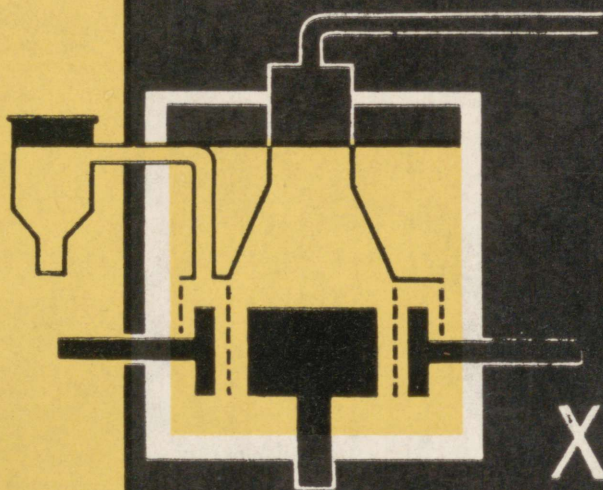


H. KARIK K. PRINKMAN  
V. RATASSEPP

# KEEMIA



X

KLASSILE

AR

D. MENDELEJEVI

Perioodid	Read	K e e m i l i s t e e l e					
		I	II	III	IV	V	
I	1	H <sup>1,00797</sup> <sup>1</sup> Vesinik					
II	2	Li <sup>6,939</sup> <sup>3</sup> Litium	Be <sup>9,0122</sup> <sup>4</sup> Berüllium	<sup>5</sup> <sup>10,811</sup> B Boor	<sup>6</sup> <sup>12,01115</sup> C Süsinik	<sup>7</sup> <sup>14,0067</sup> N Lämmastik	
III	3	Na <sup>22,9898</sup> <sup>11</sup> Naatrium	Mg <sup>24,312</sup> <sup>12</sup> Magneesium	<sup>13</sup> <sup>26,9815</sup> Al Alumiinium	<sup>14</sup> <sup>28,086</sup> Si Räni	<sup>15</sup> <sup>30,9738</sup> P Fosfor	
IV	4	K <sup>39,102</sup> <sup>19</sup> Kaalium	Ca <sup>40,08</sup> <sup>20</sup> Kaltsium	Sc <sup>44,956</sup> <sup>21</sup> Skandium	Ti <sup>47,90</sup> <sup>22</sup> Titaan	V <sup>50,942</sup> <sup>23</sup> Vanaadium	
	5	<sup>29</sup> <sup>63,54</sup> Cu Vask	<sup>30</sup> <sup>65,37</sup> Zn Tsink	<sup>31</sup> <sup>69,72</sup> Ga Gallium	<sup>32</sup> <sup>72,59</sup> Ge Germaanium	<sup>33</sup> <sup>74,9216</sup> As Arseen	
V	6	Rb <sup>85,47</sup> <sup>37</sup> Rubiidium	Sr <sup>87,62</sup> <sup>38</sup> Strontsium	Y <sup>88,906</sup> <sup>39</sup> Ütrium	Zr <sup>91,22</sup> <sup>40</sup> Tsirkoonium	Nb <sup>92,906</sup> <sup>41</sup> Niobium	
	7	<sup>47</sup> <sup>107,870</sup> Ag Hõbe	<sup>48</sup> <sup>112,40</sup> Cd Kaadmium	<sup>49</sup> <sup>114,82</sup> In Indium	<sup>50</sup> <sup>118,69</sup> Sn Tina	<sup>51</sup> <sup>121,75</sup> Sb Antimon	
VI	8	Cs <sup>132,905</sup> <sup>55</sup> Tseesium	Ba <sup>137,34</sup> <sup>56</sup> Baarium	La* <sup>138,91</sup> <sup>57</sup> Lantaan	<sup>58-71</sup> Lante- midid	Hf <sup>178,49</sup> <sup>72</sup> Hafnium	Ta <sup>180,948</sup> <sup>73</sup> Tantaal
	9	<sup>79</sup> <sup>196,967</sup> Au Kuld	<sup>80</sup> <sup>200,59</sup> Hg Elavhõbe	<sup>81</sup> <sup>204,37</sup> Tl Tallium	<sup>82</sup> <sup>207,19</sup> Pb Plii	<sup>83</sup> <sup>208,980</sup> Bi Vismut	
VII	10	Fr (223) <sup>87</sup> Frantsium	Ra (226) <sup>88</sup> Raadium	**Ac <sup>89</sup> (227) Aktiinium			
		Kõrgeimad soolarekitavad oksiidid	R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
		Kõrgeimad gaasilised vesinikuühendid				RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>

\* L a n t a

<sup>58</sup> <sup>140,12</sup> Ce Tseerium	<sup>59</sup> <sup>140,907</sup> Pr Praseodüüm	<sup>60</sup> <sup>144,24</sup> Nd Neodüüm	<sup>61</sup> (147) Pm Promeetium	<sup>62</sup> <sup>150,35</sup> Sm Samsarium	<sup>63</sup> <sup>151,96</sup> Eu Euroopium	<sup>64</sup> <sup>157,25</sup> Gd Gadoliinium
--	---	---	--------------------------------------	---	---	---

\*\* A k t i i n i

Ac <sup>89</sup> (227) Aktiinium	Th <sup>90</sup> <sup>232,038</sup> Toorium	Pa <sup>91</sup> (231) Profaktiinium	U <sup>92</sup> <sup>238,03</sup> Uraan	Np <sup>93</sup> (237) Neptuunium	Pu <sup>94</sup> (242) Plutoonium	Am <sup>95</sup> (243) Ameriitsium	Cm <sup>96</sup> (247) Küürium
-------------------------------------	--	---	--	--------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------------

# PERIOODILISUSE SÜSTEEM

e n t i d e r ü h m a d									
VI		VII		VIII				0	
		(H)						2 4,0026 He Heelium	
5,9994 O Hapnik		9 18,9984 F Fluor						10 20,103 Ne Neoon	
32,064 S Väävel		17 35,453 Cl Kloor						18 39,948 Ar Argoon	
24 51,996 Cr Kroom		25 54,9380 Mn Mangaan		26 55,847 Fe Raud		27 58,9332 Co Koobalt		28 58,71 Ni Nikkel	
78,96 Se Seleen		35 79,909 Br Broom						36 83,80 Kr Krüptoon	
42 95,94 Mo Molübdeen		43 (97) 126,9044 Tc Tehneetsium		44 101,07 Ru Ruteenium		45 102,905 Rh Roodium		46 106,4 Pd Pallaadium	
2 127,60 Te Telluur		53 126,9044 I Jood						54 131,30 Xe Ksenoon	
74 183,85 V Volfram		75 186,2 Re Reenium		76 190,2 Os Osmium		77 192,2 Ir Iriidium		78 195,09 Pt Piaatina	
84 210 Po Poloonium		85 (210) At Astaat						86 (222) Rn Radoon	
RO <sub>3</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		RO <sub>4</sub>					
RH <sub>2</sub>		RH							

i i d i d

5 58,924 Tb Terbium		66 182,50 Dy Düsproosium		67 164,930 Ho Holmium		68 167,26 Er Erbium		69 168,934 Tm Tuulium		70 173,04 Yb Üterbium		71 174,97 Lu Luteetsium	
---------------------------	--	--------------------------------	--	-----------------------------	--	---------------------------	--	-----------------------------	--	-----------------------------	--	-------------------------------	--

m i r i d a

89 (247) Lk Berkeelium		98 (248) Cf Kalifornium		99 (254) Es Einsteinium		100 (253) Fm Fermium		101 (256) Md Mendeleevium		102 (255) No Nobeelium		103 Lw Laurentsium	
------------------------------	--	-------------------------------	--	-------------------------------	--	----------------------------	--	---------------------------------	--	------------------------------	--	--------------------------	--



A-27230

H. KARIK, K. PRINKMAN, V. RATASSEPP

# KEEMIA

X KLASSILE

3. väljaanne

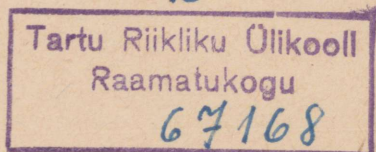
1966

KIRJASTUS «VALGUS» · TALLINN

Kaane kujundanud G. Pant

Kinnitatud  
Eesti NSV Haridusministeeriumi poolt

2



ARHIIVKOGU

## I peatükk.

### METALLID.

#### § 1. Metallide asetus keemiliste elementide perioodilisuse süsteemis.

Juhindudes joonisest 1 vastata järgmistele küsimustele: 1) kus ja missugustes pea- ja kõrvalalarühmades asetsevad metallid, 2) nimetada need metallid, 3) kus asetsevad metallid perioodides? Tänapäeval tuntud 103 keemilisest elemendist on 81 metallid, kuna ülejäänud on mittemetallid ja inertgaasid.

Kui tömmata keemiliste elementide perioodilisuse süsteemis diagonaal vesinikust kuni astaadini, jättes seejuures välja metallidest koosneva VIII rühma, siis vasakpoolses (alumises) kolmnurgas asuvad ainult metallid. Elementide asetust elementide perioodilisuse süsteemis kujutab näitlikult tabel 1; tabeli täitmata ruutudes asetsevad metallid.

Tabel 1.

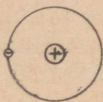







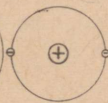





Perioodid	Keemiliste elementide rühmad								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	0
I	H	—	—	—	—	—	—		He
II			B	C	N	O	F		Ne
III				Si	P	S	Cl		Ar
IV					As	Se	Br	Metallid	Kr
V						Te	I		Xe
VI	Metallid						At		Rn
VII									

Vaadeldes keemiliste elementide asetust perioodilisuse süsteemis, leiame järgmised seaduspärasused.

Esimesel kohal igas perioodis on teravalt avalduvate metalliliste omadustega elemendid — leelismetallid (erandiks on I periood). Perioodis leelismetallile järgnevatel keemilistel elementidel nõrgenevad metallilised omadused järk-järgult, mis on seletatav sellega, et igas perioodis väheneb elemendi tuumalaengu suurenemisega aatomi raadius, mistõttu valentselektronid hoitakse tugevamini kinni.

Metallide aatomite suuremast raadiusest tingituna hoiab aatomituum valentselektrone nõrgemini kinni. Seepärast võivad metallide aatomid kergesti kaotada valentselektrone ja muutuda positiivselt laetud ioonideks. Tüüpiliste metallide aatomitel on väike arv valentselektrone — 1, 2, 3.

Tabel 2.

Teine periood	Li	Be	B	C	N	O	F
Aatomituuma laeng	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
Aatomi raadius ongströmid	1,56	1,11	0,89	0,77	0,74	0,73	0,72
Aatomi skeem (skeemil on kujutatud ainult valentselektronid)	Li 	Be 	B 	C 	N 	O 	F 
Kolmas periood	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
Aatomituuma laeng	+11	+12	+13	+14	+15	+16	+17
Aatomi raadius ongströmid	1,92	1,60	1,43	1,16	1,11	1,04	0,99
Aatomi skeem (skeemil on kujutatud ainult valentselektronid)	Na 	Mg 	Al 	Si 	P 	S 	Cl 
Aatomi raadiuse vähenemine → Aatomi tuumalaengu suurenemine							

Aatomi raadiuse suuremine  
Aatomi tuumalaengu suuremine

Perioodid	Elementide rühmad									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		0
I	H <sup>1</sup> Vesinik									<sup>2</sup> He Heelium
II	<sup>3</sup> Li Litium	<sup>4</sup> Be Berüllium	<sup>5</sup> B Boor	<sup>6</sup> C Süsinik	<sup>7</sup> N Länmastik	<sup>8</sup> O Hapnik	<sup>9</sup> F Fluor			<sup>10</sup> Ne Neon
III	<sup>11</sup> Na Naatrium	<sup>12</sup> Mg Magneesium	<sup>13</sup> Al Alumiinium	<sup>14</sup> Si Räni	<sup>15</sup> P Fosfor	<sup>16</sup> S Vävel	<sup>17</sup> Cl Kloor			<sup>18</sup> Ar Argoon
IV	<sup>19</sup> K Kaalium	<sup>20</sup> Ca Kaltsium	<sup>21</sup> Sc Skandium	<sup>22</sup> Ti Titaan	<sup>23</sup> V Vanadium	<sup>24</sup> Cr Kroom	<sup>25</sup> Mn Mangaan	<sup>26</sup> Fe Raud	<sup>27</sup> Co Kooball	<sup>28</sup> Ni Nikkel
	<sup>29</sup> Cu Vask	<sup>30</sup> Zn Tsink	<sup>31</sup> Ga Gallium	<sup>32</sup> Ge Germaanium	<sup>33</sup> As Arseen	<sup>34</sup> Se Seleen	<sup>35</sup> Br Broom			<sup>36</sup> Kr Krüptoon
V	<sup>37</sup> Rb Rubiidium	<sup>38</sup> Sr Strontsium	<sup>39</sup> Y Ütrium	<sup>40</sup> Zr Tirkoonium	<sup>41</sup> Nb Niobium	<sup>42</sup> Mo Molibdeen	<sup>43</sup> Tc Tehneetsium	<sup>44</sup> Ru Ruteenium	<sup>45</sup> Rh Roodium	<sup>46</sup> Pd Palladium
	<sup>47</sup> Ag Hõbe	<sup>48</sup> Cd Kaadmium	<sup>49</sup> In Indium	<sup>50</sup> Sn Tina	<sup>51</sup> Sb Antimon	<sup>52</sup> Te Telluur	<sup>53</sup> I Iood			<sup>54</sup> Xe Ksenoon
VI	<sup>55</sup> Cs Iseesium	<sup>56</sup> Ba Baarium	<sup>57</sup> La Lantaan	<sup>72</sup> Hf Hafnium	<sup>73</sup> Ta Tantaal	<sup>74</sup> W Volfram	<sup>75</sup> Re Reenium	<sup>76</sup> Os Osmium	<sup>77</sup> Ir Iridium	<sup>78</sup> Pt Platina
	<sup>79</sup> Au Kuld	<sup>80</sup> Hg Elavhõbe	<sup>81</sup> Tl Tallium	<sup>82</sup> Pb Plii	<sup>83</sup> Bi Vismal	<sup>84</sup> Po Poloonium	<sup>85</sup> At Astaat			<sup>86</sup> Rn Radoon
VII	<sup>87</sup> Fr Frantsium	<sup>88</sup> Ra Raadium								

### Lantaniidid

<sup>58</sup> Ce Iseerium	<sup>59</sup> Pr Protaktinium	<sup>60</sup> Nd Neodüüm	<sup>61</sup> Pm Promeetsium	<sup>62</sup> Sm Samaarium	<sup>63</sup> Eu Euroopium	<sup>64</sup> Gd Gadolinium	<sup>65</sup> Tb Terbium	<sup>66</sup> Dy Düsprootium	<sup>67</sup> Ho Holmium	<sup>68</sup> Er Erbium	<sup>69</sup> Tm Tulium	<sup>70</sup> Yb Üterbium	<sup>71</sup> Lu Luftetsium
------------------------------	----------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	-----------------------------	----------------------------	----------------------------	------------------------------	--------------------------------

### Aktiiniumirida

<sup>89</sup> Ac Aktiinium	<sup>90</sup> Th Toraanium	<sup>91</sup> Pa Protaktinium	<sup>92</sup> U Uraan	<sup>93</sup> Np Neptuunium	<sup>94</sup> Pu Plutoonium	<sup>95</sup> Am Ameriisium	<sup>96</sup> Cm Kurium	<sup>97</sup> Bk Berkeelium	<sup>98</sup> Cf Kalifornium	<sup>99</sup> Es Einsteinium	<sup>100</sup> Fm Fermium	<sup>101</sup> Md Mendelevium	<sup>102</sup> No Nobeelium	<sup>103</sup> Lw Laurentium
-------------------------------	-------------------------------	----------------------------------	--------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	----------------------------	--------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	---------------------------------

### Tingmärgid:

Metallid

Inertgaasid

Mitte metallid

Radioaktiivsed elemendid

Kunstlikult saadud  
radioaktiivsed elemendid

Viirulusega on märgitud  
haruldased elemendid

Joonis 1. D. Mendelejevi perioodilise süsteem.



Rühmades asetsevate keemiliste elementide tuumalaengu järkjärgulise kasvamisega suurenevad elementide aatomite raadiused. Järelikult nõrgeneb ka valentselektronide kinnihoidmine ning aatomid võivad kergemini kaotada valentselektrone. Seega suurenevad rühmades elementide metallilised omadused koos järjenumbri suurenemisega.

Näitena vaatleme II ja III perioodi keemiliste elementide aatomite skeeme (vt. tabel 2).

## § 2. Leelismuldmetallid.

Keemiliste elementide perioodilisuse süsteemist nähtub, et teise rühma keemilised elemendid jagunevad keemiliste omaduste poolest kahte alarühma: peaarühma ja kõrvalalarühma (nn. tsingi alarühma). Peaarühma, mida tavaliselt nimetatakse berülliumi alarühmaks, kuuluvad elemendid berüllium (Be), magneesium (Mg), kaltsium (Ca), strontsium (Sr), baarium (Ba) ja radium (Ra). Selle alarühma elementidest tuntakse kaltsiumi, strontsiumi ja baariumi juba möödunud sajandi algusest leelismuldmetallide nimetuse all. Nimetus «leelismuldmetallid» on tingitud sellest, et mainitud kolme elemendi vees vähelahustuvad oksiidid (tolleaegse nimetuse järgi «mullad») annavad veele tugeva leeliselise reaktsiooni. Keemiliste omaduste tõttu kuulub leelismuldmetallide hulka veel radium.

Leelismuldmetallide tähtsaima esindajana käsitleme järgnevalt kaltsiumi.

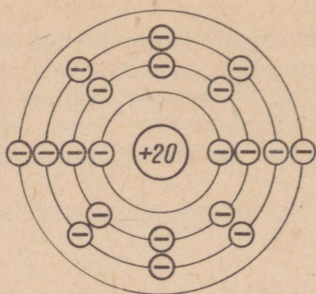
### 1. Kaltsium — *Calcium*.

Keemiline märk Ca.

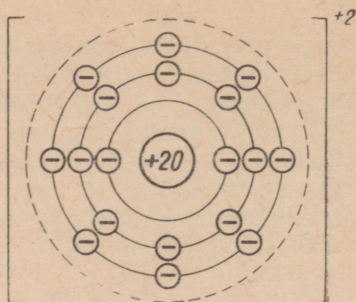
Aatomkaal 40; järjenumber 20.

Kaltsiumi sai esmakordselt inglise keemik H. Davy 1808. a.

Kaltsium asetseb keemiliste elementide perioodilisuse süsteemi teise rühma peaarühmas ja neljandas perioodis. Kuna kaltsiumi järjenumber on 20 ja aatomkaal 40, siis võime Mendelejevi perioodilisuse süsteemi põhjal järeldada, et kaltsiumi aatomi tuum sisaldab 20 prootonit ja 20 neutronit ning tuuma ümber tiirleb 20 elektroni. Kaltsiumi aatomi elektronid paiknevad neljal elektronkihil. Sisemisel elektronkihil on kaks elektroni, järgmisel elektronkihil kaheksa, kolmandal samuti kaheksa ja neljandal elektronkihil kaks elektroni (joonis 2).



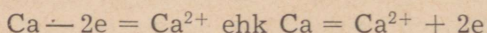
Kaltsiumi aatom  
 Tuuma laeng +20  
 Kõikide elektronide  
 laengute summa -20  
 Aatomi laeng 0



Kaltsiumioon  
 Tuuma laeng +20  
 Kõikide elektronide  
 laengute summa 18  
 Iooni laeng +2

Joonis 2. Kaltsiumi aatomi ja kaltsiumiooni ehituse skeem.

Kaltsiumi aatomi kaks valentselektroni asetsevad tuumast suhteliselt kaugel, mistõttu nad on tuumaga nõrgalt seotud. Keemilisel reaktsioonil loovutab kaltsiumi aatom kergesti oma valentselektronid ja muutub kaltsiumiooniks (joonis 2):



Ühendites on kaltsium positiivselt kahevalentne.

### Küsimusi ja ülesandeid.

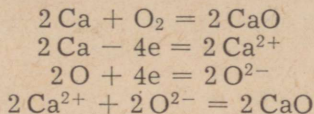
1. Mitme valentne on kaltsium ühendites ja mis toimub kaltsiumi aatomi üleminekul iooniks?
2. Iseloomustada kaltsiumi asetust keemiliste elementide perioodilisuse süsteemis ning joonestada kaltsiumi aatomi ja kaltsiumiooni ehituse skeemid.
3. Kuidas muutuvad elementide omadused a) perioodis, b) rühmas?
4. Mida nimetatakse a) positiivseks, b) negatiivseks valentsiks?
5. Kuidas nimetatakse aatomi väliskihi elektrone?

## 2. Kaltsiumi omadused.

Kaltsium on hõbevalge ja võrdlemisi kõva (ligikaudu vase kõvadusega) metall, erikaaluga 1,55. Ta on keemiliselt väga aktiivne. Metallide aktiivsuse reas asetseb kaltsium selle rea vasakul poolel naatriumi ja magneesiumi vahel. Kaltsium reageerib paljude mittemetallide ning liitainetega.

*Kaltsiumi reageerimine hapniku  
ning teiste mittemetallidega.*

Kaltsium reageerib energiliselt hapnikuga, mistõttu ta õhu käes seistes kattub kiiresti koheda valge kaltsiumoksiidi kihiga. Seejärel tuleb kaltsiumi hoida hermeetiliselt suletud nõus või petrooleumis. Kuumutamisel süttib kaltsium ja põleb ereda oranžpunase leegiga, muutudes seejuures valgeks pulbriks — kaltsiumoksiidiks:



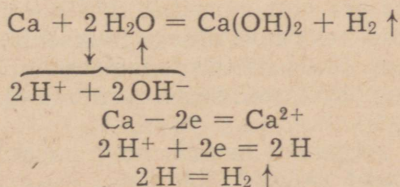
Kaltsium ühineb vahetult ka halogeenidega ning kuumutamisel väevli, lämmastiku ja süsinikuga.

*Kaltsiumi reageerimine liitainetega.*

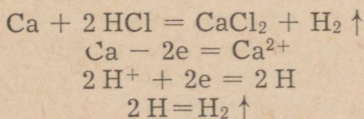
Kaltsium reageerib veega juba tavalisel temperatuuril.

**Katse 1.** Täidame katseklaasi veega ja asetame selle veega täidetud kaussi, nagu on näidatud joonisel 3. Mähime kaltsiumitüki marlisse ja viime ta tiiglitangide abil katseklaasi alla vette. Mida täheldame? Kui katseklaas on gaasiga täitunud, viime ta (ilma ümber pööramata) põleti leeki. Milline gaas eraldub reaktsioonil? Miks muutub lahus häguseks? Määrame indikaatorite abil lahuse reaktsiooni.

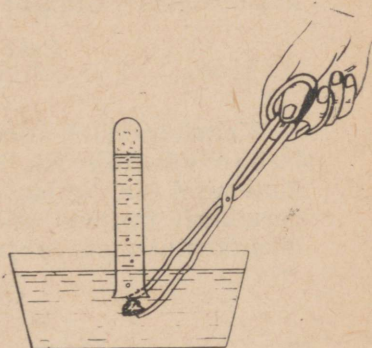
Kaltsium tõrjub veest vesiniku välja ning reaktsiooni tulemusena moodustub kaltsiumhüdroksiid:



Kaltsium reageerib energiliselt hape-  
tega. Ka sel puhul eraldub vesinik ning  
tekib vastava happe sool. Näiteks:

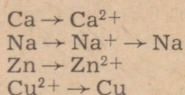


Joonis 3. Kaltsiumi reageerimine veega.



### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Nimetada kaltsiumi füüsikalisi omadusi.
2. Nimetada kaltsiumi keemilisi omadusi.
3. Võrrelda kaltsiumi reageerimist vee ja lahjendatud hapetega. Kirjutada vastavate reaktsioonide võrrandid.
4. Mida nimetatakse oksüdeerijaks, mida redutseerijaks? Tuua näiteid.
5. Koostada keemilised võrrandid: a) magneesium ja hapnik, b) tsink ja lahjendatud soolhape.  
Näidata, mis oksüdeerub, mis redutseerub ning mis on oksüdeerija, mis redutseerija.
6. Kirjutada keemilised võrrandid reaktsioonide kohta, kus toimuvad järgmised muundumised:



7. Kirjutada keemilised võrrandid kaltsiumi reageerimise kohta kloori ja väevliga. Näidata, mis seejuures oksüdeerub ja mis redutseerub.
8. Arvutada, mitu protsenti kaltsiumi sisaldub dolomiidis ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ).
9. Kui suur kogus vesinikku (ruumalaliselt ja kaaluliselt) eraldub 2 g kaltsiumi reageerimisel 20 g 15%-lise soolhappega?
10. Mitu grammi kaltsiumi kulub a) 5 mooli, b) 144 g vee lagundamiseks? Mitu grammi vesinikku eraldub seejuures? Kui suur on selle vesinikukoguse ruumala normaaltingimustel?

### 3. Kaltsiumiühendid.

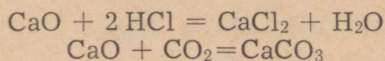
Kaltsiumoksiid ( $\text{CaO}$ ) on tahke valge aine, mis sulab väga kõrgel temperatuuril. Kaltsiumoksiid reageerib energiliselt veega.

**Katse 1.** Võtame portselankaussi veidi kaltsiumoksiidi ja valame sellele vähehaaval vett peale. Segu hakkab kihisema ja soojeneb niivõrd, et osa vett aurustub. Milline aine tekib?

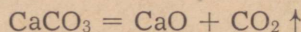
Valmistame nüüd tekkinud ainest lahuse ning lisame sellele fenoolftaleiini lahust. Mida näitab fenoolftaleiini värvumine?

Järeldame katse põhjal, millisesse oksiidide klassi kuulub kaltsiumoksiid.

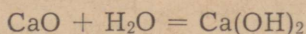
Kaltsiumoksiid reageerib hapete ning happeliste oksiididega, moodustades vastavaid soolasid. Näiteks:



Kaltsiumoksiidi tuntakse igapäevases elus kustutamata lubja nimetuse all. Tööstuslikult saadakse teda lubjakivi kuumutamisel (nn. lubjapõletamisel) vastavates ahjudes. Kõrgel temperatuuril laguneb lubjakivi (kaltsiumkarbonaat) kaltsiumoksiidiks (kustutamata lubjaks) ja süsinikdioksiidiks:



Valades kustutamata lubjale vett, imub see lubjatükkidesse ning reageerib viimastega. Seda protsessi nimetatakse lubja kustutamiseks ja saadud ainet kustutatud lubjaks:



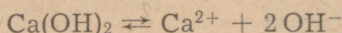
Lubi on lähteaineks paljude ehitusmaterjalide tootmisel. Eesti NSV lubjatööstuse kiire kasv nähtub järgneva tabeli arvudest:

Tabel 3.

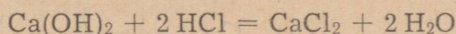
	1940. a.	1945. a.	1950. a.	1958. a.	1960. a.	1965. a.
Lubjatoodang (tuh. t) . . .	37,0	14,1	71,4	169,4	185,0	258,0

ENSV tähtsamad lubjatehased asuvad Männikul, Tamsalus ja Rakkes.

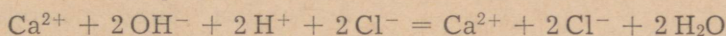
Kaltsiumhüdroksoid  $[\text{Ca(OH)}_2]$  on valge tahke aine, mis lahustub vees vähesel määral. Kaltsiumhüdroksoidi vesilahust nimetatakse lubjaveeks, viimasel on leeliline reaktsioon. Vesilahuses dissotsieerub kaltsiumhüdroksoid ioonideks:



Kaltsiumhüdroksoid reageerib kergesti hapetega, moodustades seejuures soola ja vee. Näiteks:



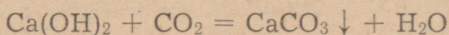
ehk ioonilisel kujul:



Alusena reageerib kaltsiumhüdroksoid happeliste oksiididega.

**Katse 2.** Võtame veerand katseklaasitäit kaltsiumhüdroksoidi lahust ja juhime lahusesse süsinikdioksidi.

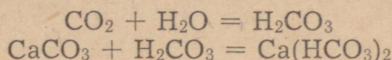
Kaltsiumhüdroksoid reageerib süsinikdioksidi, moodustades vees lahustumatu kaltsiumkarbonaadi ( $\text{CaCO}_3$ ):



Lubjavesi on reaktiiviks süsinikdioksidi avastamisel.

**Katse 3.** Juhime kaltsiumhüdroksoidi lahusesse süsinikdioksidi, kuni esialgselt tekkinud sade lahustub ja lahus muutub taas selgeks. Miks?

Katse käigus tekib vees lahustuv happeline sool — kaltsiumvesinikkarbonaat  $[\text{Ca(HCO}_3)_2]$ .





Joonis 4.  
Silikaltsiitmajade püstitamine.

Kaltsiumhüdroksiidi ehk kustutatud lupja kasutatakse juba vanast ajast sideainena kivehitiste püstitamisel. Kustutatud lubja, liiva ja vee segu nimetatakse mördiks ning tarvitatakse sideainena müüride ladumisel (lubimört) ja seinte krohvimisel. Kustutatud lubja kasutamine sideainena põhineb kaltsiumhüdroksiidi omadusel ühineda õhus oleva süsinikdioksiidiga, kusjuures tekkiv kaltsiumkarbonaat aitab kaasa kogu mördi- või krohvimassi kivistumisele. Lubimördi kivistumisel eraldub vesi, seepärast on värskelt krohvitud ruumid alati niisked. Niisuguste ruumide kuivamise kiirendamiseks soovitatakse nendesse paigutada lahtisi, koksiga köetavaid ahje.

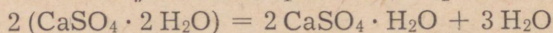
Peale selle kasutatakse lupja laialdaselt keemiatööstuses, näiteks sooda, kaltsiumkarbiidi, kaltsiumnitraadi, kloorlubja ja paljude teiste ainete tootmisel.

Põllumajanduses kasutatakse kustutatud lupja happeliste muldade «lupjamiseks» ning taimehaiguste ja -kahjurite tõrjevahendite valmistamisel.

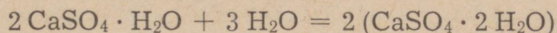
Silikaltsiit. 1948. a. töötati Eesti NSV-s välja uus suure tähtsusega ehitusmaterjal silikaltsiit. Silikaltsiit on kunstlik kivi, mis nii väliselt kui ka omadustelt sarnaneb loodusliku kiviga. Silikaltsiiti valmistatakse lubjast ja liivast, s. t. samadest toorainetest, millest silikaattellistki. Silikaatseguga võrreldes töödeldakse aga silikaltsiitsegu erinevalt ja seepärast on ka silikaltsiitkivid palju tugevamad silikaatkividest. Kuna silikaltsiidi tootmise toorained — lubi, liiv ja vesi — on odavad ja kättesaadavad, siis ehitatakse silikaltsiiditehaseid laialdaselt nii Nõukogude Liidus kui ka välismaal.

Kaltsiumsulfaat ( $\text{CaSO}_4$ ) on vees raskesti lahustuv valge kristalne aine. Looduses leidub teda mineraal kipsi ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) kujul.

Soojendamisel temperatuurini  $150\text{--}170^\circ\text{C}$  kaotab kips osa keemiliselt seotud veest ja muutub põletatud kipsiks:



Põletatud kipsi segamisel veega saadud püdel tainas muutub lühikese aja pärast jälle kipsiks, seejuures kõvastub mass vastupidise reaktsiooni tõttu:



Selle omaduse tõttu kasutatakse põletatud kipsi krohvitoodel ja mitmesuguste kipsvalandite ning lahaste valmistamiseks. Kipskrohvi ja kipsist tooteid saab kasutada ainult kuivades kohtades, kuna kips vähesel määral lahustub vees.

Kaltsiumfluoriid ( $\text{CaF}_2$ ) on vees raskesti lahustuv aine. Looduses leidub teda sulapaona. Sulapagu kasutatakse rübustina malmi tootmisel (sulamistemperatuuri alandamiseks).

Kaltsiumkloriid ( $\text{CaCl}_2$ ) on hügrokoopne kristalne aine. Teda kasutatakse sageli gaaside kuivatamiseks, õhu kuivatamiseks eksikaatorites jm. Tavaliselt kaubastatakse teda  $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  näol.

Kaltsiumkarbiidi ( $\text{CaC}_2$ ) saadakse söe ja lubja segu kuumutamisel elektri ahjus:



Käesoleval ajal leiab aga kaltsiumkarbiidi tootmisel enam kasutamist uus meetod, mis ei nõua elektrienergia suurt kulu. Sellekohaselt saadakse reaktsiooniks vajalik kõrge temperatuur ( $2000^\circ\text{C}$ ) šahtahjudes, millesse puhutakse hapnikuga rikastatud õhku.

Kaltsiumkarbiid on hallika värvusega tükiline aine, mille reageerimisel veega saadakse atsetüleeni ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ).

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Nimetada kaltsiumoksiidi omadusi.
2. Kuidas saadakse tööstuses kaltsiumoksiidi ja milleks seda kasutatakse?
3. Missugune on kaltsiumoksiidi tööstuslik nimetus?
4. Nimetada kaltsiumoksiidi omadusi. Kirjutada tema tekkimisreaktsiooni võrrand.
5. Mida nimetatakse kustutatud lubjaks ja kuidas seda saadakse? Mis on lubjapiim?
6. Milleks kasutatakse kustutatud lubja?
7. Kirjeldada kaltsiumvesinikkarbonaadi tekkimist ning kirjutada vastava reaktsiooni võrrand.
8. Milline keemiline protsess kulgeb lubimördi kivistumisel?
9. Kuidas kiirendada kivistumisprotsessi pärast krohvimist? Kuidas vabaneda pärast krohvimist tekkinud niiskusest?
10. Üle hulgas võetud soolhappe toimel 10 g lubjakivisse eraldus kaks liitrit süsinikdioksiidi. Kui palju kustutatud ja kui palju kustutamata lubja võib saada ühest tonnist niisugusest lubjakivist?

11. Kirjutada põletatud kipsi tekkimisreaktsiooni võrrand. Milleks kasutatakse kipsi?

12. Mitu liitrit fluorvesinikku saadakse 3 mooli kaltsiumfluoriidif reageerimisel väävelhappega?

13. Kui palju kaltsiumoksiidi saadakse: a) 4 gramm-aatomi kaltsiumi põletamisel õhus, b) 200 g kriidi kuumutamisel, c) 2 tonni lubjakivi «põletamisel», kui selles on 5% lisandeid?

14. Mitu grammi  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  on vaja võtta 500 g 5%-lise kaltsiumklooriidi lahuse valmistamiseks?

15. Happeliste muldade lupjamiseks antakse põllu ühele hektarile kaltsiumiühendeid, arvestatult kaltsiumoksiidile, 3,5 t CaO. Mitu tonni järvekriiti, mis sisaldab 95%  $\text{CaCO}_3$ , on vaja 20 ha põllumaa lupjamiseks?

#### 4. Kaltsiumiühendid looduses.

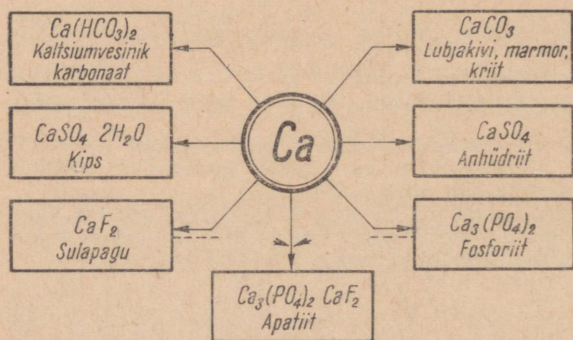
Nagu eespool nägime, reageerib kaltsium kergesti liht- ning liitainetega, mistõttu looduses teda vabal kujul ei leidu. Kaltsiumi esineb looduses peamiselt süsihappe, väävelhappe ja fosforhappe sooladena, mis mineraalide ja kivimite kujul on laialt levinud.

Looduses leiduvatest kaltsiumiühenditest on tähtsamad lubjakivi, kriit ja marmor ( $\text{CaCO}_3$ ), kips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), apatiit ja fosforiit [ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ], sulapagu ( $\text{CaF}_2$ ) jt. (joonis 5).

Peale selle sisaldub kaltsiumiühendeid looduslikes vetes kaltsiumsulfaadi ( $\text{CaSO}_4$ ) ja kaltsiumvesinikkarbonaadi [ $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ] kujul. Mitmesuguseid kaltsiumiühendeid esineb ka taimsetes ja loomsetes organismides, näiteks luudes sisaldub rohkesti kaltsiumfosfaati.

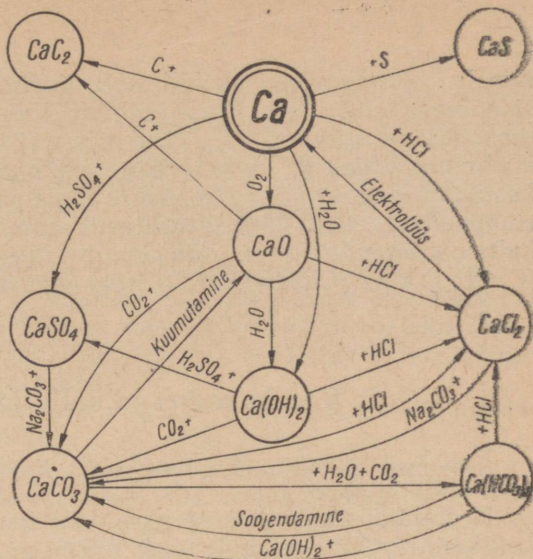
Kaltsiumkarbonaat ( $\text{CaCO}_3$ ) kuulub looduses esineva lubjakivi (paekivi), kriidi ja kohati ka marmori suuri lademeid moodustavate kivimite koosseisu. Põhja-Eesti aluspõhjakas on paas. Lubjakivi kasutatakse ehituskividena ning tähtsate sideainete — lubja ja tsemendi toorainena. Marmorit kasutatakse skulptuurtöödeks, elektriyaotustahvlite valmistamiseks, hoonete sise- ja välisarhitektuuriliseks kujundamiseks jne. Kriiti kasutatakse valgendamiseks, hambapulbri ja lihvimisainete valmistamisel jm.

Suuremad paekarjäärid Eesti NSV-s on Maardus ja Lasnamäel (Tallinnas). Vasalemmas ja Padisel kaevandatakse nn. vasalemma



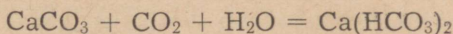
Joonis 5. Tähtsamad looduslikud kaltsiumiühendid.

Joonis 6. Kaltsiumi ja tema ühendite vastastikuse seose skeem.



marmorit. Rikkalikud dolomiidivarud ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) asuvad Saaremaal Kaarma lähedal. Dolomiiti ehk nn. saaremaa marmorit kasutatakse dekoratiivkivina uusehituste püstitamisel.

**Kaltsiumvesinikkarbonaat.** Kaltsiumkarbonaat on vees praktiliselt lahustumatu aine, kuid süsinikdioksiidi toimel muutub ta vees kergemini lahustuvaks aineks — kaltsiumvesinikkarbonaadiks [ $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ]:



Looduses kulgeb mainitud reaktsioon pinna- ja põhjavete osavõtul. Maasügavustes voolavad süsinikdioksiidiga küllastatud veed muudavad kaltsiumkarbonaadi lahustuvaks kaltsiumvesinikkarbonaadiks ja kannavad seda lahustunud olekus edasi. Aja jooksul võivad sel viisil lubjakivilademettesse tekkida hiiglasuured maa-alused koopad ja ka maa-alused jõed ning järved. Niiviisi moodustuvad ka stalaktiidid ja stalagmiidid.

Kaltsiumsulfaati leidub looduses kipsina ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Looduslik veevaba kaltsiumsulfaat kannab mineraloogilist nime — anhidriit.

### Kokkuvõte.

Kaltsium on aktiivne leelismuldmetall. Ta reageerib energiliselt paljude liht- ja liitainetega. Kuna õhus kattub ta kiiresti kaltsiumoksiidi kihiga, siis säilitatakse teda hermeetiliselt suletud nõus või petrooleumis. Tähtsamateks kaltsiumiühenditeks on kaltsiumoksiid ehk kustutamata lubi, mida saadakse lubjakivi «põleta-

misel». Kaltsiumhüdroksiidi ehk kustutatud lupja kasutatakse sideainena ehitustel. Kaltsiumhüdroksiidi vesilahus on süsinikdioksiidi reaktiiviks. Põletatud kipsi ( $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) kasutatakse krohvimistöodel ja kipsvalandite valmistamisel. Kaltsiumkloriidi kasutatakse tema hügrooskoopsuse tõttu gaaside kuivatamisel, kaltsiumkarbiidi ( $\text{CaC}_2$ ) aga atsetüleenide saamisel. Looduses leiduvatest kaltsiumiühenditest on tähtsamad lubjakivi, kriit ja marmor ( $\text{CaCO}_3$ ), kips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ning apatiit ja fosforiit [ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ].

### § 3. Vee karedus ja selle kõrvaldamine.

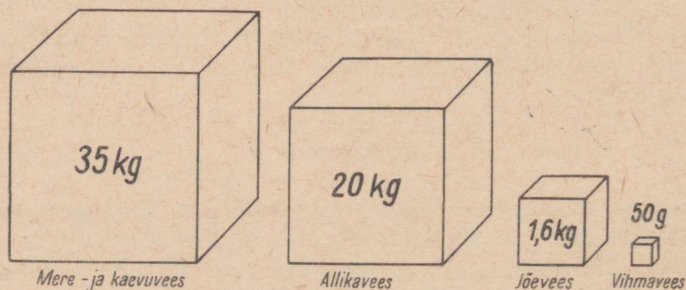
Vett kasutatakse väga laialdaselt igapäevases elus, tööstuses ja põllumajanduses.

Keemiatööstuses kasutatakse vett lahustina. Vesi on selleks keskkonnaks, milles kulgevad mitmesugused keemilised reaktsioonid.

Sõltuvalt sellest, kas vett kasutatakse joogiveena, katlatoiteveena või tööstuses ainete lahustamiseks, peab see olema teatud määraneni vaba lisanditest. Looduses ei leidu aga täiesti puhast vett. Looduslik vesi puutub oma teekonnal kokku mitmesuguste kivimitega, lahustab nendest mõningaid koostisosi ning kannab neid lahustunud olekus edasi. Seepärast erinevad järvede, jõgede, merede ja allikate veed üksteisest nii koostise kui ka lahustunud ainete sisalduse poolest (joonis 7). Kõige puhtam looduslik vesi on vihmavesi.

Looduslikku vett, mis sisaldab üle 0,1% lahustunud mineraalaineid, nimetatakse mineraalseks veeks, sellest väiksema sisaldusega aga mageveeks.

Looduslik vesi sisaldab alati mitmesuguseid kaltsiumi- ja magneesiumiühendeid — kloriide, sulfaate ja vesinikkarbonaate. Järelikult leidub seal katioonidena  $\text{Ca}^{2+}$  ja  $\text{M}^{2+}$  ning anioonidena  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ja  $\text{HCO}_3^-$ .



Joonis 7. Kuivaine sisaldus ühes tonnis looduslikus vees.

**Katse 1.** Valmistame katseklaasidesse järgmisi lahuseid ( $\frac{1}{4}$  katseklaasitäit): esimesse kaltsiumvesinikkarbonaadi lahust, teise kaltsiumsulfaadi lahust, kolmandasse aga valame destilleeritud vett. Lisame igasse katseklaasi mõne tilga seebi lahust, suleme katseklaasid korgiga ja loksutame tugevasti. Ainult viimasel juhul tekib seebivaht.

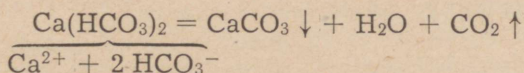
Vett, mis sisaldab palju kaltsium- ja magneesiumioone, nimetatakse kareteks veeks, vähe või üldse mitte kaltsium- ja magneesiumioone sisaldavat vett aga pehmeks veeks. Loodusliku vee karedus on väga suurtes piirides kõikuv. Eristatakse mööduvat, jäävat ja üldist karedust.

