zn	I Ag	II Hg	II Cu	II Pb
$\frac{I}{OH}$	l	l	l	vl	vl	e	e	e	e	e	e	—	—	e	e _n
$\frac{I}{Cl}$	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	e	l	l	vl
$\frac{II}{S}$	l	l	l	vl	l	—	—	e	—	e	e	e	e	e	e
$\frac{II}{SO_3}$	l	l	e	e	e	—	—	e	—	e	e	e	e	e	e
$\frac{II}{SO_4}$	l	l	e	vl	l	l	l	l	l	l	l	vl	l	l	e
$\frac{III}{PO_4}$	l	l	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
$\frac{II}{CO_3}$	l	l	e	e	e	—	—	e	e	e	e	e	e	e	e
$\frac{II}{SiO_3}$	l	l	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	—	e	e
$\frac{I}{NO_3}$	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l

Rooma numbrid tähistavad valentsi. Tabelis tähis «l» tähendab lahustuvat, «vl» — raskesti lahustuvat ja «e» — lahustumatut ühendit.

SISUKORD.

I. Gramm-aatom ja gramm-molekul.	3
§ 1. Gramm-aatom	3
§ 2. Gramm-molekul ehk mool	7
II. Anorgaaniliste ainete põhiklassid.	11
§ 1. Oksiidid	11
1. Oksiidide mõiste. Oksiidide esinemine looduses	11
2. Oksiidide saamine	11
3. Oksiidide klassifikatsioon	14
4. Aluseliste oksiidide keemilised omadused	17
5. Happeliste oksiidide keemilised omadused	19
6. Arvutusi keemiliste võrrandite järgi	22
§ 2. Happelid	28
1. Ettevaatusabinõusid hapetega töötamisel.	29
2. Hapete koostis	29
3. Hapete klassifikatsioon ja nimetus	33
4. Hapete keemilised omadused	35
§ 3. Alused ehk hüdroksiidid	46
1. Ettevaatusabinõud leelistega töötamisel	47
2. Aluste koostis ja nimetused	47
3. Aluste klassifikatsioon ja saamine	50
4. Aluste reageerimine hapete ja happeliste oksiididega	53
§ 4. Soolad	55
1. Soolade koostis ja klassifikatsioon	55
2. Soolade nimetus	59
3. Soolade valemite koostamine	60
4. Soolade omadused	63
5. Soolade saamine	69
§ 5. Anorgaaniliste ainete klassifikatsioon ja omavaheline seos	71
§ 6. Termokeemia põhimõisteid	74
III. D. Mendeleevi perioodilisusseadus ja elementide perioodilisuse süsteem.	
Aine ehitus.	
§ 1. Elementide klassifikatsioonist enne D. Mendeleevit	77
1. Leelismetallide rühm	77
2. Halogeenide rühm	80
3. Amfoteersed elemendid	84

§ 2. Perioodilisusseaduse avastamine D. Mendelejevi poolt	86
§ 3. D. Mendelejevi keemiliste elementide perioodilisuse süsteem	88
1. Perioodid ja read	88
2. Rühmad ja alarühmad	92
§ 4. Keemiliste elementide perioodilisusseadus ja perioodilisuse süsteem aatomi ehituse valgusel	95
1. Aatomi ehitus	95
2. Elemendi järjenumbri tähendus	96
3. Aatomi elektronkatete ehitus	97
§ 5. Keemiline side. Valents	101
1. Iiooniline side	101
2. Kovalentne side	105
3. Kovalentse sideme alaliigid	108
4. Keemilise sideme olemus	110
5. Valents	113
§ 6. Hapendumine ja taandumine	115
§ 7. Isotoobid	117
§ 8. Keemiliste elementide muundamine	120
§ 9. D. Mendelejevi perioodilisusseaduse ja perioodilisuse süsteemi tähtsus	122
§ 10. D. Mendelejevi elulugu	126
IV. Halogeenid	131
§ 1. Kloor	132
1. Kloori füüsikalised omadused	132
2. Kloori keemilised omadused	134
3. Kloori kasutamine	139
4. Klooriühendid looduses	139
§ 2. Vesinikkloriid	140
§ 3. Vesinikkloriidhape ehk soolhape	142
§ 4. Klooriühendid	145
§ 5. Fluor, broom, jood	147
1. Fluor	147
2. Broom	149
3. Jood	149
§ 6. Halogeenide rühm	153
Tabelid	156

Херги Карик, Вяйно Ратассепп
ХИМИЯ ДЛЯ VIII КЛАССА

На эстонском языке

Художественное оформление А. Сядэ

Издательство «Валгус». Таллин, Пярнуское шоссе, 10

*

Toimetaja I. Pikas. Kunstiline toimetaja H. Keigo. Tehniline toimetaja E. Toivere.
Korrektorid E. Talve ja M. Kristian.

Laduda antud 22. III 1968. Trükkida antud 6. VI 1968. Paber 60X84₁₆. Trükipaber
nr. 2 — Kohila Paberivabrik. Trükipoognaid 10 + 1 kleebis. Tingtrükipoognaid 9,3.
Arvestuspoognaid 8,93. Trükiarv 15 000. MB-05353. Tellimise nr. 649. Trükikoda «Punane
Täht», Tallinn. Pikk t. 54/58. Hind 20 kop.