Vee karedus on ebasoovitatav nähtus. Nii koduses majapidamises kui ka tööstuses ei ole kareda vee kasutamine otstarbekohane. Karedas vees vahutab seep halvasti, sest kaltsium- ja magneesiumioonid moodustavad seebi koostisse kuuluvate rasvhapetega vees lahustumatu ühendeid, mis hëlvestena tõusevad veepinnale või sadestuvad pestavatele esemetele. Väga karedas vees ei kee pehmeks liha ega aedvili. Kare vesi ei kõlba tee ja kohvi keetmiseks ning on ka joomiseks kahjulik.

Mööduv karedus on tingitud vees lahustunud kaltsiumvesinikkarbonaadist ja magneesiumvesinikkarbonaadist.

**Katse 2.** Keedame katseklaasis kaltsiumvesinikkarbonaadi lahust. Mida märkame?

Mööduv karedus on kõrvaldatav vee keetmisega, sest vesinikkarbonaadid on ebapüsivad ühendid, mis lagunevad keetmisel:



Tekkinud kaltsiumkarbonaat on vees lahustumatu ja sadestub keedunõu põhja ning seintele, tekitades seal nn. katlakivikihi. Kestval kareda vee kasutamisel kattuvad aurukatla seinad ja torud paksu katlakivikihiga. Et katlakivi on halb soojusjuht, siis suureneb seetõttu esmajoones kütusekulu. Kui katlakivikihi paksus on 1 mm, siis suureneb kütusekulu umbes 5% võrra. Peale selle soodustab katlakivi aurukatelde seinte ja torude söövitamist ning katlapleki tugevat ülekuumenemist, mis omakorda võib põhjustada katla lõhkemist. Katlakivi saab kõrvaldada lahjendatud soolhappega.

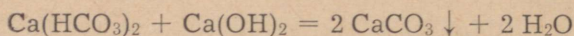
Jääv karedus on tingitud vees lahustunud kaltsium- või magneesiumsulfaadist või -kloriidist; see pole vee keetmisega kõrvaldatav. Vee jääv karedus on kõrvaldatav ainult veepehmendamismenetluste abil või vee destilleerimise teel.

Mööduv ja jääv karedus kokku moodustavad vee üldise kareduse.

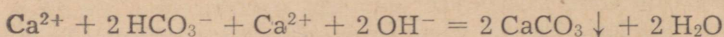
Selleks et vältida karedast veest tingitud pahesid, tuleb tööstuses kasutatav vesi vabastada karedust põhjustavatest ainetest

ehk, nagu öeldakse, vesi tuleb pehmendada. Vee pehendamiseks kasutatakse mitmesuguseid menetlusi. Väga lihtsaks ja odavaks menetluseks on kareda vee pehmendamine lubja ning soodaga.

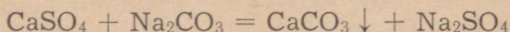
Karedale veele kustutatud lubja lisamisel tekib vees lahustu- vast kaltsiumvesinikkarbonaadist vees lahustumatu kaltsiumkarbonaat:



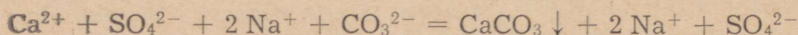
ehk iooniliselt:



Juhul kui kare vesi sisaldab kaltsiumsulfaati, tekib veele lisa- tava sooda toimel vees lahustumatu kaltsiumkarbonaat:



ehk iooniliselt:

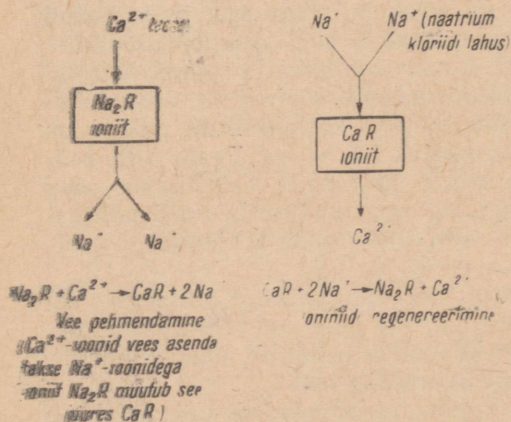


Tekkinud kaltsiumkarbonaat sadestub ja vesi pehmeneb. Lub- jaga käsitlemisel kõrvaldatakse seega mööduv karedus ja soodaga käsitlemisel jääv karedus.

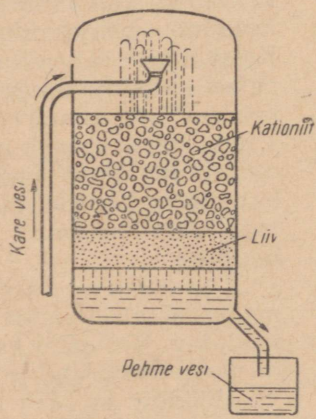
Käesoleval ajal kasutatakse vee pehendamiseks ka täiusliku- maid menetlusi. Üheks levinumaks on ioonvahetajate ehk ioonitide kasutamine.

Ioniidid on tahked ained, mis võivad lahustest neelata positiiv- seid või negatiivseid ioone, vahetades neid ekvivalentse hulga samanimelise laenguga teiste, ioonide vastu.

Nii näiteks kaltsium- ja magneesiumioone sisaldav kare vesi juhitakse läbi ioonidi (joonis 8). Vees leiduvad kaltsium- ja mag-



Joonis 8. Ioniidi ( $\text{Na}_2\text{R}$ ) kasutamise põhimõte ja regenererimise skeem.



Joonis 9. Ioonitveepuhastaja.

neesiumioonid vahetatakse ioniidis sisalduvate naatriumioonide vastu. Kaltsium- ja magneesiumioonid jäävad ionii, nende asemel lähevad vette naatriumioonid. Naatriumioonid aga vee karedust ei põhjusta. Kui kõik naatriumioonid on ioniidis asendunud kaltsium- ja magneesiumioonidega, siis pole ionii enam võimeline vett pehmemdama. Ioniidi regenereerimiseks juhitakse sellest läbi naatriumkloriidi lahust. Ioniitveepuhastaja töötamise põhimõtet selgitab joonis 9.

Ioniite valmistatakse näiteks kipsisöe ja nafta baasil saadud produktidest.

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Missugust vett nimetatakse karedaks veeks? Kuidas liigitatakse vee karedust?
2. Missugune looduslik vesi on kõige pehmem ja missugune kõige kare-  
dam?
3. Kuidas saab kõrvaldada vee mööduvat karedust?
4. Kuidas saab kõrvaldada korraka vee mööduvat ja jäävat karedust?
5. Milles seisneb ioniidide töötamise põhimõte?
6. Juhindudes joonisel 6 toodud skeemist, koostada vastavate reaktsioonide võrrandid.
7. Viia läbi järgmised muundamised ja kirjutada keemilised võrrandid:  
$$\text{Ca} \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$$
8. Saada kriidist lähtudes kaltsiumhüdroksiidi ning tõestada selle teket.
9. Lisada kaltsiumvesinikkarbonaadi lahusele: a) lubjavett, b) soolhapet, c) soodat. Selgitada täheldatud nähtusi.
10. Pehmemdada vett, mis sisaldab magneesiumvesinikkarbonaati ja kaltsiumsulfaati.
11. Kui palju kaltsiumkarbonaati tekib 3 mooli kaltsiumvesinikkarbonaadi kuumutamisel?
12. Kui palju kaltsiumhüdroksiidi kulub ämbritäie vee (12 kg) pehmemdamiseks, mis sisaldab 0,1% magneesiumvesinikkarbonaati?

## § 4. II rühma peaalarühma (berülliumi alarühma) elementide üldiseloostus.


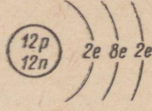
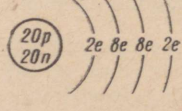
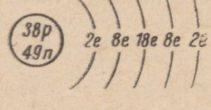
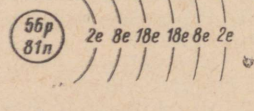
Sellesse alarühma kuuluvad keemilised elemendid on iga perioodi teiseks keemiliseks elemendiks. Järgnedes seega perioodis leelismetallidele, avaldavad II rühma peaalarühma kuuluvad keemilised elemendid metallilisi omadusi, kuigi nõrgemal määral kui nende kõrval olevad leelismetallid.

Tabelis 4 on toodud põhiantmed II rühma peaalarühma keemiliste elementide aatomite ehituse kohta.

II rühma peaalarühma elementide aatomite välisel elektronkihil on kaks valentselektroni, mistõttu nad keemiliste reaktsioonide puhul moodustavad positiivselt kahevalentseid ioone.

II rühma peaalarühma kuuluvad keemilised elemendid on kõik kerged ja hõbedase läikega metallid, mis sulavad kõrgemal

Tabel 4.

Periood	Keemiline element	Aatomkaal	Tuumalaeng	Aatomi ehituse skeem
II	Be	9,0122	+4	
III	Mg	24,312	+12	
IV	Ca	40,08	+20	
V	Sr	87,62	+38	
VI	Ba	137,34	+56	
VII	Ra	226	+88	

temperatuuril kui leelismetallid. Puhtal kujul on nad leelismetallidest kõvemad. Metallide aktiivsuse reas asetsevad nad selle rea vasakul pool leelismetallide järel. Seega on nad keemiliselt küllalt aktiivsed, kuigi leelismetallidest vähem aktiivsed. See on tingitud peaarühma elementide suuremast tuumalaengust, mistõttu nende elementide valentselektronid on tuumaga tugevamini seotud kui leelismetallide aatomite valentselektronid. Kuid II rühma peaarühma elementide aatomite tuumalaengu suurenemisega berülliumilt raadiumini suureneb ka elektronkihtide arv aatomis ning seoses sellega ka aatomite raadius. Järelikult eralduvad kergemini ka peaarühma elementide aatomite valentselektronid ning seega suureneb ka nende keemiline aktiivsus samas järjekorras. Nad oksüdeeruvad suhteliselt kergesti, olles samal ajal tugevad redutseerijad.

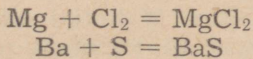
Tabelis 5 on toodud andmed II rühma peaarühma elementide tähtsamate omaduste kohta.

Tabel 5.

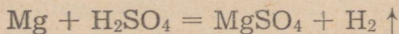
	Berül- lium (Be)	Magnee- sium (Mg)	Kalt- sium (Ca)	Stront- sium (Sr)	Baa- rium (Ba)	Raa- dium (Ra)
Aatomkaal . . . . .	9,0122	24,312	40,08	87,62	137,34	226
Erikaal . . . . .	1,9	1,74	1,54	2,6	3,5	5,0
Sulamispunkt (°C) . . . . .	1285	651	850	770	704	960
Keemispunkt (°C) . . . . .	2970	1107	1440	1370	1540	1140
Tuumalaeng . . . . .	+4	+12	+20	+38	+56	+88
Aatomi raadius ong- strömidest (Å)	1,11	1,60	1,97	2,15	2,24	
Elektronide arv väli- sel elektronihil (valentselektronide arv) . . . . .	2	2	2	2	2	2
Kõrgeim positiivne valents . . . . .	+2	+2	+2	+2	+2	+2
Negatiivne valents . . . . .			Puudub			
Oksüdeerumisvõime ja keemiline ak- tiivsus . . . . .	Suureneb →					
Oksiidi valem . . . . .	BeO	MgO	CaO	SrO	BaO	RaO
Hüdroksiidi valem . . . . .	Be(OH) <sub>2</sub>	Mg(OH) <sub>2</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>	Sr(OH) <sub>2</sub>	Ba(OH) <sub>2</sub>	Ra(OH) <sub>2</sub>
Aluseliste omaduste tugevus . . . . .	Suureneb →					

II rühma peaarühma metallid reageerivad kõik hapnikuga. Seejuures ilmneb aga nende erinev oksüdeerumisvõime. Nii näiteks oksüdeeruvad berüllium ja magneesium õhu käes seistes tavalistel tingimustel aeglaselt, kattudes tiheda oksiidikihi, mis kaitseb neid edasise oksüdeerumise eest. Mis puutub aga kaltsiumisse, strontsiumisse ja baariumisse, siis oksüdeeruvad need palju kiiremini, mistõttu neid tuleb säilitada kas hermeetiliselt suletud nõus või petrooleumis. Peaarühma metallid süttivad õhus kuumutamisel ning põlevad pimestava leegiga. Seejuures tekivad vastavate metallide oksiidid.

Need metallid ühinevad vahetult ka halogeenide ning väävliga, moodustades nendega püsivaid keemilisi ühendeid. Näiteks:

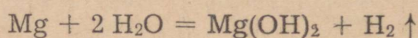


II rühma peaarühma metallid reageerivad hästi lahjendatud hapetega, mille puhul tekib happele vastav sool ja eraldub vesinik. Näiteks:

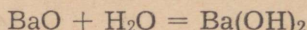


Mainitud metallid reageerivad ka veega, tõrjudes veest vesiniku välja. Seejuures selgub, et berüllium ja magneesium reageerivad veega väga aeglaselt, kuna nende pinnale tekib tihe hüdroksiidi-

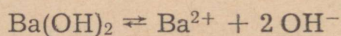
kiht, mis raskesti lahustub vees. Reageerimine veega kulgeb soojendamisel aga palju energilisemalt, kuna berüllium- ja magneesiumhüdroksiidi lahustuvus suureneb sel puhul märgatavalt:



II rühma peaalarühma metallide reageerimine veega kiireneb tunduvalt berülliumilt baariumile, samas järjestuses suureneb ka mainitud keemiliste elementide hüdroksiidide lahustuvus vees. Peaalarühma metallide põlemisel saadakse alati RO tüüpi oksiide, mis ühinevad vahetult veega, moodustades seejuures R(OH)<sub>2</sub> tüüpi aluseid. Näiteks:



Nagu öeldud, suureneb peaalarühma kuuluvate metallide hüdroksiidide lahustuvus berülliumilt baariumile. Baariumi suunas muutub ka mainitud metallide hüdroksiidide aluseline iseloom. Be(OH)<sub>2</sub> ja Mg(OH)<sub>2</sub> on nõrgad alused, Ca(OH)<sub>2</sub> on tugev alus, kuna Ba(OH)<sub>2</sub> on väga tugev alus. Baariumhüdroksiid disotsieerub vees järgmiselt:



Enamik II rühma peaalarühma metallide sooladid lahustub raskesti vees. Hästi lahustuvad ainult kloriidid ja nitraadid. Sulfaadid, karbonaadid ja fosfaadid on vees enamasti lahustumatud, vesinikkarbonaadid aga mõningal määral lahustuvad.

II rühma peaalarühma kuuluvad metallid ja nende ühendid värvivad leeki.

**Katse 1.** Võtame ühte portselankaussi paar grammi kaltsiumkloriidi, teise niisama palju baariumkloriidi ja kolmandasse strontsiumkloriidi. Igasse kaussi lisame 5—10 ml etüülalkoholi ja süütame põlema.

Kaltsiumiühendid värvivad leegi tellispunaseks, baariumiühendid — rohelisteks ja strontsiumiühendid — karminpunaseks. Nimetatud omadusi peetakse silmas nende elementide kindlaksmääramisel ja värviliste signaalrakettide valmistamisel.

II rühma peaalarühma metalle saadakse nende soolade elektrolyüsisel sulatatud olekus. Mainitud alarühma metalle leidub looduses ainult ühenditena. Lihtainetena nad ei esine.

II rühma peaalarühma kuuluvatest keemilistest elementidest on kõige levinumateks magneesium ja kaltsium. Mainitud metallidest on kõige suurema tähtsusega magneesium. Viimast kasutatakse suurtes kogustes kergete sulamite saamiseks. Eriti väärtuslikuks sulamiks on elektronmetall (sisaldab ligi 90% Mg, peale selle alumiiniumi, tsinki, mangaani jm.), mida kasutatakse tema väikese erikaalu (1,8 g/cm<sup>3</sup>) ja suure tugevuse tõttu laialdaselt lennuki- ja autotööstuses. Kuna magneesiumi põlemine toi-

mub suure valgusefektiga, kasutati viimast varem fotograafias (välkvalgus) ja sõjaasjanduses.

Radioaktiivset elementi radiumi on kuni käesoleva ajani maailmas saadud umbes 1 kg.

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Näidata elementide perioodilisuse süsteemis leelismuldmetallide asukoht.

2. Mis ühist on leelismuldmetallide aatomite ehituses?

3. Millest on tingitud elektronteooria seisukohalt II rühma pealarühma elementide keemilised omadused?

4. Nimetada II rühma pealarühma metallide iseloomulikke keemilisi omadusi.

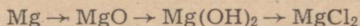
5. Võrrelda a) naatriumi ja magneesiumi ning b) kaaliumi ja kaltsiumi füüsikalisi ja keemilisi omadusi.

6. Tuginedes keemiliste elementide asetusele perioodilisuse süsteemis, nimetada, missugused teise rühma pealarühma metallide hüdroksiidid on kõige tugevamad ja missugused kõige nõrgemad alused.

7. Kasutades soolade ja aluste lahustuvuse tabelit, võrrelda esimese ja teise rühma pealarühma kuuluvate metallide soolade ja aluste lahustuvust vees. Missuguseid järeldusi võib teha võrdluse põhjal?

8. Kirjutada keemilised võrrandid magneesiumi reageerimise kohta hapniku, kloori, vee ja lahjendatud väävelhappega ning näidata, mis seejuures oksüdeerub, mis redutseerub.

9. Teostada järgmised muundamised ja kirjutada vastavad keemilised võrrandid:



10. Kui palju kaltsiumhüdroksiidi on vaja 60 g 5%-lise väävelhappe neutraliseerimiseks?

11. Teha baariumkloriidi kvalitatiivne analüüs (tõestada  $\text{Ba}^{2+}$ - ja  $\text{Cl}^-$ -ioonide olemasolu).

12. Baariumhüdroksiidi lahusesse, mis sisaldas 3,5 g  $\text{Ba(OH)}_2$ , juhti 0,5 liitrit süsinikdioksiidi. Mitu grammi tekkis sademena eralduvat ainet?

## § 5. Alumiinium — *Aluminium*.

Keemiline märk Al.

Aatomkaal 27; järjenumbr 13.

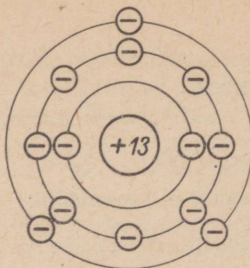
Alumiiniumi sai esmakordselt 1827. a. saksa keemik F. Wöhler.

Alumiinium asetseb keemiliste elementide perioodilisuse süsteemi kolmanda rühma pealarühmas ja kolmandas perioodis. Sellest, et alumiinium asetseb metallilise elemendi magneesiumi ja mittemetallilise elemendi räni vahel, võib järeldada, et tal on nii metallilisi kui ka mittemetallilisi omadusi. Seega on alumiiniumil kahesugused omadused ehk, teisiti öeldult, ta on amfoteerne.

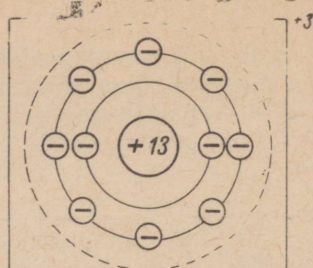
Alumiiniumi järjenumbr on 13 ja aatomkaal 27; tema aatomi tuum koosneb 13-st prootonist ja 14-st neutronist ning ümber tuuma ringleb 13 elektroni. Alumiiniumi aatomi elektronid paik-



Joonis 10. Alumii-  
niumi aatomi ehi-  
tuse skeem.



Alumiiniumi aatom  
Tuuma laeng +13  
Kõikide elektronide  
laengute summa -13  
Aatomi laeng 0

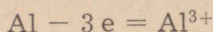


Alumiiniumioon  
Tuuma laeng +13  
Kõikide elektronide  
laengute summa -10  
Iooni laeng +3

Joonis 11. Alumii-  
niumi aatomi ja alu-  
miiniumiooni ehituse skeem.

nevad kolmel elektronkihil. Sisemisel elektronkihil on kaks elektroni, teisel elektronkihil kaheksa elektroni ning välisel elektronkihil kolm valentselektroni (joonis 10).

Alumiiniumi aatomi välise elektronikihi kolm valentselektroni asetsevad tuumast suhteliselt kaugel, mistõttu nad on aatomi tuumaga nõrgalt seotud. Keemiliste reaktsioonide puhul loovutab alumiiniumi aatom kergesti oma valentselektronid ja muutub positiivselt kolmevalentseks iooniks (joonis 11):



## 1. Alumiiiniumi omadused.

Alumiinium on hõbedase läikega kerge metall. Tema erikaal on 2,7, sulamispunkt  $660^{\circ}\text{C}$  ja keemispunkt  $2060^{\circ}\text{C}$ . Alumiiinium on väga plastiline ja survega hästi töödeldav, seega saab teda kergesti traadiks tõmmata ja õhukesteks lehtedeks valtsida. Puhas alumiinium juhib hästi elektrit, mistõttu temast valmistatakse elektrijuhmeid.

*Alumiiniumi reageerimine lihtainetega.*

Alumiiniumi reageerimine hapnikuga.

Alumiinium on keemiliselt aktiivne metall. Metallide aktiivsuse reas asetseb ta rea vasakul poolel, magneesiumi ja mangaani vahel. Õhu käes kattub alumiinium kiiresti väga õhukese ja tiheda oksiidikihiga, mis kaitseb teda edasise oksüdeerumise eest. Sellest tingituna on alumiiniumtoodete pind kergelt tuhm.

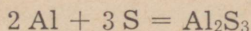
**Katse 1.** Puistame põleti leeki pulbrilist alumiiniumi ja jälgime selle põlemist.

Alumiinium põleb õhu käes energiliselt, kusjuures tekib alumiiniumoksiid ja vabaneb palju soojust.

### Alumiiniumi reageerimine väävliga.

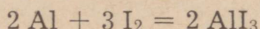
**Katse 2.** Võtame uhmrise veidi pulbrilist alumiiniumi ja segame pulbrilise väävliga (väävlit võtame umbes 2 korda rohkem). Paneme segu raudplaadile, kinnitame selle statiivi klambri külge ja soojendame, kuni hakkab kulgema reaktsioon. Seejärel eemaldame põleti ja hoidume eemale, kuna reaktsioonisegu võib laiali paiskuda. Pulbrilise väävli ja alumiiniumi segu võib plekitükil süüdata ka pika põleva pirru abil.

Alumiinium reageerib väävliga energiliselt, seejuures tekib alumiiniumsulfid:



### Alumiiniumi reageerimine halogeenidega.

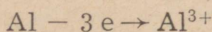
**Katse 3.** Võtame noatsatäie kristalset joodi ja peenestame selle kuivas uhmril. Lisame niisama suure koguse pulbrilist alumiiniumi ja segame saadud aineid hoolikalt. Asetame saadud segu raudplaadile või plekitükile koonusekujulisse hunnikusse ja tilgutame klaastoru otsast segusse paar tilka vett. Toimub energiline reaktsioon ja segu süttib. Vesi on alumiiniumi ja joodi ühinemisreaktsiooni puhul katalüsaatoriks.



Märkus: Katse tuleb läbi viia tõmbekapis.

Ka kloori ja broomiga reageerib alumiinium juba tavalisel temperatuuril.

Kõikide eespool käsitletud reaktsioonide puhul alumiinium oksüdeerub:



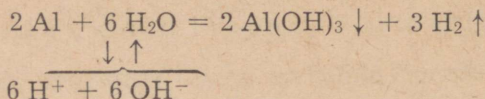
### Alumiiniumi reageerimine liitainetega.

Alumiinium säilib teda katva alumiiniumoksiidist kaitsekihi tõttu vees muutumatuna. Sel põhjusel on võimalik alumiiniumnõudes vett keeta, ilma et alumiiniumi ja vee vahel toimuks reaktsiooni. Kui aga asetada vette alumiiniumese, millelt see kaitsekiht on kõrvaldatud, siis hakkab alumiinium veega reageerima.

**Katse 4.** Võtame katseklaasi alumiiniumilaaste (umbes 1 cm<sup>3</sup>) ja lisame 3—5 ml vett. Reaktsiooni ei toimu. Siis lisame 2—3 ml lahjendatud naatriumhüdrosiidi lahust ja keedame, et eraldada alumiiniumitükikeste pinnalt oksiidikihti. Valame vedeliku alu-

miiniumi pealt ära, peseme alumiiniumitükikesi paar korda veega, et eraldada leelist ja jätame alumiiniumi koos veega seisma. Mis toimub?

Reaktsiooni tulemusena tekivad alumiiniumhüdroksiid ja vesinik.

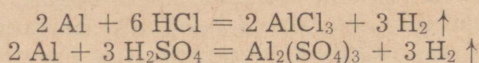


Katse tõestab ka, et alumiinium reageerib energiliselt leelistega.

### Alumiiniumi reageerimine hapetega.

**Katse 5.** Võtame ühte katseklaasi  $2n$  soolhapet, teise —  $2n$  väävelhapet ja kolmandasse —  $2n$  lämmastikhapet. Igasse katseklaasi asetame mõned alumiiniumitükikesed.

Kõige energilisemalt toimub reaktsioon soolhappega, vähem energiliselt väävelhappega. Lämmastikhappega aga reaktsiooni ei toimu, sest alumiiniumi pinda kaitsev oksiidikiht ei lagune lämmastikhappe kui energilise oksüdeerija mõjul.



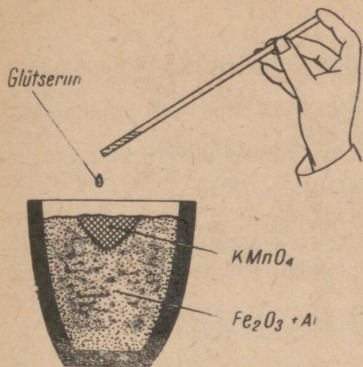
### Alumiiniumi reageerimine metallide oksiididega. Aluminotermia.

**Katse 6.** Segame uhmis hoolega 5 g raud(III)oksiidi 1,7 g pulbrilise alumiiniumiga (või 5 g  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  + 1,6 g Al). Asetame segu portselantiiglisse ja kinnitame viimase statiivi külge. Tiigli alla asetame nõu liivaga. Segu võib süüdata magneesiumilindiga või kasutame selleks umbes 1 g uhmis hästi peenestatud kaaliumpermanganaati (joonis 12) ja süütamiseks tilgutame 1—2 tilka glütseriini. Segu süttib umbes poole minuti pärast.

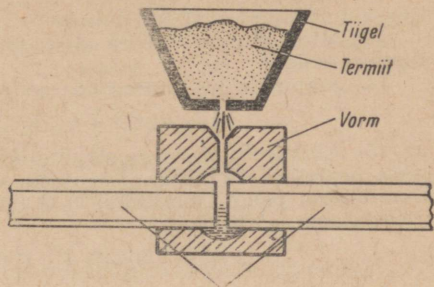
Alumiiniumil on omadus ühineda kõrgel temperatuuril metallioksiidide koostisse kuuluvate hapniku aatomitega, tõrjudes seejuures teisi metalle oksiidide molekulidest välja. Nendel reaktsioonidel vabaneb nii suur hulk soojust, et väljatõrjutud metall sulab. Sellel alumiiniumi omadusel põhineb aluminotermia, mida kasutatakse raskesti sulavate metallide (kroomi, volframi jt.) saamiseks nende oksiididest ning väga kõrgete temperatuuride tekitamiseks.

Antud katse puhul võime kirjutada järgmise keemilise võrandi:





Joonis 12. Termiidi süütamine.



Joonis 13. Termitkeevituse skeem.

Mainitud reaktsioon kulgeb väga kiiresti. Eralduva soojuste toimele oksiidist redutseeritud raud sulab, kuna tekkinud alumiiniumoksiid tõuseb rübuna raua pinnale ja kaitseb seda oksüdeerimise eest.

Keevitamiseks kasutatakse alumiiniumi ja raudoksiidi segu, mida nimetatakse termiidiks. Termiidi abil teostatavat keevitamist nimetatakse termitkeevituseks.

Termitkeevitamine toimub tavaliselt järgmiselt: masinat lahti monteerimata ümbritsetakse murdunud koht tulekindlast savist vormiga. Seejärel valatakse vormi spetsiaalses tiiglis termiidist saadud sularaud. Sularaua kõrge temperatuuri ( $2000^{\circ}\text{C}$ ) mõjul keevitub ta parandatavate osadega, liites need üheks tervikuks (joonis 13). Pärast jahtumist kõrvaldatakse liigne raud.

Termiti kasutatakse ka sõjatööstuses süütepommide valmistamiseks.

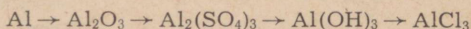
### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Iseloomustada alumiiniumi asetust elementide perioodilisuse süsteemis.
2. Joonestada alumiiniumiooni ehituse skeem.
3. Nimetada alumiiniumi iseloomulikke füüsikalisi omadusi.
4. Kuidas reageerib alumiinium mittemetallidega? Seletada, mis oksüdeerub ja mis redutseerub alumiiniumi reageerimisel väävli ja joodiga.
5. Seletada alumiiniumi katva oksiidikihi mõju alumiiniumi keemilistele omadustele.
6. Kirjutada keemiline võrrand alumiiniumi reageerimise kohta veega molekulaarsel ja ioonilisel kujul.
7. Kirjutada keemiline võrrand alumiiniumi reageerimise kohta lahjendatud sool- ja väävelhappega molekulaarsel ja ioonilisel kujul.
8. Mida kujutab endast termit?
9. Selgitada aluminotermia põhimõtet.
10. Alumiiniumi reageerimisel lämmastikuga (kõrgel temperatuuril) tekib alumiiniumnitriid ( $\text{AlN}$ ) ja süsinikuga — alumiiniumkarbiid ( $\text{Al}_4\text{C}_3$ ). Koostada nende reaktsioonide võrrandid.
11. Mitu liitrit vesinikku tekib 27 g alumiiniumi reageerimisel soolhappega?

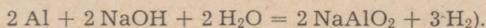
12. Mitu grammi, mooli ja liitrit (normaaltingimustel) hapnikku on vaja 81 g alumiiniumi oksüdeerimiseks?

13. Mitu grammi rauda saadakse 113 g raud(III)oksiidi taandamisel alumiiniumiga?

14. Kirjutada keemilised võrrandid järgmiste muundumiste kohta:



15. Alumiiniumi ja naatriumhüdroksiidi vahelist reaktsiooni kasutatakse vesiniku saamiseks. Arvutada, mitu liitrit vesinikku tekib, kui 11 g alumiiniumi pandi reageerima 0,75 liitri 1 n naatriumhüdroksiidi lahusega. (Reaktsiooni võrrand:

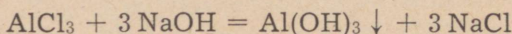


## 2. Alumiiniumhüdroksiid ja alumiiniumoksiid.

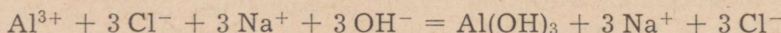
### *Alumiiniumhüdroksiid* $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ .

**Katse 1.** Võtame katseklaasi mõne alumiiniumisoola  $[\text{AlCl}_3$  või  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$  lahust ja lisame leelise lahust kuni mahuka sülditaolise sademe moodustumiseni. Siis jaotame katseklaasi sisu kolme katseklaasi vahel ning hoiame need järgmisteks katseteks.

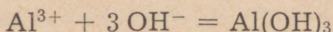
Reaktsiooni võrrand:



ehk ioonilise võrrandina:



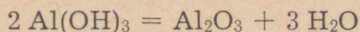
Taandatult:



Alumiiniumhüdroksiid on valge tahke aine, mis lahustub vees väga vähesel määral.

**Katse 2.** Kui alumiiniumhüdroksiid on kogunenud katseklaaside põhja (katse 1), valame sademe pealt vedeliku ära ja kuumutame sadet.

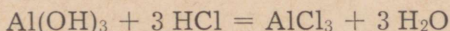
Kuumutamisel alumiiniumhüdroksiid laguneb, seejuures eraldub vesi ja tekib alumiiniumoksiid:



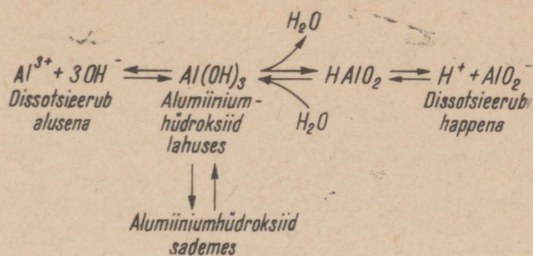
**Katse 3.** Teise katseklaasi (katse 1) lisame ülehulgas leelist kuni sademe lahustumiseni; kolmandasse katseklaasi (katse 1) aga soolhapet kuni sademe lahustumiseni.

Alumiiniumhüdroksiid on amfoteersete omadustega, sest ta reageerib nii hapete kui ka leelistega.

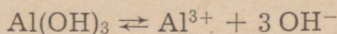
Alumiiniumhüdroksiidi kui aluse reageerimist hapetega võib seletada järgmise keemilise võrrandiga:



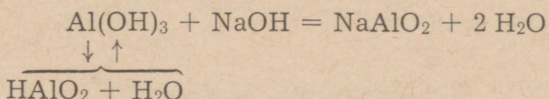
Joonis 14. Alumiiniumhüdroksiidi amfoteersuse graafiline kujutamine.



Alumiiniumhüdroksiid reageerib hapetega nagu alus seepärast, et ta dissotsieerub happelises keskkonnas, tekitades hüdroksiid-ioone:



Leelistega reageerib alumiiniumhüdroksiid aga kui hape. Sel juhul oleks võimalik alumiiniumhüdroksiidi molekuli valemil  $\text{Al}(\text{OH})_3$  kirjutada vastavalt hapete valemile:  $\text{Al}(\text{OH})_3 = \text{HAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . Alumiiniumhüdroksiidi kui happe reagerimist leeliste vesilahustega aitab selgitada järgnevalt toodud reaktsioonivõrrand (seejuures tuleb aga silmas pidada, et alumiiniumhüdroksiidi reagerimisel leelistega eraldub tema molekulist vee molekul):



Ühendit  $\text{NaAlO}_2$  nimetatakse naatriummetaaluminaadiks.

### Alumiiniumoksiid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

Alumiinium moodustab hapnikuga ainult ühe oksiidi. Alumiiniumoksiidi võime saada näiteks alumiiniumi põletamisel või alumiiniumhüdroksiidi kuumutamisel.

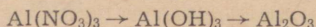
Õhu käes kattub alumiinium teatavasti kohe tiheda oksiidikihiga. Sellest tingituna on alumiiniumist esemete pind kergelt tuhm. Alumiiniumi elektrolüütilisel oksüdeerimisel vävelhappes moodustub aga alumiiniumi pinnale tunduvalt paksem alumiiniumoksiidi kiht. Nisugust protsessi nimetatakse alumiiniumi anodeerimiseks. Anodeeritud alumiinium on kergesti värvitav, seejuures võib saada kulda imiteeriva pinna. Seda menetlust kasutatakse dekoratiivkatete tekitamiseks käekelladele ja muudele tarbeesemetele.

Alumiiniumoksiid reageerib nii hapete kui ka leelistega ning kuulub seega amfoteersete oksiidide hulka.

Alumiiniumoksiid tavalistes tingimustes veega ei reageeri.

### Küsimusi ja ülesandeid.

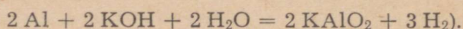
1. Kirjutada keemiline võrrand alumiiniumhüdroksiidi saamise kohta.
2. Kirjutada keemilised võrrandid alumiiniumoksiidi saamise kohta kahel erineval viisil.
3. Kirjutada ioonilised võrrandid alumiiniumsulfaadi reageerimise kohta kaaliumhüdroksiidi ja naatriumhüdroksiidiga.
4. Kirjutada keemilised võrrandid järgmiste muundumiste kohta:



5. Seletada alumiiniumhüdroksiidi amfoteerseid omadusi elektrolüütilise dissotsiatsiooniteooria põhjal.

6. Miks ei või alumiiniumnõudes hoida leelisi ja soodat?

7. Mitu mooli ja mitu liitrit vesinikku võib saada 108 g pulbrilise alumiiniumi reageerimisel kaaliumhüdroksiidiga? (Reaktsiooni võrrand:



8. Mitu grammi alumiiniumi on vaja 0,1 mooli alumiiniumsulfaadi saamiseks? Mitu milliliitrit väävelhapet (erikaal 1,46) reageerib seejuures?

9. Mitu grammi alumiiniumhüdroksiidi tekib 3 mooli kaaliumhüdroksiidi reageerimisel ühe mooli alumiiniumnitraadiga?

10. Valati kokku lahused, mis sisaldasid 1 mooli alumiiniumkloriidi ja 4 mooli kaaliumhüdroksiidi. Kui palju kaaliumhüdroksiidi kulus kaaliumaluminaadi valmistamiseks?

11. On antud alumiinium- ja naatriumsulfaadi lahused. Teha kindlaks, millises katseklaasis kumbki neist asub.

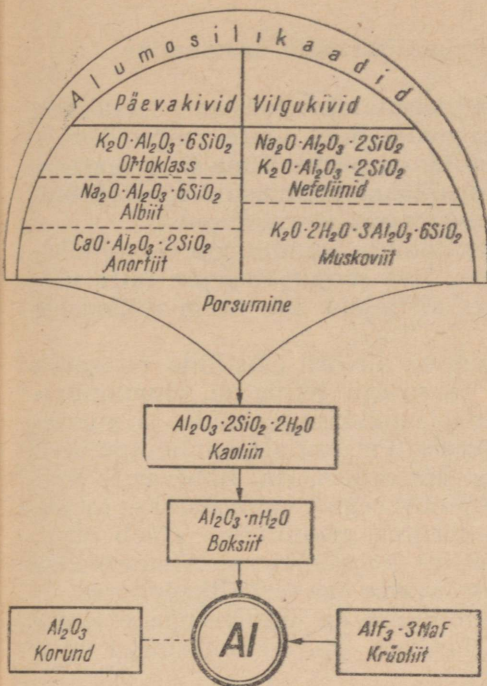
### 3. Alumiinium looduses.

Metallilistest elementidest on alumiinium maakoos esimese kõige enam levinud. Ta moodustab ligi 7,5% maakoos kaalust. Keemilise aktiivsuse tõttu ei leidu alumiiniumi looduses vabas olekus. See-eest kuulub ta paljude mineraalide koostisse. Akadeemik Fersmani andmeil tuntakse ligikaudu 250 mineraali, mille koostises on alumiiniumi.

Looduslik kristalne alumiiniumoksiid on korund. Kõvadu-selt on korund teisel kohal teemandi järel. Selle omaduse tõttu kasutatakse korundi lihvimiskäiade ja mitmesuguste lihvimisvahendite valmistamiseks.

Korund esineb looduses ka läbipaistvate värviliste kristallidena. Kroomiühendite lisanditest tingitud punase värvusega korundi nimetatakse rubiiniks, sinise värvusega korundi safiiriks. Safiir ja rubiin on vääriskivid. Läbipaistmatuid korundi kristalle, mis sisaldavad rohkesti lisandeid, nimetatakse smirgliks ja kasutatakse smirgelriide, -paberi ja -käiade valmistamiseks.

Tänapäeval valmistatakse selliseid vääriskive nagu rubiin ja safiir ning samuti ka tavalist korundi kunstlikult alumiiniumoksiidist. Kunstlik korund, mida nimetatakse alundumiks, on loo-



Joonis 15. Looduslikud alumiiniumühendid ja nende muundumine.

duslikust korundist omadustelt parem ning seetõttu kasutatakse teda suure tulekindlusega tiiglite, lihvimiskäide ja kellamehhanismide valmistamiseks.

Looduses esineb väga laialdaselt silikaate, mille koostises on ka alumiiniumi ning mida seetõttu nimetatakse alumosilikaatideks. Viimased moodustavad kohati suuri lademeid. Alumosilikaatide porsumise<sup>1</sup> saadusteks on kaoliin, liiv ja leelismetallide soolad ( $K_2CO_3$ ,  $Na_2CO_3$ ).

Kaoliin ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) on eriliiki savi. Puhas kaoliin on nn. valge savi ehk portselanisavi. Raua ja mangaani oksiide sisaldavat kaoliini nimetatakse tavaliseks saviks.

Boksiit ( $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ ) on tähtis alumiiniumimaak. Ta tekib alumosilikaatidest ja sisaldab 40—60% alumiiniumoksiidi. Boksiit on alumiiniumi tootmise tooraineks. Suuri boksiidilademeid leidub Uraalis ja Siberis.

Nefeliin ( $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ) on suure tehnilise tähtsusega alumiiniumimetallurgias. Akadeemik Fersman avastas nefeliini rikkalikud leiukohad Koola poolsaarel (Hibiinides).

Krüoliit ( $AlF_3 \cdot 3NaF$ ) on harva esinev mineraal. Seda kasutatakse elektrolüüdina alumiiniumi tootmisel alumiiniumoksiidist.

<sup>1</sup> Porsuma — keemiliselt murenema.

#### 4. Alumiiniumi ja alumiiniumiühendite kasutamine.

Alumiiniumi ja selle sulameid kasutatakse tööstuses laialdaselt nende kerguse, mehhaanilise tugevuse ning suure vastupidavuse tõttu. Õhu ja vee suhtes on alumiinium püsiv. Kuna ta ei reageeri ka lämmastikhappesga, siis valmistatakse lämmastikhappetööstuse seadmeid ja happe transportimise taarat alumiiniumist.

Hea elektrijuhtivuse tõttu kasutatakse alumiiniumi elektrijuhtmete ja -kaablite valmistamiseks. Hea soojusjuhtivuse tõttu valmistatakse alumiiniumist soojusvahetajaid nii keemiatööstusele kui ka teistele tööstustele.

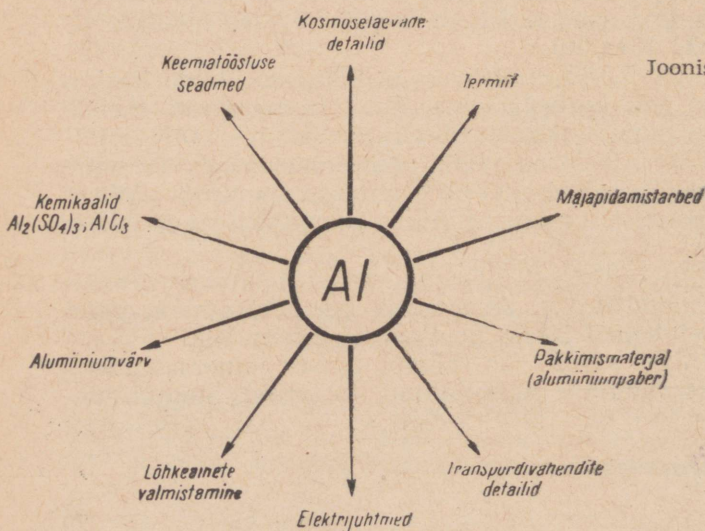
100—150°C juures on alumiinium niivõrd plastiline, et temast saab valmistada alla 0,01 mm paksusega lehte, nn. alumiiniumpaberit. Viimast kasutatakse šokolaadi, kompvekkide ja mitmesuguste kondiitritoodete pakkimiseks. Peenest alumiiniumipulbrist valmistatakse korrosioonikindlat kattevärvi, nn. hõbevärvi. Ammooniumnitraadi ja alumiiniumipulbri segust valmistatakse lõhkeainet — ammonaali. Kuna pulbriline alumiinium põleb hästi, kasutatakse teda ka valgusraketide koostisainena. Alumiiniumipulbri ja raua oksiidide segu kasutatakse aga termiitkeevitusel.

Laialdaselt kasutatakse alumiiniumi ka mitmesuguste majapidamisesemete — kastrulite, lusikate jn. valmistamisel ning peeglitööstuses.

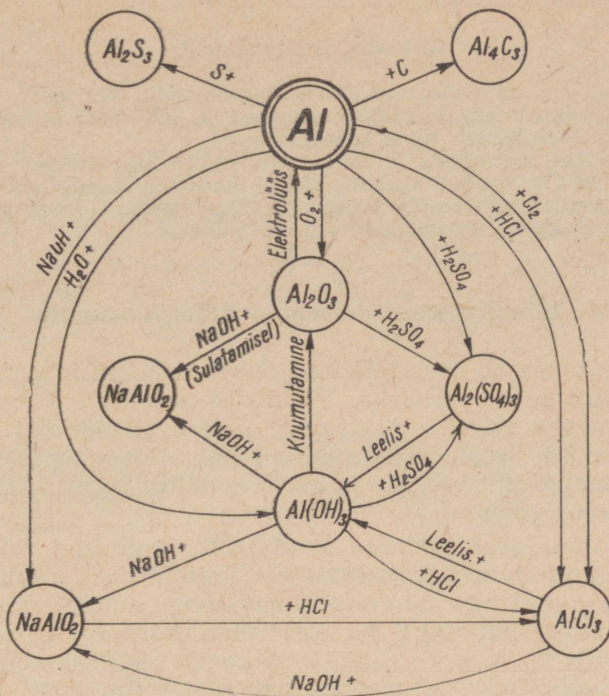
Alumiiniumi ja tema ühendite kasutamisest annab ülevaate joonis 16.

Alumiiniumiühenditest on tähtsamad järgmised ühendid.

Alumiiniumkloriid ( $AlCl_3$ ). Valge kristalne aine. Kasutatakse villase riide värvimisel ja katalüsaatorina orgaaniliste ühendite sünteesil.



Joonis 16. Alumiiniumi kasutamine.



Joonis 17. Alumiiniumi ja alumiiniumiühendite vastastikuse seose skeem.

Alumiiniumsulfaat-18-vesi [ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ ]. Kasutatakse vee puhastamisel, naha parkimisel, puidu immutamiseks kõdunemise vastu ja paberi- ning tekstiilitööstuses.

Kaaliumalumiiniumsulfaat-12-vesi ehk kaaliumalumiiniummaarjas [ $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ ] on tähtsaim alumiiniumisool. Teda kasutatakse naha parkimisel ja riide värvimisel.

Ultramarin on värvaine, mida saadakse kaoliini sulatamisel väävli ja soodaga. Kasutatakse sinise värvina ja pesu sinetamiseks («pesusine»).

### Kokkuvõte.

Alumiinium on hõbedase läikega kerge metall. Ta on keemiliselt aktiivne ning reageerib kergesti liht- ja liitainetega. Alumiinium moodustab ühe oksüdi ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ja hüdroksiidi [ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ]. Alumiinium on amfoteerne element. Õhu ja vee suhtes on alumiinium püsiv, samuti ei reageeri ta lämmastikhappega. Alumiinium on hea elektri- ja soojusjuht.

## Küsimusi ja ülesandeid.

1. Missugused on tähtsamad alumiiniumiühendid looduses?
2. Jutustada alumiiniumi kasutusaladest ja selgitada, millistel alumiiniumi omadustel põhineb tema kasutamine.
3. Jutustada tähtsamate alumiiniumiühendite kasutamisest.
4. Joonisel 17 toodud skeemi põhjal koostada keemilised võrrandid vastavate alumiiniumiühendite tekkimise kohta. Iseloomustada neid aineid.
5. Iseloomustada lühidalt alumiiniumi omadusi.

## 5. Alumiiniumi analoogide üldiseloostus.

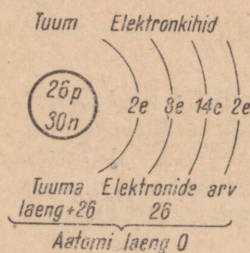
Alumiinium asub perioodilisuse süsteemi III rühma peaalarühmas ja kolmandas perioodis. Perioodis eelnevad alumiiniumile metallid (magneesium ja naatrium), järgnevad aga mittemetallid (räni, fosfor jt.). Seega on alumiinium oma asetusest perioodis üleminekuelemendiks metallide ja mittemetallide vahel. Alumiinium on amfoteerne element.

III rühma peaalarühma kuuluvad järgmised elemendid: boor (B), alumiinium (Al), gallium (Ga), indium (In) ja tallium (Tl). Alarühmas elementide aatomite tuumalaengu suurenemisega boorilt aktiiniumini suureneb ka elektronkihtide arv aatomis ning seoses sellega ka aatomi raadius. Aatomi raadiuse suurenemise määral hoitakse aga valents elektrone nõrgemini kinni ning elementide metallilised omadused suurenevad. Alarühma esimene element boor on mittemetall, mis moodustab happelise oksidi  $B_2O_3$  ja happe  $H_3BO_3$ , alumiinium on amfoteerne element, gallium on aga juba metall, mis moodustab aluselise oksidi  $Ga_2O_3$  ja aluse  $Ga(OH)_3$ . Seega on alumiinium üleminekuelemendiks metallide ja mittemetallide vahel nii perioodis kui ka alarühmas.

## § 6. Raud — *Ferrum*.

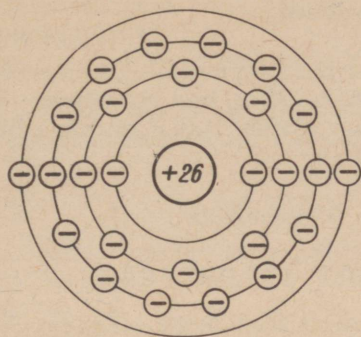
Keemiline märk Fe.

Aatomkaal 56; järjenumbr 26.



Raud asetseb keemiliste elementide perioodilisuse süsteemi kaheksandas rühmas ja neljandas perioodis. Raua aatomi tuum koosneb 26-st prootonist ja 30-st neutronist ning ta tuuma ümber ringleb 26 elektroni. Raua aatomi elektronid paiknevad neljal elektronkihil. Sisemisel elekt-

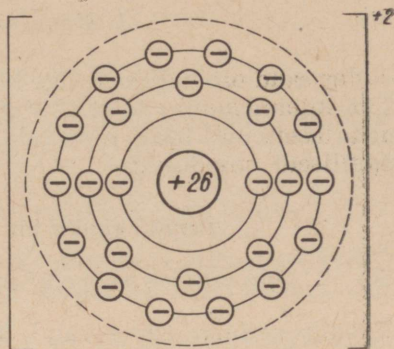
Joonis 18. Raua aatomi ehituse skeem.



*Raua aatom*  
*Tuuma laeng* +26  
*Kõikide elektronide*  
*laengute summa* -26  


---

*Aatomi laeng* 0



*Raudioon*  
*Tuuma laeng* +26  
*Kõikide elektronide*  
*laengute summa* -24  

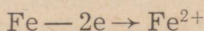

---

*iooni laeng* +2

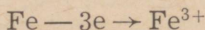
Joonis 19. Raua aatomi ja raudiooni ehituse skeem.

ronkihil on kaks elektroni, teisel elektronihil kaheksa, kolmandal elektronihil neliteist ja välisel elektronihil kaks elektroni (joonis 18).

Raua aatom võib oma kaks valentselektroni teiste elementide aatomitega reageerimisel kergesti loovutada, muutudes seejuures positiivselt kahevalentseks raudiooniks (joonis 19):



Tugevamate oksüdeerijate (halogeenid,  $\text{HNO}_3$ ) toimel kaotab raua aatom kergesti ka kolmanda elektroni eelviimaselt elektronihilt, muutudes positiivselt kolmevalentseks raudiooniks:



Raua aatom võib eelviimaselt elektronihilt loovutada ka enam kui ühe elektroni. Teatud tingimustel võib raua aatom oksüdeeruda kuni positiivselt kuuevalentse ioonini. Kuid kuuevalentse raua ühendid on ebapüsivad ning muutuvad kolmevalentse raua ühenditeks. Kuigi raud asetseb perioodilisuse süsteemi VIII rühmas, ei tunta kaheksavalentseid rauaühendeid. Tavaliselt esineb raud ühendites positiivselt kolmevalentsena.

## 1. Raua omadused.

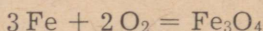
Puhas raud on hallikasvalge kõva ja raske metall. Tema erikaal on 7,86, sulamispunkt 1539° C. Puhtal raual on hea plastilisus, mistõttu ta laseb end hästi sepistada ja valtsida. Raual on väga head mangetilised omadused.

*Raua reageerimine lihtainetega.*

Raua reageerimine hapnikuga.

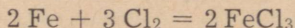
Tavalistes tingimustes raud õhus ei oksüdeeru. Niiskes õhus kattub raud roostekihiga.

Kõrge temperatuurini kuumutatuna põleb peenestatud raud õhus ja hapnikus, muutudes raud(II,III)oksiidiks ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ehk  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Sama aine tekib ka hõõgkuuma raua sepistamisel (rauatagi):



Raua reageerimine klooriga.

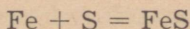
Raud reageerib energiliselt klooriga, kuid see reaktsioon kulgeb ainult veeauru (niiskuse) kui katalüsaatori juuresolekul:



Raua reageerimine väävliga.

**Katse 1.** Segame uhmris 2 g pulbrilist väävlit ja 3,5 g pulbrilist rauda. Paneme segu kuiva katseklaasi ja kinnitame selle vertikaalselt statiivi külge. Katseklaasi alla asetame kausi liivaga. Kuumutame katseklaasi alt, kuni hakkab kulgema energiline reaktsioon. Siis eemaldame põleti ja jälgime katse käiku eemalt. Reaktsioonil eralduva soojuse tõttu võib katseklaas sulada.

Raud reageerib väävliga ainult kuumutamisel. Kuna reaktsioon on eksotermiline, tuleb kuumutada vaid reaktsiooni alguseni. Edasi kulgeb reaktsioon juba eralduva soojuse arvel. Reaktsiooni võrand:



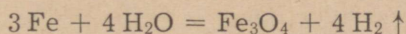
Peale selle võib raud kõrgel temperatuuril reageerida ka teiste mittemetallidega, näiteks süsiniku, räni, fosfori ning paljude teistega.

*Raua reageerimine liitainetega.*

Raua reageerimine veega.

Tavalisel temperatuuril raud ei tõrju vesinikku veest välja. Kõrgemal temperatuuril seevastu toimib raud lagundavalt vee

molekulidesse, mille tagajärjel vesinik redutseerub, raud aga oksüdeerub:



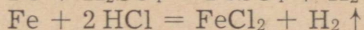
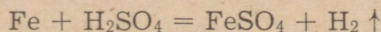
Seda reaktsiooni kasutatakse tööstuses mõnikord vesiniku saamiseks (raua-veeauru meetod).

### Raua reageerimine hapetega.

Raud asetseb metallide aktiivsuse reas enne vesinikku, tsingi ja koobalti vahel. Ta kuulub keskmise aktiivsusega metallide hulka.

**Katse 2.** Võtame katseklaasidesse järgmisi happeid: esimesse — lahjendatud väävelhapet, teise — kontsentreeritud väävelhapet, kolmandasse — lahjendatud soolhapet, neljandasse — kontsentreeritud soolhapet, viiendasse — lahjendatud lämmastikhapet ja kuuendasse — kontsentreeritud lämmastikhapet. Puistame kõikidesse katseklaasidesse pulbrilist rauda ja jälgime reaktsioonide kulgemist. Millistes katseklaasides eraldub gaasi intensiivsemalt? Soojendame teist katseklaasi. Mida märkame?

Raud reageerib soolhappega ja lahjendatud väävelhappega, tõrjudes hapetest välja vesiniku ning moodustades kahevalentse raua soolaid:

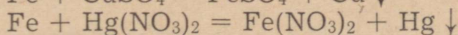
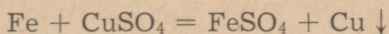


Kontsentreeritud väävelhape (üle 93%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ja lämmastikhape ei reageeri tavalistes tingimustes rauaga, seetõttu on võimalik kontsentreeritud väävelhapet, samuti ka kontsentreeritud lämmastikhapet transportida raudtsisternides ja hoida raudvaatides. Soojendamisel reageerib aga kontsentreeritud väävelhape rauaga, avaldades seejuures oksüdeerivaid omadusi ja redutseerudes raua toimel vääveldioksiidini ( $\text{SO}_2$ ).

### Raua reageerimine sooladega.

**Katse 3.** Võtame ühte katseklaasi vasksulfaadi lahust, teise — elavhõbe(II)nitraadi lahust. Paneme mõlemasse katseklaasi eelnevalt liivapaberiga puhastatud raudnaela. Laseme katseklaasidel mõne aja seista ja vaatleme siis raudnaelte välimust ning lahuste värvust.

Raua reageerimisel temast vähem aktiivsete metallide sooladega tõrjub raud neist sooladest metalli aatomid välja, muutudes ise seejuures positiivselt kahevalentseks raudiooniks:



Leelistega raud ei reageeri.

## Kokkuvõte.

Raud on hallikasvalge, kõva ja raske (erikaal 7,86) metall, mis sulab temperatuuril üle  $1500^{\circ}\text{C}$ . Raud reageerib hapniku, kloori, väävli jt. mittemetallidega. Ta reageerib lahjendatud hapetega. Kontsentreeritud väävelhappega reageerib ta ainult kõrgemal temperatuuril. Kontsentreeritud lämmastikhappega raud ei reageeri. Nõrgemate oksüdeerijatega reageerimisel muutub ta  $\text{Fe}^{2+}$ -iooniks, tugevamate oksüdeerijate (kloor, lämmastikhape) puhul aga  $\text{Fe}^{3+}$ -iooniks.

### Küsimusi ja ülesandeid.

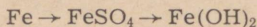
1. Iseloomustada raua asetust keemiliste elementide perioodilisuse süsteemis.

2. Jutustada raua aatomi ehitusest ja joonestada raua aatomi ning kolmevalentse raudiooni skeemid.

3. Missugused on raua füüsikalised omadused?

4. Kirjeldada raua keemilisi omadusi. Kuidas raud reageerib a) hapniku, b) kloori, c) väävli, d) vee, e) lahjendatud hapete ja f) sooladega? Kirjutada vastavate reaktsioonide võrrandid.

5. Kirjutada keemilised võrrandid järgmiste muundumiste kohta:



6. Saada vasksulfaat-5-veest lähtudes metalset vaske ja kirjutada vastava reaktsiooni võrrand, näidates, mis oksüdeerub, mis redutseerub.

7. Saada 1,1 g raudsulfiidi ja tõestada, et ta on väävelvesinikhappe sool.

8. Kui palju raud(III)kloriidi tekkis, kui 11,2 g rauaga reageeris 6,7 liitrit kloori?

9. Mitu liitrit vesinikku võib saada 10 g veeauru reageerimisel rauaga?

10. Mitu liitrit vesinikku võiks saada 560 g 10%-lise a) väävelhappe, b) soolhappe reageerimisel rauaga?

11. Mitu grammi raud(III)kloriidi reageerib 10 ml 0,5n naatriumhüdrosiidi lahusega?

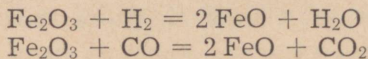
## 2. Rauaühendid.

Raud on ühendites peamiselt kahe- ja kolmevalentne.

### Raua oksiidid.

Tähtsamad raua oksiidid on raud(II)oksiid ( $\text{FeO}$ ), raud(III)oksiid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ja raud(II,III)oksiid ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).

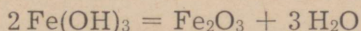
Raud(II)oksiidi ( $\text{FeO}$ ) saadakse raud(III)oksiidi redutseerimisel vesiniku või süsinikoksiidiga nõrgal soojendamisel:



Raud(II)oksiid on musta värvusega aine. Aluselise oksiidina reageerib ta lahjendatud hapetega, moodustades seejuures posi-

tiivselt kahevalentseid raudioone sisaldavaid soolasid. Praktilist tähtsust raud(II)oksiidil ei ole.

Raud(III)oksiid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) on aluseline oksiid, mida võib saada raud(III)hüdroksiidi kuumutamisel:



Raud(III)oksiid on punakaspruuni värvusega, teda leidub looduses punase ja pruuni rauamaagi koostises.

Raud(III)oksiidi kasutatakse rauamenniku, ookri ja muumia nimetus all maalrivärvide valmistamisel. Hästi peenestatud raud(III)oksiidi kasutatakse kristallklaasi lihvimisel ning hõbe- ja kuldesemete poleerimisel.

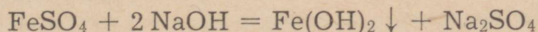
Raud(II,III)oksiidi ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) võib vaadelda kahest oksiidist koosnevana:  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ . See on püsivaim raua oksiid. Looduses leidub seda magnetrauamaagina ehk magnetiidina. Raud(II,III)oksiidi saadakse raua põlemisel või veeauru toimel rauasse. See on musta värvusega kristalne aine. Raua pinda kattev õhuke raud(II,III)oksiidi kiht (tagikiht) kaitseb rauda roostetamise eest, mistõttu raudesemete, näiteks tööriistade pinnale tekitatakse tahtlikult selline kiht (raua mustaks oksüdeerimine).

Tehnikas nimetatakse  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ferritiks ning seda kasutatakse magnetofonilindi, nn. ferriitantennide, arvutusmasinate mäluseadmete ja tugevate püsomagnetite valmistamisel.

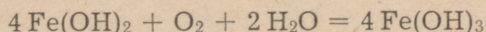
### *Raua hüdroksiidid.*

Tuntakse kaht raua hüdroksiidi: raud(II)hüdroksiid [ $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ] ja raud(III)hüdroksiid [ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ].

**Katse 1.** Lahustame katseklaasis mõned raud(II)sulfaadi kristallid, keedame lahust ja lisame sellele siis keedetud naatriumhüdroksiidi lahust. (Keetmine on vajalik selleks, et eemaldada lahusest õhuhapnikku; viimase toimel raud(II)hüdroksiid kohe hapendub). Kokkuvalamisel moodustub esialgu valge sade — raud(II)hüdroksiid:

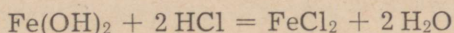


Õhuhapniku toimel valge värvusega raud(II)hüdroksiid oksüdeerub kiiresti, värvudes algul roheliseks ja lõpuks raud(III)hüdroksiidi tekke tõttu pruuniks:

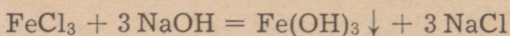


Eriti kiiresti toimub see reaktsioon vedeliku pinnal, mis on kokku puutes õhuga.

Raud(II)hüdroksiid on aluseliste omadustega. Ta reageerib hapetega, moodustades soolasid:



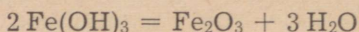
**Katse 2.** Lisame raud(III)kloriidi lahusele naatriumhüdrosiidi lahust. Mida märkame? Võrdleme tekkinud sademe värvust katse nr. 1 saadud sademega.



Raud(III)hüdrosiidi saadakse leeliste toimel  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  ja teiste kolmevalentse raua soolade lahustesse. Raud(III)hüdrosiid on aluseliste omadustega. Reageerimisel hapetega moodustab ta kolmevalentse raua soolaid.

**Katse 3.** Eraldame filtreerimisega eelmises katse saadud raud(III)hüdrosiidi sademe, peseme seda destilleeritud veega ja kuumutame portselantiiglis.

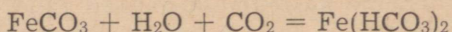
Kuumutamisel raud(III)hüdrosiid laguneb, seejuures eraldub vesi ja moodustub pruunikaspunase värvusega raud(III)oksiid:



### *Rauasoolad.*

Raud(II)sulfaat-7-vesi ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) on tuntud ka raudvitrioli nimetuse all. Teda saadakse raua reageerimisel lahjendatud väävelhappega. Raud(II)sulfaadi lahust kasutatakse taimetõrjeks ja puidu konserveerimiseks, peale selle kasutatakse teda villa värvimisel ning tindi ja värvainete valmistamisel.

Raudkarbonaati ( $\text{FeCO}_3$ ) leidub looduses mineraal sideriidina. Vees raudkarbonaat ei lahustu, lahustub aga süsinikdioksiidi sisaldavas vees, muutudes seejuures raudvesinikkarbonaadiks:



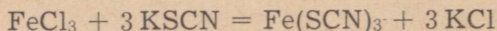
Looduslik kare vesi sisaldab sageli raudvesinikkarbonaati, mis vee keetmisel reageerib õhuhapniku ja veega ning muutub raud(III)hüdrosiidiks. Keedunõu seintele ja põhjale moodustuv katlakivi on sel juhul pruunika värvusega, mis osutabki raudvesinikkarbonaadi olemasolule vees.

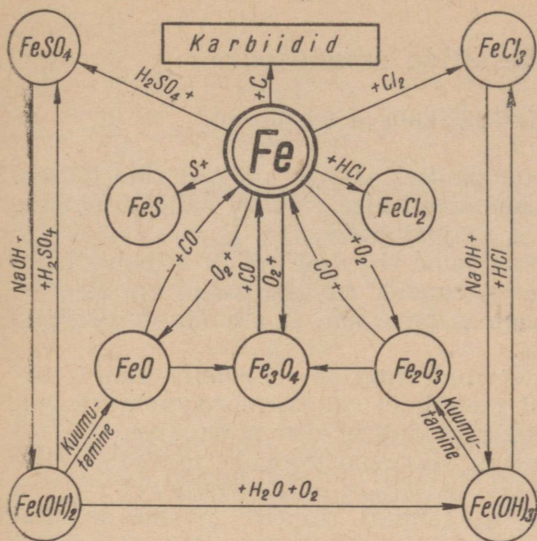
Raud(III)kloriid ( $\text{FeCl}_3$ ) on pruunika värvusega kristalne ja väga hügrokoopne aine. 3—5% -list raud(III)kloriidi lahust kasutatakse väiksemate haavade puhul verejooksu tõkestava vahendina.

Analüütilises keemias kasutatakse kolmevalentsete raudioonide tõestamiseks kaaliumtiotsüanaati ( $\text{KSCN}$ ).

**Katse 4.** Võtame katseklaasi raud(III)kloriidi lahust ja lisame mõned tilgad kaalium- või ammooniumtiotsüanaadi lahust.

Reaktsioonil moodustuv raud(III)tiotsüanaat on veripunase värvusega:





Joonis 20. Raud ja tema ühendite vastastikuse seose skeem.

### Kokkuvõte.

Ühendites on raud peamiselt kahe- ja kolmevalentne, kusjuures püsivamad on kolmevalentse raua ühendid. Raud moodustab kolm oksiidi ( $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ja  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) ning kaks hüdroksiidi ( $\text{Fe(OH)}_2$  ja  $\text{Fe(OH)}_3$ ). Kahevalentse raua sooladest on tähtsam  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , kolmevalentsetest  $\text{FeCl}_3$ . Kolmevalentsete rauaühendite tõestamiseks kasutatakse reageerimist kaalium- või ammooniumtiotsüanaadiga ( $\text{KSCN}$ ,  $\text{NH}_4\text{SCN}$ ), mille puhul tekib punase värvusega raud(III)tiotsüanaat.

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Nimetada tähtsamaid raua oksiide. Kuidas neid saadakse ja missugused on nende omadused?
2. Kuidas saadakse raua hüdroksiide? Missugused on nende omadused?
3. Nimetada tähtsamaid rauaühendeid. Missugused on nende omadused ja kus neid kasutatakse?
4. Kuidas saab kindlaks teha kolmevalentseid rauaühendeid?
5. Joonisel 20 toodud skeemi põhjal koostada keemilised võrrandid rauaühendite tekkimisreaktsioonide kohta. Iseloomustada nende reaktsioonide kulgemise tingimusi ning saadud ühendeid.
6. Mitu grammi rauda võib reageerida 30 ml 24%-lise vävelhappega ja kui palju tekib seejuures raud(II)sulfaati?
7. 20 g 15%-lisele raud(II)sulfaadi lahusele lisati 40 ml 12%-list naatriumhüdroksiidi lahust (erikaal 1,137). Mitu grammi raud(II)hüdroksiidi moodustusi?
8. Mitu grammi raud(III)kloriidi sisaldab lahus, kui lahuse käsitlemisel ammooniumhüdroksiidiga tekkinud sadet kuumutati ning saadi seejuures 0,95 g  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ?

## § 7. Metallide omadused.

### 1. Metallide füüsikalised omadused.

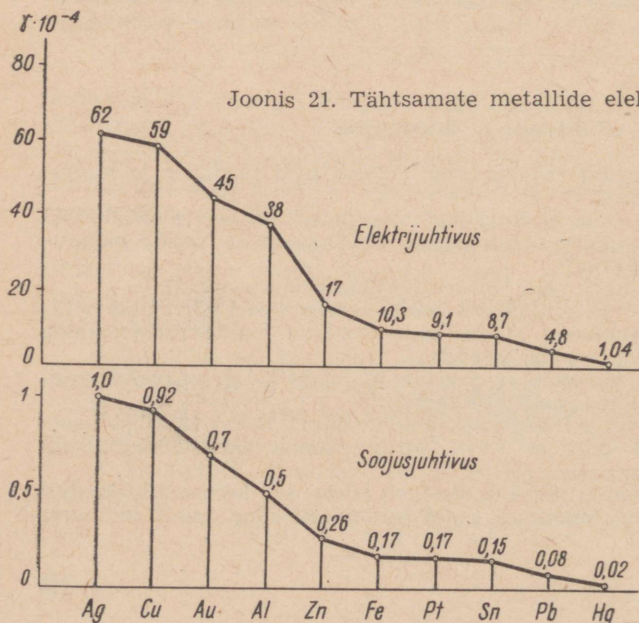
Nagu metallide tundmaõppimisel nägime, on neil rida ühiseid omadusi. Selliste ühiste omaduste hulka kuulub näiteks metalne läige, plastilisus, elektri- ja soojusjuhtivus.

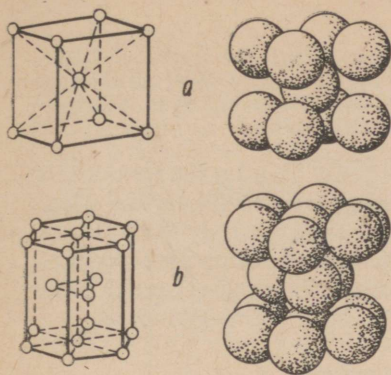
Metallet läiget täheldame siis, kui metall esineb sileda-pinnalise tükina. Pulbrina on enamik metalle hallid või mustad. Ainult mõned metallid, nagu magneesium ja alumiinium, säilitavad oma läike ka pulbrina.

Enamiku metallide poleeritud pind on terashalli kuni hõbevalge värvusega. Mõnedel metallidel on ka teistsugune värvus, näiteks vask on punane, kuld kollane ja vismut punakas.

On tavaks metalle ja nende sulameid liigitada mustadeks ja värvilisteks. Mustade metallide hulka kuuluvad raud ja kõik raua sulamid (terased ja malmid). Nimetus mustad metallid on tingitud sellest, et raud ja selle sulamid on töötlemata kujul tumeda värvusega. Kõik ülejäänud metallid ja nende sulamid kuuluvad värviliste metallide hulka.

Metalle iseloomustavaks omaduseks on plastilisus, s. t. omadus muuta oma kuju väliste jõudude mõjul ilma purunemata ja säilitada muutunud kuju pärast jõu mõju lakkamist. Plastilisi metalle on võimalik sepistada, traadiks tõmmata, plekiks valtsida, esemeteks pressida või muul viisil survega töödelda. Ainult üksikud metallid, nagu antimon, vismut ja mangaan, on haprad, s. t. neil puudub



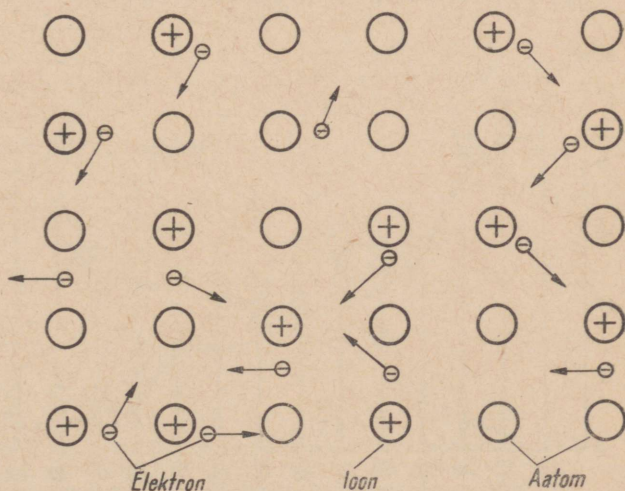


Joonis 22. Metallide ruumvõrede tüüpe.

plastilisus ja nad pole survega töödeldavad. Antimoni on võimalik isegi portselanuhmris pulbriks hõõruda.

Metalle iseloomustavaks omaduseks on ka nende hea elektrijuhtivus. Parimad elektrijuhid on hõbe ja vask, hästi juhivad elektrit ka kuld, alumiinium ja raud, halvemini aga plii ja elavhõbe (joonis 21). Germaanium kuulub pooljuhtide hulka, s. t. ainete hulka, mille elektrijuhtivus on metallide ja elektrit praktiliselt mittejuhtivate ainete (isolaatorite) vahepealne.

Metallide elektrijuhtivus on seletatav nende ehituse iseärasusega. Metallidel on kristalliline struktuur, kusjuures metalli iga kristalli võib kujutada ruumvõreana (joonis 22). Nisuguse ruumvõre sõlmpunktides (joonis 23) on metallide positiivselt laetud ioonid. Metallide ioonid on elektronidest ümbritsetud. Elektronid, mis osaliselt on seotud elektrostaatiliste jõuväljade kaudu, osutuvad «poolvabadeks», s. t., et nad pole kinnistatud üksikutele ioonidele, vaid liiguvad nende vahel korrapäraselt. Sellised «poolvabad» elektronid moodustavad metallist justkui «elektrongaasi». Lähenedes ioonile moodustab elektron sellega momendiks «aatom», mis järgnevalt laguneb uuesti iooniks ja elektroniks. Lülitades juhtme (mis koosneb metallikristal-



Joonis 23. Ruumvõre skeem.

lidest) vooluahelasse, omandavad juhtmes olevad elektronid suunatud liikumise. Elektronide liikumist juhtmes pidurdavad aga ioonid. Seejuures avaldavad erinevate metallide ioonid elektronide liikumisele erinevat takistust. Viimasest ongi tingitud metallide erinev elektri juhtivus.

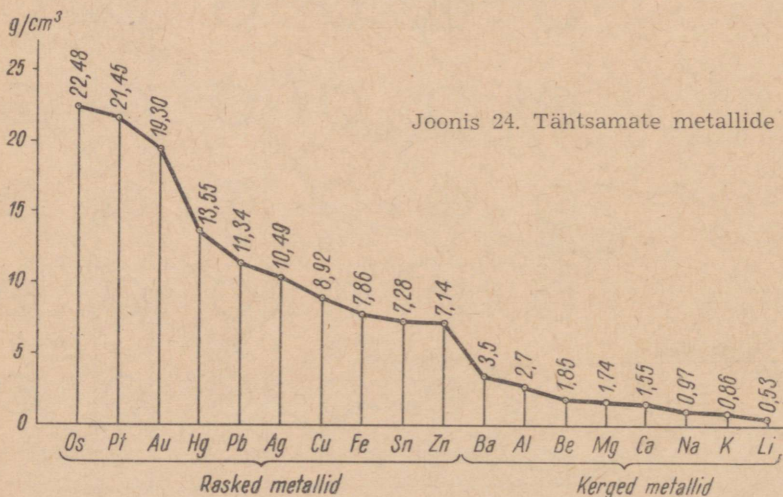
Metallid juhivad hästi ka soojust. Soojusjuhtivuselt reastuvad metallid samas järjekorras nagu elektri juhtivuse järgi (joonis 21). Head elektri juhid on ka head soojusjuhid. Parimateks soojusjuhtideks on hõbe, vask, kuld ja alumiinium. Hea soojusjuhtivuse tõttu kasutatakse metalle autoradiaatorite, keskküttepatareide, aurukatelde, soojusvahetajate jne. valmistamiseks.

Raud, koobalt ja nikkel on magnetiseeruvad. Seepärast kasutatakse neid püsimgnetite valmistamisel.

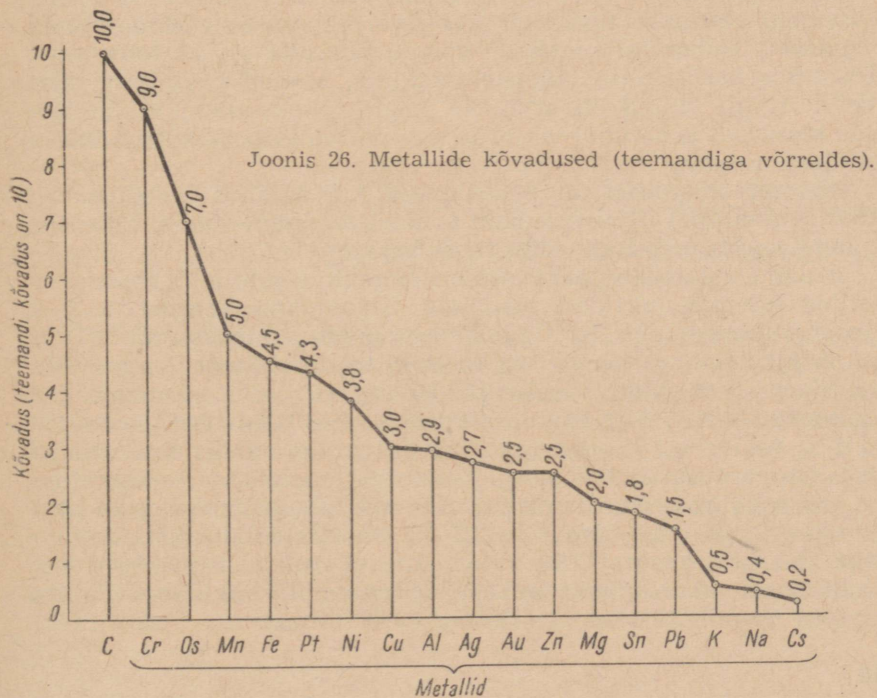
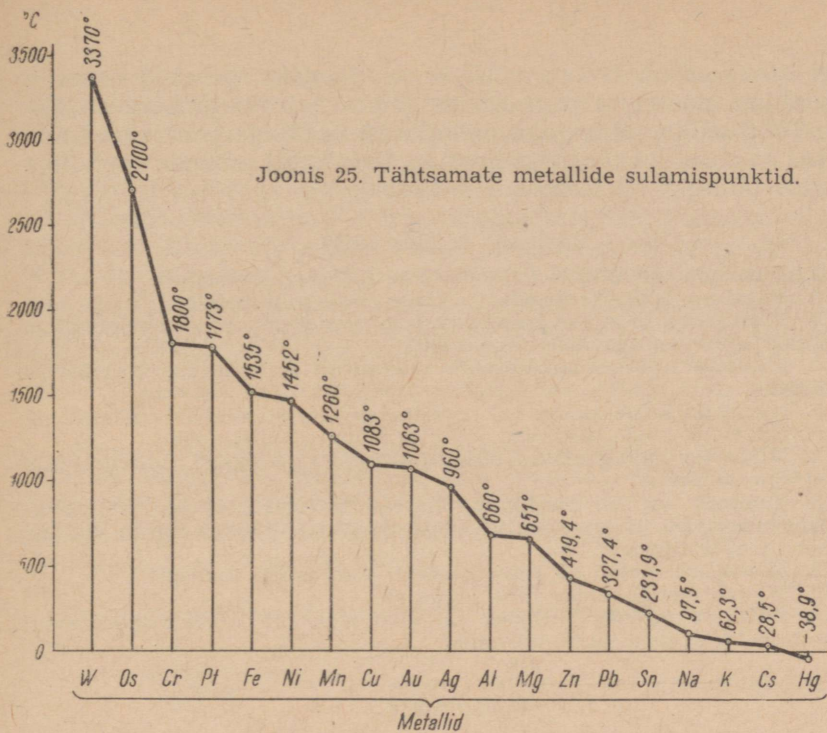
Metallide erikaal kõigub suurtes piirides. Erikaalu järgi liigitatakse metalle kergeteks ja rasketeks metallideks. Kergete metallide hulka kuuluvad kõik metallid erikaaluga alla  $5 \text{ g/cm}^3$ , raskete metallide hulka aga erikaaluga üle  $5 \text{ g/cm}^3$ . Joonisel 24 toodud diagrammist nähtub, et kõige kergemaks metalliks on liitium ( $0,53 \text{ g/cm}^3$ ), kuna kõige raskemaks metalliks on osmium ( $22,5 \text{ g/cm}^3$ ). Samast diagrammist selgub, et ka naatriumi ja kaaliumi erikaal on väiksem kui veel.

Sulamispunktidel erinevad metallid veel enam kui erikaalude poolest. Kõige kergemini sulavad elavhõbe ja tseesium, kõige raskemini aga osmium ja volfram. Elavhõbeda sulamispunkt on  $-39^\circ \text{C}$ . Ta on ainus metall, mis on tavalisel temperatuuril vedelas olekus. Volfram sulab aga alles temperatuuril  $3370^\circ \text{C}$ . Metallide sulamispunktid on toodud diagrammina joonisel 25. Diagrammist nähtub, et tööstusliku tähtsusega metallidest sulavad kõige kergemini tina ja plii.

Kõvadus iseloomustab metalli omadust vastu panna teise kõvema keha sissetungimisele tema pinnasse. Mitmesuguste metallide kõvadus on väga erinev.



Joonis 24. Tähtsamate metallide erikaalud.



Kõige kõvemad on kroom, volfram ja mangaan; pehmed metallid on kaalium, naatrium ja tseesium, mida saab noaga kergesti lõigata. Tööstusliku tähtsusega metallidest on kõige pehmemad tina ja plii. Joonisel 26 on diagrammina kujutatud mõnede metallide kõvadus (aluseks on teemandi kõvadus).

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Nimetada metallidele iseloomulikke füüsikalisi omadusi.
2. Nimetada kõige kergemaid ja kõige raskemaid metalle.
3. Missugused tööstuses kasutatavatest tavalistest metallidest on kõige kergemad ja missugused kõige raskemad?
4. Milliseid metalle nimetatakse mustadeks ja milliseid värvilisteks metallideks?
5. Nimetada kõige kergemini ja kõige raskemini sulavaid metalle.
6. Nimetada kõige kõvemaid ja kõige pehmemaid metalle.
7. Mispärast valmistatakse elektrijuhtmeid mõningatel juhtudel vase asemel alumiiniumist?
8. Tuletada meelde füüsikast järgmisi mõisteid: a) soojusjuhtivus, b) soojusmahtvus, e) erisoojus, d) elektrijuhtivus. Kuidas sõltub elektrijuhtivus temperatuurist?
9. Missugune metall on veest peaaegu kaks korda kergem?
10. Milline metall sulaks juba peopesal?
11. Tuletada meelde füüsikast järgmisi mõisteid: a) deformeeritavus, b) venitatavus, e) tugevus, d) kõvadus.

## 2. Sulamid.

Tehnikas kasutatakse nii puhtaid metalle kui ka sulameid. Sulameid saadakse tavaliselt kahe või enama sulatatud metalli segamisel. Sulamite koostisse võivad kuuluda ka mittemetallid. Tööstuses kasutatakse puhaste metallide asemel peamiselt sulameid. Ainult teatud otstarveteks, nagu näiteks pooljuhtmaterjalide tootmisel ja aatomireaktorite ehitamisel, tuleb kasutada täiesti puhtaid metalle.

Sulami omadused on teistsugused kui sulamit moodustavail koostismetallidel. Ainult sulami erikaal on enam-vähem lähedane sulami koostismetallide erikaalude keskmisele.

Sulami sulamistemperatuur on enamikul juhtudel koostismetallide sulamispunktidest madalam. Sulam, mis koosneb 63% -st tinast (sulamispunkt  $232^{\circ}\text{C}$ ) ja 37% -st pliiist (sulamispunkt  $327^{\circ}\text{C}$ ), sulab juba temperatuuril  $182^{\circ}\text{C}$ . Eriti madal sulamistemperatuur on Woodi (loe: vuudi) sulamil. Niisugune sulam koosneb 2-st kaaluosast pliiist, 1-st kaaluosast tinast, 4-st kaaluosast vismutist ja 1-st kaaluosast kaadmiumist. Woodi sulam sulab juba kuumas vees temperatuuril  $68^{\circ}\text{C}$ , seega tunduvalt madalamal temperatuuril kui selle koostisse kuuluv madalama sulamispunktiga koostismetall — tina (sulamispunkt  $232^{\circ}\text{C}$ ). Madala sulamistemperatuuriga sulameid kasutatakse automaatsetes tulekustutusseadmetes. Puhta raua sulamispunkt on  $1539^{\circ}\text{C}$ ; malm, mis sisaldab süsinikku ja teisi lisandeid, sulab aga umbes  $1200^{\circ}$  juures.

Sulami värvus võib erineda koostismetallide värvusest. Nii näiteks on sulamil, mis on saadud punase värvusega vase ja kollakasvalge värvusega nikli kokkusulatamisel, peaaegu valge värvus, mitte aga, nagu oleks võinud oodata, kollakaspunane värvus. Nimetatud sulamist valmistatakse peenraha.

Sulamites muutuvad ka koostismetallide teised omadused. Alumiinium näiteks on pehme metall, väikese vasekoguse (4%) lisamine aga suurendab tunduvalt sulami kõvadust. Puhas raud on samuti suhteliselt pehme metall, väikese süsinikukoguse (0,2%) lisamisel tõuseb sulami — terase — tugevus enam kui kahekordseks. Raud roostetab tavaliselt kergesti, kuid kroomi ja nikli lisamisel saadakse roostetamisele vastupidav sulam, nn. roostevaba teras.

Malm ja teras erinevad teineteisest peamiselt süsinikusisalduse poolest. Malm on rauasulam, mis sisaldab rohkem kui 1,7% süsinikku, terases on süsinikku aga vähem kui 1,7%. Seega muudavad rauas sisalduvad lisandid tunduvalt tema omadusi. Selgituseks vaatleme järgnevat tabelit.

Tabel 6

Raua-süsinikusulami nimetus	Süsinikusisaldus (%-des)	Sulamistemperatuur (°C)	Teised omadused
Elektrolüütiline raud (puhas raud) . . . . .	0,004	1539	Hästi taotav, pehme
Teras:			
pehme teras . . . . .	0,1—0,25	1520	Hästi keevitatav, taotav, sitke, tugev
keskmise kõvadusega teras . . . . .	0,25—0,5	1500	Taotav, tugev, sitke
kõva ja väga kõva teras . . . . .	0,5—1,7	1450	Taotav, tugev, elastne, hea löikevõime, karastatav
Malm . . . . .	Üle 1,7	1200	Kõva, habras, hästi vaalata

Tabelist 6 nähtub, et raua ja süsiniku sulami omadused muutuvad tunduvalt selle süsinikusisalduse suurenemisega. Malm on kõva ja habras ning puruneb löökide toimel. Pehme teras seevastu on pehme, sitke ning hästi sepistatav ja keevitatav. Kõvadel terastel on nagu vahepealne asend malmi ja pehme terase vahel. Nad on viimasest kõvemad, halvemini sepistatavad ja keevitatavad, kuid elastsemad, tugevamad ning mitte nii haprad kui malm.

Peale tavalise süsinikterase kasutatakse tööstuses käesoleval ajal laialdaselt veel eri- ehk legeeritud teraseid, millele koostisse on viidud mitmesuguseid teisi metalle, nagu mangaani, niklit, kroomi, volframit, molübdeeni, vanaadiumi, titaani

jt., mis annavad terasele väärtuslikke omadusi. Nii näiteks suurendab kroom terase tugevust, kõvadust ja karastatavust; nikkel suurendab terase tugevust ja sitkust; nikkel koos kroomiga suurendab terase mehhaanilisi omadusi veel enam. Legeeritud terasest valmistatakse mitmesuguseid löögi- ja löikeriistu, soomuskatteid, suurtükimürske, masinaosi jm.

Teras, mis sisaldab 12—18% kroomi, on roostevaba. Selline teras on eriti vastupidav hapete toimele ning seda kasutatakse keemiatahaste aparatuuri valmistamiseks, samuti valmistatakse sellest ka mitmesuguseid majapidamistarbeid (lusikaid, nuge, kahvleid jm.). Terast, mis sisaldab 18% volframit, 4% kroomi ja 1% vanaadiumi, nimetatakse kiirlöiketeraseks. Ta säilitab oma kõvaduse isegi 600° C juures nn. punasel hõõgusel.

Järgnevalt iseloomustame lühidalt tähtsamaid sulameid.