PERIOODID	READ	I RÜHM	II RÜHM	III RÜHM	IV RÜHM	V RÜHM
I	1	¹ H 1,00797				
II	2	³ Li 6,939	⁴ Be 9,0122	⁵ B 10,81	⁶ C 12,01115	⁷ N 14,0067
III	3	¹¹ Na 22,9898	¹² Mg 24,312	¹³ Al 26,9815	¹⁴ Si 28,086	¹⁵ P 30,9738
IV	4	¹⁹ K 39,102	²⁰ Ca 40,08	²¹ Sc 44,956	²² Ti 47,90	
	5	²⁹ Cu 63,54	³⁰ Zn 65,37	³¹ Ga 69,72	³² Ge 72,59	³³ As 74,9216
V	6	³⁷ Rb 85,47	³⁸ Sr 87,62	³⁹ Y 88,905	⁴⁰ Zr 91,22	
	7	⁴⁷ Ag 107,87	⁴⁸ Cd 112,40	⁴⁹ In 114,82	⁵⁰ Sn 118,69	⁵¹ Sb 121,75
VI	8	⁵⁵ Cs 132,905	⁵⁶ Ba 137,34	^{57*} La 138,91	⁷² Hf 178,49	
	9	⁷⁹ Au 196,967	⁸⁰ Hg 200,59	⁸¹ Tl 204,37	⁸² Pb 207,19	⁸³ Bi 208,980
VII	10	⁸⁷ Fr (223)	⁸⁸ Ra (226)	^{89**} Ac (227)	¹⁰⁴ Ku (260)	

OKSIIDI TÜÜPVALEM	R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R
VESINIKUÜHENDI TÜÜPVALEM				RH ₄	R

* LANTANIIDID	⁵⁸ Ce 140,12	⁵⁹ Pr 140,907	⁶⁰ Nd 144,24	⁶¹ Pm (145)	⁶² Sm 150,35	⁶³ Eu 151,96	⁶⁴ Gd 157,25
** AKTINIIDID	⁹⁰ Th 232,038	⁹¹ Pa (231)	⁹² U 238,03	⁹³ Np (237)	⁹⁴ Pu (242)	⁹⁵ Am (243)	⁹⁶ Cm (247)

V RÜHM		VI RÜHM		VII RÜHM		VIII RÜHM			ELEKTRONIKHID
						2 He 4,0026 2			K
7 N 14,0067 5 2	8 O 15,9994 6 2	9 F 18,9984 7 2	10 Ne 20,183 8 2						L K
15 P 30,9738 5 8 2	16 S 32,064 6 8 2	17 Cl 35,453 7 8 2	18 Ar 39,948 8 8 2						M L K
23 V 50,942 2 11 8 2	24 Cr 51,996 1 13 8 2	25 Mn 54,9380 2 13 8 2	26 Fe 55,847 2 14 8 2	27 Co 58,9332 2 15 8 2	28 Ni 58,71 2 16 8 2				N M L K
33 As 74,9216 5 18 8 2	34 Se 78,96 6 18 8 2	35 Br 79,909 7 18 8 2	36 Kr 83,80 8 18 8 2						N M L K
41 Nb 92,906 1 12 18 8 2	42 Mo 95,94 1 13 18 8 2	43 Tc (99) 1 14 18 8 2	44 Ru 101,07 1 15 18 8 2	45 Rh 102,905 1 16 18 8 2	46 Pd 106,4 0 18 8 2				O N M L K
51 Sb 121,75 5 18 18 8 2	52 Te 127,60 6 18 18 8 2	53 I 126,9044 7 18 18 8 2	54 Xe 131,30 8 18 18 8 2						O N M L K
73 Ta 180,948 2 11 32 18 8 2	74 W 183,85 2 12 32 18 8 2	75 Re 186,2 2 13 32 18 8 2	76 Os 190,2 2 14 32 18 8 2	77 Ir 192,2 2 15 32 18 8 2	78 Pt 195,09 1 17 32 18 8 2				P O N M L K
83 Bi 208,980 5 18 32 18 8 2	84 Po (210) 6 18 32 18 8 2	85 At (210) 7 18 32 18 8 2	86 Rn (222) 8 18 32 18 8 2						P O N M L K
									Q P O N M L K
R ₂ O ₅		RO ₃		R ₂ O ₇		RO ₄			
RH ₃		RH ₂		RH					
64 Gd 157,25 2 8 28 18 8 2	65 Tb 158,924 2 8 27 18 8 2	66 Dy 162,50 2 8 28 18 8 2	67 Ho 164,930 2 8 29 18 8 2	68 Er 167,26 2 8 30 18 8 2	69 Tm 168,934 2 8 31 18 8 2	70 Yb 173,04 2 8 32 18 8 2	71 Lu 174,97 2 8 32 18 8 2		P O N M L K
96 Cm (243) 2 9 32 28 18 8 2	97 Bk (249) 2 9 32 27 18 8 2	98 Cf (249) 2 9 32 28 18 8 2	99 Es (254) 2 9 32 29 18 8 2	100 Fm (255) 2 9 32 30 18 8 2	101 Md (256) 2 9 32 31 18 8 2	102 No (254) 2 9 32 32 18 8 2	103 Lw (257) 2 9 32 32 18 8 2		Q P O N M L K

20 kop.

A-29317

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00380231 3