Malm on raua ja süsiniku sulam (süsinikusisaldus 1,7—5%), mis sisaldab peale selle veel räni, mangaani, fosforit ja väävlit. Malm on kõva, habras ja hästi valatav. Malmi kasutatakse tööpinkide, mitmesuguste masinate aluste ja kandeosade valmistamiseks.

Teras on raua ja süsiniku sulam (süsinikusisaldus 0,1—1,7%), mis võib sisaldada veel teisi metalle ja mittemetalle. Teras on taotav, tugev ja sitke.

Duralumiinium on alumiiniumisulam, mis sisaldab vähesel määral vaske, mangaani, räni ja magneesiumi. Seda kergelt ja tugevalt sulamit kasutatakse lennukite valmistamisel.

Pronks on tavaliselt vase ja tina sulam, kuid tina defitsiitsuse tõttu on tööstuses viimasel ajal hakatud kasutama uusi pronksisorte, mis ei sisalda tina. Pronksid on tugevad ja korrosioonikindlad sulamid ning neid kasutatakse seetõttu masinaosade, aparaatide, kujude jne. valmistamiseks.

Messing (ehk valgevask) on vase ja tsingi sulam, mis sisaldab kuni 50% tsinki. Et messing on koostismetallidest tunduvalt tugevam ja suurema kõvadusega, kasutatakse teda laialdaselt masinaosade, aparaatide, majapidamistarvete jne. valmistamiseks.

Joodised on sulamid, mida kasutatakse kahe metalloosa ühendamiseks. Pehmejoodised on peamiselt tina ja plii sulamid, nende sulamistemperatuur on 182—300° C piires. Kõvajoodised on tavaliselt vase ja tsingi sulamid, mis sulavad temperatuuril 800—900° C.

Pobediit on volframi, koobalti ja süsiniku sulam. Kuna pobediidi valmistamise lähteained on kõrge sulamistemperatuuriga, siis kasutatakse sulami saamiseks pulbrimetallurgiat. Selleks kuumutatakse lähteainete pulbristatud segu ja pressitakse kõrge rõhu all vastavaks detailiks. Pobediit kuulub nn. kõvasulamite hulka. Kõvasulamitel on erakordselt suur kõvadus, mis on lähedane teemandi kõvadusele, ja suur sitkus. Pobediidist löiketerade kasutamine võimaldab tunduvalt suurendada metallilöikepinkide tootlikkust.

Kroomnikkel on kroomi, nikli ja raua sulam, millel on suur elektriline takistus. Kroomniklist kütteelemente kasutatakse elektripliitides ja -ahjudes.

Amalgaam on elavhõbeda ja mõne muu metalli sulam. Amalgaame saadakse tavaliselt metalli lahustamisel elavhõbedas. Seda elavhõbeda omadust kasutatakse näiteks kulla ja hõbeda eraldamiseks kivimitest; saadud amalgaamist kõrvaldatakse elavhõbe destilleerimise abil. Hõbeamalgaami kasutatakse hambaplommide valmistamiseks.

Melhiior ja uushõbe on vase ja nikli sulamid, mida kasutatakse majapidamisesemetete, ehete jne. valmistamiseks.

Käesoleval ajal on välja töötatud palju mitmesuguseid sulameid, mis rahuldavad tööstuse kõige mitmekesisemaid nõudeid. Kaasaegse masinaehituse, auto-traktoriehituse ja kosmoseraketite edu on tihedas seoses ikka uute ja paremate omadustega sulamite väljatöötamisega.

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Tuua näiteid (täiesti) puhaste metallide ja sulamite kasutamise kohta.
2. Võrrelda sulami ja ta koostismetallide a) sulamistemperatuure, b) värvust, c) kõvadust.
3. Tuua näiteid eriteraste kasutamise kohta.
4. Iseloomustada lühidalt a) malmi, b) terast, c) duralumiiniumi, d) pronksi, e) messingit, f) joodiseid, g) pobediiti, h) amalgaami.
5. Kuidas saab eristada a) alumiiniumi duralumiiniumist, b) tina pliist, c) vaske messingist?

### 3. Metallide keemilised omadused.

Eespool õppisime tundma üksikute metallide keemilisi omadusi. Nüüd üldistame need.

#### *Metallide reageerimine hapnikuga.*

Metallide reageerimisel hapnikuga tekivad oksiidid. Reageerimine toimub aga erinevate metallide puhul erinevalt. Keemiliselt aktiivsemad metallid — kaalium ja naatrium — ühinevad õhu hapnikuga juba tavalistel tingimustel, mistõttu neid hoitakse petrooleumis. Magneesium süttib õhus kuumutamisel. Raud põleb hapnikus, moodustades oksidi. Vask on veel vähem aktiivne, ta ei põle isegi hapnikus, kuumutamisel oksüdeerub ta ainult pinnalt. Väärismetallid hõbe, kuld ja plaatina ei oksüdeeru aga isegi kuumutamisel.

Kokkuvõttena võime märkida, et reageerimine hapnikuga toimub vastavalt metallide aktiivsuse reale:

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

Keemilise aktiivsuse langemissuund  $\rightarrow$

#### *Metallide reageerimine väävliga.*

Kõik metallid peale kulla võivad reageerida väävliga. Reageerimine toimub erineva kiirusega, näiteks leelismetallid ning magneesium ja kaltsium reageerivad väävliga soojendamisel plahvatusega, moodustades seejuures sulfiide. Pulbriline tsink ja alumiinium reageerivad kuumutamisel väävliga järsu plahvatusega. Ülejäänud metallid reageerivad kuumutamisel väävliga aeglaselt. Isegi peenepulbriline plaatina reageerib kuumutamisel väävliga.

## Metallide reageerimine halogeenidega.

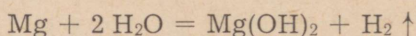
Kõik metallid, isegi plaatina ja kuld, reageerivad halogeenidega. Kõige energilisemalt reageerivad metallid fluoriga, seejärel alanevas järjekorras kloori, broomi ja joodiga.

Metallide reageerimisel halogeenidega täheldame sama korda, nagu nende reageerimisel hapniku ja väävliga, s. t. nad reageerivad metallide keemilise aktiivsuse rea kohaselt. Energilisemalt reageerivad halogeenidega naatrium ja kaalium, väärismetallid aga aeglaselt. Metallide reageerimisel halogeenidega tekivad fluoriidid, kloriidid, bromiidid ja jodiidid.

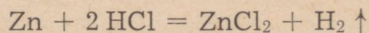
## Metallide reageerimine vee ning lahjendatud hapetega.

Metallid, mis asetsevad aktiivsuse reas vesinikust vasakul, tõrjuvad teda veest ja lahjendatud hapetest välja, paremal asetsevad metallid aga ei tõrju. Aktiivsemad metallid (kaalium jt.) tõrjuvad vesiniku veest välja tavalistel tingimustel. Aktiivsete metallide puhul moodustuvad hüdroksiidid, vähemaktiivsete puhul aga oksiidid.

Vähemaktiivsed metallid, mis asetsevad metallide aktiivsuse reas vesinikust vasakul, tõrjuvad veest vesiniku välja ainult kõrgemal temperatuuril:



Metallid tõrjuvad vesiniku välja ka lahjendatud hapetest. Näitena toome reaktsiooni, mis kulgeb tsingi reageerimisel lahjendatud soolhappega:



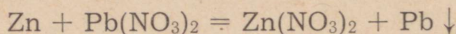
Vastavalt asukohale aktiivsuse reas reageerivad ka teised metallid lahjendatud hapetega (näiteks väävelhappe, soolhappe, fosforhappe ja teiste hapete vesilahustega):

K	Na	Ca	Mg	Al	Mn	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	H	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
asendavad vesinikku hapetes (HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ), välja arvatud lämmastikhape ja kontsentreeritud väävelhape												ei asenda hapetes vesinikku				

Aktiivsuse reas vesinikust paremal asetsevad metallid ei tõrju vesinikku välja ei veest ega lahjendatud hapetest.

## Metallide reageerimine sooladega.

Metall tõrjub soolade vesilahusest välja teise metalli, mis asetseb metallide aktiivsuse reas sellest paremal. Näiteks:



Tabel 7.

## Metallide aktiivsuse rida.

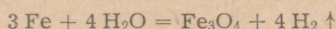
Metallide rida	K	Na	Ba	Ca	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Co	Ni	Sn	Pb	H	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
Aatomite võime valentslektrone ära anda (metalli oksüdeeritavus, tema aktiivsus redutseerijana)	v ä h e n e b																			
Ioonide võime elektrone juurde võtta (metalli redutseeritavus)	s u u r e n e b																			
Metallide oksüdeeruvus õhuhapniku toimel	Oksüdeeruvad kiiresti	Oksüdeeruvad harilikul temperatuuril														Oksüdeeruvad kuumutamisel	Ei oksüdeeru			
Metallide toime veesse	Tõrjuvad harilikul temperatuuril veest vesiniku välja	Tõrjuvad soojendamisel veest vesiniku välja														Ei tõrju veest vesiniku välja	Ei tõrju hapetest vesiniku välja			
Metallide toime hapetesse	Tõrjuvad hapetest (välja arvatud HNO <sub>3</sub> ja kontsentreeritud H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) vesiniku välja — tekib sool ja eraldub vesinik	Ainult ühenditena														Oksüdeeruvad HNO <sub>3</sub> ja kontsentreeritud H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> toimel	Ei oksüdeeru HNO <sub>3</sub> ja kontsentreeritud H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> toimel			
Leidumine looduses	Sulatatud ühendite elektrolüüs																			
Tööstuslikud meetodid metallide saamiseks maakidest	Redutseerimine süsinikuga, aluminotermia või vesilahuste elektrolüüs														Lihtsal kuumutamisel				—	
Metallide rida	K	Na	Ba	Ca	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Co	Ni	Sn	Pb	H	Cu	Hg	Ag	Pt	Au

Metallid, mis tõrjuvad veest vesinikku välja, ei tõrju seda aga välja soolade vesilahustest. Nad reageerivad soola vesilahuses veega, tõrjudes sellest vesiniku välja ning moodustades vastavaid hüdroksiide. Näiteks metalliline kaalium ei tõrju naatriumkloriidi vesilahusest välja naatriumi, vaid moodustab naatriumhüdroksiidi.

Metallide omadusi iseloomustavad andmed on koondatud tabelisse 7.

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Nimetada metalle, mis reageerivad hapnikuga juba tavalistel tingimustel.
2. Nimetada metalle, mis reageerivad hapnikuga ainult kuumutamisel.
3. Nimetada metalle, mis hapnikuga ei reageeri.
4. Iseloomustada metallide toimet väävlisse ja halogeenidesse.
5. Kuidas reageerivad naatrium, kaltsium ja raud veega? Nimetada reaktsiooni kulgemise tingimusi ja seejuures tekkinud reaktsioonisaadusi.
6. Iseloomustada metallide reageerimist hapetega.
7. Miks kulgeb metallide reageerimine hapetega energilisemalt kui veega?
8. Iseloomustada metallide reageerimist soolade vesilahustega.
9. On antud üks g-aatom kaltsiumi ja üks g-aatom alumiiniumi, Kumma toodud metallikoguse oksüdeerumiseks kulub rohkem hapnikku ja mitu korda?
10. 4 g magneesiumi reageerimisel kuuma veega tekkinud sade eraldati filtreerimisel ja kuumutati portselankaasis. Missugust ainet ja kui palju jäi portselankaussi?
11. Kui suur oli eralduva vesiniku ruumala, kui 3 g veega reageeris 3,2 g kaltsiumi?
12. Vesiniku saamiseks kasutati varematal aegadel nn. raua-veeauru meetodit, mille kohaselt üle hõõgivate raualaastude juhiti veeauru:



Arvutada a) mitu grammi ja b) mitu liitrit vesinikku (normaaltingimustel) oleks võimalik saada 1 m<sup>3</sup> veest.

13. Mitu milliliitrit 0,2n naatriumhüdroksiidi kulub 25 ml 0,5n soolhappe neutraliseerimiseks? Mitu grammi naatriumkloriidi tekib seejuures?

## § 8. Korrosioon.

### 1. Korrosiooninähted.

Masinate ja mitmesuguste seadmete valmistamiseks kasutavad metallid peavad olema vastupidavad nii mehhaanilistele kui ka ümbritseva keskkonna keemilistele mõjutustele.

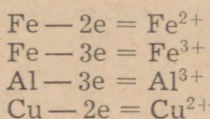
Metallide keemilist hävinemist ümbritseva keskkonna mõjul nimetatakse korrosiooniks.

Väljend «korrosioon» tuleneb ladinakeelsest sõnast *corrodere* ja tähendab söövitust. Raua roostetamine, vask- ja pronksesemete tumenemine või kattumine rohelise kihiga, hõbeda mustenemine, alumiiniumi tuhmumine — kõik need igapäevasest elust meile

hästi tuntud nähtused on seotud korrosiooniga. Korrosioon algab metalli pinnalt ja tungib aja jooksul üha sügavamale. Metallile pind muutub krobelineks ning kattub keemiliste ühenditega — korrosiooniproduktidega. Raudesemed kattuvad roostekihiga, mille ligikaudset koostist on võimalik avaldada valemiga  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Et rooste on koheda ja poorse ehitusega, siis ei kaitse metalli pinnale tekkinud roostekiht raua edasise korrodeerumise eest. Roostetamine on suuremaid raua hävitajaid. On arvatud, et igal aastal hävineb roostetamise tõttu umbes veerand kogu mustade metallide aastatoodangust.

Puhtad metallid on korrosioonile vastupidavamad. Nii on ka puhas raud roostetamisele väga vastupidav. Ta ei roosteta ega reageeri hapetega.

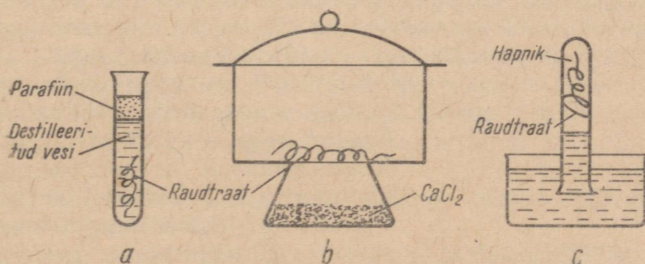
Metallide korrosioon on oma olemuselt oksüdeerumise-redutseerumisprotsess, mille puhul metallide elektriliselt neutraalsed aatomid oksüdeeruvad mitmesuguste ainete toimel ning muutuvad positiivselt laetud ioonideks. Näiteks:



Korrosiooni põhjuste ja olemuse selgitamiseks teeme järgmised katsed.

**Katse 1.** Täidame katseklaasi poolest saadik destilleeritud veega. Keedame vett, et kõrvaldada vees lahustunud hapnikku. Asetame siis vette puhastatud raudtraaditüki. Lisame vette veidi parafiini. Parafiin sulab kuumas vees, katab veepinna parafiinikihiga ning takistab seega õhuhapniku lahustumist vees (joonis 27-a). Jätame katseklaasi mõneks päevaks seisma.

**Katse 2.** Asetame puhastatud raudtraadi eksikaatorisse (joonis 27-b) ja jätame ta sinna mõneks päevaks.



Joonis 27. Korrosiooni uurimine: a) kui vees ei ole lahustunud õhuhapnikku, siis korrosiooni ei toimu, b) kuivas õhus raud ei korrodeeru, c) raud korrodeerub hapniku ja veeauru juuresolekul.

**Katse 3.** Paneme puhastatud raudtraadi katseklaasi, juhime sinna hapnikku ja asetame siis katseklaasi otsapidi veega täidetud kaussi (joonis 27-c). Veesamba kõrguse märgime klaasipliatsi või kummirõnga abil. Jätame ka selle katseklaasi seisma.

Mõne päeva möödudes jälgime katsete tulemusi.

Katse 1 puhul raua korrosiooni ei toimu. Puhtas vees ilma õhuhapniku juurdepääsuta raud ei korrodeeru.

Katsest 2 järeldub, et kuivas õhus (hapnikus) raud ei korrodeeru.

Katse 3 puhul märkame, et veetase katseklaasis on tõusnud, s. t. osa hapnikust katseklaasis reageeris rauaga (hapniku lahustuvus vees on väike — 3 ruumala 100 ruumalas vees 20°C juures). Katsetest järeldub, et raua korrosioonist võtavad osa samaaegselt õhuhapnik ja veeaur.

On teada, et peaaegu kõikide õhu käes seisvate metallesemete läikiv pind muutub aja jooksul tuhniks — kattub oksiidikihiga. Mõnedel metallidel (alumiinium, tsink) tekib pinnale tihe oksiidikiht, mis kaitseb teda edasise oksüdeerumise eest. Teistel metallidel (raud) tekib aga habras ja poorne oksiidikiht, millest õhuhapnik kergesti läbi tungib ning metalli kiiresti korrodeerib.

Eristatakse metallide keemilist ja elektrokeemilist korrosiooni.

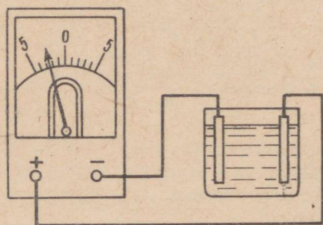
## 2. Elektrokeemiline korrosioon.

Kõige levinumaks korrosiooniliigiks on elektrokeemiline korrosioon, mis põhjustab metallide hävinemist õhus või pinnases. Selgituseks teeme järgmised katsed.

**Katse 1.** Võtame keeduklaasi lahjendatud väävelhapet ning asetame sellesse tsinkplaadi. Tsingi ja väävelhappe vahel kulgeb reaktsioon algul aeglaselt, hiljem aga energilisemalt. Kui puudume lahuses tsinkplaati vaskplaadiga, siis muutub reaktsioon tunduvalt energilisemaks.

**Katse 2.** Asetame lahjendatud väävelhappesse tsink- ja vaskplaadid ning ühendame need plaadid juhtmete abil galvanomeetriga (joonis 28). Galvanomeeter näitab voolu. Paneme seejuures tähele, et vesinikumullikesed eralduvad vaskplaadil. Tõstame vaskplaadi lahusest välja. Elektrivoolu me vooluahelas enam ei tähelda, ühtlasi nõrgeneb ka tsingi reageerimine väävelhappega.

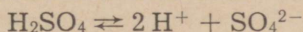
Katsest selgub, et elektrolüüdi lahusesse asetatud erinevate metallide ühendamisel juhtme abil tekib elektrivool. Väävelhappesse asetatud vask- ja tsinkplaat moodustavad elektrivooluallika — galvaani elemendi.



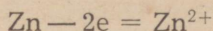
Joonis 28. Galvaani elemendi tekkimine.

Elektrokeemilist korrosiooni saab seletada elektrolüütilise dissotsiatsiooni teooria abil. Selleks vaatleme protsesse, mis kulgevad vask- ja tsinkplaatide asetamisel väävelhappesse (joonis 29).

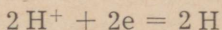
Lahuses olev väävelhape dissotsieerub ioonideks:



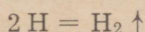
Tsingi aatomid annavad ära elektrone ja muutuvad tsinkioonideks, mis lähevad lahusesse.



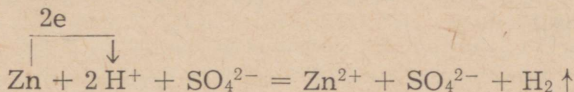
Tsingi poolt loovutatud elektronid siirduvad juhtme kaudu vaskplaadile ning sealt lahuses olevatele vesinikioonidele. Viimased liidavad elektrone ja muutuvad elektriliselt neutraalseteks vesiniku aatomiteks.



Vesiniku aatomite ühinemisel moodustuvad vesiniku molekulid, mis eralduvad gaasina vaskplaadil.



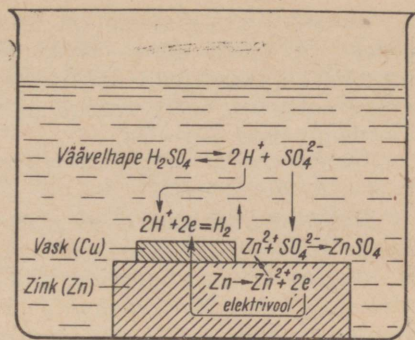
Seega võime galvaani elemendis kulgevat reaktsiooni avaldada järgmise keemilise võrrandiga:



Tsingi poolt loovutatud elektronid ei siirdu vesinikioonidele vahetult, vaid vaskplaadi kaudu. Niisugustes tingimustes kulgeb reaktsioon tunduvalt kiiremini kui elektronide vahetul üleminekul tsingi aatomitelt (tsinkplaadilt) vesinikioonidele. Tsingi ja vase asemel võib võtta ka teisi metalle, kusjuures tsingi osa etendab alati keemiliselt aktiivsem metall. Katsetest järeldub, et kahest kokkupuutes olevast metallist korrodeerub alati keemiliselt aktiivsem metall.

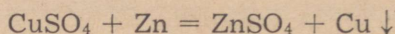
**Elektrokeemiline korrosioon esineb elektrolütide lahuste kokkupuutel metallidega.**

**Katse 3.** Paneme ühte katseklaasi 3—4 tsingitükikest ja lisame 10%-list väävelhapet. Teise katseklaasi võtame niisama palju tsingitükikesi, kuid kastame need enne mõneks sekundiks vask-sulfaadi lahusesse, ja lisame siis 10%-list väävelhapet. Võrdleme reaktsioonide kiirust.



Joonis 29. Vask—tsink galvaaniline paar.

Vesiniku eraldumine on teises katseklaasis intensiivsem seepärast, et tekib tsink—vask galvaani element. Tsingitükikeste kastmisel vasksulfaadi lahusesse kattub tsingi pind asendusreaktsiooni tõttu osaliselt vasega ja tsingitükikestel moodustubki galvaaniline paar Zn—Cu.



Metallid korrodeeruvad mitte ainult tugevate, vaid ka nõrkade elektrolütide ja isegi vee juuresolekul. Vee kui korrodeeriva keskkonna toime tugevneb, kui sellesse satub õhust süsinikdioksiidi ( $\text{CO}_2$ ) või vääveldioksiidi ( $\text{SO}_2$ ). Viimaseid tekib eriti rohkesti niisuguste kütiste ja jõujaamade ümbruses, mille küttekolletes põletatakse suuri kütusekoguseid. Sattunud õhust metalli katvasse niiskusekihti, tekitavad süsinikdioksiid ja vääveldioksiid selles vastavalt süsihapet ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) või väävlishapet ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ). Seetõttu oleks metall nagu asetatud hapete vesilahusesse. Teatavasti on happed elektrolütid, milles korrosiooniprotsess kulgeb palju energilisemalt kui vee puhul. Sellega on seletatav metallkonstruktsioonide kiirem hävinemine tehaste ja jõujaamade läheduses, raudteejaamade ümbruses jne.

Metalli korrodeerumine tugevneb märgatavalt lisandite olemasolu puhul metallis. Selle põhjuseks on asjaolu, et põhimetall ja selles sisalduv lisand moodustavad metallipaarist koosneva galvaani elemendi, mille toimel korrodeerub põhimetall, kui see on lisandist keemiliselt aktiivsem. Niisugused galvaani elemendid võivad tekkida ka põhimetallist ning selles olevatest mittemetallistest lisanditest. Terasest roostetamisel etendab näiteks tähtsat osa galvaaniline paar raud—raudkarbiid ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ); viimane kuulub terase koostisse.

### 3. Metallide kaitsmine korrosiooni eest.

Metallide korrosioon tekitab rahvamajanduses tohutut kahju. See kahju ei seisne ainult materjali kaos, vaid ka korrodeerunud metalli (näiteks veetorustiku) uuendamiseks vajaliku tööjõu kulus.

Metalli kaitsmiseks korrosiooni eest tuntakse mitmesuguseid menetlusi. Üheks tõhusaks vahendiks on korrosioonikindlate sulamite kasutamine. Niisugustel juhtudel valmistatakse tooted ja konstruktsioonid kas roostevabast terasest või värviliste metallide korrosioonikindlatest sulamitest.

Teiseks väga levinud korrosiooni eest kaitsmise vahendiks on metalli kaitsmine katete abil, mis isoleerivad metalli väliskeskkonnast. Selleks kasutatakse metalseid, mittemetalseid ja keemilisi katteid.

Metalseid kaitsekatete saamiseks kantakse kaitstava metalli välispinnale mõne teise korrosioonikindlama metalli õhuke kaitse-

kiht. Niisuguste pinnakatete jaoks kasutatavad metallid on tsink, tina, plii, alumiinium, nikkel, kroom jt. Metalseid pinnakatteid on võimalik tekitada mitmel viisil (elektrolüütiline metallitamine, kastmine sulanud kattemetalli, sulanud kattemetalli pihustamine kaitstava metalli pinnale jne.).

Mittemetalsete kaitsekatete saamiseks kaetakse metalltoodete välispind laki, värvi, emaili, vaigu, kummi või mõne teise aine õhukese, tugeva või elastse kihiga, mis kaitseb metalli korrosiooni eest. Kasutatakse ka metallesemete pinna katmist õlikihiga, mis takistab kokkupuutumist väliskeskkonnaga.

Metallide keemilise kaitsmise puhul tekitatakse metalli pinnale õhuke, kuid tihe ja tugev oksiidikiht.

**Katse 1.** Sulatame katseklaasis naatriumnitraati ja asetame sellesse mõneks ajaks eelnevalt liivapaberiga puhastatud ja läikima-hõõrutud raudnaela. Pärast jahtumist loputame naela veega, kuivatame ja hõõrume õlise lapiga üle. Naelale on tekkinud tumeda värvusega oksiidikiht.

Terase keemilist kaitsmist nimetatakse tavaliselt terase oksüdeerimiseks ehk mustamiseks, kuna kaitstava toote pinnale tekitatakse sinakasmusta värvusega raud(II,III)oksiidist koosnev korrosioonikiht. Oksüdeeritakse ka alumiiniumsulameid.

Korrodeeriva keskkonna toimet saab nõrgendada, kui keskkonna koostisse viia metallide korrodeerumist vähendavaid aineid — inhibiitoreid. Nagu teada, tuleb enne metallipinna värvimist sealt kõrvaldada tagi, rooste ja teised ained, mis kujutavad endast peamiselt metallide oksiidide ja hüdroksiidide. Korrosiooniproductide kõrvaldamiseks söövitatakse metallesemid hapelega. Et hape ei reageeriks metalliga, vaid ainult korrosiooniproductidega, lisatakse happetele inhibiitoreid. Juba keskaja meistrid teadsid, et kui lisada happesse veidi pärmi, jahu või mõnede taimede lehti, siis hävineb metalli roostekihi all vähem.

**Katse 2.** Võtame kolme katseklaasi lahjendatud soolhapet ja asetame igasse raudnaela. Jälgime reaktsiooni kulgemist. Siis lisame esimesse katseklaasi umbes 1 ml formaliini (formaldehüüdi 40% -list vesilahust), teise umbes 0,5 g urotropiini, ja võrdleme vesiniku eraldumise intensiivsust.

Formaldehüüd ja urotropiin on soolhappe ja raua vahelise reaktsiooni inhibiitoriteks.

**Katse 3.** Võtame kahte katseklaasi 4—5 ml lahjendatud väävelhapet ning asetame mõlemasse raudnaela. Soojendame katseklaase, kuni reaktsioon hakkab kulgema energiliselt. Siis tilgutame ühte katseklaasi 2—3 tilka kaaliumjodiidi lahust ja võrdleme reaktsioonide kulgu.

Antud reaktsioonil on inhibiitoriks kaaliumjodiid. Korrosiooni-inhibiitoreid kasutatakse laialdaselt. Nagu teada, eemaldatakse katlakivi soolhappega. Et hape ei hävitaks katlakivi alt vabanevat metalli, peab ta sisaldama inhibiitorit. Inhibiitorit sisaldavat sool-

hapet võib transportida terastsisternides, mis võimaldab vältida kergesti puruneva klaastaara kasutamist.

Masinaosade pikemaajaliseks säilitamiseks ladudes peab seal valitsema ühtlane temperatuur, teatud õhuniiskus ja ventilatsioon. Kui aga terasdetaille niisutada 30%-lise naatriumnitriti ( $\text{NaNO}_2$ ) lahusega, siis ei roosteta nad pikema aja vältel isegi niiskes õhus.

Metallist laiatarbekaupu (nõelu, žiletiteri) kaitstakse korrosiooni eest nn. inhibeeritud paberi abil. Paberi immutamisel inhibiitori lahusega saadakse pärast paberi kuivamist suurepärase pakkimisvahendi, milles esemed säilivad korrodeerumata.

Korrosioon tekitab rahvamajandusele tohutut kahju, hävitades miljoneid tonne metalle ning nende sulameid. Seepärast on vaja heaperemehelikult suhtuda masinatesse ja tööriistadesse. Metall-esemeid tuleb hoida hästi õhustatud ja kuivades ruumides. Korrosiooni saame vähendada, kui väldime tööstuslike gaaside sattumist õhku. Vääveldioksiid, süsinikdioksiid, väävelvesinik ja lämmastiku oksiidid, millega saastavad õhku suured tööstuskeskused, kahjustavad nii elavaid organisme kui ka metalle.

### Kokkuvõte.

*Korrosiooniks nimetatakse metallide keemilist hävinemist ümbritseva keskkonna toimel. Korrosiooni põhjustavad mitmesugused gaasid ja veeaur või elektrit mittejuhtivad vedelikud. Elektrokeemiline korrosioon toimub elektrolüüdi lahuses. Korrosiooni vältimiseks kasutatakse korrosioonikindlaid sulameid või isoleeritakse metall korrodeerivalt toimivast väliskeskkonnast metalsete kaitsekatete (tsink, tina, nikkel, kroom jne.) või mittemetalsete kaitsekatete (lakk, värv, email, õli jne.) abil. Korrodeeriva keskkonna toimet saab vähendada inhibiitorite kasutamisega.*

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Mida nimetatakse korrosiooniks?
2. Tuua näiteid korrosiooninähete kohta igapäevasest elust.
3. Seletada korrosiooni olemust ja põhjust.
4. Mida kujutab endast elektrokeemiline korrosioon? Seletada katse varal.
5. Mispärast reageerib lahjendatud väävelhape tsingiga kiiremini vask-sulfaadi juuresolekul?
6. Millised tegurid soodustavad korrosiooni?
7. Kuidas kaitstakse metalle korrosiooni eest?
8. Mida nimetatakse inhibiitoriks?
9. Seletada, mispärast korrodeerub raudplekist tinutatud nõu, kui tina-kihi pealispind on vigastatud?

## II peatükk.

# METALLURGIATÖÖSTUS.

### § 1. Metallide tootmine tööstuses.

Enamik metalle esineb looduses oksiidide, sulfiidide, karbonaatide, kloriidide ja teiste ühendite koostises. Metallide tootmiseks kasutatavaid ühendeid nimetatakse selle metalli maakideks (raua- ja vasemaagid jt.). Maakidest metallide saamine on metallurgiatööstuse ülesandeks. Ainult üksikuid metalle, nagu kulda ja plaatina, saadakse loodusest puhtal kujul — ehedalt.

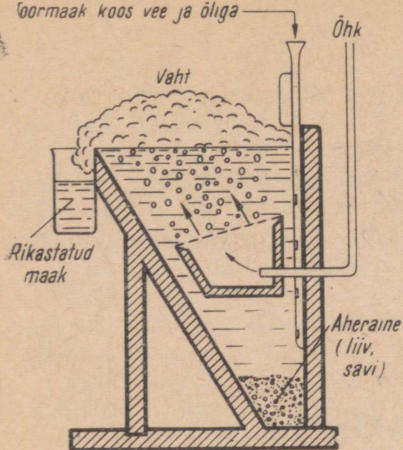
Metallurgilisi protsesse, mis kulgevad kõrgel temperatuuril, nimetatakse pürmetallurgilisteks protsessideks (raua tootmine, vase tootmine jm.). Kui kõrge temperatuuri saamiseks kasutatakse elektrienergiat, siis nimetatakse niisuguseid protsesse elektrometallurgilisteks.

Paljudes maakides on lisandite hulk väga suur. Sellistest maakidest tuleb enne metallide tootmist kõrvaldada lisandid ehk nagu öeldakse, maak tuleb «rikastada». Rikastamiseks kasutatakse laialdaselt nn. floteerimismenetlust.

**Katse.** Segame hoolikalt 1 ml peent liiva (soovitav on valge liiv) ja 0,5 ml peenestatud raudsulfiidi või püriiti. Paneme segu katseklaasi, kuhu lisame umbes 5 ml vett ja 5 ml päevalilleõli. Suleme katseklaasi, loksutame ja asetame selle siis statiivi seisma. Katseklaasi põhja koguneb liiv, õli koos maagiga (püriit, raudsulfiid) tõuseb aga pinnale.

Flotatsioonikatse põhineb asjaolul, et sulfiidsed maagid veega ei märgu, õliga aga küll. Liiv märgub ainult veega.

Flotatsiooniseadme skeem on esitatud joonisel 30. Toormaak (mis sisaldab liiva, savi ja muid lisandeid) juhatakse koos vee ja õliga seadmesse. Samasse juhatakse ka õhuvool. Õhumullikesi ümbritsevad õhukesed õlikiled ja moodustub vaht. Õliosakesed kleepuvad maagiosakeste külge, kerkivad nendega koos pinnale ja jäävad vahtu. Vees märguvad aheraine osakesed (liiv, savi) aga sadestuvad põhja. Vaht eemaldatakse, temast eraldatakse õli ja



Joonis 30. Flotatsiooniseadme skeem.

saadakse maak, milles metalli sisaldava ühendi protsent on tunduvalt kõrgem (rikastatud maak) kui toormagis.

Väga vaeseid maake, mida ei saa rikastada floteerimisega, töödeldakse hüdro metallurgiliselt. Selleks töödeldakse maaki niisuguste kemikaalide (happed, alused) lahustega, mis reageerivad maagis oleva metalliga ja viivad viimase lahusesse. Lahuse töötlemisel eraldatakse sellest metall.

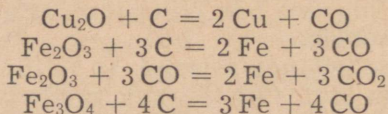
Viimasel ajal on töötatud välja uus meetod haruldaste ja värviliste metallide maakide saamiseks — kloor metallurgia. Toormagi käsitlemisel klooriga viiakse metallid üle kloriidideks, eraldatakse sel kujul ja töödeldakse metalliks. Juba praegu toodetakse sel teel titaani, tantaali, tina jt. metalle.

Vaatleme nüüd maakidest metallide tootmise tähtsamaid meetodeid.

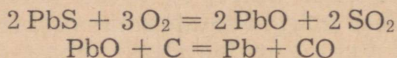
## 1. Taandamine.

Üheks tähtsamaks metallide saamise meetodiks on metallioksiidide taandamine söe või süsinikoksiidiga kõrgel temperatuuril. Sel viisil saadakse vasemaagist (kupriit —  $\text{Cu}_2\text{O}$ ) vaske, rauamaakidest ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) rauda jne.

Näiteks:

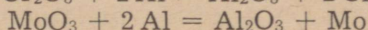
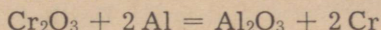


Kui metallimaak kujutab endast sulfiidi, siis särratakse («põletatakse») see esmalt oksiidiks ja viimane taandatakse söega metalliks. Plii tootmist võib iseloomustada järgmiste keemiliste võranditega:



## 2. Aluminotermia.

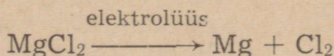
Raskesti sulavate metallide (kroomi, mangaani, molübdeeni jt.) tootmiseks nende oksiididest kasutatakse aluminotermiat.



## 3. Elektrolüüs.

Aktiivseid metalle — naatriumi, kaltsiumi, magneesiumi ja alumiiniumi — saadakse nende ühendite elektrolüüsil.

Magneesiumkloriidi elektrolüüsi võib edasi anda järgmise summaarse keemilise võrrandiga:



### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Kuidas rikastatakse maake?
2. Kuidas saab toota metalle a) metalli oksiidsetest maakidest, b) sulfiidsetest maakidest?
3. Milliseid metalle toodetakse elektrolüüsi abil?
4. Koostada naatriumkloriidi elektrolüüsi skeem. Millised protsessid toimuvad anoodil ja katoodil?
5. Mitu kilogrammi tina saab toota taandamisel ühest tonnist tinakivist, mis sisaldab 91%  $\text{SnO}_2$ ?
6. 15,7 kg kroomoksiidi taandamiseks aluminotermiliselt võeti 5 kg alumiiniumi. Kui palju tekkis seejuures kroomi? Kumba ainet võeti liiaga?
7. Mitu kilogrammi tsinki võib saada 648 kg tsinkoksiidi redutseerimisel söega, kui saagise protsent on 90?
8. Kui palju tsinki võib saada teoreetiliselt 6 tonnist tsinkoksiidist, milles on 3% lisandeid ja kui saagise protsent on 92?
9. Mitu kuupmeetrit süsinikoksiidi kulub 3 tonni rauamaagi redutseerimiseks, kui maagi raud(III)oksiidi sisaldus on 80%?

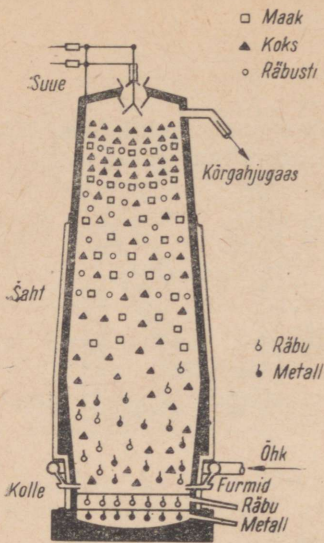
## § 2. Malmi tootmine.

Malmi toodetakse rauamaakidest erilistes šahtajudes, mida nimetatakse kõrgahjudeks (joonis 31).

### 1. Kõrgahju ehitus.

Kõrgahi on ehitatud tulekindlatest tellistest. Ahi on väljast kaetud lehtterasest kestaga või ümbritsetud terasvõrudega.

Kõrgahju ülemist osa nimetatakse suudmeks. Suudmes oleva seadise kaudu täidetakse kõrgahi toorainetega. Täiteseadise konstruktsioon võimaldab tooraineid ahju laadida, ilma et viimases tekkivad gaasid välja pääseksid.



Joonis 31. Kõrgahju skeem.

Suudme all on kõrgahju kõige mahukam osa — šaht, milles toimuvad peamised rauamaagi redutseerumisprotsessid. Kõrgahju allosas on kolle. Kolde ülemises osas olevate torude, nn. furmide kaudu puhutakse kõrgahju eelkuumendatud õhku. Koldel on kaks väljavooluava: ülemine räbu väljalaskmiseks ja alumine malmi väljalaskmiseks. Kõrgahju ülemises osas, suudme all, on avad kõrgahjugaasi ärajuhtimiseks.

Kõrgahju kõrgus ulatub mitmekümne meetrini. Kõrgahju tootlikkus on kuni 3000 tonni malmi ööpäevas. Kord käikulastud kõrgahi töötab vahetpidamata mitu aastat, s. t. seni, kui ta vajab remonti või ümberehitamist.

## 2. Kõrgahju lähteained.

Kõrgahjuprotsessi lähteaineteks on rauamaak, kütus, räbusti ja õhk.

**R a u a m a a k.** Tähtsamad rauamaagid on järgmised: magnetrauamaak ehk magnetiit —  $Fe_3O_4$ , punane rauamaak —  $Fe_2O_3$ , pruun rauamaak  $Fe_2O_3 \cdot 2Fe(OH)_3$  ja sideriit —  $FeCO_3$ .

Nõukogude Liidus on määratu suured kõrgeväertuslike rauamaakide varud. Suuri magnetrauamaagi lademeid leidub Uraalis, punase rauamaagi lademeid Ukrainas ning pruuni rauamaagi lademeid Krimmis ja Uraalis. Suured rauamaagilademed on veel Kurski läheduses, nn. «Kurski magnetilise anomaalia» piirkonnas.

Viimaste aastate jooksul on avastatud suuri rauamaagilademeid Koola poolsaarel, Siberis ja Kasahstanis. NLKP programmis märgitakse, et kõrvuti olemasolevate vanade metallurgiabaaside arendamisega Uraalis ja Ukrainas tuleb lõpule viia meie maa kolmanda metallurgiabaasi rajamine Siberis ja luua kaks uut metallurgiabaasi — NSV Liidu Euroopa-osa keskpiirkonnas Kurski magnetilise anomaalia rauamaakide kasutamise alusel ja Kasahstanis.

Rauamaagi tootmises on Nõukogude Liit maailmas esikohal. Käesoleval ajal teadaolevatest maailma rauamaagi varudest paikneb Nõukogude Liidus 41%.

Looduses väga laialdaselt leiduvat püriiti ( $FeS_2$ ) kasutatakse väävelhappe tootmisel, sest püriidis sisalduv väävel raskendab raua väljasulatamist ning halvendab malmi kvaliteeti.

Kütus. Kõrgahjus kasutatakse kütusena peamiselt koksi, väga harva puusütt. Kõrgahjuprotsessis on süsinikul järgmised ülesanded: 1) anda soojust redutseerimisprotsesside kulgemiseks vajaliku kõrge temperatuuri (kuni 1800° C) tekitamiseks; 2) redutseerida maakidest rauda ja 3) muuta raud malmiks, rikastades rauda süsinikuga.

Käesoleval ajal on välja töötatud loodusliku gaasi kasutamise meetod kõrgahjudes. Ühe tonni malmi tootmiseks kulub umbes 800 kg koksi, loodusliku gaasi kasutamisel saab aga koksi kokku hoida ja toota malmi odavamalt. Loodusliku gaasi põletamisel kõrgahjudes tõuseb ahju temperatuur ja suureneb kõrgahju tootlikkus. Seitseaastaku lõpuks viiakse suurem osa kõrgahjusid üle loodusliku gaasi kasutamisele.

Räbusti. Rauamaagid sisaldavad tavaliselt mitmesuguseid lisandeid — liiva, savi jm. Lisandid koos koksi põlemisel tekkiva tuhaga halvendavad malmi kvaliteeti. Nende kõrvaldamiseks lisatakse maagile ahju täitmisel räbustit, s. t. ainet, mis lisandite ja aherainetega reageerides moodustab kergesti sulava ühendi — räbu. Räbustitena kasutatakse peamiselt lubjakivi ( $\text{CaCO}_3$ ) ja dolomiiti ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ).

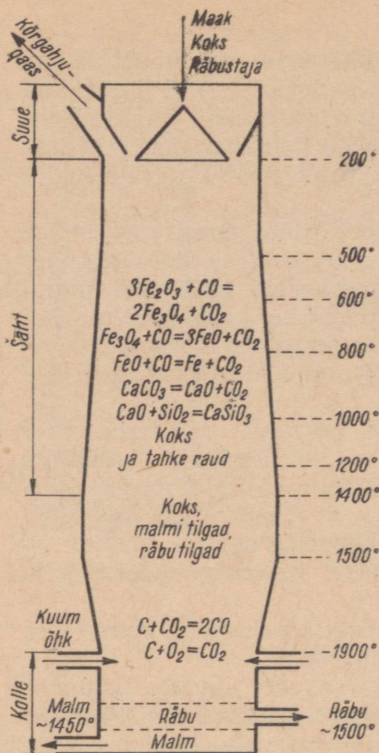
Kõrgahju täitmiseks laaditakse sellesse vaheldumisi koksi ning eelnevalt segatud maaki ja räbustit.

Õhk. Kütuse põlemiseks kõrgahjus on vaja suurtes kogustes õhku. 1 tonni malmi tootmiseks kulub näiteks umbes 4000 m<sup>3</sup> õhku. Õhk eelkuumendatakse erilistes ahjudes — kauperites — ja juhatakse siis furnide kaudu kõrgahju. Nagu teada, kulgevad oksüdeerimisprotsessid hapnikus palju intensiivsemalt kui õhus. Sel eesmärgil puhutakse kõrgahjudesse hapnikuga rikastatud õhku. Seejuures ei ole vaja kasutada kaupereid, samuti lüheneb sel viisil kogu protsess. Selle meetodi puuduseks on aga suur hapnikukulu. Tunduvalt odavamaks viisiks on veeauru kasutamine. Koos õhuga juhatakse kõrgahju veeauru, mis seal valitseva kõrge temperatuuri juures laguneb. Selle tulemusena intensiivistuvad kõrgahjuprotsessid. Käesoleval ajal kasutatakse seda meetodit umbes 90% Nõukogude Liidu kõrgahjudes.

### 3. Keemilised protsessid kõrgahjus.

Malm moodustub kõrgahjus rauamaagi redutseerumisel süsiniku või süsinikoksiidi toimel. Rauamaagi taandumisel tekkiv raud seguneb ning osaliselt ühineb süsiniku ja teiste elementidega ning moodustab nendega sulami — malmi. Malmi süsinikusisaldus on üle 1,7%.

Malmi tekkimisel kulgevaid keemilisi protsesse kõrgahjus (joo- nis 32) võib jaotada järgmiselt: 1) raua redutseerumine oksiididest, 2) malmi teke, 3) räbu teke ja 4) kõrgahjugaasi teke.

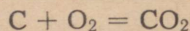


Joonis 32. Kõrgahjuprotsessi skeem.

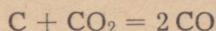
## Raua redutseerumine.

Raua redutseeritakse süsiniku või süsinikoksiidiga.

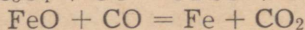
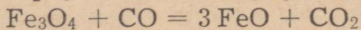
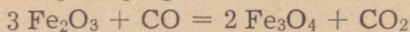
Kütus (koks) põleb furmide kaudu sissepuhutava õhuhapniku toimel süsinikdioksiidiks:



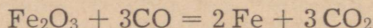
Süsinikdioksiid, liikudes kõrgahjus ülespoole, reageerib seal valitseva kõrge temperatuuri juures kütuse süsinikuga ning muutub süsinikoksiidiks:



Tõustes ülespoole, puutub süsinikoksiid kokku šahtis allapoole vajuva maagiga ning redutseerib raua okside. Redutseerumine toimub järk-järgult:



ehk järgmise summaarse keemilise võrrandi kohaselt:



Redutseerunud raud on tahke käsnataoline aine (käsnaud), sest redutseerumistemperatuur (500—1000°C) on tunduvalt madalam raua sulamistäpist (1539°C).

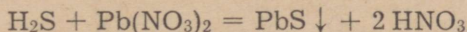
Kõrgahjus valitseval kõrgel temperatuuril redutseeruvad koos raua oksiididega osaliselt ka teised rauamaagis sisalduvad oksiidid (mangaanoksiid, ränidioksiid, difosforpentoksiid jt.), mis pärast redutseerumist (põhiliselt lihtaineteks) lähevad üle malmi koostisse. Niisugused lisandid, nagu alumiinium-, kaltsium- ja magneesiumoksiid, ei redutseeru, vaid lähevad räbusse.

## Malmi koostis ja teke.

Nagu teame, on malm rauasulam, mis sisaldab mitmesuguseid lisandeid.

**Katse.** Paneme katseklaasi mõned malmitükikesed ja lisame 5—8 ml kontsentreeritud soolhapet. Soojendame katseklaasi, et reaktsioon hakkaks kulgema energiliselt. Katseklaasi suudme juurde paneme pliinitraadi lahusega immutatud paberi. Mõne aja pärast, kui kogu raud on reageerinud, jäävad lahusesse mustad

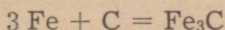
söetükikesed. Pliinitraadi lahusega immutatud paber muutub tumedaks pliisulfiidi (PbS) tekkimise tõttu:



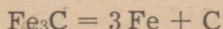
Sageli on seejuures tunda ka väävelvesiniku ( $\text{H}_2\text{S}$ ) lõhna.

Antud katse tõestab, et malm on rauasulam, mis sisaldab süsinikku ja väävlit. Peale selle kuuluvad malmi koostisse veel fosfor, räni, mangaan jt.

Kõrgahjus tekib malm järgmiselt. Allapoole vajuv käsnaud reageerib kõrgahju kõrgel temperatuuril süsinikuga ja moodustab raudkarbiidi:



Raudkarbiid lahustub rauas. Osaliselt lahustub rauas ka süsinik. Süsinik madaldab raua sulamistemperatuuri, mistõttu see sulab ja valgub tilkadena kõrgahju alumisse ossa — koldesse. Sulanud metall lahustab ka maagis sisaldunud oksiididest redutseeritud mangaani, räni, väävli ja fosfori. Seega satub koldesse rauasulam, milles on süsinikku ja teisi lisandeid ning mida nimetataksegi malmiks. Malmi aeglasel jahtumisel raudkarbiid laguneb, kusjuures süsinik eraldub grafiidina:

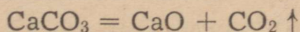


Niisuguse malmi murdepind on grafiidist tingituna hallika värvusega ja seda malmi nimetatakse halliks malmiks. Hall malm ehk valumalm on kõva ja habras. Temast valmistatakse ajamite, tööpinkide ja mitmesuguste masinate aluseid ja kandeosi. Sulamalmi kiirel jahtumisel raudkarbiid ei jõua laguneda. Niisuguse malmi murdepind on valge ja teda nimetatakse valgek malmiks. Valge malm on palju hapram kui hall malm. Teda ei kasutata otseselt, vaid töödeldakse teraseks.

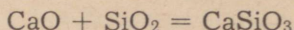
Ka teised lisandid peale süsiniku mõjutavad malmi omadusi. Väävel muudab malmi raskesti valatavaks, fosfori puhul on malm kergesti voolav ning täidab valamisel hästi vormi, kuid ta on rabe; räni soodustab halli malmi tekkimist jne. Kõrgekvaliteediliste teraste tootmiseks kasutatakse ferrosulameid, mis sisaldavad suuremal määral mangaani, kroomi ja räni. Tähtsamateks ferrosulamiteks on ferrosiliitsium (umbes 10% räni), ferromangaan (kuni 80% mangaani), pöögel malm (kuni 25% mangaani) ja ferrokroom (kuni 60% kroomi).

### Räbu teke.

Räbustina kasutatav kaltsiumkarbonaat (lubjakivi) laguneb kõrgahju keskmises osas:



Aheraines olev ränidioksiid (liiv) reageerib tekkinud kaltsiumoksiidiga ning moodustab kaltsiumsilikaadi:



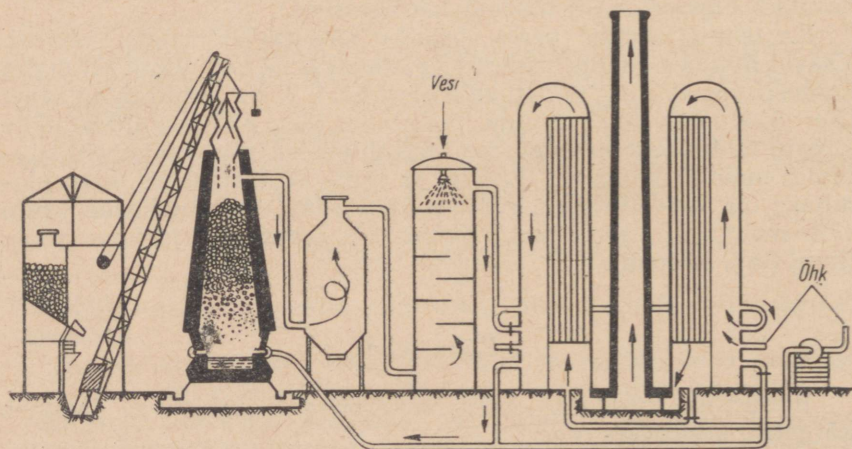
Tekkinud kaltsiumsilikaat (koos teiste silikaatidega ning alumiinaatidega) ongi räbu. Räbu sulamistemperatuur peab olema küllalt madal, et ta saaks kõrgahjust kergesti välja voolata. Malmist väiksema erikaalu (e.-k. 2,3) tõttu tõuseb räbu koldes alati sulalmi pinnale ning kaitseb allpool olevat malmi oksüdeerumise eest.

Malm ja räbu lastakse perioodiliselt välja kolde seinas eri kõrgustel olevate avade (almiava ja räbuava) kaudu, mis pärast malmi ja räbu väljalaskmist uuesti suletakse.

Kõrgahju räbu kasutatakse tsemendi ja räbutelliste valmistamiseks.

### Kõrgahjugaasi teke.

Kõrgahjuprotsessil tekib suurtes kogustes põlevat gaasi, nn. kõrgahjugaasi, mis sisaldab lämmastikku, süsinikoksiidi ja süsinikdioksiidi. Tänu süsinikoksiidi sisaldusele (umbes 30% CO) saab kõrgahjugaasi kasutada kütusena kauperites. Kauperid on silindrikujulised kivehitised kõrgusega kuni 40 m (joonis 33). Kõrgahjugaas põletatakse kauperi põlemiskambris, seejuures tekkivad kuumad põlemisgaasid läbivad tellistest laotud võrestiku, viimast kuumendades. Kui võrestik on küllaldaselt kuumenenud, katkestatakse kõrgahjugaasi juurdevool ning kauperisse juhitakse teise torustiku kaudu välisõhku. Õhk, läbides kuumenenud tellisvõrestiku, kuumeneb kuni 700° C ja juhitakse siis furnide kaudu kõrg-

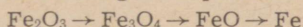


Joonis 33. Kõrgahi koos kahe kauperiga.

ahju. Iga kõrgahju teenindab tavaliselt 3 kauperit. Ajal, kui ühte köetakse, kuumendatakse teises õhku, kuna kolmandat samal ajal puhastatakse. Kauperites põletatakse umbes 25% kõrgahjugaasist: ülejäänud kõrgahjugaasi kasutatakse koksiahjudes, aurukatelde kütteks jm.

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Nimetada tähtsamaid rauamaake ja nende leiukohti Nõukogude Liidus.
2. Arvutada rauasisaldus (protsentides) rauamaakides. Missugune rauamaak on kõige rauarikkam?
3. Kui palju rauda võib saada 320 tonnist punasest rauamaagist?
4. Kirjeldada kõrgahju ehitust.
5. Nimetada kõrgahjuprotsessi tooraineid.
6. Millised keemilised protsessid toimuvad kõrgahjus?
7. Mis on kõrgahjugaas ja milleks seda kasutatakse?
8. Kuidas saab intensiivistada kõrgahjuprotsessi?
9. Kirjutada raud(III)oksiidi taandamisreaktsioonide võrrandid süsinikoksiidiga, kui protsess toimub kõrgel temperatuuril järgmise skeemi järgi:



Arvutada, kui palju rauda võib saada 2 tonni punase rauamaagi taandamisel süsinikoksiidiga, kui rauamaak sisaldab 88% raud(III)oksiidi. Saagis on 92%.

10. Mitu tonni malmi saab toota 10 tonnist punasest rauamaagist, milles on 20% lisandeid? Malmis on 94% rauda.

11. Kõrgahju tootlikkust hinnatakse malmitoodanguga ööpäevas ja ahju mahu kasutamise koefitsiendiga. Viimane on kõrgahju kasuliku mahu (kuupmeetrites) ja päevase malmitoodangu (tonnides) jagatis. Leida kõrgahju päevane malmitoodang, kui kõrgahju kasulik maht on 1200 m<sup>3</sup> ja ahju mahu kasutamise koefitsient on 0,7.

12. Rauamaagis on 70% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ja 20% SiO<sub>2</sub> (ülejäänud on teised lisandid). Mitu protsenti rauda ja mitu protsenti räni sisaldab see maak?

## § 3. Terasa tootmine.

Suure süsinikusisalduse tõttu on malm habras ning pole seega sobiv tõmbele ja löökidele alluvate toodete valmistamiseks. Teras sisaldab vähem süsinikku kui malm (teras on alla 1,7% C). Terasa tootmiseks tuleb malmist kõrvaldada süsiniku ülehulk ning vähendada väävli, fosfori, räni jt. kahjulike lisandite sisaldust. Järgmises tabelis võrreldakse keemiliste elementide sisaldust mõnedes malmi- ja terasesortides.

Tabel 8.

	Lisandite sisaldus (protsentides)				
	C	Si	Mn	S	P
Malm . . . . .	3,50	1,85	1,50	0,04	0,04
Rööpateras . . . . .	0,45	0,15	1,00	0,02	0,02
Pehme teras . . . . .	0,10	0,05	0,50	0,02	0,02

Terasetootmise protsess seisneb süsiniku ja teiste lisandite oksüdeerimises peamiselt õhuhapniku toimel, sest süsinik ja lisandid ühinevad kõrgel temperatuuril hapnikuga tunduvalt kergemini kui raud. Terase tootmiseks kasutatakse konverteid (bessemer- ja toomaskonverter), samuti martään- või elektriahje.

## 1. Bessemer- ja toomasmenetlus.

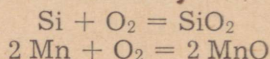
Bessemermenetluse töötas välja inglise tehnik H. Bessemer 1855. a. Menetluse põhimõte seisneb sulamalmist õhu läbipuhumises. Õhuhapnik ühineb malmis sisalduva räni, mangaani ja süsinikuga ning malm muutub teraseks.

Bessemermenetlus viiakse läbi suures pirnikujulises metallkonverteris (nn. bessemeri pirnis), mis on seest vooderdatud tulekindla voodriga (joonis 34). Vooderdamiseks kasutatakse dinastelliseid, mille peamiseks koostisosaks on ränidioksiid. Konverteri põhjas on avad, mille kaudu juhitakse sulamalmist õhku läbi. Konverter on pööratav horisontaalse telje ümber.

Toormalmiga täitmiseks pööratakse konverter horisontaalasendisse, valatakse suudme kaudu sisse sulamalm (umbes 75 tonni) ning alustatakse konverteri põhjas olevate avade kaudu suruõhu (1,5—2,5 at) läbipuhumist, ühtlasi pööratakse konverter püstasendisse.

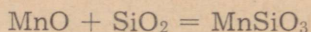
Lisandite oksüdeerimisel malmis eristatakse kolme iseloomuliku perioodi.

Esimene periood. Õhu juhtimisel läbi sulamalmi oksüdeeruvad kõigepealt räni ja mangaan:

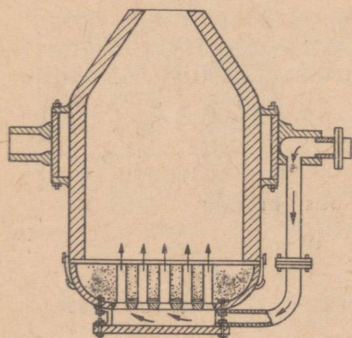


Kuna need reaktsioonid on väga eksotermilised, siis tõuseb konverteris temperatuur 1200—1300°-lt (sulamalmi algtemperatuur) kuni 1500°-ni ning konverteri suudmest väljuvad punased sädemetevihud.

Räni- ja mangaanoksiidi omavaheisel reageerimisel moodustub räbu:



Teine periood. Seda perioodi iseloomustab süsiniku oksüdeerumine, mis algab pärast räni ja mangaani oksüdeerumist. Eralduv süsinikoksiid süttib konverteri suudme



Joonis 34. Bessemerkonverteri skeem.

kohal ja põleb süsinikdioksiidiks. Seejuures moodustub kuni 10 m kõrgune pimestav sinakasvalge leek.

Kui peaaegu kogu süsinik on välja põlenud, ilmub konverteri suudme kohale punakaspruun suits, mis on tingitud raud(III)oksiidi tekkimisest. Nüüd pööratakse konverter horisontaalasendisse ning katkestatakse õhu läbipuhumine.

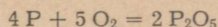
Kolmas periood. Terases sisalduvad raudoksiidid muudavad terase hapraks. Niisugust metalli ei saa sepistada, kuna tagumisel ta puruneb. Raudoksiidi redutseerimiseks lisatakse konverterisse ferrosiliitsiumi või peegelmalmi.

Nüüd valatakse sulateras vormidesse, nn. kokillidesse, jahtuma, kus ta valuplokkideks hangub.

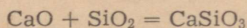
Bessemermenetluse põhilised puudused on järgmised: 1) niisugused kahjulikud lisandid nagu väävel ja fosfor ei kõrvaldu, mistõttu on võimalik lähtematerjalina kasutada ainult väikese väävli- ja fosforisisaldusega malmi, 2) kasutatav malm peab sisaldama rohkesti räni ja mangaani, mille põlemisel tekib protsessi läbiviimiseks vajalik soojus, sest nende vähesel sisaldusel ei tõuseks temperatuur konverteris vajalikule kõrgusele, 3) bessemermenetluse lühiaegsuse (10—20 minutit) tõttu on täpse keemilise koostisega terase saamine raskendatud.

Bessemermenetlusega ei saa teraseks töödelda suure fosforisisaldusega malmi, näiteks Kertši maagist saadud malmi. Fosfor tuleb aga kõrvaldada, sest suurema fosforisisaldusega teras on väga habras ning seetõttu tarvitamiskõlbmatu.

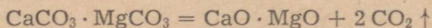
Malmis olev fosfor oksüdeerub sulatamisprotsessi kestel difosforpentoksiidiks:



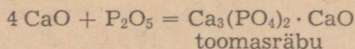
Viimase üleviimiseks räbusse tuleb konverterisse lisada aluselist oksiidid, näiteks kustutamata lupja (CaO). Kuid lupja pole võimalik koos malmiga bessemerkonverterisse viia, sest konverteri dinasvooder hävib kergesti sulava kaltsiumsilikaadi tekkimise tõttu:



See puudus kõrvaldati inglase Thomas'i poolt 1878. a., kes võttis tarvitusele aluselise voodriga konverteri. Niisugune konverter vooderdatakse veevaba kiviõetõrvaga segatud kaltsium- ja magneesiumoksiidiga. Viimaseid saadakse dolomiidi kuumutamisel kuni süsinikdioksiidi täieliku eraldumiseni:

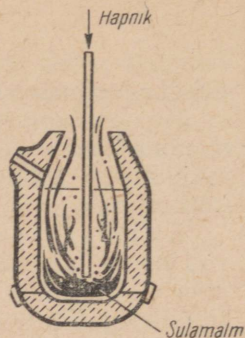


Aluselise voodriga konverter võimaldab räbustina kasutada kustutamata lupja ning töödelda seega fosforirikkeid malme. Fosfori oksüdeerumisel tekivad difosforpentoksiid reageerib kaltsiumoksiidiga ning annab nn. toomasräbu, mida jahvatatuna kasutatakse põllumajanduses toomasjahu nimetuse all fosforväetisena:



Et ära hoida aluselise voodri hävimist ränidioksiidi toimel, töödeldakse toomaskonverteris väikese ränisisaldusega, kuid suure fosforisisaldusega malme. See on tähtis ka terase sulatamiseks vajaliku soojuse saamiseks, mis vabaneb fosfori oksüdeerumisel.

Toomasmenetlus sarnaneb üldjoontes bessemermenetlusega. Bessemer- ja toomasmenetluse paremused, võrreldes teiste terasesulatamise menetlustega, on järgmised: 1) protsess on lühiaegne, 2) konverteritel on kõrge tootlikkus, lihtne ehitus ja väikesed eksploatatsioonikulud, sest metalli kuumen-damiseks ei vajata kütust. Nimetatud menetlustel on aga järgmised väga olulised puudused: 1) nad ei võimalda töödelda terasemurdu (vanarauda) ning vajavad ainult sulamalmi, 2) metalli põlemiskadu on suur (kuni 15%), 3) sulatamist on raske reguleerida, raske on saada täpse koostisega kõrgeväärtuslikku terast, 4) nõuavad kindla koostisega malme, 5) terasesse jääb õhumulle.

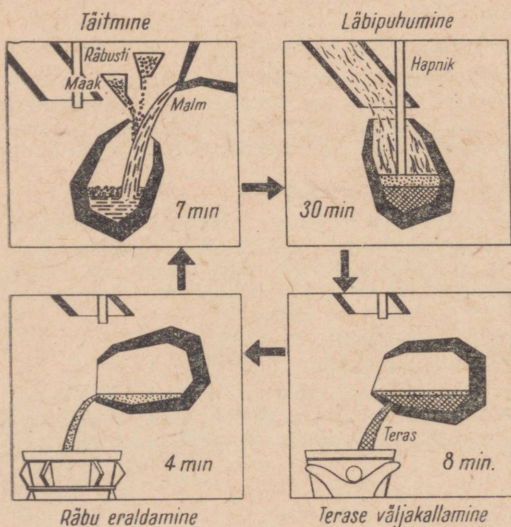


Joonis 35. Konverteri skeem.

Bessemer- ja toomasmenetluse eelised ning nende suur tootlikkus pälvisid teadlaste tähelepanu. Eriti oluline on see meetod nõukogude metallurgiale, mis peab tagama 1980. aastaks terase tootangu kasvu 250 miljonile tonnile. Seepärast on konverterit ja tema töörežiimi oluliselt muudetud. Kuna õhu läbipuhumisel satub sulametalli lämmastikku, mis lahustub selles ja muudab terase hapraks, kasutatakse lisandite väljapõletamiseks puhast hapnikku. See omakorda on võimaldanud veelgi suurendada protsessi kiirust ja konverteri mahtu. Hapnikku juhitakse konverte-risse ülalt (joonis 35).

Konverterterast toodetakse paljudes Nõukogude Liidu metallurgiatehastes. 1961. a. saadi Nõukogude Liidus umbes 9 miljonit tonni konverterterast.

Konverterterase tootmist selgitab joonis 36.



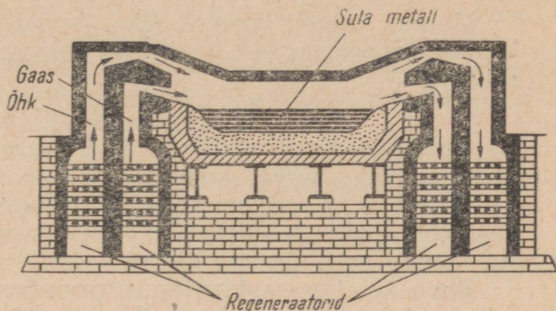
Joonis 36. Konverterterase tootmine.

## 2. Martäänmenetlus.

Martäänmenetlus teostub erilises ahjus, mida nimetatakse regeneratiivleekahjuks ehk lihtsalt martäänahjuks (joonis 37). Lähtematerjali koostisele vastavalt kasutatakse kas happelise või aluselise voodriga martäänahje.

Martäänahju iseloomustavaks iseärasuseks on erilised kambrid, nn. regeneraatorid, mis on täidetud võrestikukujuliselt laotud tulekindlate tellistega. Martäänahjul on kaks paari regeneraatoreid, mis on paigutatud ahju külgedele. Martäänahju köetakse gaasilise kütusega — generaatorigaasiga. Viimasel ajal on hakatud selleks kasutama hulgaliselt ka looduslikku gaasi.

Joonis 37. Martäänahi.

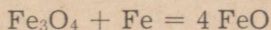


Õhu ja gaaside eelkuumendamiseks kasutatakse nendes ahjudes heitgaaside soojust. Sulatamise ajal läbiivad ahju tööruumist väljuvad kuumad heitgaasid algul parempoolseid regeneraatoreid ja kütavad nende tellisvõrestikke, kuhu soojus salvestub. Samal ajal annavad vasakpoolsed regeneraatorid tellisvõrestikku salvestatud soojuse üle neist läbivoolavale õhule ja gaasile. Seejärel muudetakse külma küttegaasi ja õhu ning kuumade heitgaaside liikumissuunda.

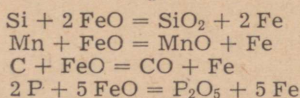
Küttegaasi ja õhu kuumendamine regeneraatorites enne küttegaasi põletamist võimaldab saavutada martäänahju tööruumis väga kõrget temperatuuri (kuni 1800° C). Niisugusel temperatuuril sulab metall kergesti ning kõik lisandid põlevad välja. Viimasel ajal kasutatakse põletamiseks hapnikuga rikastatud õhku.

Martäänmenetlus võimaldab teraseks töödelda nii sulamalmi kui ka tahket malmi. Vähe sellest, martäänmenetluse abil on võimalik ümber sulatada ka igasuguseid rauajätmeid ning seega ära kasutada suuri vanaraua koguseid, mis selle menetluse leiutamiseni seisid kasutamata.

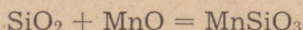
Martäänmenetluse puhul on võimalik malmi süsiniku ja lisandite oksüdeerimiseks vajaliku hapniku saamiseks kasutada ka rauamaaki. Maagi koostisse kuuluv hapnik oksüdeerib raua raud(II)oksiidiks:



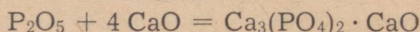
Viimane oksüdeerib räni ränidioksiidiks, mangaani mangaanoksiidiks, süsiniku süsinikoksiidiks ja fosfori difosforpentoksiidiks.



Ränidioksiid ja mangaanoksiid moodustavad räbu ( $\text{MnSiO}_3$ ):



Difosforpentoksiid reageerib rübustist moodustunud kaltsiumoksiidiga ning moodustab nn. toomasräbu:



Malmis esinev väävel ( $\text{FeS}$  kujul) kõrvaldub reageerimisel kaltsiumoksiidiga, sest seejuures tekkiv kaltsiumsulfiid läheb üle räbusse.



Rauamaagist redutseerunud raud suurendab aga malmist sulatamisel saadava terase kogust.

Aluselise voodriga martäänahjus on võimalik lähtematerjalidest kõrvaldada terasele kahjulikke lisandeid — fosforit ja väävli — ning neid räbusse üle viia.

Enne sulatamise lõpetamist redutseeritakse sulatamise kestel tekkinud raud(II)oksiid rauaks, sest terasesse jäänud  $\text{FeO}$  halvendab tunduvalt terase omadusi. (Redutseerimata teras praguneb sepistamisel.) Redutseerijatena kasutatakse näiteks mangaani ja alumiiniumi.

Martäänmenetlus võimaldab toota ka legeeritud teraseid, milleks redutseeritud metallile lisandatakse vastavaid rauasulameid (ferrosiitsiumi, ferromangaani, ferrotitaani jt.) või puhtaid metalle (niklit, kroomi, vaske jt.).

Terase sulatamine martäänahjus kestab 6—8 tundi, mis võimaldab protsessi reguleerida ja saada kindla keemilise koostisega terast. Martäänmenetlus võimaldab ära kasutada vanarauda ning saada kõrge kvaliteediga terast. Menetlus on kõrge tootlikkusega, sest see võimaldab ühe sulatusega saada tuhat ja enam tonni terast.

Põhilistest puudustest, mis esinevad terase sulatamisel martäänahjudes, tuleb nimetada, et nendes on legeeritud teraste valmistamine piiratud, kuna mõned legeerimiseks lisandatavad metallid oksüdeeruvad kergesti õhuhapniku toimel.

Viimastel aastatel kasutatakse Nõukogude Liidus martäänmenetluse puhul v a a k u u m e e r i m i s t. Selleks juhitakse sulateras enne vormidesse väljavalamist (10—12 minutiks) erilisse kambrisse, kus vaakumpumpadega tekitatakse hõrendus. Vaakuumi tõttu eralduvad sulametallist seal lahustunud õhk ja teised kahjulikud gaasid.

### 3. Teras elektrometallurgia.

Paremate terasesortide tootmiseks kasutatakse elektriahje. Vü-maseid võib liigitada kaarleekahjudeks ja kõrgsagedus-induktsioonahjudeks. Kaarleekahjudes (joonis 38) saadakse malmi sulatamiseks ja selles olevate lisandite oksüdeerimiseks vajalik soojus süsi- või grafiitelektroodide ja metalli vahel tekkiva kaarleegi soojuste ärakasutamisel. Ahjus võib saavutada temperatuuri üle  $2000^{\circ}\text{C}$ . Kõrgsagedus-induktsioonahjudes (joonis 39) saadakse terase sulatamiseks vajalik soojus sulatatavas metallis tekkiva induktsioonvoolu toimetel.

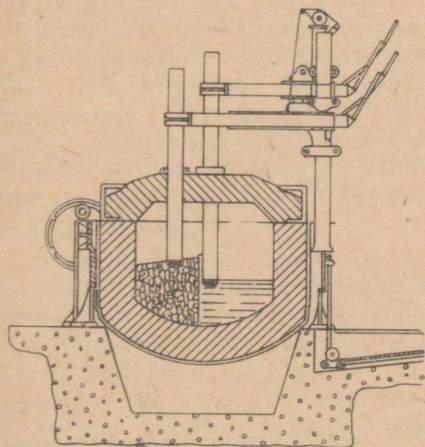
Elektriahjude vooder tehakse vastavalt menetlusele kas happelisest või aluselisest tulekindlast materjalist. Elektriahi täidetakse vastava ava kaudu, mis seejärel tihedalt suletakse. Et teras sulatatakse välisõhu ja põlemisgaaside osavõtuta, siis on võimalik selles toota gaasimullidest vaba terast. Malmis olevad lisandid oksüdeeruvad ahju lisatava rauamaagi hapniku toimetel.

Elektriahi on kiiresti töökorda viidav ja ta võimaldab saada palju kõrgemat temperatuuri kui mingi teine sulatusahi. Seega on võimalik selles sulatada eriteraseid, mis sisaldavad selliseid raskesti sulavaid legerivaid metalle, nagu näiteks volframit, vanaadiumi jt. Elektriahjus sulatamisel on energiakulu suhteliselt väike — 550—800 kWh ühe tonni terase kohta.

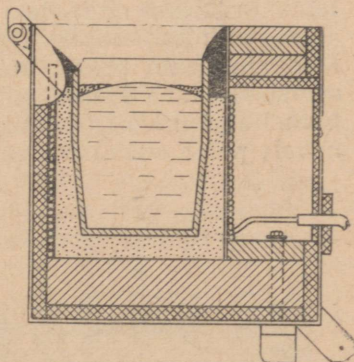
Elektriahjus saadakse kõrgekvaliteedilisi, soovitud koostisega teraseid.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Seletada bessemermenetluse põhimõtet.
2. Mille poolest erineb bessemermenetlus toomasmenetlusest?



Joonis 38. Kaarleekahi.



Joonis 39. Kõrgsagedus-induktsioonahi.

3. Missugused on bessemer- ja toomasmenetluse puudused ja kuidas neid välditakse kaasaegsetes konverterites?
4. Mille arvel saavutatakse temperatuuri tõus bessemerkoniiverteris?
5. Võrrelda martäänmenetlust teiste terase tootmisviisidega.
6. Seletada terase elektrometallurgiat.
7. Kui palju kulub sütt ühe kilogrammi a) magnetiidi, b) punase rauamaagi, c) pruuni rauamaagi taandamiseks?
8. Mitu tonni terast on võimalik toota 5 tonnist punasest rauamaagist, kui maak sisaldab 90% raud(III)oksiidi ja terase saagis on 90%?

## § 4. Alumiiniumi tootmine ja alumiiniumisulamid.

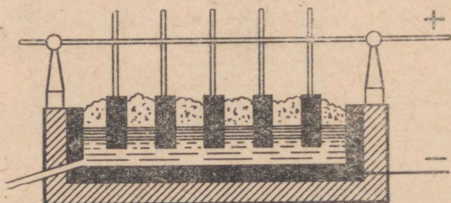
### 1. Alumiiniumi tootmine.

Tähtsamaks alumiiniumimaagiks on boksiit, mis sisaldab tavaliselt kuni 55%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , peale selle sisaldub boksiidis raua, räni, magneesiumi ja teiste elementide ühendeid. Alumiiniumi tootmiseks eraldatakse maagist alumiiniumoksiid.

Et alumiiniumoksiid on raskesti sulav aine, siis kasutatakse tema sulatamiseks krüoliiti ( $\text{AlF}_3 \cdot 3 \text{NaF}$ ), mis alandab alumiiniumoksiidi sulamistemperatuuri. Alumiiniumi toodetakse elektrolüüsivannis. Vann asetseb isoleeritud alusel ning on seest vooderdatud tulekindlate kivide ja sõeplaatidega. Katoodiks on vanni sõeplaatidest põhi, anoodiks aga süsielektroodid, mis ripuvad madalalt vanni kohal (joonis 40).

Alumiiniumi tootmise protsess on järgmine. Vanni töösse rakendamiseks puistatakse selsse esmalt koksi, lastakse süsianood alla ja lülitatakse elektrivool sisse. On vann kuumenenud, paigutatakse sinna krüoliiti, mis elektrikaarleegis sulab. Seejärel tõstetakse anood järk-järgult üles. Nüüd puistatakse vanni alumiiniumoksiidi, mis lahustub sulanud krüoliidis. Saadud alumiiniumoksiidi lahus krüoliidis ongi elektrolüüdiks.

Alumiiniumoksiidi elektrolüüsil tekkinud sula alumiinium koguneb vanni põhja, kust see perioodiliselt (2—4 päeva järel) spetsiaalse ava kaudu välja lastakse. Anoodil eralduva hapniku toimel süsi põleb, kusjuures esmalt tekib süsinikoksiid, mis järgnevalt põleb süsinikdioksiidiks.



Joonis 40. Alumiiniumi tootmine.

Vanni iseärasuseks on reguleeritav süsianood, mis, rippudes tugevatel terastrossidel, alumise osa ärapälemise võrra laskub automaatselt allapoole elektrolüüti. Sel viisil ei suurene katoodi ja anoodi vahekaugus ega vanni pinge.

Nüüdisaegsed alumiiniumi elektrolüüsivannid töötavad voolutugevusega 50 000—100 000 ampri. Elektrolüüsivann annab ligikaudu 15 kg alumiiniumi tunnis. Elektrienergia kulu ühele tonnile alumiiniumile on 17 000 kuni 19 000 kWh ja alumiiniumoksiidi kulu 1,9—2 tonni.

Seega näeme, et alumiiniumi tootmine on seotud suure elektrienergia kuluga ning seda on võimalik edukalt arendada ainult odava elektrienergia allika olemasolu puhul. Selliseks allikaks on hüdroenergia.

Enne Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni Venemaal alumiiniumitööstust ei olnud. Alles 1932. aastal lasti käiku esimene alumiiniumitehas Leningradi lähedal, mis töötab Volhovi hüdroelektrijaama baasil. Kaks aastat hiljem lasti käiku Dnepropetrovski alumiiniumitehas. 1935. aastal oli Nõukogude Liit alumiiniumi tootmise alal kolmandal kohal maailmas.

1965. aastaks suurenes alumiiniumi tootmine võrreldes 1958. aastaga 3 korda.

## 2. Alumiiniumisulamid.

Alumiiniumi kasutatakse mitmesuguste kergete ja vastupidavate sulamite valmistamiseks.

Tähtsamateks alumiiniumisulamiteks on duralumiinium, silumiin ja magnaalium. Eriti väärtuslike tehniliste omadustega on *d u r a l u m i i n i u m*. See sulam sisaldab peale alumiiniumi (94%) vaske, mangaani ja teisi metalle. Duralumiinium, milles alumiiniumi kergus säilib peaaegu täielikult, on pehmete terasesortide tugevusega. See asjaolu võimaldab teda edukalt kasutada lennukija masinaehituses.

Duralumiinium on kergesti töödeldav. Aja jooksul aga duralumiinium «vananeb» — plastilisus väheneb, kuid tugevus ja kõvadus suurenevad. Seda omadust kasutatakse värskest valatult duralumiiniumist mitmesuguste keerukate detailide valmistamisel (saab painutada, venitada, taguda jne.). Seitsme päeva jooksul (vananemisaeg) duralumiiniumi omadused muutuvad, detailid muutuvad tugevaks ja mitte deformeeruvaks.

Alumiiniumi ja räni sulamit *s i l u m i i n i* kasutatakse mitmesuguste masinaosade valmistamiseks.

Alumiiniumi ja magneesiumi sulam  $m a n g a a l i u m$  on puhtast alumiiniumist kõvem ja tugevam, kergesti töödeldav ning hästi poleeritav. Kasutatakse aparatuuride ehitamisel.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Selgitada alumiiniumi tootmise põhimõtet.
2. Missugused on tähtsamad alumiiniumisulamid ja kus neid kasutatakse?
3. Ühe kilogrammi alumiiniumi saamiseks kulus 2 kg alumiiniumimaaki. Kui suur on alumiiniumoksiidi sisaldus maagis?
4. 15,7 kg kroomoksiidi ( $Cr_2O_3$ ) taandamiseks aluminotermiliselt võeti 5 kg alumiiniumi. Kui palju saadi kroomi? Millist ainet võeti liias?

### § 5. Metallurgiatööstuse tähtsus rahvamajanduses.

Rahvamajanduse üheks tähtsamaks haruks on metallurgiatööstus, mis loob aluse masinaehitusele ja teistele tööstusharudele. Metalle ja sulameid vajatakse põllutööstusmasinate, metalli- ja puidutöötlemise masinate, vedurite, autode, lennukite, kosmoselaevade ning mitmesuguste teiste seadmete ja masinate valmistamiseks.

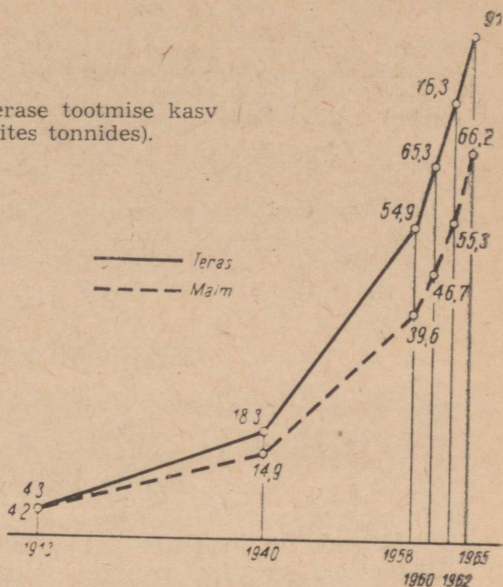
Eriline tähtsus on mustmetallurgia, millel baseerub kogu rahvamajandus ja riigikaitse ning mis toodab malmi, terast ja eriteraseid. Tsaari-Venemaal toodeti 1913. a. kõigest 4,2 miljonit tonni malmi ja niisama palju terast. Revolutsioonieelne Venemaa oli malmi ja terase tootmise alal maailmas viiendal kohal. Esimese maailmasõja ning kodusõja tagajärjel lakkas malmi ja terase tootmine peaaegu täielikult.

Nõukogude võimul tuli luua kogu metallurgiatööstus, eriti aga mustmetallurgia. Mustmetallurgia kiire areng algas esimeste viisaastakutega. Aastal 1928 saavutati malmi- ja terasetoodangus ennesõjaaegne tase. 1940. a. toodeti juba 15 miljonit tonni malmi ja 18,3 miljonit tonni terast, sellega saavutas Nõukogude Liit mustmetallurgia alal maailmas teise koha. Selleks rekonstrueeriti täielikult lõuna metallurgiatööstus ning loodi idas uus kivisöe-metallurgiline baas — Kuznetski bassein. Esimeste viisaastakute jooksul tekkisid niisugused metallurgiatehased, nagu Kuznetski ja Magnitogorski kombinaadid ning Krivoi-Rogi, Zaporozje ja teised tehased.

Sõjajärgsete viisaastakute jooksul ehitati ja võeti kasutusele uusi kõrgahjusid, konvertereid, martään- ja elektrialhjusid.

1958. aastal toodeti malmi 39,6 miljonit tonni, 1965. aastal aga 66,2 miljonit tonni. Niisugune malmitoodangu kasv saavutati 31 uue kõrgahju käikulaskmise ja vanade rekonstrueerimise arvel. Malmi ja terase tootmise kasvu iseloomustab joonis 41.

Joonis 41. Malmi ja terase tootmise kasv  
(toodang miljonites tonnides).



Kiires tempos areneb vase, alumiiniumi, magneesiumi, titaani, volframi, molübdeeni, plii, tsingi ja teiste värviliste metallide tootmine. Krasnojarski kraisse luuakse odava hüdroelektrienergia ja alumiiniumimaagi — nefeliini ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) baasil võimas alumiiniumitööstus. Nefeliin on oma keemiliselt koostiselt kompleksne tooraine, mille töötlemisel kõrvuti alumiiniumiga saadakse odavat tsementi ja soodaprojekte.

### III peatükk.

## HAPNIK JA VÄÄVEL.

### § 1. Hapniku ja väävli asetus perioodilisuse süsteemis, nende aatomite ehitus.

Hapnik on looduses kõige enam levinud keemiline element. Väävel on aga üks esimesi inimesele tuntud elemente. Pärast D. Mendelejevi keemiliste elementide perioodilisusseadusega tutvumist on otstarbekas käsitleda neid elemente koos. Selleks et õigesti mõista põhjusi, mis tingivad nimetatud elementide sarnasusi ja erinevusi, on vaja tutvuda nende asetusega perioodilisuse süsteemis ning aatomite ehitusega.

Täidame hapniku ja väävli kohta vihikusse järgneva tabeli ning koos sellega vastame paragrahvi lõpus esitatud küsimustele (korrata hapniku omadusi):

Küsimused	Hapnik	Väävel

Lahtresse «Küsimused» märgime järgmised punktid: 1) keemiline märk, 2) molekuli valem, 3) perioodi number, 4) rühma number, 5) millises alarühmas paikneb, 6) aatomkaal, 7) molekulaal, 8) järjenumbr, 9) tuumalaeng, 10) elektronide üldarv, 11) prootonite arv, 12) neutronite arv, 13) elektronkihtide arv, 14) elektronide arv kihtidel, 15) kuuluvus metallide või mittemetallide hulka, 16) suurim positiivne valents, 17) negatiivne valents.

Märkus: Kui mingi elemendi kohta mõnda punkti täita ei saa, tõmbame tabelisse vastava punkti juurde kriipsu.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Koostada hapniku ja väävli aatomite elektronilised skeemid.
2. Võrrelda hapniku ja väävli elektronilisi skeeme ja põhjendada, kummal elemendil on tugevamad mittemetallilised omadused.

3. Võrrelda keemiliselt aktiivsusest a) hapnikku ja fluori, b) väävlit ja kloori. Põhjendada vastavate mittemetallide erinevat aktiivsust.

4. Kirjutada reaktsiooni võrrand hapniku aatomi muutumise kohta negatiivselt kahevalentseks iooniks. Koostada selle iooni elektroniline skeem.

5. Kirjutada reaktsiooni võrrandid väävli aatomi muutumise kohta positiivselt kuuevalentseks ning negatiivselt kahevalentseks iooniks. Koostada vastavate ionide elektronilised skeemid.

6. Koostada oksiidi valem, milles väävel on kõrgeima positiivse valentsiga.

7. Teades väävli negatiivset valentsi, koostada väävli järgmiste ühendite valemid: väävelvesinik, naatriumsulfiid, raud(III)sulfiid.

## § 2. Trihapnik (osoon).

Pärast äikest on õhk alati eriliselt värskendav. On kindlaks tehtud, et seda põhjustab hapniku teisend — trihapnik ehk o s o o n. Järgnevalt tutvume gi trihapnikuga.

### 1. Trihapniku omadused.

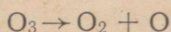
Õhu koostises esineva tavalise hapniku ehk dihapniku ( $O_2$ ) omadustega oleme juba varem tutvunud. Trihapnikuga ( $O_3$ ) tutvumiseks teeme järgmise katse.

**Katse.** Lähendame teineteisele töötava elektrimasina vastasnimelisi laenguid kandvad kuulikesed. Tekib elektrisäde ning varsti on õhus tunda iseloomulikku teravat lõhna. See ongi trihapnik ehk osoon.

Trihapniku teket võib väljendada järgmise keemilise võrrandina:



Kuna trihapnik on väga ebapüsiv, muutub ta jälle tagasi dihapnikuks (et dihapnikku nimetatakse tavaliselt hapnikuks, siis kasutame edaspidi seda nimetust). Seejuures eraldub trihapniku molekulist esmalt üks hapniku aatom (monohapnik ehk atomaarne hapnik):



Tekkival monohapnikul on tugev oksüdeeriv toime. Sellest tingituna ongi trihapniku oksüdeerivad omadused tunduvalt tugevamad kui hapnikul. Trihapnik oksüdeerib ka metalle (isegi hõbedat, mis hapnikus ei oksüdeeru), valastab värvaineid ja surmab mikroobe. Suurtes kontsentratsioonides on trihapniku sissehingamine kahjulik (ärritab limaskesti). Halvemal juhul võib trihapnik põhjustada hingamisteede halvatust ja surma. Seepärast tuleb ruume, kus tekib trihapnikku, hästi tuulutada (eriti ruumid, kus töötavad elektriseadmed). Väikestes kontsentratsioonides on aga trihapnik kasulik.

Trihapnik erineb hapnikust ka teistelt omadustelt. Ta on viimasesest 1,5 korda raskem, lahustuvus vees on tal 10 korda suurem kui hapnikul. —112° C juures muutub trihapnik siniseks, kergesti plahvatavaks vedelikuks.

Tabel 9.

Di- ja trihapniku omaduste võrdlus.

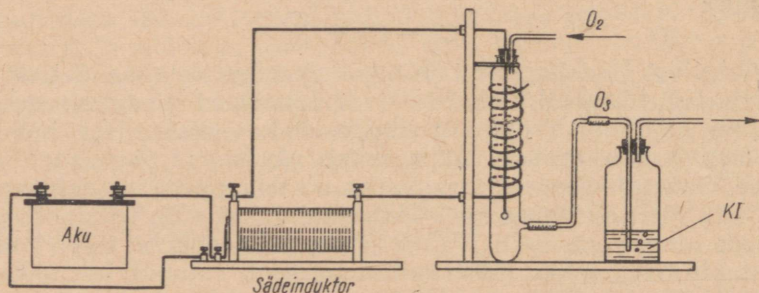
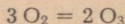
Dihapnik (O <sub>2</sub> )	Trihapnik ehk osoon (O <sub>3</sub> )
Värvuseeta. Lõhnata. 1 l kaal — 1,43 g. Temperatuuril —183° C muutub sinakaks vedelikuks. 100 ruumalas vees lahustub 0° C juures 4,9 ruumala. Hea oksüdeerija.	Sinaka värvusega. Iseloomuliku lõhnaga. 1 l kaal — 2,14 g. Temperatuuril —112° C muutub siniseks vedelikuks. 100 ruumalas vees lahustub 0° C juures 49 ruumala. Oksüdeerivad omadused on tugevamad kui hapnikul.

## 2. Trihapniku saamine osonaatoris.

Laboratoorselt saadakse trihapnikku tavaliselt hapnikust või õhust elektri vaikselt lahendusel osonaatoris. Osonaator (joonis 42) kujutab endast laia klaastoru, millesse on sulatatud teine, kitsam toru. Viimasesse on asetatud terastraat, mille alumine ots on jäetud vabaks. Jämedama toru ümber on mähitud traadist spiraal, mille ülemine ots on vaba. Traatide teised otsad on ühendatud osonaatori klemmidega. Ülemisest torust juhitakse osonaatorisse hapnik. Alumisest torust, mis on ühendatud gaasijuhtetoru abil purgiga, juhitakse välja trihapnik.

**Katse.** Valame trihapniku kogumise purki pool tema mahust vett, millele lisame 10—12 tilka eelnevalt valmistatud kaaliumjodiidi lahust. Nüüd juhime gasomeetrist osonaatorisse hapnikuvoolu. Kui gaasi liikumise kiirus on parajaks reguleeritud (nii, et oleks võimalik loendada lahusest läbiminevaid gaasimulle), ühendame osonaatori klemmid sädeindukti sekundaarmähise klemmidega ning lülitame sisse voolu.

Elektrilahenduse toimel tekib hapnikust trihapnik:

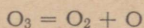


Joonis 42. Osonaator ja selle ühendamine sädeinduktoriga.

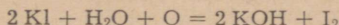
Tärgluse lahuse valamisel purgis olevasse vedelikku värvub see siniseks. Katsest võime järeldada, et trihapnik reageerib kaaliumjodiidiga ning reaktsioonil tekib vaba jood.

Reaktsiooni võib kujutada järgmiselt:

a) trihapniku lagunemine:



b) monohapniku toime kaaliumjodiidis:



Äikese ajal tekib trihapnik samuti elektrilahenduse toimel (välk). Okaspuumetsades tekib aga trihapnik vaigus sisalduva tärpentini oksüdeerumisel. Värske õhu tõttu, mille üheks põhjuseks loetakse ka trihapniku toimet, eelistataksegi okaspuumetsi sanatooriumide ja puhkekodude rajamisel. Trihapnik tekib õhus ka päikesekiirte toimel, eriti seal, kus toimub kiire vee aurustumine. Seepärast on ka õues kuivanud pesul trihapnikust tingitud värskendav lõhn. Elektrimasinate, ultraviolettlampide, induktsioonmasinate töötamisel tekib samuti trihapnikku.

### 3. Trihapniku kasutamine.

Trihapniku kasutamine põhineb tema oksüdeerival toimel. Teda tuntakse desinfitseeriva ainenä, temaga puhastatakse joogivett ning õhku kahjulikest pisikutest ja ebameeldivast lõhnast. Trihapnikuga rikastatud õhku kasutatakse veel kaevanduste ventileerimiseks ning paberimassi, rasvade, õlide, vaha, suhkru, elevandi-luu pleegitamiseks jne.

### 4. Hapniku allotroopia.

Nagu eespooltoodust selgub, esineb element hapnik looduses kahe lihtainena — dihapnikuna ( $\text{O}_2$ ) ja trihapnikuna ( $\text{O}_3$ ).

Keemilise elemendi esinemist mitme lihtainena nimetatakse allotroopiaks. Vastavaid lihtaineid aga nimetatakse antud keemilise elemendi allotroopseteks teisenditeks ehk modifikatsioonideks.

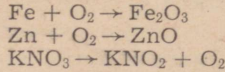
Sõna «allotroopia» on tuletatud kreekakeelsetest sõnadest *allos* — teine ja *tropos* — liik.

Di- ja trihapnik on seega element hapniku allotroopsed teisendid.

Kuigi mõlemate lihtainete molekulid koosnevad ühe ja sama elemendi aatomitest, on nende omadused erinevad. Erinevad omadused on tingitud aatomite hulgast molekulis. Siit näeme, et molekuli kvantitatiivse koostise muutumine põhjustab uue aine tekke, millel on uued omadused (uus kvaliteet).

## Küsimusi ja ülesandeid.

1. Võrrelda dihapniku ja trihapniku füüsikalisi omadusi.
2. Võrrelda dihapniku ja trihapniku keemilisi omadusi.
3. Kuidas saadakse dihapnikku, kuidas trihapnikku?
4. Mis on a) oksüdeerumine, b) oksiidid?
5. Koostada vesiniku, süsiniku, väävli, fosfori ja alumiiniumi põlemisreaktsioonide võrrandid.
6. Leidke koefitsiendid järgmistes keemilistes võrrandites:



7. Arvutada grammides ja liitrites, kui palju hapnikku tekib: a) 2 mooli kaaliumkloraadid ( $\text{KClO}_3$ ), b) 180 g vee, c) 16 g elavhõbeoksiidi lagunemisreaktsioonil?

8. Mitu grammi õhku kulub 1 gramm-aatomi fosfori põlemiseks (õhus on kaaluliselt 23% hapnikku).

9. Leida trihapniku tihedus vesiniku ja õhu suhtes.

10. Arvutada, kui palju kaalub 1 liiter gaasisegu, mis sisaldab kaaluliselt 20% trihapnikku ja 80% hapnikku.

11. Mitu grammi trihapnikku võib saada 6 moolist hapnikust?

12. Mitu liitrit hapnikku võib saada 4,5 mooli trihapniku lagunemisel?

13. Teha katseliselt kindlaks hapniku sisaldus kaaliumpermanganaadis ja kaaliumkloraadis.

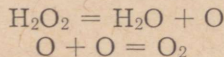
14. Leida hapniku ruumala, mis tekib 3 mooli kaaliumkloraadid lagunemisel.

## § 3. Vesinikperoksiid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ).

### 1. Vesinikperoksiidi omadused.

Apteekides kaubastatav 3%-line vesinikperoksiid (vesinikülihapend) on meditsiinis kasutusel hea desinfitseeriva aina. Millega on see seletatav?

**Katse 1.** Valame katseklaasi 2—3 ml 3%-list vesinikperoksiidi ning puistame sellesse veidi mangaandioksiidi ( $\text{MnO}_2$ ). Kohe algab vesinikperoksiidi lagunemine. Viime katseklaasi suudmesse hõõguva pirru, see süttib. Järelikult eraldub hapnikku:



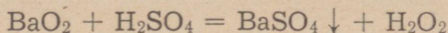
Vesinikperoksiidi lagunemist soodustavad mangaandioksiidi kui katalüsaatori kõrval ka valgus ja soojus. Seepärast säilitatakse teda tumedates pudelites ning jahedas ruumis. Tekkimise momendil on hapnik atomaarne (monohapnik), mille oksüdeeriv toime on eriti suur. Vesinikperoksiidi kõige iseloomulikumaks omaduseks ongi tema tugev oksüdeerimisvõime. Sellel põhineb ka tema kasutamine pleegitajana.

**Katse 2.** Valame katseklaasi vesinikperoksiidi ja lisame veidi

indigo lahust. Soojendame nõrgalt. Indigo värvus kaob. Protsessi kiirendamiseks võib katalüsaatorina lisada mangaandioksiidi.

Puhas vesinikperoksiid on värvuseta vedelik (erikaal 1,46). Ta seguneb veega igas vahekorras. Vesinikperoksiidi kange vesilahuse sattumine nahale kutsub esile sügelemise, kusjuures nahale tekivad valged plekid. Laastud, paber ja riie süttivad vesinikperoksiidis kergesti.

Vesinikperoksiidi saadakse lahjendatud väävelhappe reageerimisel baariumperoksiidiga:



Tööstuslikult saadakse vesinikperoksiidi elektrokeemiliselt. Pisihulkades leidub vesinikperoksiidi vihmavees.

## 2. Vesinikperoksiidi kasutamine.

Vesinikperoksiidi kasutamine põhineb tema tugevatel oksüdeerivatel omadustel. 3%-lise vesinikperoksiidi vesilahusega desinfitseeritakse haavu. Samuti on ta ka verejooksu takistavaks vahendiks.

Tehnikas kasutatakse vesinikperoksiidi kangaste, karusnahkade, sarve, juuste ja sulgede pleegitamiseks. Vesinikperoksiid leiab kasutamist ka raketitehnikas.

### Kokkuvõtte.

*Vesinikperoksiidil on sama kvalitatiivne koostis kui veel. Eri-  
neva kvantitatiivse koostise tõttu on vesinikperoksiidil ka erine-  
vad omadused. Vesinikperoksiid on hea oksüdeerija. Sellel põhi-  
neb ka tema kasutamine.*

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Millega on seletatav vesinikperoksiidi oksüdeeriv toime?
2. Mitu protsenti vesinikku on: a) vees, b) vesinikperoksiidis?
3. Kinnises anumask pandi plahvatama 1,1 g vesinikku ja 7,8 g hapnikku. Kui suure ruumala võtab enda alla reaktsioonil tekkinud veeaur (kui oletada, et ühe mooli tekkiva veeauru ruumala on 22,4 l)?
4. Vesinikperoksiidi lahusele lisati täpklise lahust ning naatriumjodiidi lahust. Selle tulemusena värvus lahust siniseks. Millega seda seletada?
5. Mitu grammi 3%-list vesinikperoksiidi lahust kulub 3,36 liitri hapniku saamiseks?
6. Kirjutada reaktsiooni võrrandid järgmiste muundumiste kohta:  
$$\text{KClO}_3 \rightarrow \text{O}_2 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5$$
$$\text{BaO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$$
7. Mitu grammi 10%-list väävelhapet kulub reaktsioonil baariumperoksiidiga 13,6 g vesinikperoksiidi saamiseks?
8. Mitu grammi vesinikperoksiidi tekib 490 g väävelhappe reageerimisel 845 g baariumperoksiidiga, kui saagis on 96%?
9. Teha katsed, mis näitavad vesinikperoksiidi oksüdeerivat ja pleegitavat toimet.

## § 4. Väävel — Sulfur.

Keemiline märk S.

Aatomkaal 32; järjenumbr 16.

Väävel on üks levinumaid ja tähtsamaid keemilisi elemente. Ta kuulub väga paljude kivimite ja mineraalide koostisse ning teda sisaldavad peaaegu kõik kaevandatavad maagid. Väävli omaduse tõttu hästi põleda ning moodustada seejuures uusi aineid pidasid alkeemikud teda nn. tarkade kivi koostisosaks, mille abil nad lootsid valmistada kulda.

Kooli keemialaboratooriumides esineb väävel tükkidena kangväävli nimetuse all või pulbrilisel kujul nn. väävliõiena.

### 1. Väävli füüsikalised omadused.

Väävli füüsikaliste omadustega tutvumiseks vaatleme teda (värvus, olek) ja teeme järgmised katsed.

**Katse 1.** Paneme mõned väävlitükid uhmrisse ja muljume neid uhmrinuiaga. Väävlitükid purunevad kergesti.

Katsest järeldub, et väävel on võrdlemisi rabe. Väävli kõvadus on niisama suur kui naatriumkloriidil.

**Katse 2.** Viime väävlitüki kokkupuutesse elektrijuhtivuse demonstreerimise seadme elektrootidega ja lülitame sisse voolu.

Mida võime järeldada väävli elektrijuhtivuse kohta?

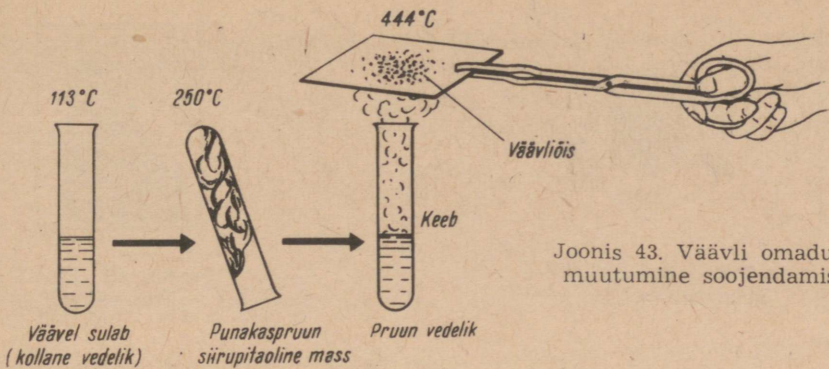
**Katse 3.** Puistame vette väävlitükikesi ja pulbrilist väävlit. Väävlitükid vajuvad põhja. Miks? Pulbriline väävel jääb aga pinnale, sest väävel märgub vees raskesti ja pulbrilise väävli pind on suurem.

Puistame nüüd väävlipulbrit katseklaasi, milles on eelnevalt soojendatud benseeni (soojendada tuleb keeva vee vannis). Mis toimub?

Väävel lahustub hästi ka süsiniksulfiidis ( $CS_2$ ).

**Katse 4.** Võtame katseklaasi  $\frac{1}{3}$  tema mahust väävlit ja soojendame põleti leegis (joonis 43). Umbes  $113^\circ C$  juures muutub väävel kollaseks vedelikuks. Viime katseklaasi uuesti põleti leeki ja kuumutame tugevamini. Umbes  $250^\circ C$  juures muutub väävel punakaspruuniks paksuks massiks. Põõrame katseklaasi väävliga kummuli. Väävel ei voola välja. Jätkame kuumutamist. Väävel muutub jälle vedelamaks ja hakkab keema ( $444,5^\circ C$ ). Eralduvad väävliaurud. Asetame neisse hetkeks külma klaasi, sellele sadestub kollane väävlipulber — väävliõis.

Võrdleme vaatluse ja katsete alusel täheldatud väävli omadusi õpikus antud kokkuvõttega.



Joonis 43. Väavli omaduste muutumine soojendamisel.

### Kokkuvõte.

Puhas väävel on kollane kristalne aine. Väavli erikaal on 2, sulamispunkt  $113^{\circ}\text{C}$  ja keemispunkt  $444^{\circ}\text{C}$ . Väävel juhib halvasti elektrit ja soojust. Vees väävel ei lahustu. Ta lahustub aga orgaanilistes lahustites (benseen, süsinikdisulfiid jt.).

## 2. Väavli allotroopia.

Väävliil, nii nagu hapnikulgi, esineb mitu allotroopset teisendit.

**Katse 1.** Valame klaasplaadile mõne tilga eelnevalt valmistatud väavli lahust benseenis ja aurustame. Väävel eraldub kollaste läbipaistvate kristallidena. Luubi abil jälgime saadud väavlikristalle. Kristallide kuju järgi nimetatakse sellist väavlit rombilineks väavliks (joonis 44).

Väävel võib aga moodustada ka teistsuguse kujuga kristalle.

**Katse 2.** Võtame umbes pool katseklaasitäit väavlit ja soojendame seda, kuni väävel muutub kollaseks vedelikuks. Poole sellest vedelikust valame tiiglisse ja laseme jahtuda. Kui väavli pinnale on tekkinud tahke kooruke, torkame selle klaaspulga abil läbi ja valame tekkinud ava kaudu vedela väavli tagasi katseklaasi. Jälgime nüüd tiigli sisemust. Sinna on tekkinud läbipaistvad nõelataolised kristallid (joonis 45). Sellist väavlit nimetatakse vastavalt kristallide kujule prismaliseks väavliks.

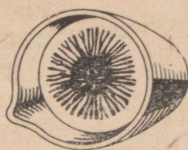
Väävel võib esineda mitte ainult kristalse aina (rombiline ja prismaline väävel), vaid ka amorfse aina.

**Katse 3.** Kuumutame eelmisest katsest järelejäänud väavlit kuni keemiseni ja valame keeva väavli järsku külma vette. Väävel muutub pehmeks pruuniks venivaks massiks, mida on võimalik venitada nagu kummit. Sellist väavlit nimetatakse plastiliseks väavliks (joonis 46).

Niisiis võib väävel esineda mitmesugusel kujul. **Rombiline, prismaline ja plastiline väävel on väavli allotroopsed teisendid.**

Joonis 44. Rombilise väavli kristallid.





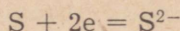
Joonis 45. Prismalise väävli kristallid.

Joonis 46. Plastiline väävel.

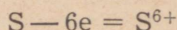
Rombilise ja prismalise väävli molekulid koosnevad kaheksast aatomist ( $S_8$ ). Sula väävel koosneb aga juba molekulidest  $S_8$  ja  $S_6$ . Mida kõrgem on temperatuur, seda enam tekib molekulile  $S_6$ . Sellega on seletatavad nähtused väävli kuumutamisel. Kõige püsivam väävli allotroopsetest teisenditest on rombiline väävel. Nii prismaline kui ka plastiline väävel muutuvad aja jooksul rombiliseks. Looduses leiduv väävel on seetõttu alati rombiline.

### 3. Väävli keemilised omadused.

Nagu teame, on enamikule inertgaasidele omane kaheksaelektroniline aatomi väliskiht püsiv. Reaktsioonide puhul püüavad aatomid saavutada stabiilsust põhjustavat elektronide arvu väliskihil. Väävli aatomi väliskihis on kuus valentselektroni, teises kihis aga kaheksa elektroni. Millist teed mööda saavutab siis väävli aatom püsivuse? Ühel juhul peab ta kaks puuduolevat elektroni juurde saama:



Teisel juhul peab ta aga loovutama kuus väliskihi elektroni:



Kuna kahte elektroni on energiakulu seisukohalt kergem siduda kui kuut loovutada, siis kuulub väävel elektronteooria põhjal mittemetallide hulka.

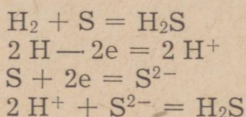
Kuigi väävel esineb sageli negatiivse ioonina ( $S^{2-}$ ), võib ta moodustada ka ühendeid, kus väävlil on positiivne valents. Väävli maksimaalne positiivne valents on kuus ( $S^{6+}$ ), kuid ta esineb ka positiivselt neljavalentsena ( $S^{4+}$ ).

*Väävli reageerimine vesiniku ja metallidega.*

**Katse 1.** Asetame suuremasse katseklaasi või kolbi väävlit. Kolvi suleme korgiga, mida läbib kaks toru — üks vesiniku sissejuhtimiseks, teine reaktsiooniproducti kindlakstegemiseks. Viimase paigutame otsapidi vette. Kolvi kinnitame nii, nagu on näidatud

joonisel 47. Soojendame väävliit keemiseni ja juhime väävliaurudesse vesinikuvoolu.

Tekib iseloomuliku lõhnaga gaas — väävelvesinik ehk divesiniksulfiid —  $H_2S$  (väävelvesiniku lõhn esineb näiteks mädamunal).

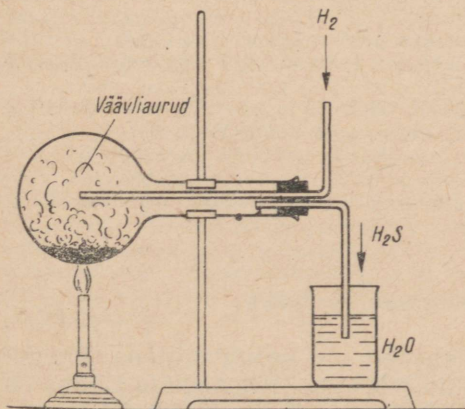
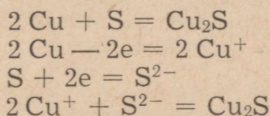


Väävelvesiniku lõhnaga tutvume tekkivast väävelvesiniku lahusest.

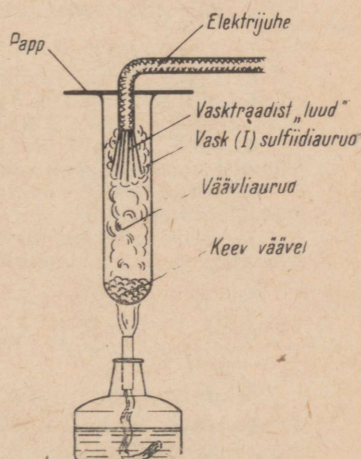
Väävel reageerib vesinikuga tunduvalt passiivsemalt kui hapnik. Viimane reageerib vesinikuga plahvatuslega. Andke sellele erinevusele seletus perioodilisuse süsteemi põhjal.

Väävel kui tüüpiline mittemetall reageerib energiliselt leelismetallidega, kusjuures reaktsioon toimub nõrgal soojendamisel või hõõrumisel plahvatuslega. Energiliselt reageerib väävel ka pulbrilise raua, tsingi, alumiiniumi ja teiste metallidega. Väävliaurudes põleb ka vask.

**Katse 2.** Kuumutame katseklaasis väävliit (joonis 48) ning asetame väävliaurudesse vasktraadist «luuakese» (isolatsioonist vabastatud elektrijuhe) või vaselaastu. Edasisel kuumutamisel hakkab vask hõõguma ja süttib. Tekib vask(I)sulfiid ( $Cu_2S$ ):



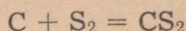
Joonis 47. Väävli reageerimine vesinikuga.



Joonis 48. Vase põlemine väävliaurudes.

Plaatina reageerib väävliga vaid pulbrina ja kõrgel temperatuuril. Ainsana metallidest ei reageeri väävliga kuld.

Väävel reageerib kõrgel temperatuuril ka mittemetallide fosfori, süsiniku, kloori ja teistega. Juhtides näiteks väävliaurusid läbi hõõgivate süte, tekib raske mürgine vedelik — süsinikdisulfiid ( $CS_2$ ):



Süsinikdisulfiid on tuntud hea lahustina. Teda kasutatakse viskoosiidi valmistamisel, väävli, rasvade jne. lahustamiseks ning mürgisuse tõttu ka taimekahjurite tõrjeks. Süsinikdisulfiid süttib väga kergesti, mistõttu temaga töötamisel tuleb olla ettevaatlik.

Mittemetallidega ei reageeri väävel nii energiliselt kui metallidega.

#### *Väävli reageerimine hapnikuga.*

Hapnikuga reageerib väävel põlemisel. Seejuures tekivad väävli oksiidid, peamiselt vääveldioksiid ( $SO_2$ ) ja vähesel määral vääveltrioksiidi ( $SO_3$ ).

#### **Küsimusi ja ülesandeid.**

1. Mida nimetatakse allotroopiaks? Milles see seisneb?
2. Nimetada väävli allotroopseid teisendeid.
3. Mille põhjal liigitatakse elemente mittemetallilisteks ja metallilisteks?
4. Leida väävli valents järgmistes ühendites:  $H_2S$ ,  $Al_2S_3$ ,  $H_2SO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $KAl(SO_4)_2$ .
5. Kirjutada reaktsiooni võrrandid väävli reageerimise kohta järgmiste metallidega ning näidata, mis oksüdeerub, mis redutseerub: raud, kaltsium, elavhõbe, kaalium, tsink, magneesium.
6. Kirjutada keemilised võrrandid järgmiste muundumiste kohta:  
$$S \rightarrow SO_2 \rightarrow Na_2SO_3$$
7. Leida püriidi ( $FeS_2$ ) väävliisisaldus protsentides.
8. Millised ained ja kui suures koguses tekivad segu reageerimisel, mis koosneb 3 g tsingist ja 1,28 g väävlist?
9. Mitu grammi alumiiniumsulfiidi tekib 10 g alumiiniumist ja 19 g väävlist koosneva segu reageerimisel, kui saagise protsent on 86?
10. Mitu liitrit vesinikku peab reageerima väävliga, et saada 5 mooli väävelvesinikku?
11. Mitu grammi raudsulfiidi tekib, kui reaktsiooniks võetakse 2,5 g väävliõit ja 3 g rauapulbrit?

#### **4. Väävli leidumine looduses.**

Väävlit esineb looduses nii ehedalt kui ka ühenditena. Ehedat (vaba) väävlit leidub looduses üldiselt vähe. Nõukogude Liidus on suurimad väävli leiukohad Kesk-Aasias (Kara-Kumi kõrbes ja Usbeki NSV-s), Kaukaasias, Kesk-Volga rajoonis, Kamtšatka j. m. Viimastel aastatel on avastatud uued suured väävli leiukohad

Ukrainas Lvovi oblastis, Kaug-Idas, Uraalis ja teistes kohtades. Selle tulemusena tõusis Nõukogude Liit uuritud väävlivarude poolest esimesele kohale maailmas. Suuri väävliilademeid leidub ka Itaalias Sitsiilia saarel, Jaapanis, Ameerika Ühendriikides jm. Vaba väävli sadestumine toimub merede ja järvede põhjas pidevalt. Bakterite tegevuse tagajärjel on eheda väävli tekkimine võrdlemisi intensiivne Mustas meres umbes 200 m sügavusel. Kamtšatka väävel on peamiselt vulkaanilise tekkega.

Tähtsamateks väävliühenditeks looduses on sulfiidid — väävli ühendid metallidega. Mitmetel sulfiididel on ilus metalne läige, mispärast neid nimetatakse läikudeks. Tähtsamateks sulfiidseteks mineraalideks on püriit —  $\text{FeS}_2$ , vaskpüriit ehk kalkopüriit —  $\text{CuFeS}_2$ , pliiiläik —  $\text{PbS}$ , mis sisaldab sageli hõbedat, tsinkhelk —  $\text{ZnS}$ , kinaver —  $\text{HgS}$ , vaskläik  $\text{Cu}_2\text{S}$  jt.

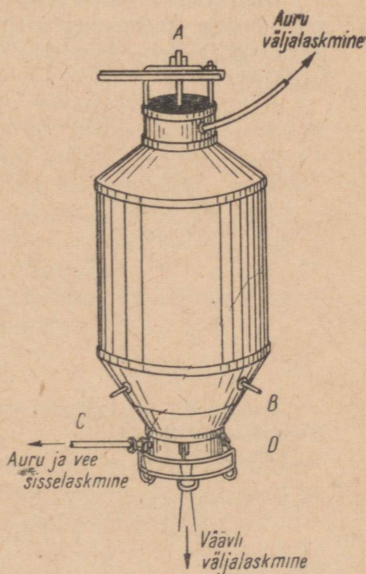
Teise loodusliku väävliühendite klassi moodustavad väävelhappe soolad — sulfaadid. Siia kuuluvad mineraalid kips —  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , raskepagu —  $\text{BaSO}_4$ , mirabiliit —  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , mõrusool —  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  jt.

Väävel kuulub mitmete valkude koostisse. Juuste, küunte, sarvede ja villa põletamisel eralduv lõhn osutab ka väävli sisaldusele neis ainetes.

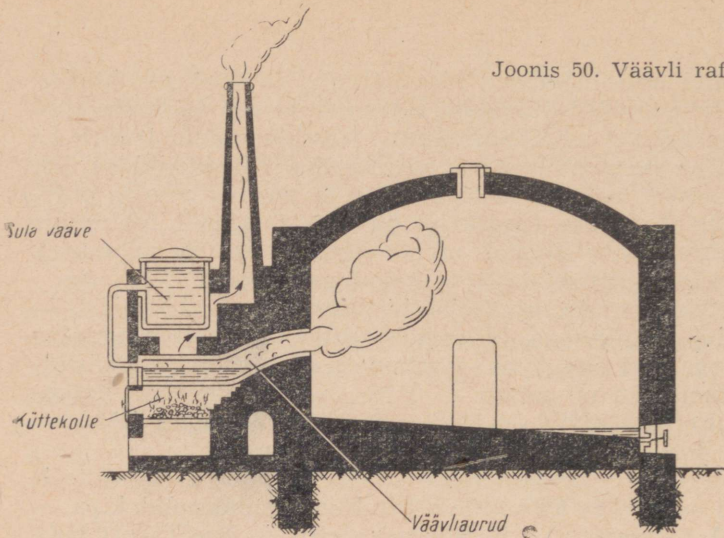
## 5. Väävli saamine ja puhastamine.

Väävliilademetes sisaldub peale vaba väävli veel mitmesuguseid lisandeid (liiv, savi, kivisool jm.). Väävel eraldatakse lisanditest maagi sulatamisel (joonis 49). Ka sulatatud väävel sisaldab veel lisandeid. Puhta väävli saamiseks destilleeritakse sulatamisel saadud väävliit destilleerimis- ehk nn. rafineerimisahjudes (joonis 50). Sõltuvalt kambri D temperatuurist saadakse kas väävliõis või sulaväävel, mis valatakse vormidesse, kus hangub nn. kangväävliks.

Tsaari-Venemaale imporditi väävliit välismaalt. Nõukogude võimu ajal on avastatud rida suuri väävliilademeid. Meie teadlased on loonud uued meetodid väävli väljasulatamiseks maakidest. Need on ökonoomsed ja tervisele kahjutud (näiteks autoklaavid). Nõukogude teadlased avastasid ka meetodi väävli saamiseks metallurgiatööstuse jäägaasidest ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ). Käesoleval ajal rahuldab meie väävli toodang rahvamaajanduse mitmesuguste harude vajadused.



Joonis 49. Autoklaav väävli väljasulatamiseks liiva sisaldavast väävliimaagist.

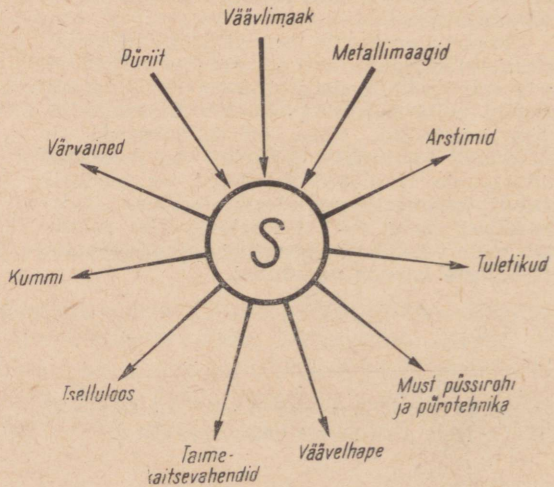


## 6. Väavli kasutamine.

Pulbrilist väävliit kasutatakse võitluseks taimehaiguste ja kahjurite vastu. Väävliga tolmutamist kasutatakse peamiselt puuvilla- ja viinamarjaistandustes, kuid hästi mõjub see ka kartulite ja humalate kahjurite hävitamisel.

Väga tähtis koht on väävliil kummitööstuses, kus teda kasutatakse vulkaniseerimiseks.

Kui panna katseklaasi tükike toorkautšukit, kuumutada, kuni see läheb pehmeks ning lisada siis sulaväävliit (20 kaaluosa kautšuki kohta võetakse 1 kaaluosa väävliit), saame elastse aine — kummi.

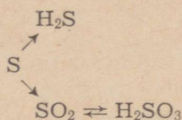


Joonis 51.  
Väävli saamine ja kasutamine.

Väävlit võib täie õigusega nimetada keemiatööstuse üheks aluseks. Teda vajatakse väävelhappe, tselluloosi, tuletikkude, püssirohu, värvainete, ravimite, süsinikdisulfiidi ja paljude teiste ainete valmistamisel. Väävli kasutamist näitab joonis 51.

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Näidata kaardil tähtsamad väävli leiukohad NSV Liidus.
2. Nimetada väävlit lahustavaid aineid.
3. Leida vaskpüriidi väävlisisaldus protsentides.
4. Püriidimaagi proovis sisaldub 36% väävlit. Mitu protsenti  $\text{FeS}_2$  sisaldub selles maagiproovis?
5. Kui palju väävlit tuleb võtta, et selle reageerimisel magneesiumiga saada 3 g magneesiumsulfiidi?
6. Väävli tekkimist merevees põhjustavad bakterid, sellest võtab osa ka hapnik, oksüdeerides väävelvesiniku vabaks väävliks ( $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{S}$ ).  
Arvutada, kui palju sadestub merepõhja vaba väävlit, kui reaktsioonist võtab osa 17 tonni väävelvesinikku?
7. Kirjutada keemilised võrrandid järgmiste muundumiste kohta:



8. Kummis sisaldub 5% väävlit. Mitu gramm-aatomit väävlit sisaldub 0,5 kg sellises kummis?
9. Kui palju sisaldab väävlit 50 g püriiti, milles on 20% aherainet?

## § 5. Divesiniksulfiid ehk väävelvesinik ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

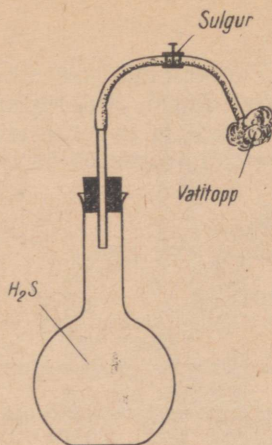
Väävelvesinik on väga mürgine gaas. Seepärast ei tohi töötada ruumis, kus õhk on mürgitatud väävelvesinikuga. Katsed suuremate väävelvesiniku kogustega tuleb teha tõmbekapis.

Väävelvesiniku mürgituse esimeseks tunnuseks on haistmise kadumine, mistõttu mürgitatu ei pane enam tähele teda varitsevat ohtu. Edasi järgnevad peavalu, peapööritus ja iiveldus. Väävelvesiniku sissehingamisele suuremas kontsentratsioonis võib järgneda minestus ja isegi surm hingamiseldite halvatuse tagajärjel. Surmavaks kontsentratsiooniks on 1 mg/l.

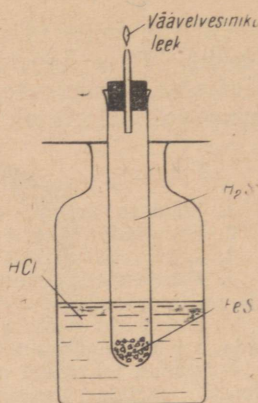
Mürgituse puhul tuleb kannatanu viia värske õhu kätte, raske tel juhtudel anda sisse hingata puhast hapnikku.

### 1. Väävelvesiniku füüsikalised omadused.

**Katse 1.** Laseme kolvist, mis on eelnevalt täidetud väävelvesinikuga ja varustatud gaasijuhtetoru ning sulguriga (joonis 52), gaasi vatitükikestele ja tutvume väävelvesiniku lõhnaga.



Joonis 52. Väavelvesiniku lõhnaga tutvumine.



Joonis 53. Väavelvesiniku põlemine.

Mida võib öelda väavelvesiniku värvuse ja lõhna kohta?

**Katse 2.** Viime väavelvesinikuga täidetud kolvi (või gaasi-juhtetoru otsa) suuetpidi vette nii, et vett satuks kolbi. Loksutame kolbi seda avamata ja viime ta siis endistviisi vette.

Millega seletada vee tungimist kolbi? Väavelvesiniku vesilahust nimetatakse väavelvesinikuveeks.

## 2. Väavelvesiniku keemilised omadused.

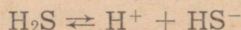
**Katse 1.** Kasutades väavelvesinikuvett, millest on pikema aja vältel (kuni 10 minutit) läbi juhitud väavelvesinikku, määrame selle reaktsiooni.

Kuidas muutub a) lakmuse lahus, b) metüüloranži lahus väavelvesinikuvees? Katse näitab, et väavelvesiniku vesilahus on hape. Happeliste omaduste tõttu nimetatakse väavelvesinikuvett väavelvesinikhappeks.

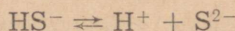
**Katse 2.** Võrdleme väavelvesinikhappe elektrijuhtivust 3–4% -lise soolhappe lahuse elektrijuhtivusega.

Millest selgub, et väavelvesinikhape on soolhapest nõrgem hape?

Väavelvesinikhape on nõrk hape ja dissotsieerub peamiselt järgmiselt:



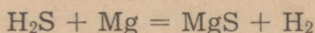
Vähesel määral tekib aga ka ioone:



Väavelvesinikhappe dissotsiatsiooniasuste on 0,1 n lahuses 0,07%.

**Katse 3.** Valame ühte katseklaasi väävelvesinikuvett ja teise niisama palju 3—4% -list soolhappe lahust. Puistame seejärel mõlemasse katseklaasi veidi magneesiumipulbrit.

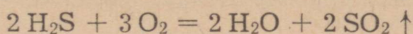
Mida näitab see katse? Reaktsiooni võrrand magneesiumi reageerimise kohta väävelvesinikhappega on järgmine:



Tutvume nüüd väävelvesiniku põlemisega.

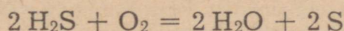
**Katse 4.** Kasutame seadet, nagu on näidatud joonisel 53. Laseme reaktsioonil veidi kulgeda, et tekki väävelvesinik asendaks katseklaasis oleva õhu ja süütame siis väävelvesiniku peenkestõmmatud toru otsas. Väävelvesinik põleb sinaka leegiga.

Viime väävelvesiniku leegi kohale märja sinise lakmuspaberi. Mis toimub? Põlemisreaktsiooni võrrand on järgmine:



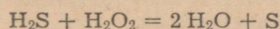
Asetame nüüd väävelvesiniku leeki portselankausi, milles on külm vesi. Mis sadestub kausi põhjale?

Kuna jahtunud leegi tõttu on põlemine ebatäielik, siis eraldub osaliselt vaba väävel:



Samas rühmas paiknevate väävli ja hapniku erinevat aktiivsust näitab järgmine katse.

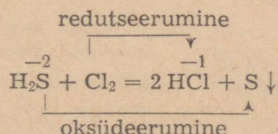
**Katse 5.** Valame katseklaasi paar milliliitrit väävelvesinikuvett ning lisame sellele veidi vesinikperoksiidi lahust. Vedelik katseklaasis muutub sadestuva väävli tõttu häguseks:



Väävli väljatõrjumine hapniku poolt näitab, et hapnik, mis perioodilisuse süsteemi VI rühmas paikneb väävlist ülalpool, on temast aktiivsem.

Järgnevalt vaatleme, kuidas väävelvesinik reageerib halogeenidega.

**Katse 6.** Valame katseklaasi värskest valmistatud väävelvesinikuvett ja lisame sellele kloorivett, broomivett või joodi vesilahust. Tekib valge hägu, mis on vaba väävli tunnuseks.

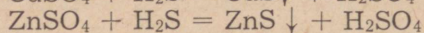
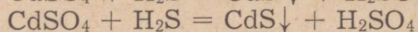
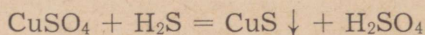


Väävelvesinik on hea redutseerija. Katse näitab ka väävli asetust perioodilisuse süsteemis temast keemiliselt aktiivsemate, VII rühmas paiknevate halogeenide kõrval.

Väävelvesinikhape annab metallide, aluseliste oksiidide, aluste ja sooladega reageerimisel soolasid, mida nimetatakse sulfiidideks.

**Katse 7.** Valame ühte katseklaasi vasksulfaadi, teise kaadmiumsulfaadi ja kolmandasse tsinksulfaadi lahust ning lisame

igasse katseklaasi väävelvesinikuvett. Tekivad erinevate värvus-  
tega sulfiidid:



Kahealuselise happena moodustab väävelvesinikhape nii lihtsoo-  
lasid ( $\text{K}_2\text{S}$  — kaaliumsulfiid) kui ka happelisi soolasid ( $\text{NaHS}$  —  
naatriumvesiniksulfiid).

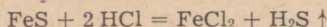
Kuna enamik sulfiide ei lahustu vees (vt. lisa), on nad looduses väga  
levinud. Paljudel sulfiididel on iseloomulik värvus:  $\text{CuS}$  — must,  $\text{CdS}$  —  
kollane,  $\text{ZnS}$  — valge jne. Seda kasutatakse keemilisel analüüsil, kus tek-  
kiva sulfiidi värvuse põhjal saab otsustada lahuses oleva metalliooni ole-  
masolu üle.

Looduslikud sulfiidid leiavad kasutamist metallide ja väävli toorainena.  
Naatrium- ja kaaliumsulfiidi kasutatakse nahatööstuses (karvade eemal-  
damisel jm.).

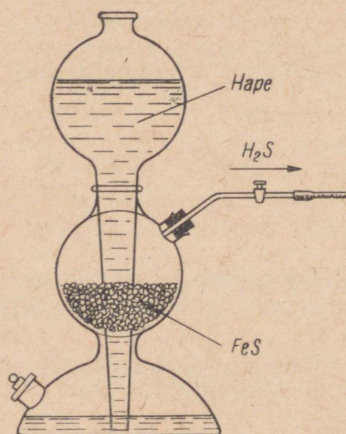
### 3. Väävelvesiniku saamine.

Meenutame väävli reageerimist vesinikuga ja väävelvesiniku tekkimist.  
Milline on selle reaktsiooni võrrand?

Laboratoorseteks tarveteks saadakse väävelvesinikku tavaliselt lahjen-  
datud soolhappe või väävelhappe toimel sulfiididesse, näiteks raudsulfiidisse:



Kuna reaktsioon toimub soojendamiseta, on teda hõlpus läbi viia Kippi  
aparaadis (joon. 54). Väävelvesiniku saamiseks võib kasutada mistahes  
aparaati, milles saadakse ka vesinikku.



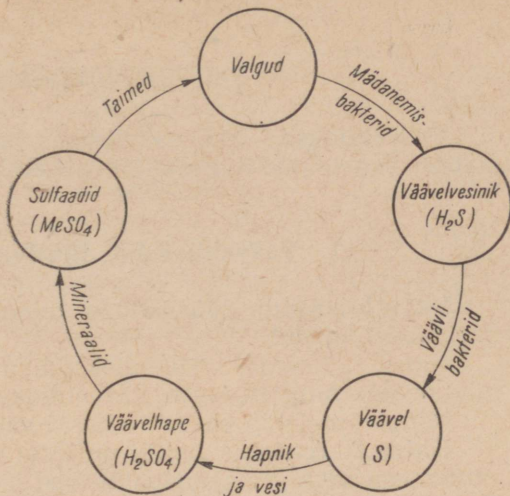
Joonis 54. Kippi aparaat.

#### Kokkuvõte.

Väävelvesinik tekib looduses  
taimsete ja loomsete valkude lagu-  
nemisel ning vulkaanilistel prot-  
sessidel. Teda esineb mitmete mi-  
neraalallikate vees jm. Väävel-  
vesinik etendab tähtsat osa väävli  
pidevas ringkäigus (joonis 55).

Väävelvesinik on iseloomuliku,  
lõhnaga mürgine gaas. Ta vesila-  
hus on nõrk hape. Mineraalveed,  
mis sisaldavad väävelvesinikku  
(Kaukaasias jm.), leiavad kasuta-  
mist mitmesuguste nahahaiguste  
ravil. Suurem tähtsus on väävel-  
vesinikhappe sooladel — sulfiidi-

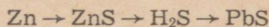
Joonis 55. Väävli ringkäik looduses.



del. Väävelvesiniku segu õhuga on plahvataav. Väävel esineb väävelvesinikus ja sulfiidides negatiivselt kahevalentse ioonina.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Koostada väävelvesinikhappe ja naatriumsulfiidi dissotsiatsiooni-reaktsiooni võrrandid.
2. Milliseid väävelvesiniku omadusi tuleb silmas pidada temaga tehtavatel katsetel?
3. Kirjutada väävelvesiniku täieliku ja mittetäieliku põlemise reaktsiooni võrrandid.
4. Miks muutub väävelvesiniku leegi kohal hoitav märg sinine lakmus-paber punaseks? Kirjutada reaktsiooni võrrand indikaatori värvust muutva aine tekke kohta.
5. Koostada iooniline võrrand vasksulfaadi reageerimise kohta väävelvesinikuga.
6. Kirjutada keemilised võrrandid järgmiste muundumiste kohta:



7. On antud pulbriline raud, väävlipulber ja soolhape (2:1). Saada väävelvesinikku ja kirjutada vastavate reaktsioonide võrrandid.
8. On antud alumiinium, väävel, väävelhape (5:1) ja vasksulfaat. Saada vasksulfiidi.
9. Mitu liitrit väävelvesinikku reageerib 640 g broomiveega, mis sisaldab 3% broomi?
10. Väävelvesiniku juhtimisel vasksulfaadi lahusesse tekkis 2,5 g sadet (vaskioonid sadestati seejuures täielikult välja). Mitu grammi vasksulfaati oli lahuses?
11. Millise protsendilise kontsentratsiooniga on plinitraadi lahus, kui 400 g selle lahuse reageerimisel väävelvesinikuveega tekkis sade, mis kaalus 9,56 g?
12. Mitu liitrit väävelvesinikku tekib 2,6 kg 13%-lise soolhappe reageerimisel ülehulgas võetud raudsulfiidiga?
13. Vask(II)kloriidi lahusele lisati 120 ml 0,1 n väävelvesinikhapet. Leida reaktsioonil tekkiva sademe kaal.

## § 6. Väaveldioksiid ( $\text{SO}_2$ )

Väaveldioksiid ehk väävlisgaas on mürgine. Seepärast tuleb katsed suurte väaveldioksiidi kogustega, teha tõmbekapis.

### 1. Väaveldioksiidi füüsikalised omadused.

Väaveldioksiidi füüsikaliste omadustega tutvumiseks teeme järgmised katsed.

**Katse 1.** Laseme väaveldioksiidiga täidetud kolvist gaasi vatiükikestele ning tutvume väaveldioksiidi lõhnaga.

Mida võib öelda väaveldioksiidi värvuse ja lõhna kohta?

**Katse 2.** Asetame kolvi, millesse on kogutud väaveldioksiidi, suudmega vette ja eemaldame vee all korgi. Vesi hakkab kolvis tõusma.

Võrdleme väaveldioksiidi lahustuvust kloorvesiniku ja ammoniaagi lahustuvusega.

Jahutamisel väaveldioksiid veeldub.

**Katse 3.** Kuivatame väaveldioksiidi, juhtides teda läbi kontsentreeritud väävelhappe (joonis 56). Seejärel juhime gaasi kitsasse õhukeste seintega katseklaasi või alumisest otsast kinnisulatatud kaltsiumkloriidi torusse. Viimase asetame jäävee ja naatriumkloriidi segusse.

Kui katseklaasi on tekkinud vedelat väaveldioksiidi, asetame katseklaasi vette. Katseklaasi välisseintele tekib jääkirmet.

Jääkirmet teket põhjustab tugev jahtumine, mis kaasneb vedela väaveldioksiidi aurustumisega. Kuna katseklaasi ümbrusest neeldub soojust, toimubki tema ümber jahtumine ja tekib jääkirmet.

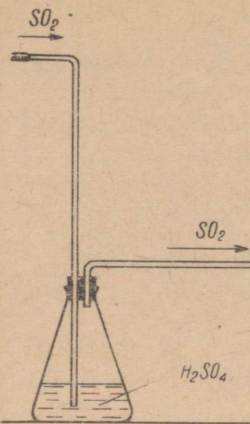
### Kokkuvõte.

Väaveldioksiid on värvusetu, terava lõhnaga gaas. Ta on õhust üle kahe korra raskem. Väaveldioksiid veeldub  $-10^\circ\text{C}$  juures. Vedel väaveldioksiid on värvusetu. Teda hoitakse teraspudelites 2,5 at rõhul harilikul temperatuuril. Väaveldioksiid lahustub hästi vees.

### 2. Väaveldioksiidi keemilised omadused.

**Katse 1.** Süütame pirru ja asetame ta väaveldioksiidiga täidetud kolbi. Mis toimub? Mida näitab katse?

**Katse 2.** Valame katseklaasi paar milliliitrit väaveldioksiidi vesilahust ja lisame metüüloranži lahust. Mis toimub? Mida näitab katse?

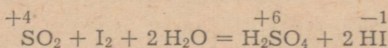


Joonis 56. Vääveldioksiidi veeldamine.

Joonis 57. Lille värvuse valastamine vääveldioksiidiga.



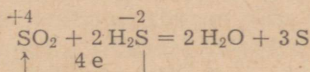
**Katse 3.** Valame katseklaasi, milles on joodi lahus ( $\frac{1}{4}$  mahust)-paar tilka vääveldioksiidi vesilahust ja loksutame. Joodi lahus valastub toimuva reaktsiooni tagajärjel.



Reaktsioonil redutseerib vääveldioksiid joodi joodvesinikuks, mis on värvusetu.

**Katse 4.** Valame katseklaasi vääveldioksiidi vesilahust ning lisame sellele väävelvesinikuvett.

Mida näitab valge hägu tekkimine katseklaasis? Reaktsioonil oksüdeerib vääveldioksiid väävelvesiniku veeks ning tekib vaba väävel:



Katsed näitavad, et vääveldioksiid võib esineda redutseerijana (katse 3) ja ka oksüdeerijana (katse 4).

Happelise oksiidina reageerib vääveldioksiid aluseliste oksiidide ja alustega, tekitades väävlisulfaate — sulfiteid.

Vääveldioksiid reageerib ka hapnikuga. Sellega tutvume aga hiljem.

### 3. Vääveldioksiidi kasutamine.

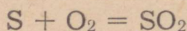
Vääveldioksiidi kasutatakse peamiselt väävelhappe tootmisel ning vahetult paberi- ja tekstiilitööstuses. Vääveldioksiidi kasutatakse ka desinfitseeriva vahendina, sest ta mõjub surmavalt haigusi tekitavatele pisikutele ja hallitusseentele. Põleva väävliga «vääveldatakse» keldri- ja aidaruume, veinivaate, käärimisastjaid jne.

Kuna vääveldioksiid valastab paljusid värvaineid, kasutatakse teda villa, paberi, siidi ja õlgede pleegitamiseks. Ta ühineb värvainetega värvusetuiks ühendeiks, kusjuures värvus võib aja jookul taastuda. Seetõttu muutuvad näiteks vääveldioksiidiga pleegi-

tatud õlgkübarad pikkamööda jälle kollaseks. Selle vältimiseks tuleb pleegitatud esemeid pärast pleegitamist hästi pesta, et eemaldada pleegitamisel tekkinud ühendid. Pleegitavat eset väveldioksiid ei kahjusta.

#### 4. Väveldioksiidi saamine.

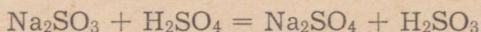
Nagu juba teame, tekib väveldioksiid väävli põlemisel:



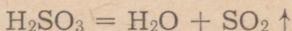
Koos väveldioksiidiga tekib vähesel määral ka vääveltrioksiidi ( $SO_3$ ), mida näitab kerge valge suitsu teke ( $SO_3$  moodustab õhuniiskusega väävelhappe udu).

Laboratoorselt saadakse väveldioksiidi tavaliselt kontsentreeritud väävelhappe reageerimisel naatriumsulfiiti või vaselaastudega (joonis 58).

Reaktsiooni võrrand on järgmine:

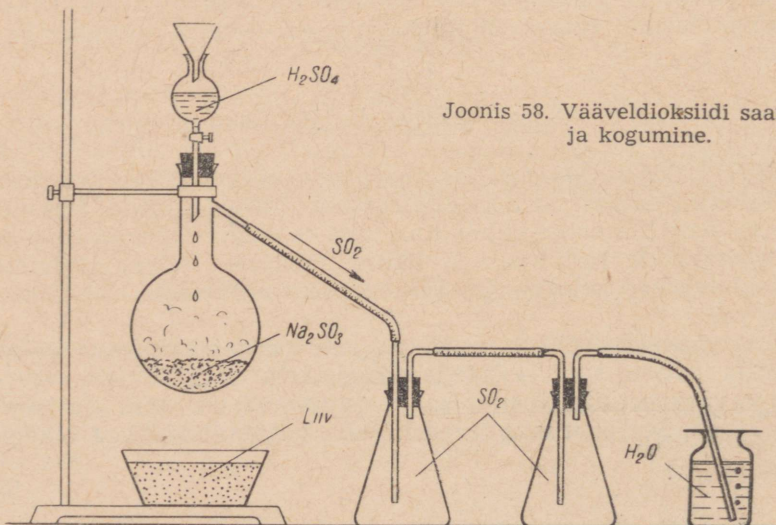


Tekkinud väävlishape laguneb veeks ja väveldioksiidiks:



#### Kokkuvõte.

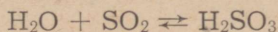
Väveldioksiid ei põle ega toeta põlemist. Ta on hea redutseerija. Veega tekitab ta happe ( $H_2SO_3$ ). Happelise oksiidina reageerib väveldioksiid ka aluseliste oksiidide ja alustega. Väveldioksiid on mürgine. Ta mõjub hävitavalt taimestikule (eriti tehaste ümbruses).



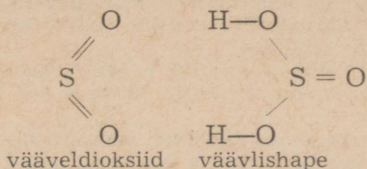
Joonis 58. Väveldioksiidi saamine ja kogumine.

## § 7. Väävlishape ja tema soolad.

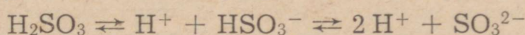
Kuna väävlishape on ebapüsiv ühend, laguneb ta kergesti veeks ning vääveldioksiidiks. Seepärast toimub vääveldioksiidi vesilahuses pöörduv reaktsioon:



Vääveldioksiidis ja väävlishappes on väävel neljavalentne, nagu nähtub järgmistest struktuurivalemitest:



Väävlishape dissotsieerub järgmiselt:



Väävlishapet pole võimalik eraldada veevabas olekus, sest ta on ebapüsiv. Seetõttu esineb ta vaid vesilahustes.

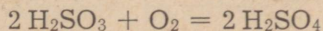
Sool- ja väävelhappesest nõrgema happena reageerib väävlishape neist aeglasemalt.

**Katse 1.** Valame katseklaasi väävlishapet ja puistame sellesse pulbrilist magneesiumi. Suleme katseklaasi korgiga, mida läbib peenekstõmmatud otsaga klaastoru. Süütame eralduva gaasi. Milline gaas eraldub? Millised on reaktsiooni võrrandid?

Väävlishape reageerib ka aluseliste oksiidide ja alustega. Reaktsioonide tulemusena tekivad sulfitid ja vesi.

**Katse 2.** Valame katseklaasi  $\frac{1}{5}$  tema mahust vett ja lisame mõne tilga naatriumhüdroksiidi lahust. Seejärel värvistame lahuse fenoolftaleiini lahusega ja neutraliseerime teda väävlishappesega. Milline on reaktsiooni võrrand?

Väävlishappel on omadus oksüdeeruda:



Väävel, mis väävlishappes on positiivselt neljavalentne, annab veel kaks elektroni ära, oksüdeerudes positiivselt kuuevalentseks.

Seetõttu kasutatakse väävlishapet mitmete ainete redutseerimiseks.

Väävlishape võib esineda ka hea oksüdeerijana, seejuures ise redutseerudes (meenutada katset vääveldioksiidi ja väävelvesiniku vesilahuste vahel).

Kahealuselise happena tekitab väävlishape liht- ja ka happelisi soolasid. Väävlishappe lihtsoolasid nimetatakse sulfititeks ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$  — naatriumsulfit), happelisi — vesiniksulfititeks ( $\text{NaHSO}_3$  — naatriumvesiniksulfit).

Ka sulfitid on head redutseerijad. Tähtsaimaks sulfitiks on kaltsiumvesiniksulfit  $[\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2]$ , mida kasutatakse tselluloositööstuses puidu töötlemisel nn. sulfit-tselluloosiks. Naatriumsulfitit kasutatakse tekstiilitööstuses ning ilmutite valmistamisel fotograafias. Naatriumvesiniksulfitit kasutatakse kangaste värvimisel jm.

### Küsimusi ja ülesandeid.

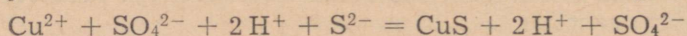
1. Millega seletada valge suitsu teket väävli põlemisel?
2. Miks ei või väävlishappe lahust jätta lahtiselt seisma?
3. Mis põhimõttel kasutatakse vedelat vääveldioksiidi, ammoniaaki ja süsinikdioksiidi külmutustehnikas?
4. Kirjutada keemilised võrrandid vääveldioksiidi reageerimise kohta naatriumoksiidi ja kaaliumhüdroksiidiga. Missugused ained tekivad reaktsioonil?
5. Valada fuksiini (punane värvaine) vesilahusele väävlishapet ja seletada, miks fuksiini värvus kaob. Keeta seejärel saadud lahust. Miks fuksiini värvus taastub?
6. Miks eelistatakse pleegitamisel kloorile sageli vääveldioksiidi?
7. Millise happe tekitab vääveldioksiid veega reageerimisel?
8. Miks ei ole võimalik valmistada kontsentreeritud väävlishapet?
9. Kirjutada keemilised võrrandid järgmiste reaktsioonide kohta: a) magneesium ja väävlishape, b) magneesiumoksiid ja väävlishape, c) magneesiumhüdroksiid ja väävlishape.
10. Kirjutada ioniline võrrand kaaliumhüdroksiidi ja väävlishappe vahelise reaktsiooni kohta.
11. Kirjutada kaltsiumvesiniksulfiti dissotsiatsioonivõrrand.
12. Leida 1 liitri vääveldioksiidi kaal ja tihedus vesiniku ning õhu suhtes.
13. Mitu liitrit vääveldioksiidi saadi, kui 7,1 g naatriumsulfitit pandi reageerima 16 ml 76%-lise väävelhappega (erikaalude tabel lisa 7).
14. Kaltsiumvesiniksulfiti valmistamiseks on tselluloosivabrikute juures tornid. Tornid täidetakse lubjakividega. Alt juhatakse torni vääveldioksiidi, millele vastu piserdatakse sooja vett. Kui palju kaltsiumvesiniksulfitit saadi, kui kaltsiumkarbonaadiga reageeris 4,1 tonni tornis tekkinud väävlishapet? Mitu kuupmeetrit väävlisgaasi selleks kulus?

## § 8. Pöörduvad reaktsioonid.

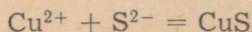
Enne kui käsitleda pöörduvaid reaktsioone, meenutame varemõpitud pöördumatuid reaktsioone.

Tutvudes väävelvesinikhappe sooladega, saime vask(II)sulfaadi reageerimisel väävelvesinikhappega musta vask(II)sulfiidi sademe.

Kirjutame selle reaktsiooni võrrandi ioonilisel kujul:



Kuna reaktsioon toimub tegelikult vask- ja sulfiidionide vahel, võime märkida:

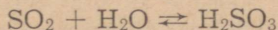


Vask(II)sulfiid ei lahustu vees ega ka väävelhappes, mis ongi antud keemilise reaktsiooni kulgemise põhjuseks. Vask- ja sulfiidioonide ühinemise tõttu vask(II)sulfiidi molekulideks võib toimuda lahuses olevate vasksulfaadi ja väävelvesinikhappe edasine disotsieerumine. Vastupidist reaktsiooni ei toimu, kuna vask- ja sulfiidioonid moodustavad sademe. Reaktsioon kulgeb lahustumatu vask(II)sulfiidi tekke suunas ja läheb lõpuni, s. t. reaktsioon on pöördumatu.

Samuti kui vasesoolad, reageerivad väävelvesinikuga ka hõbeda-, plii-, elavhõbeda- ja mõnede teiste metallide soolad. Ka need reaktsioonid on pöördumatud.

Tutvume nüüd pöörduvate reaktsioonidega.

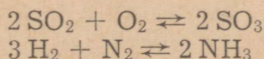
Pöörduvateks reaktsioonideks on näiteks vääveldioksiidi ja vee vaheline reaktsioon:



(Pöörduvate reaktsioonide võrrandites kasutatakse võrdusmärgi asemel vastupidiste suundadega nooli.)

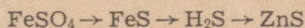
Sõltuvalt tingimustest võib see reaktsioon kulgeda väävlihappe tekke suunas (näiteks toatemperatuuril). Soojendamisel nihkub aga selle reaktsiooni tasakaal vääveldioksiidi ja vee tekke suunas, kuni vääveldioksiid eraldub täielikult.

Pöörduvateks reaktsioonideks on näiteks ka vääveldioksiidi oksüdeerumine vääveltrioksiidiks, ammoniaagi teke vesinikust ja lämmastikust jt.



#### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Millistel juhtudel on reaktsioonid pöördumatud? Tuua näiteid ja kirjutada ioonilised võrrandid vastavate reaktsioonide kohta.
2. Kirjutada ioonilised võrrandid hõbeda, plii ja elavhõbeda vees lahustuvate soolade reageerimise kohta väävelvesinikuga.
3. Tuua näiteid, kuidas reaktsiooni tingimuste muutmise teel on võimalik mõjutada reaktsiooni kulgu.
4. Et vältida vesinikioonide teket, võib raudsulfiidi saamiseks mingist rauasoolast väävelvesiniku asemel kasutada vees lahustuvat sulfiidi. Kirjutada keemilised võrrandid järgmiste muundumiste kohta:



5. Nii nagu väävlihape, oksüdeeruvad hästi ka sulfitid. Seepärast kasutatakse naatriumsulfitit näiteks vees lahustunud hapniku kõrvaldamiseks. Arvutada, kui palju naatriumsulfitit on vaja 5 grammi hapniku sidumiseks.

6. Kasutades tabelit soolade ja aluste lahustuvuse kohta vees (vt. lisa 6), kirjutada välja: a) lahustuvate sulfiidide ning sulfitite valemid ja nimetused, b) lahustumatute sulfiidide ning sulfitite valemid ja nimetused.

## § 9. Väaveltrioksiid ( $\text{SO}_3$ ).

### 1. Väaveltrioksiidi omadused.

Väaveltrioksiidil ja väaveldioksiidil on sama kvalitatiivne koostis. Nad on aga erinevad ained, millel on ka erinevad omadused. See on tingitud molekulide kvantitatiivsest koostisest. Kvantitatiivse koostise muutumine kutsub esile uue kvaliteedi tekke.

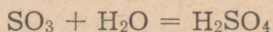
Vaatleme kinnisulatatud kolvis säilitatavat väaveltrioksiidi (joonis 59). See on värvuseta, jääga sarnanev aine, mis sulab  $+17^\circ\text{C}$  juures värvuseta vedelikuks. Säilitamisel muutub väaveltrioksiid pikkadeks siidiläikega kristallideks. Väaveltrioksiid keeb  $+45^\circ\text{C}$  juures. Õhuga kokku puutudes suitseb ta tugevasti. See on tingitud väikestest väavelhappe piiskadest, mis tekivad väaveltrioksiidi kokkupuutel õhuniiskusega. Suurte väaveltrioksiidi koguste õhupaikamisel tekivad ulatuslikud suitsupilved. Seepärast kasutati Esimeses maailmasõjas väaveltrioksiidi suitsukatte tekitamiseks. Veest on väaveltrioksiid ligi kaks korda raskem.



Joonis 59. Väaveltrioksiid kinnisulatatud kolvis.

Väaveltrioksiid reageerib energiliselt veega, kusjuures eraldub rohkesti soojust. Seepärast ei tohi kunagi vett valada väaveltrioksiidile.

Reaktsioonil tekib väavelhape:

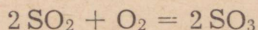


Väaveltrioksiid on tugev oksüdeerija. Fosfor süttib temaga kokkupuutel juba harilikul temperatuuril.

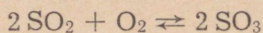
Väaveltrioksiid kui happeline oksiid reageerib energiliselt aluseliste oksiidide ja alustega. Väaveltrioksiidi kasutatakse väavelhappe tootmiseks.

### 2. Väaveltrioksiidi saamine.

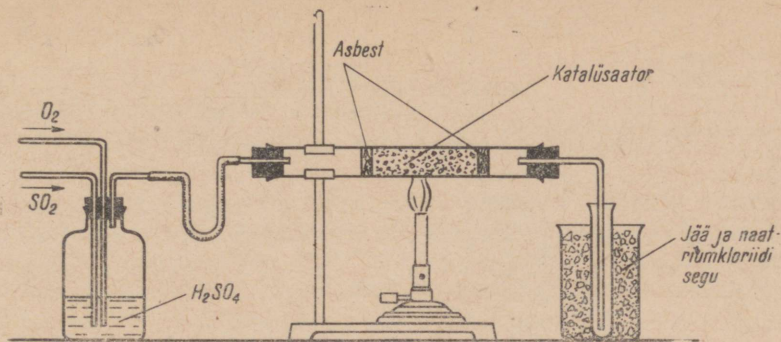
Väaveltrioksiidi saadakse väaveldioksiidi oksüdeerumisel:



Tutvume väaveldioksiidi oksüdeerumise reaktsiooni tingimustega. See reaktsioon on pöörduv:



Optimaalseks temperatuuriks, s. o. temperatuuriks, mille juures väaveldioksiidi oksüdeerub kõige enam (99,1%), on  $400^\circ\text{C}$ .



Joonis 60. Väaveltrioksiidi saamine.

Temperatuuri tõusuga suureneb küll reaktsiooni kiirus, kuid intensiivistub ka vastupidine reaktsioon, mille tulemusena väaveltrioksiid laguneb väaveldioksiidiks ja hapnikuks. Selleks et kiirendada reaktsiooni optimaalse temperatuuri juures, kasutatakse katalüsaatoreid (vanaadiumi, raua ja kroomi okside, plaatinat jt.). Katalüsaatorid peavad olema aktiivsed just vajalikul temperatuuril ( $400^{\circ}\text{C}$ ). Selle reaktsiooni juures tuleb arvestada, et reaktsioon on eksotermiline. Tekkiv soojus aga viib temperatuuri optimaalsest kõrgemale ning reaktsioon hakkab kulgema väaveltrioksiidi lagunemise suunas. Seepärast on vaja reagerivaid gaase jahutada.

Vähesel määral võib väaveltrioksiidi saada järgmiselt.

**Katse.** Koostame seadme, nagu on näidatud joonisel 60. (Katse viime läbi tõmbekapis.) Kaltsiumkloriidi torusse või mõnda jämedamasse torusse asetame katalüsaatori\*. Hapniku (saadakse gasomeetrist või  $\text{KMnO}_4$  lagunemisel) ja väaveldioksiidi ( $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$ ) juhime nende puhastamiseks enne katalüsaatoriga kokkupuutumist läbi kontsentreeritud väavelhappe. Gaaside liikumise kiirus on paras, kui jõuame happest läbiminevaid gaasimulle veel loendada. Hapnikku võetakse tavaliselt rohkem (1,5 korda). Tavalisel temperatuuril gaaside läbijuhtimisel reaktsiooni ei toimu. Seejärel kuumutame toru katalüsaatori kohalt kogu katalüsaatori paiknemise ulatuses. (Kui piirituslamp ei anna vajalikku temperatuuri, võib kasutada piirituses immutatud vatti või kuivpiiritust.)

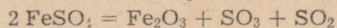
Tekkivad valged aurud juhime katseklaasi, mida jahutame jää ja keedusoola seguga.

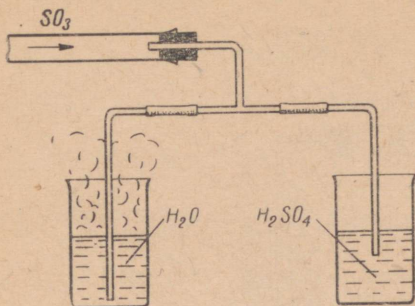
4—5 minuti pärast, kui katseklaasis on juba küllalt väaveltrioksiidi, suleme ta asbestvatiga. Väaveltrioksiidi sisaldava katseklaasi paigutame tõmbekappi.

Et võrrelda väaveltrioksiidi lahustuvust vees ja kontsentreeritud väavelhappes, juhime tekkivat väaveltrioksiidi vastavalt joonisel 61 toodud skeemile. Toru tuleb aga vette asetada poole sügavamalt kui happesse. Miks?

\* Raud(III)oksiidi kasutamisel katalüsaatorina on vaja teda ette valmistada. Selleks võetakse kohev asbestvati tüki ke ja kuumutatakse seda tugevasti (tiiglis). Pärast jahtumist puistatakse vatile raud(III)oksiidi.

Veelgi parem on värskelt valmistatud raud(III)oksiid. Kastame asbestvati (või telliskivi tüki) raudsulfaadi lahusesse ning kuumutame seejärel tugevasti. Raudsulfaat vabaneb veest ja laguneb:





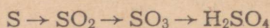
Joonis 61. Väaveltrioksiidi lahustamine vees ja väavelhappes.

### Kokkuvõte.

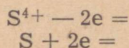
Puhas väaveltrioksiid on toatemperatuuril värvuseta vedelik, mis tahkub  $+17^{\circ}\text{C}$  juures. Väaveltrioksiid on tüüpiline happeline oksiid. Ta lahustub hästi kontsentreeritud väavelhappes. Veega reageerimisel moodustab ta väavelhappe. Väaveltrioksiid on tugev oksüdeerija. Väaveltrioksiidi saadakse väaveldioksiidi katalüütilisel oksüdeerimisel kõrgel temperatuuril. Teda kasutatakse väavelhappe tootmiseks.

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Mis tingib väaveldioksiidi ja väaveltrioksiidi omaduste erinevuse, kuigi on teada, et neil on sama kvalitatiivne koostis?
2. Kirjutada keemilised võrrandid järgmiste muundumiste kohta ja seletada, millised tingimused on selleks vajalikud:



3. Milliseid keemiliste reaktsioonide kulgemise tingimusi nimetatakse optimaalseteks?
4. Leida väaveltrioksiidi aurude tihedus vesiniku ja õhu suhtes.
5. Tuua näiteid ühenditest, milledes väavli valents on  $-2$ ,  $+4$  ja  $+6$ .
6. Kirjutada võrrandid reaktsioonide kohta, kus toimuvad järgmised valentsi muutused:



7. Mitu liitrit väavlisgaasi ja hapnikku kulub selleks, et esimese oksüdeerimisel saada 200 g väaveltrioksiidi?
8. Väaveltrioksiidi saamiseks reageeris  $68 \text{ m}^3$  väaveldioksiidi ja  $34 \text{ m}^3$  hapnikku. Kui palju saadi väaveltrioksiidi?
9. Leida saagise protsent, kui  $38,4 \text{ kg}$  väaveldioksiidi oksüdeerimisel saadi  $45,02 \text{ kg}$  väaveltrioksiidi.

## § 10. Väävelhape.

### 1. Väävelhappe füüsikalised omadused.

Puhas väävelhape on värvuseta õlitaoline vedelik. Seepärast kutsuti teda varem lõngaõliks. Müügil olev kontsentreeritud väävelhape sisaldab umbes 96% väävelhapet. Tema erikaal on 1,83. Väävelhappe erikaalu muutumist seoses kontsentratsiooni muutmisega näitab järgmine tabel (20° C juures):

Tabel 10.

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kontsentratsioon %-des

5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
1,032	1,055	1,143	1,219	1,307	1,395	1,503	1,611	1,732	1,814	1,8337	1,838

Keemiliselt puhas väävelhape tardub +10° C juures kristal-seks massiks.

96%-line väävelhape keeb 336,5°-lisel temperatuuril. Lahjendatud väävelhappe keetmisel aurustub esmalt vesi. Temperatuur tõuseb seejärel pidevalt kuni keemispunktini, mille juures hakkab aurustuma väävelhape.

Niisiis lendub väävelhape raskesti isegi küllalt kõrgel temperatuuril. Veevaba väävelhape praktiliselt elektrit ei juhi. Väävelhappe vesilahus on aga väga hea elektrijuhtivusega. Väävelhappe lahustub hästi vees. Seejuures eraldub tunduvas koguses soojust, mis on tingitud hüdraatide (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 2 H<sub>2</sub>O jt.) tekkest väävelhappe reageerimisel veega.

Vastavalt ohutustehnika reeglitele ei tohi lahjendatud väävelhappe valmistamisel valada kunagi vett happesse. **Väävelhappe lahjendamiseks tuleb alati hapet valada vette!**

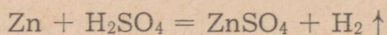
Kontsentreeritud väävelhape on väga hügrokoopne aine, mistõttu teda kasutatakse eksikaatorites vett neelava ainena. Kuivatamise eesmärgil juhitakse läbi kontsentreeritud väävelhappe ka vääveldioksiid ja hapnik varem kirjeldatud vääveltrioksiidi saamise katses (lk. 101). Sellega on ka seletatav kontsentreeritud väävelhappe omadus võtta ära vesinikku ja hapnikku (vee koostis-elemente) paljudest orgaanilistest ainetest (meenutada katseid suhkru, paberi, puidu söestamisest väävelhappega).

Kontsentreeritud väävelhappes lahustub hästi vääveltrioksiid. Vääveltrioksiidi lahust väävelhappes nimetatakse oleumiks (sõna «oleum» tähendab õli).

## 2. Väävelhappe keemilised omadused.

### Väävelhappe reageerimine metallidega.

Lahjendatud väävelhappe reageerimist metallidega oleme õppinud juba varem. Meenutame vaid, et metallid (peale plii), mis paiknevad aktiivsuse reas vesinikust vasakul, tõrjuvad vesiniku lahjendatud väävelhapest välja. Seejuures metalli aatomid oksüdeeruvad ja vesinikioonid redutseeruvad vabaks vesinikuks. Näiteks:



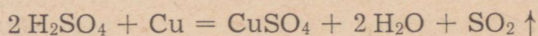
Kontsentreeritud väävelhappe reageerib aga metallidega teisiti kui lahjendatud happe. Kontsentreeritud väävelhappe iseloomulikuks omaduseks on tema esinemine oksüdeerijana.

**Katse 1.** Katse viime läbi tõmbekapis. Asetame kolbi mõned vaselaastud ja lisame kontsentreeritud väävelhapet. Jälgime, kas on näha reaktsioonile iseloomulikke tunnuseid. Seejärel soojendame kolbi. Tekkiva gaasi kogume kuiva katseklaasi või kolbi (joonis 62). Kolvi täitumist kontrollime aeg-ajalt põleva pürruga nii, nagu seda tehakse ka süsihappegaasi kogumisel. Lahustame seejärel saadud gaasi vees ning lisame osale sellest mõnda indikaatori lahust, teisele osale lisame aga fuksiini lahust. Mis toimub? Milline gaas eraldub reaktsioonil? Miks tuleb katse läbi viia tõmbekapis?

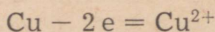
Analüüsime reaktsiooni käiku. Kontsentreeritud väävelhappe praktiliselt ionideks ei dissotsieeru. Soojendamisel laguneb ta aga veeks, vääveldioksiidiks ja monohapnikuks. Viimane oksüdeerib vase vask(II)oksiidiks, mis reageerib kontsentreeritud väävelhappega, tekitades vasksulfaadi ja vee. Reaktsiooni võib väljendada järgmiste faasidena:

- 1)  $\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 + [\text{O}]^*$
- 2)  $\text{Cu} + [\text{O}] = \text{CuO}$
- 3)  $[\text{CuO}] + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

Kui jätame välja reaktsiooni vaheproduktid, saame järgmise summaarse keemilise võrrandi:



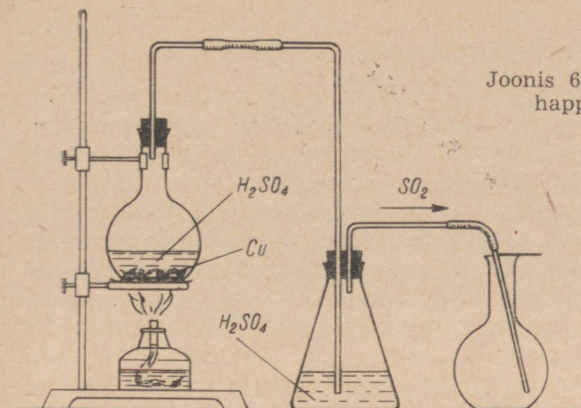
Nii nagu lahjendatud happe puhul, toimub ka siin metalli oksüdeerumine:



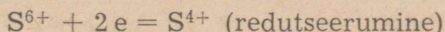
Oksüdeerumine ja redutseerumine on ühe ja sama protsessi kaks vastandlikku külge. Mis siis sellel reaktsioonil redutseerub?

\* Reaktsiooni vaheproduktide valemid on asetatud nurksulgudesse.

Joonis 62. Kontsentreeritud väävelhappe reageerimine vasega.



Väävel on väävelhappes positiivselt kuuevalentne, vääveldioksiidis aga neljavalentne. Seega kuuevalentne väävel väävelhappes redutseerub ning väävel saab vase aatomitelt vabanenud elektronid endale:



Selle tulemusena lakkab väävelhape olemast. Taandajaks ehk redutseerijaks on sellel reaktsioonil vask, oksüdeerijaks ehk hapendajaks aga väävelhape.

Toodud reaktsiooni kasutatakse sageli vääveldioksiidi saamiseks laboratoorselt.

Sõltuvalt kontsentreeritud väävelhappes reageeriva metalli aktiivsusest võib väävelhape redutseeruda kuni väävelvesinikuni.

Kontsentreeritud väävelhappe toimet metallidesse kujutab üldjuhul järgmine skeem:

K	Na	Ba	Ca	Mg	Al	Zn	[Fe]	Sn	Pb	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
Eraldub H <sub>2</sub> S				Eraldub SO <sub>2</sub>								Ei reageeri kontsentreeritud H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -ga		

Peaaegu kõik metallid (peale plaatina ja kulla) reageerivad soojendamisel kontsentreeritud väävelhappes.

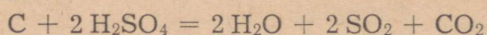
Raud normaaltingimustel kontsentreeritud väävelhappes ei reageeri. Oksüdeerumise tulemusena tekib raua pinnal õhuke oksiidikiht, mis kaitseb teda happe edasise toime eest. Tänu sellele saab kontsentreeritud väävelhapet transportida rauast taaras. Pliist taarat ning seadmeid kontsentreeritud väävelhappes jaoks kasutada ei saa, küll aga saab seda kasutada lahjendatud väävelhappes jaoks.

*Väävelhappe reageerimine süsiniku, väävli ja orgaaniliste ainetega.*

Nii nagu kontsentreeritud väävelhape esineb oksüdeerijana metallidega reageerimisel, on ta oksüdeerija ka reageerimisel mittemetallidega, näiteks süsiniku ja väävliga.

**Katse.** Puistame katseklaasi poolestimeetrise pulbrilise söe kihi ning lisame 1—2 ml kontsentreeritud väävelhapet. Suleme katseklaasi korgiga, mida läbib gaasijuhtetoru ja soojendame katseklaasi. Eralduvad gaasid juhime lubjavette.

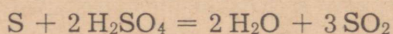
Mida näitab lubjavee muutumine häguseks? Reaktsiooni võrrand on järgmine:



Kontsentreeritud väävelhape oksüdeerib reaktsioonil süsiniku süsinikdioksiidiks.

Kui panna reageerima kontsentreeritud väävelhape ja peenestatud suhkur ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ), avaldub kõigepealt väävelhappe hügroσκοopsus. Väävelhape seob suhkru molekuli koostisse kuuluvate elementide vesiniku ja hapniku aatomid. Seejärel reageerib väävelhape tekkinud söega eespool toodud keemilise võrrandi kohaselt. Tekkivad gaasid muudavad söe kohevaks ning suruvad ta reaktsiooninõust välja. Samuti toimib kontsentreeritud väävelhape ka teistesse süsivesikutesse (glükoosi, tselluloosi, tärklisesse).

Oksüdeerijana esineb kontsentreeritud väävelhape ka reageerimisel väävliga:

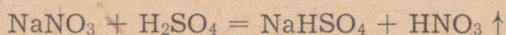


Väävelhape oksüdeerib siin väävli vääveldioksiidiks.

**Kontsentreeritud väävelhappe üheks iseloomustavamaks keemiliseks omaduseks on tema võime esineda oksüdeerijana.**

*Väävelhappe reageerimine sooladega.*

Kuna väävelhape on tugev mittelenduv hape, siis on võimalik tema reageerimisel vastavate sooladega saada teisi happeid. Näiteks toodeti tööstuses varem ja toodetakse vähesel määral veel praegugi sel viisil soolhapet ja lämmastikhapet. Soolhappe saamist on käsitletud varem. Lämmastikhappe saamiseks võetakse tavaliselt naatrium- või kaaliumnitraat, lisatakse kontsentreeritud väävelhapet ja kuumutatakse:



Tekkivad lämmastikhappe aurud jahutatakse, mistõttu nad kondenseeruvad, ja kogutakse vastavasse nõusse.

Nii saadakse lämmastikhapet. Kontsentreeritud väävelhappe reageerimisel kloriididega saadakse aga soolhapet, fosfaatidega — fosforhapet jne.

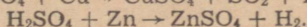
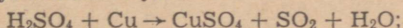
## Kokkuvõte.

Väavelhape on raske õlitaoline vedelik. 96%-lise väavelhappe erikaal on 1,83 ja keemispunkt 337°C. Kontsentreeritud väavelhape on hügrooskoopne aine.

Väavelhape on tugev hape. Vesilahustes dissotsieerub ta peamiselt  $H^+$  ja  $HSO_4^-$  ioonideks, väiksemal määral ka  $SO_4^{2-}$  ioonideks. Lahjendatud väavelhape reageerib energiliselt metallide, aluseliste oksiidide, aluste ja sooladega. Kuum kontsentreeritud väavelhape on tugev oksüdeerija. Väavelhappe lahustumisel vees eraldub suurel hulgal soojust. Nahale sattudes võib kontsentreeritud väavelhape tekitada raskeid põletushaavu, mistõttu tuleb temaga töötamisel olla eriti ettevaatlik.

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Mida tuleb silmas pidada väavelhappe lahjendamisel? Miks?
2. Kuidas saab demonstreerida väavelhappe hügrooskoopsust?
3. Mitu milliliitrit 80%-list väavelhapet (e.-k. 1,73) kulub 0,5 liitri a) 1 n lahuse, b) 0,2 n lahuse valmistamiseks?
4. Leida koefitsiendid. Näidata, mis oksüdeerub ja mis redutseerub, samuti oksüdeerija ja redutseerija:



5. Arvutada väavelhappe lahuse protsendiline kontsentratsioon, kui 1,5 kilogrammis selles lahuses sisaldub 10 mooli väavelhapet.
6. 360 grammile veele lisati 40 g 82%-list väavelhappe lahust. Millise protsendilise kontsentratsiooniga lahus saadi?
7. Mitu mooli väavelhapet sisaldub 0,6 liitris 96%-lises väavelhappe lahuses (erikaal — 1,83)?
8. Raudvaat, millega transporditi kontsentreeritud väavelhapet, saadeti tühjalt tehasesse tagasi. Selgus, et vaat oli seestpoolt sööbinud. Millega seda seletada?
9. Miks ei ole võimalik saada väavelhapet kontsentreeritud lämmastikhappe toimel naatriumsulfaadisse?
10. Lahusega, mis sisaldas 26 g baariumnitraati, pandi reageerima väavelhappe lahus, mis sisaldas 9,6 g väavelhapet. Mitu grammi tahket ainet tekkis?
11. Mitu milliliitrit 80%-list väavelhapet (e.-k. 1,73) on vaja 400 ml 10%-lise väavelhappe lahuse (e.-k. 1,07) valmistamiseks?
12. Mitu grammi sademena eralduvat ainet tekib 200 g 5%-lise väavelhappe lahuse ja 200 g 5%-lise baariumkloriidi lahuse kokkuvalamisel?
13. Teha kindlaks, kummas antud katseklaasis on lahjendatud väavelhape, kummas lahjendatud soolhape.

### 3. Väavelhappe tähtsus rahvamajanduses.

1965. aastal toodeti väavelhapet 11 miljonit tonni, seega üle kahe korra enam kui 1958. aastal (joonis 63). See on ka loomulik, sest väavelhape on üheks tähtsamaks keemiatööstuse vaheproduktiks. Teda kasutatakse vähemal või suuremal määral peaaegu kõigis rahvamajandusharudes.

Väga palju väävelhapet (40% toodangust) kasutatakse meie maal mineraalväetiste valmistamiseks. Tähtsamateks väetisteks, mille tootmisel kasutatakse väävelhapet, on superfosfaat ja ammoniumsulfaat. Niisama palju väävelhapet kasutatakse käesoleval ajal kunstkiudude, värvainete (riide, puidu jm. värvimisel), lakkide, mürkkemikaalide, lõhkeainete, ravimite ja paljude teiste orgaaniliste ainete tootmisel.

Umbes 10% toodetavast väävelhappest kasutatakse nafta- ja kütusetööstuses. Väävelhappe abil puhastatakse naftast toodetud bensiini, petrooleumi ja määrideõlisid.

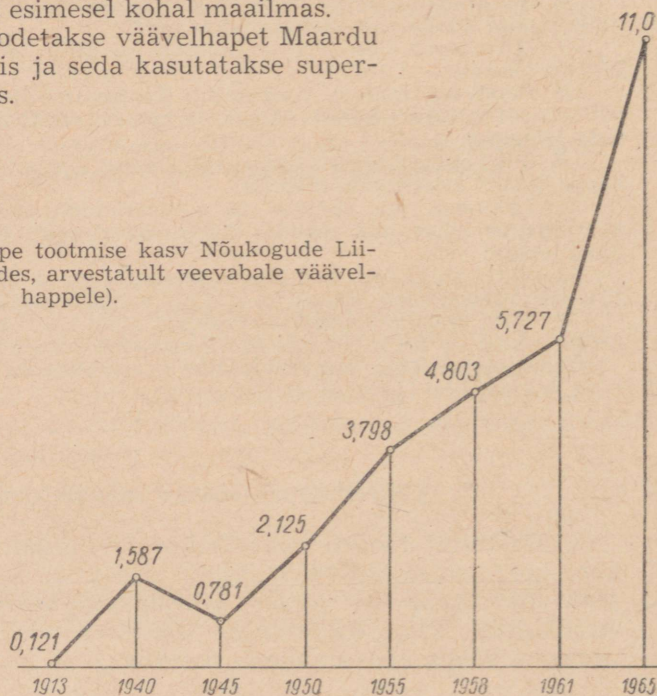
Väävelhapet kui kõrge keemispunktiga hapet kasutatakse ka teiste hapete tootmisel. Nii toodetakse väävelhappe abil fosforhapet, soolhapet, äädikhapet, boorhapet, fluorvesinikhapet jt. Paljude soolade tootmine toimub samuti väävelhappe abil. Väävelhapet vajatakse suurel hulgal metallurgias, näiteks vase, koobalti, nikli, plaatina, hõbeda ja teiste värviliste ning haruldaste metallide tootmisel. Väävelhapet ja sulfaate kasutatakse ka terasemetepinna töötlemisel enne nende nikeldamist, tinutamist või kroonimist.

Väävelhapet kasutatakse galvaaniliste elementide valmistamisel, pliiakumulaatorite täitevedelikuna, nahaparkimisel, suhkru ja siirupi tootmisel, piirituse tootmisel puidust ja mujal.

Väävelhappe tootmise kasvutempo poolest on Nõukogude Liit esimesel kohal maailmas.

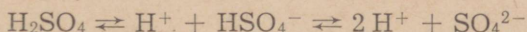
Eesti NSV-s toodetakse väävelhapet Maardu Keemiakombinaadis ja seda kasutatakse superfosfaadi tootmiseks.

Joonis 63. Väävelhappe tootmise kasv Nõukogude Liidus (miljonites tonnides, arvestatult veevabale väävelhappele).



#### 4. Väävelhappe soolad ja nende kasutamine.

Väävelhape on kahealuseline hape. Vesilahustes dissotsieerub väävelhape järgmiselt:



Vastavalt sellele tekitab väävelhape nii lihtsoolasid (sulfaate) kui ka happelisi soolasid (vesiniksulfaate). Näitena toome naatriumsulfaadi ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) ja naatriumvesiniksulfaadi ( $\text{NaHSO}_4$ ).

Väävelhappe liht- või happeliste soolade teke sõltub sellest, missugused on reaktsiooni tingimused ning reaktsiooniks võetud ainete kaalulised hulgad.

Näiteks tekib naatriumkloriidi ja väävelhappe reageerimisel normaaltingimuste puhul naatriumvesiniksulfaat. Temperatuuril üle  $700^\circ\text{C}$  tekib aga naatriumsulfaat.

Kõik väävelhappe happelised soolad lahustuvad hästi vees, samuti ka enamused lihtsoolasid (vt. lisa 6). Vees ega ka lahjendatud hapetes ei lahustu vaid II rühma peaarühma metallide sulfaadid ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$ ,  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{RaSO}_4$ ). Ka pliisulfaat ( $\text{PbSO}_4$ ) ei lahustu vees ega lahjendatud hapetes.

Looduses leiduvatest sulfaatidest on tähtsaim naatriumsulfaat. Ta kristalliseerub vesilahusest kümne molekuli kristallveega ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). Naatriumsulfaati leidub merevees, mitmete Siberi järvede vees ja eriti palju Kaspia mere lahes Kara-Bogazis. Talvel, kui vee temperatuur on Kara-Bogazi lahes madal, muutub vesi küllastunuks ja osaliselt kristalliseerub naatriumsulfaat välja naatriumsulfaat-10-veena. Sellisena moodustab ta mineraal mirabiliidi. Mirabiliidi uhuvad lained kaldale, kust teda kogutakse. Veel enam toodetakse teda aga lahe põhjast. Naatriumsulfaat-10-vett nimetatakse sageli glabrisoolaks.

Naatriumsulfaat-10-vett tuntakse meditsiinis lahtistina. Veevaba naatriumsulfaati kasutatakse klaasitööstuses, samuti ka lähteainena sooda ja ultramariini (sine) valmistamisel. Naatriumsulfaadist saadakse naatriumtioosulfaati —  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (nn. «hüposulfitit»), mida vajatakse kinnitina fotograafias).

Kaaliumsulfaati ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) kasutatakse peamiselt kaaliumväetisena. Sulfaate sisaldavaid kaaliumisoolasid on Nõukogude Liidus Baškiiria ja Volga — Emba leiukohtades. Kaaliumsulfaati kasutatakse enamasti kloori mittetaluvate kultuuride, näiteks kartuli, ristiku, lupiini jt. väetamisel.

Kaltsiumsulfaat ( $\text{CaSO}_4$ ) esineb looduses mineraal kipsina ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

Vasksulfaat-5-veesi ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) moodustab siniseid kristalle. On tuntud ka vaskvitrioli nimetuse all. Mürgise toime tõttu kasutatakse tema lahust, peamiselt segus lubjaga (bordoo vedeliku nimetuse all), taimehaiguste tõrjel. Kuiva vasksulfaat-5-

vett kasutatakse seemnevilja puhtimisel nõgipea vastu, värvimis-töödel (maalritööd ja sitsitrükkimine) jm.

Raud (II) sulfaat-7-vesi ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ) moodustab rohekaid kristalle. Tema kasutamist käsitlesime rauaühenditega tutvumisel.

Magneesiumsulfaat-7-vett ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ) tuntakse mõrusoola nimetuse all ja kasutatakse meditsiinis lahtistina. Magneesiumsulfaati leidub merevees.

Baariumsulfaati ( $\text{BaSO}_4$ ) kasutatakse peamiselt valgete värvide valmistamisel. (Keemilisel analüüsil on aga vees ja hapest lahustumatu baariumsulfaadi sademe teke tunnuseks baariumiooni ( $\text{Ba}^{2+}$ ) või sulfaatiooni ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) esinemise kohta määratavas aines.)

Maarjad. Tuntud on väävelhappe soolad, mille molekulid sisaldavad kahe erineva metalli ioone. Neist on üks ühe-, teine kolmevalentne.

Sellisteks sooladeks on näiteks kaaliumalumiiniumsulfaat-12-vesi —  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ , kaaliumraud(III)sulfaat-12-vesi —  $\text{KFe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ , naatriumkroom(III)sulfaat-12-vesi —  $\text{NaCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ . Neid nn. kaksiksoolasid, mida tuntakse maarjaste nimetuse all, kasutatakse värvimistööstuses, nahaparkimisel, meditsiinis, paberitööstuses jm.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Nimetada tööstusharusid, mis kasutavad väävelhapet.
2. Kus toodetakse väävelhapet Eesti NSV-s? Milleks väävelhapet kasutatakse?
3. Kirjutada järgmiste sulfaatide ja vesiniksulfaatide valemid: kaaliumsulfaat, kaaliumvesiniksulfaat, kaltsiumsulfaat, alumiiniumsulfaat.
4. Teha kindlaks, millised nimetatud sooladest on termiliselt vastupidavad ja millised mitte:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ .
5. Leida kaaliumi protsendiline sisaldus kaaliumsulfaadis. Mitu protsenti on see ümberarvutatult kaaliumoksiidile?
6. Mitu grammi sademena eralduvat ainet tekib 0,75 mooli väävelhappe reageerimisel lahusega, mis sisaldab ülehulgas baariumhüdroksiidi?
7. 15 ml väävelhappe lahuse (e.-k. 1,307) neutraliseerimiseks kulus 400 g kaaliumhüdroksiidi lahust. Leida kaaliumhüdroksiidi lahuse protsendiline kontsentratsioon.
8. Vasksulfaat-5-vee tootmisel tööstuses saadi 1,6 tonni 9%-list vasksulfaadi lahust. Kui palju vasksulfaat-5-vett saadakse sellest lahusest?
9. Kahe tonni raud(II)sulfaat-7-vee saamiseks kulutati pool tonni rauamurdu. Mitu protsenti teoreetilisest saagisest moodustab saadud raudsulfaat-7-vesi?
10. Mitu grammi tekkis sademena eralduvat ainet 48 g 6%-lise naatriumhüdroksiidi lahuse reageerimisel 48 g 6%-lise vasksulfaadi lahusega?
11. Saada kahel erineval viisil baariumsulfaati.
12. Segada 25 ml 96%-list väävelhapet 300 ml veega. Määrata areomeetri abil saadud lahuse erikaal ja leida vastavast tabelist lahuse protsendiline kontsentratsioon.

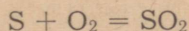
## § 11. Väävelhappe tootmise kontaktmeetod.

Väävelhappe tootmine kontaktmeetodil toimub kolmes staadiumis: 1) vääveldioksiidi saamine, 2) vääveldioksiidi oksüdeerimine vääveltrioksiidiks ja 3) vääveltrioksiidi absorbeerimine (neeldumine).

### 1. Vääveldioksiidi saamine.

Tooraineteks vääveldioksiidi saamisel kasutatakse vaba väävelit, püriiti, kipsi ja vääveldioksiidi või väävelvesinikku sisaldavaid tööstuse heitgaase.

Tähtsaks väävelhappe tootmise tooraineks on vaba väävel



Eheda väävli kasutamisel väävelhappe tootmiseks on suured eelised võrreldes püriidiga. Kulutused väävelhappe tehase rajamiseks vaba väävli baasil on ligi kaks korda väiksemad. Seepärast suurendatakse käesoleval seitseaastakul eheda väävli kasutamist väävelhappe tootmiseks.

Väävelhappe tootmisel tarvitatakse toorainena laialdaselt ka püriiti ( $FeS_2$ ). Püriiti leidub Nõukogude Liidus mitmetes Uraali leiukohtades, Taga-Kaukaasia liiduvabariikides, Kesk-Aasias, Altais, Ida-Siberis ja Moskva, Tuula ning Rjazani oblastis. Peale spetsiaalselt väävelhappe tootmiseks kaevandatava püriidi kasutatakse väga laialdaselt värviliste metallide maakide või kaevandatavate süte rikastamisel saadavat püriiti. Kuna värvilise metallurgia tööstused paiknevad Uraalis, Altais, Kasahhi NSV-s, Taga-Kaukaasias jm., siis asuvad seal ka väävelhappetööstused.

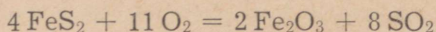
Vääveldioksiidi saadakse püriidi põletamisel (särdamisel) vastavates ahjudes.

Eesti NSV Maardu Keemiakombinaadi väävelhappetehase särdamisahjudes põletatakse püriiditolmu. Viimane paisatakse kompressori abil segus õhuga ahju koldesse läbi vastava pihusti (joonis 64). Koldes olevate avade kaudu juhatakse sinna veel lisaõhku. Põlemisel tekkiv tahke jääk — räbu — lastakse välja ahju alaosast.

Viimasel ajal kasutatakse järjest enam püriidi särdamist nn. «keevas kihis». Selleks juhatakse läbi võrele paigutatud pulbrilise püriidi alt suruõhku (joonis 65). Õhu survet reguleeritakse nii, et püriidikiht oleks kogu aeg hästi segatud. Õhk paneb pulbrilise püriidi nagu «keema». Põlemine toimub sellises «keevas kihis» väga intensiivselt, suurendades särdamisahjude tootlikkust 3—4 ja enam korda.

Seitseaastakul pööratakse suurt tähelepanu ka hapnikuga rikastatud õhu kasutamisele püriidi särdamisel. See tõstab särdamisahjude tootlikkust ja võimaldab suurendada vääveldioksiidi protsenti saadavas gaasis.

Püriidi põletamise (särdamise) protsessi märgime järgmise keemilise võrrandina:

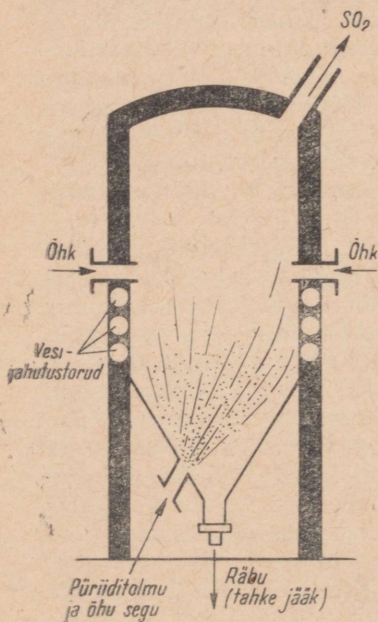


Kuna reaktsioon on eksotermiline, tõuseb temperatuur üle optimaalse ( $850^\circ\text{C}$ ). Seepärast tuleb kasutada jahutusseadmeid. Särdamisjääki, mis sisaldab sageli vaske ning vahel isegi hõbedat ja kulda, kasutatakse metallurgias toorainena.

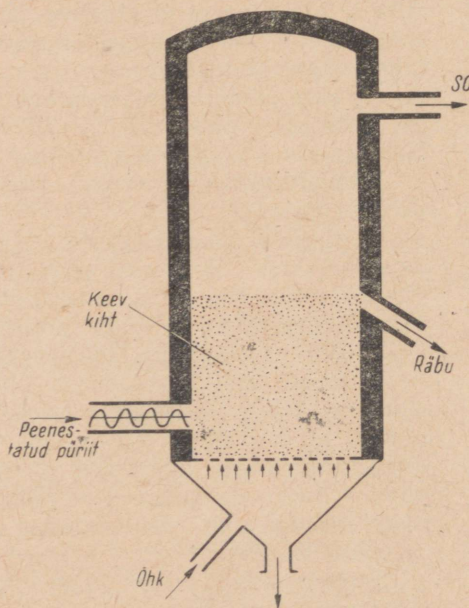
Püriidi särdamise ahjust saadav vääveldioksiidi ja õhu segu puhastatakse tolmust ning kahjulikest lisanditest. Selleks juhitakse gaas läbi elektrifiltrite (joonis 66) patarei. Elektrifiltreid kasutatakse vääveldioksiidi puhastamisel kõigis uutes väävelhappetehastes, ka Maardu väävelhappetehases.

Siis jahutatakse gaasi ja pestakse lahjendatud ning kontsentreeritud väävelhappega (veeauru absorbeerimiseks). Lisanditest tuleb vabaneda peamiselt seepärast, et nad nõrgestavad katalüsaatorite toimet vääveldioksiidi oksüdeerimisel (katalüsaatorite mürgid).

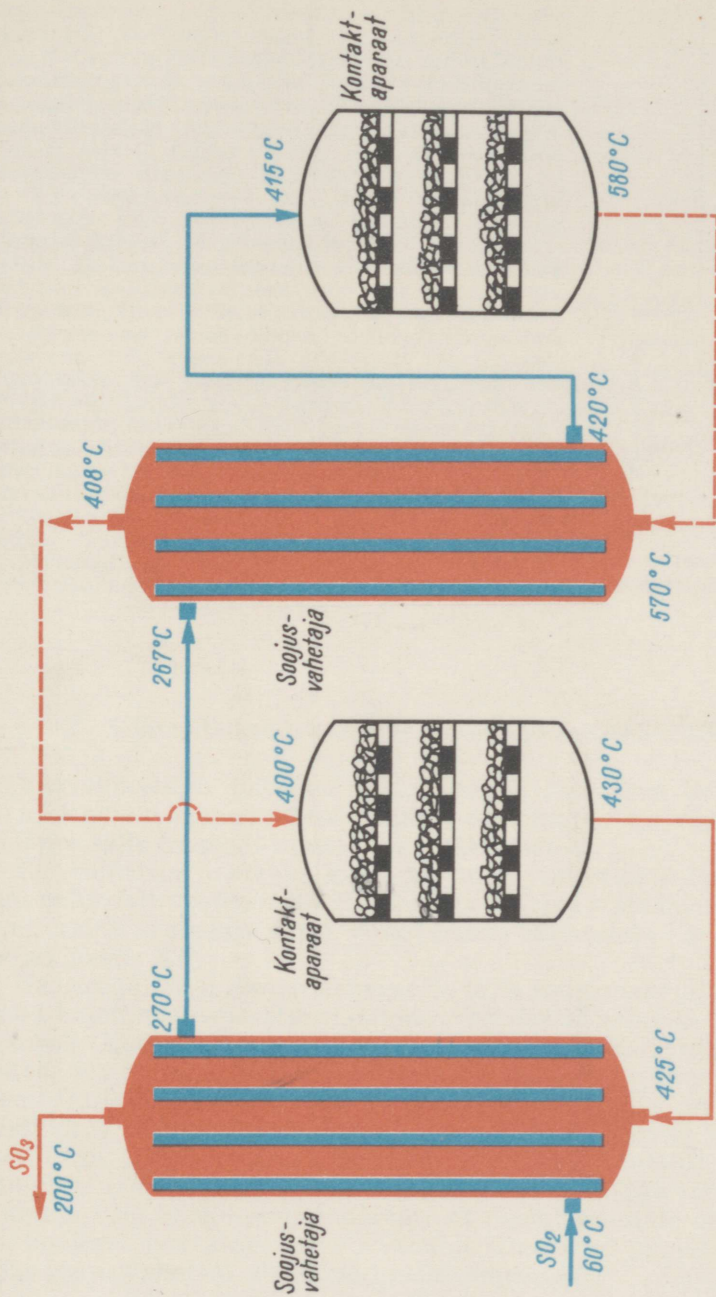
Kips on väävelhappe toorainena tähtis neis rajoonides, kus puuduvad püriidi või väävli leiukohad ning muud toorained (Kaug-Idas, põhjarajoo-



Joonis 64. Püriidi särdamise ahi.



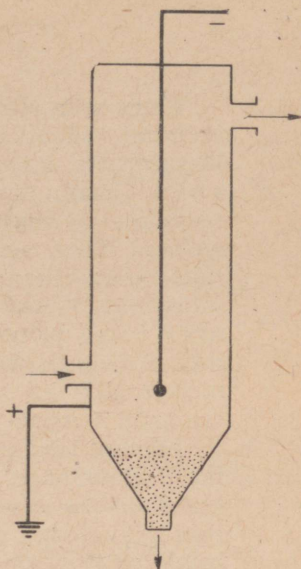
Joonis 65. Ahi püriidi särdamiseks «keevas kihis».



Joonis 67. Vävelhappe kontaktüsteemi skeem.



nides, Siberis). Ida-Siberis, Arhangelski oblastis ja Volga ümbruses asuvad maailma rikkaimad kipsi leiukohad. Loodusliku kipsi kuumutamisel koos liiva ( $\text{SiO}_2$ ), raud(III) oksiidi ja saviga, milles leidub alumiiniumoksiidi, saadakse peale vääveldioksiidi ka head tsementi. Seejuures kõrvaldatakse ühtlasi tsemenditööstust ümbritseva õhu saastamise oht. Viimast asjaolu silmas pidades tuleb eriti märkida väävelhappe tootmise suurendamist tööstuse jääkproduktidest ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ). Ajavahemikul 1959—1965 viidi väävelhappe tootmine tööstuse jääkproduktidest 18 protsendilt (1959. a.) 39 protsendile. Jääkgaasidest toodetav väävelhape on kõige odavam. Kasutatakse ära värvilise metallurgia jääkgaasid. Nii võib üksnes ühe tonni vase väljasulata misel maagist saada 7,5 tonni väävlisgaasi, millest omakorda võib saada üle 10 tonni väävelhapet. Kasutatakse ära elektri jaamade suitsugaasid, mis tekivad väävli rikka söe põlemisel. Koksigaaside ja naftagaaside (sisaldavad  $\text{H}_2\text{S}$ ) baasil toodetava väävelhappe hulk kasvas ajavahemikul 1959—1965 mitmekordseks. Koos suure majandusliku efekti ga säilitatakse sellega ka õhu puhtus vastavate tööstusettevõtete läheduses, välditakse tööstuskeskusi ümbritsevate veekogude ja haljasalade kahjustamist, mis on oluline inimeste tervise kaitsmise seisukohalt.



Joonis 66.  
Elektrifiltri skeem.

## 2. Vääveldioksiidi oksüdeerimine vääveltrioksiidiks.

Vääveldioksiidi oksüdeerimine vääveltrioksiidiks toimub nn. kontaktaparaatides, millest on tingitud ka väävelhappe tootmise selle meetodi nimetus (kontaktmeetod).

Et reaktsioon hakkaks kulgema, tuleb vääveldioksiidi ja õhu segu eelnevalt soojendada. Hiljem aga töötavad seadmed reaktsioonil eralduva soojuse arvel. Kuidas näeb välja vastav seadmestik, näitab joonis 67.

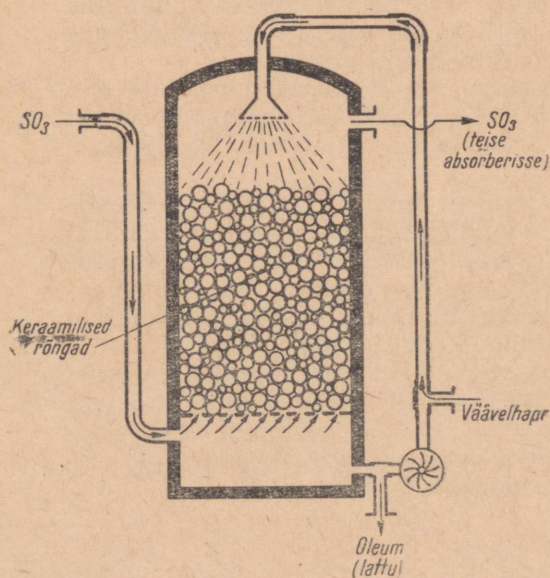
Gaasisegu läbib esmalt esimese ja teise soojusvahetaja. Saavutanud vajaliku temperatuuri, suunduvad gaasid esimesse kontaktaparaati. Kontaktaparaadi restikujulistel riiulitel asub katalüsaator. Katalüsaatorina kasutatakse Nõukogude Liidus divanaadiumpentoksiidi ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ). Selle katalüsaatori eeliseks on väiksem tundlikkus katalüsaatori mürkidele ning ta on varem kasutatud platinaga võrreldes palju odavam. Esimesest kontaktaparaadist juhitakse vääveltrioksiidi, vääveldioksiidi ja õhu segu läbi soojusvahetaja veel teise kontaktaparaati, et oksüdeerimine oleks täielik. Seejärel juhitakse vääveltrioksiidi sisaldavad gaasid läbi esimese soojusvahetaja absorbeerimisseadmesse.

### 3. Vääveltrioksiidi absorbeerimine.

Kuna vääveltrioksiid lahustub vees halvasti, hästi aga kontsentreeritud väävelhappes, kasutatakse viimast vääveltrioksiidi absorbeerimiseks. Kõige enam kasutatakse nn. piserdusabsorbereid (joonis 68). Absorber kujutab endast terasilindrit, mis on seest kaetud happekindla voodriga ning täidetud keraamiliste rõngastega. Enne absorbeerimistorni (absorberisse) juhtimist jahutatakse kontaktaparaadist tulevaid gaase, et vääveltrioksiid paremini lahustuks. Gaasid juhitakse absorberisse alt. Ülalt piserdatakse neile vastu kontsentreeritud väävelhapet. Selle tulemusena saadakse vääveltrioksiidi lahus väävelhappes, nn. oleum. Oleumi nimetatakse ka suitsevaks väävelhappeks, sest vääveltrioksiid tekitab tema kohal õhuniiskusega väävelhappe udu.

Oleumi lahjendamisel veega saadakse vajaliku kontsentratsiooniga väävelhape. Võrreldes väävelhappe transpordiga on oleumi transpordiks minevad kulutused väiksemad. Kontaktmeetodil saadud väävelhape on väga puhas, mistõttu seda saab kasutada keemialaboratuuriumides, arstimite valmistamisel jm.

Käesoleval seitseaastakul rajatavad uued väävelhappetehased töötavad peamiselt kontaktmeetodil. Kontaktmeetodi eelis, võrreldes teiste meetoditega (tornmeetod), seisneb veel selles, et saadakse oleumi. Tornmeetodil saadav väävelhape on ainult 60—75% -line. Selline väävelhape sobib superfosfaadi tootmiseks. Hoogsalt areneb seitseaastakul väävelhappe tootmise mehhaniseerimine ja kompleksne automatiseerimine. Välja on töötatud uued katalüsaatorid, mis suurendavad reaktsiooni intensiivsust.



Joonis 68. Absorbeerimistorn.



## § 12. Keemiliste reaktsioonide kiirus.

Tutvunud mitmete keemiliste reaktsioonidega ning nende kasutamise keemiatööstuses, võime teha mõningaid üldistusi keemiliste reaktsioonide kulgemise kohta.

**Katse 1.** Võtame raudlusikasse veidi väävli ning süütame selle. Jälgime väävli põlemist. Juhime nüüd väävli leeki hapnikujoa (gasomeetrist või hapniku kogumise seadmest) ning võrdleme väävli põlemist õhus ja hapnikus.

Milles seisneb väävli põlemine? Väävel reageerib hapnikuga seda energilisemalt, mida enam hapniku molekulile puutub väävliga kokku. Kõige intensiivsem on väävli põlemine puhtas hapnikus. Niisiis sõltub väävli põlemise (oksüdeerumisreaktsiooni) kiirus sellest hapnikukogusest, mis puutub kokku väävliga. Teiste sõnadega — väävli oksüdeerumisreaktsiooni kiirus sõltub hapniku kontsentratsioonist reaktsioonisegus.

Seepärast toimub püriidi särdamise reaktsioon seda kiiremini, mida suurem on hapniku kontsentratsioon püriidiga kokkupuutavas gaasis. Hapniku kontsentratsiooni suurendamiseks rikastatakse temaga särdamisahju juhitavat õhku.

**Keemilise reaktsiooni kiirus sõltub reageerivate ainete kontsentratsioonist.**

**Katse 2.** Asetame ühte katseklaasi mõned tsingitükikesed, teise aga veidi pulbrilist tsinki ning lisame mõlemale äädikhappe lahust või lahjendatud soolhapet. Võrdleme reaktsioonide kiirust.

Samal tsingikogusel on peenestatult palju suurem pind, mistõttu reaktsioon temaga on intensiivsem. Ka näiteks väävli ja tsingi, väävli ja raua ning paljude teiste ainete reageerimiseks kasutatakse neid ikka pulbrilisena. Peenestamiseks kasutatakse laboratoorses tingimustes uhmrit, tööstustes mitut liiki veskeid. Püriidi särdamisel «keevas kihis» ei suurenda protsessi intensiivsust mitte üksnes suur hapniku kontsentratsioon, vaid ka püriidi peenestusaste.

**Keemilise reaktsiooni kiirus sõltub reageerivate ainete peenestusastmest.**

**Katse 3.** Võtame katseklaasi paar milliliitrit lahjendatud väävelhapet ning lisame veidi vask(II)oksiidi. Jälgime, kas on näha keemilisele reaktsioonile iseloomulikke tunnuseid. Soojendame nüüd nõrgalt katseklaasi sisu. Mis toimub?

Selgub, et reaktsiooni kiirus soojendamisel suureneb. See on ka arusaadav, sest temperatuuri tõusuga suureneb molekulide liikumise kiirus.

Vääveldioksiidi oksüdeerumisreaktsiooni kiirus näiteks kasvab temperatuuri tõusuga ning seejuures suureneb ka tekkinud vääveltrioksiidi lagunemisreaktsiooni kiirus. Siin on vaja leida selline temperatuur, kus reaktsioon ei ole küll kõige kiirem, kuid vääveldioksiidi tekib kõige rohkem ja vääveltrioksiidi lagunemine on

kõige väiksem ( $400^{\circ}\text{C}$  juures). Sellisel nn. optimaalsel temperatuuril saavutatakse reaktsiooni kiirenemine juba katalüsaatori abil.

### **Keemilise reaktsiooni kiirus sõltub temperatuurist.**

**Katse 4.** Võtame suhkrutüki tiiglitangide vahele ja püüame teda süüdata. See ei õnnestu. Puistame nüüd suhkrutükile veidi sigaretituhka ja proovime teda uuesti süüdata. Suhkur süttib ja põleb.

Katalüsaatorina toimivad antud juhul tubakatuhas sisalduvad liitiumühendid. Katse näitab ka seda, et katalüsaatori kogus võib olla minimaalne, toime aga küllalt suur. Hästi on tuntud ka kaaliumkloraadi ( $\text{KClO}_3$ ) lagunemisreaktsioon mangaandioksiidist katalüsaatori toimel. Mangaandioksiid on katalüsaatoriks ka vesinikperoksiidi lagunemisreaktsioonil.

Vääveldioksiidi oksüdeerumist katalüüsivad mitmed ained, milledest väävelhappetööstuses kasutatakse peamiselt divanaadiumpentoksiidi.

### **Keemilise reaktsiooni kiirust on võimalik suurendada katalüsaatorite kasutamisega.**

Katalüsaatorite iseloomustamiseks olgu öeldud järgmist:

- 1) tuntakse katalüsaatoreid, mis kiirendavad reaktsiooni käiku;
- 2) tuntakse ka reaktsiooni käiku aeglustavaid katalüsaatoreid;
- 3) reaktsiooni käiku kiirendavad juba väga väikesed katalüsaatorikogused;
- 4) katalüsaatorite mõju on spetsiifiline, s. t. antud katalüsaator muudab ainult ühe või mõne teatud reaktsiooni kiirust;
- 5) katalüsaator mõjutab ainult niisuguste reaktsioonide kiirust, mis võivad toimuda iseenesest, kuigi väiksema kiirusega;
- 6) kuigi katalüsaator võtab reaktsioonist vahetult osa, ei märkegi teda reaktsiooni võrrandisse, sest reaktsiooni lõpuks omandab ta esialgse koostise.

Tööstuses toimub katalüsaatorite kaasabil suur hulk keemilisi protsesse, mis on seotud mitmesuguste ainete tootmisega. Peale väävelhappe tootmise võib näiteks tuua lämmastikhappe, ammoniaagi ja paljude teiste ainete saamise.

Katalüsaatorite rakendamine võimaldab teostada tööstuslikes tingimustes neid keemilisi protsesse, mis muidu oleksid praktiliselt teostamatud.

Õppides tundma keemilisi reaktsioone, näeme, et nende kulgemiseks on vaja vastavaid tingimusi (temperatuur, rõhk, katalüsaator, reageerivate ainete kontsentratsioon, peenestusaste jt.). Viimasel ajal luuakse ikka uusi tingimusi keemiliste reaktsioonide kulgemiseks. Kasutatakse radioaktiivset kiirgust, elektrivoolu, ultraheli, valgust, vaakuumi jt. Kui nõutavad tingimused vastavaks reaktsiooniks on loodud, võib olla kindel, et reaktsioon toimub. See on näiteks seostele ja sõltuvustele, mis valitsevad ainete ning nendega toimuvate nähtuste maailmas.

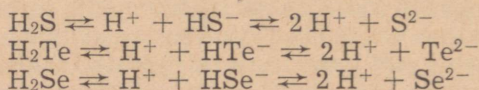
### § 13. Hapniku alarühma keemiliste elementide üldiseloostus.

Perioodilisuse süsteemi VI rühm koosneb kahest alarühmast. Peaarühma moodustavad hapnik, väävel, seleen, telluur ja poloonium. Seda rühma nimetatakse hapnikurühmaks. Kõrvalalarühma kuuluvad elemendid kroom, molübdeen, volfram ja uraan. Seda rühma nimetatakse kroomi alarühmaks.

Tutvudes hapniku ja väävli omadustega, võis tähele panna nende sarnasust. Mõlemad elemendid moodustavad allotroopseid teisendeid. Allotroopsed teised on ka seleenil ja telluuril.

Koostiselt sarnased on hapnikurühma vesinikuühendid ( $H_2O$ ,  $H_2S$ ,  $H_2Se$ ,  $H_2Te$ ). Väävel-, seleen- ja telluurvesinik on värvueta, mürgised, ebameeldiva lõhnaga gaasid. Nende vesilahused on nõrgad happed, mis tekitavad lahustuvate sooladega reageerimisel sulfiide, seleniide ja telluriide.

Hapnikurühma elementide aatomid sisaldavad kuus valents-elektroni. See tingib nende elementide mittemetallilisi omadusi. Võttes juurde kaks elektroni ( $S + 2e = S^{2-}$ ;  $Se + 2e = Se^{2-}$  jne.) muutuvad nende elementide aatomid negatiivselt kahevalentseteks ioonideks. Sellistena esinevadki hapnikurühma elemendid ühendites vesiniku ja metallidega. Vesilahustes dissotsieeruvad hapnikurühma elementide vesinikuühendid järgmiselt:

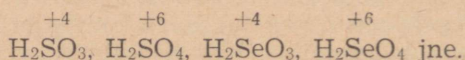


Seepärast ongi nende vesilahustel happelised omadused.

Sarnased on ka hapnikurühma elementide hapnikuühendid ( $SO_2$ ,  $SeO_2$ ,  $TeO_2$ ).

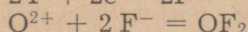
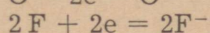
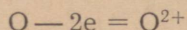
Nii nagu vääveldioksiid, tekivad ka seleen- ja telluuroksiidid põlemisel. Nende vesilahused on nõrgad happed (väävlishape —  $H_2SO_3$ , seleenishape —  $H_2SeO_3$ , telluurishape —  $H_2TeO_3$ ). Tugevate oksüdeerijate toimel ja vee juuresolekul oksüdeeruvad  $SeO_2$  ja  $TeO_2$  vastavalt seleenhappeks  $H_2SeO_4$  ja telluurhappeks  $H_2TeO_4$ . Metallidega moodustavad need happed soolasid ( $Na_2SeO_4$ ,  $BaSeO_4$  jne.).

Ühendites hapnikuga on hapnikurühma elementide valents +4 või +6. Näiteks:



Erandiks on siin vaid hapnik ise, mille valentselektronid on tuumaga väga tugevasti seotud. Hapniku aatomilt suudab

elektrone ära tõmmata vaid fluor, mis moodustab hapnikuga ühendi  $\text{OF}_2$ .



Kõigis teistes ühendites on aga hapnik vaid negatiivselt kahevalentne.

Hapnikurühma elementidel on ka olulisi erinevusi. Hapnik on värvusetu gaas, väävel aga kollane tahke aine. Ka seleen ja telluur on mittemetallid, kuigi neil on võrreldes hapniku ja väävliga metallilised omadused tugevamad. Seleen on tahke, kristalne, metalse läikega aine. Metallidega sarnaneb ta ka oma elektrijuhitvuse poolest. Seeleni elektrijuhitus suureneb tunduvalt tema valgustamisel. See võimaldab seleeni kasutada valgussignaalarvaste valmistamisel ning televisioonis. Ka telluuril on metalne läige ning ta juhib hästi soojust ja elektrit.

Järjenumbri suurenemisel rühmas muutuvad seaduspäraselt elementide omadused. Igal järgmisel elemendil on aatomi raadius suurem ning valentsielektronid on seetõttu kergemini loovutatavad. Metallilised omadused suurenevad ülalt alla.

Viimane hapnikurühma element — polonium — on radioaktiivne. Järgnevas tabelis on toodud hapnikurühma elementide omadused nende järjenumbrite suurenemise järjekorras.

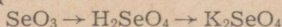
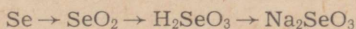
Tabel 11.

	Hapnik	Väävel	Seleen	Telluur
Sümbol	O	S	Se	Te
Aatomkaal	16	32	79	128
Agregaatolek harilikul temperatuuril	gaas	tahke aine	tahke aine	tahke aine
Erikaal	1,12 (vedel)	2,07	4,80	6,24
Sulamispunkt (°C)	-218,6	112,8	220	452
Valents vesiniku suhtes	2	2	2	2
Vesinikuühendite valemid	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{H}_2\text{Se}$	$\text{H}_2\text{Te}$
Reageerimine vesinikuga ja vesinikuühendi püsivus	reageerib plahvatusega, soojendamisel laguneb temperatuuril üle 1000°C	reageerib ja laguneb temperatuuril 310°C	laguneb kergemini kui $\text{H}_2\text{S}$	laguneb kergemini kui $\text{H}_2\text{Se}$
Vesinikuühendite omadused	neutraalne	dissotsieeruvad vesilahustes kui happed		



## Küsimusi ja ülesandeid.

1. Millest sõltub keemilise reaktsiooni kiirus?
2. Tuua näiteid keemiatööstuses kasutatavatest vahenditest ja seadmetest, mille ülesandeks on suurendada reaktsiooni kiirust.
3. Mida tuleb teada katalüsaatorite kasutamisel?
4. Koostada joonisel 70 toodud skeemi põhjal keemilised võrrandid järgmiste ainete saamise kohta: naatriumsulfiid, kaltsiumsulfiid, kaltsiumvesiniksulfiid, kaltsiumsulfit, kaltsiumvesiniksulfit, kaltsiumsulfaat ja kaltsiumvesiniksulfaat.
5. Võrrelda hapniku- ja halogeenide rühma elementide omadusi.
6. Joonistada seleeni ja telluuri aatomite elektronilised skeemid ning kirjutada keemilised võrrandid nende aatomite muutumise kohta negatiivse ja positiivse laenguga ioonideks.
7. Milline on väävli valents a) tsinksulfiidis, b) tsinksulfitis, c) tsinksulfaadis, d) tsinkvesiniksulfaadis?
8. Kirjutada reaktsiooni võrrandid väävelhappe saamise kohta, lähtudes a) väävlist, b) püriidist, c) väävelvesinikust.
9. Kirjutada reaktsiooni võrrandid järgmiste muundumiste kohta:



10. Mitu tonni püriiti tuleb põletada, et saada 19,6 tonni veevaba väävelhapet?
11. Kui suure ruumala võtab enda alla 5 mooli vääveltrioksiidi auru?
12. Kui palju kaalub normaaltingimustel 12 m<sup>3</sup> väävelvesinikku?
13. Teha baariumiooni kvalitatiivne määramine kristallhüdraadis (BaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O) ning arvutada, mitu protsenti kristallvett sisaldub 30 grammis antud kristallhüdraadis.
14. Teha sulfaatiooni kvalitatiivne määramine vasksulfaat-5-vees, eraldades selleks esmalt vaskioonid.

## IV peatükk.

### LÄMMASTIK JA FOSFOR.

#### § 1. Lämmastiku ja fosfori asetus perioodilisuse süsteemis, nende aatomite ehitus.

Lämmastik, mida leidub vabas olekus tohutul hulgal õhuavarustes, paikneb ühes rühmas fosforiga. Lämmastik on gaasiline aine, fosfor aga tahke. Esimesel pilgul ei näi neil olevat mingeid sarnasusi. Et aru saada, miks lämmastik ja fosfor paiknevad samas rühmas, tutvume nende aatomite ehitusega. Selleks täidame vihkusse tabeli, kuhu märgime lämmastiku ja fosfori kohta järgmised andmed: 1) keemiline märk, 2) perioodi number, 3) rühma number, 4) millises alarühmas paikneb, 5) aatomkaal, 6) järjenumbr, 7) tuumalaeng, 8) elektronide üldarv, 9) prootonite arv, 10) neutronite arv, 11) elektronkihtide arv, 12) valentselektronide arv, 13) elektronide arv elektronkihtidel, 14) kuuluvus metallide või mittemetallide hulka, 15) suurim positiivne valents, 16) negatiivne valents.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Jutustada lämmastiku ja fosfori paiknemisest perioodilisuse süsteemis.
2. Koostada lämmastiku ja fosfori aatomite elektronilised skeemid.
3. Joonistada lämmastiku ja fosfori negatiivselt kolmevalentsete ja positiivselt viievalentsete ionide elektronskeemid ning kirjutada reaktsiooni võrrandid nende ionide tekke kohta aatomitest.
4. Võrrelda lämmastikku ja fosforit mittemetalliliste ja metalliliste omaduste tugevusel.
5. Võrrelda perioodilisuse süsteemi alusel lämmastikku ja fosforit keemiliselt aktiivsusest: a) omavahel ning b) IV ja VI rühma elementidega.
6. Koostada lämmastiku oksiidide valemid, milles lämmastiku valents oleks +1, +2, +3, +4 ja +5 ning fosfori oksiidide valemid, milles fosfori valents on +3 ja +5.
7. Koostada lämmastiku ja fosfori vesinikühendite valemid.

## § 2. Lämmastik — *Nitrogenium*.

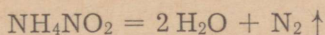
Keemiline märk N; molekuli valem N<sub>2</sub>.  
Aatomkaal 14; molekulkaal 28.

### 1. Lämmastiku füüsikalised omadused.

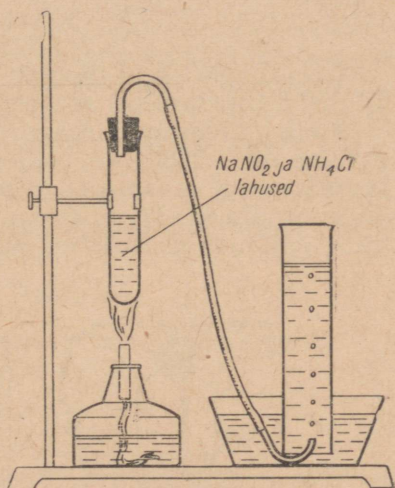
Lämmastiku füüsikaliste omadustega tutvumiseks kogume lämmastikku.

**Katse.** Valame katseklaasi kokku naatriumnitriti (NaNO<sub>2</sub>) ja ammooniumkloriidi kuumad lahused. Suleme katseklaasi korgiga, mida läbib gaasjuhtetoru. Tekkiva lämmastiku kogume läbi vee silindrisse (joonis 71).\*

Reaktsioonil moodustuv ammooniumnitrit laguneb:



Mida võib öelda lämmastiku värvuse ja lahustuvuse kohta?  
Mida teate lämmastiku lõhna kohta?

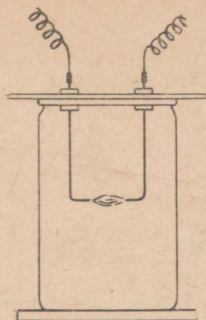


Joonis 71. Lämmastiku saamine ja kogumine.

Lämmastikku leidub looduses nii vabalt (ruumalaliselt 78% õhust) kui ka ühendite koostises (NaNO<sub>3</sub> jt.). Valkude koostisosana kuulub lämmastik kõigi elusorganismide koostisse.

Lämmastik on värvusetu, lõhnata ja maitseta gaas. 1 liiter lämmastikku kaalub normaaltingimustel 1,25 g (1 liiter õhku kaalub 1,29 g). Tugeval jahutamisel kõrge rõhu all muutub lämmastik värvusetu vedelikuks, mis keeb temperatuuril —195,8° C.

\* Lämmastiku saamiseks võib segada üks osa kaaliumnitraati kahekümne kaaluosa pulbrilise rauaga ja soojendada nõrgalt.

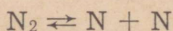


Joonis 72. Lämmastiku reageerimine hapnikuga elektrisädeme toimel.

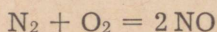
## 2. Lämmastiku keemilised omadused.

Lämmastik on normaaltingimustel keemiliselt passiivne. Ta ei põle ega toeta põlemist ning hingamist. Puhtasse lämmastikku viidud loomad lämbuvad. Sellest on tingitud ka lämmastiku eestikeelne nimetus.

Lämmastiku passiivsus on tingitud tugevast aatomitevahelisest sidemest tema molekulis ( $N_2$ ). Lämmastiku molekul laguneb aatomiteks vaid kõrgel temperatuuril:

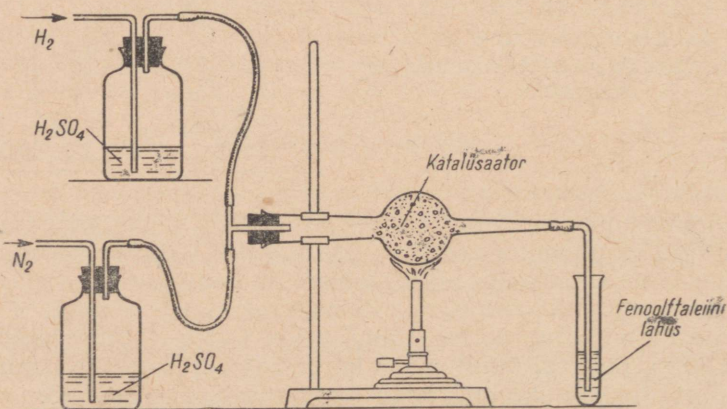


Järelikult on lämmastikuga toimuvad reaktsioonid seotud suure energiakuluga. Elektrihaarleegi temperatuuril reageerib lämmastik hapnikuga, kusjuures tekib lämmastikoksiid NO (joonis 72):



Õhulämmastik ja -hapnik reageerivad omavahel välgu toimel. Kõrgel temperatuuril reageerib lämmastik ka vesinikuga.

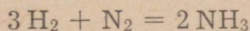
**Katse.** Koostame seadme, nagu on kujutatud joonisel 73. Juhime nüüd läbi toru, milles on katalüsaator (asbestiga segatud redutseeritud rauapuru), vesiniku ja lämmastiku voolu. Fenoolftaleiini lahuse värvus ei muutu. Kuumutame katalüsaatorit. Jälgime eralduva gaasi lõhna ning fenoolftaleiini lahuse värvust.



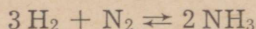
Joonis 73. Seadis ammoniaagi sünteesiks vesinikust ja hapnikust.

Märkus. Väga tugeval kuumutamisel laguneb tekkiv ammoniaak ning fenoolftaleiini lahuse värvus ei muutu. Katseks tuleb kasutada fenoolftaleiini lahust piirituses, mis on lahjendatud veega.

Reaktsiooni võrrand on järgmine:



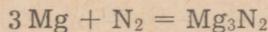
Sellel protsessil ei teki märkimisväärses koguses ammoniaaki, sest tekkinud ammoniaak laguneb uuesti vesinikuks ja lämmastikuks. Toimub pöörduv reaktsioon:



Reaktsiooni algul on ammoniaagi tekkimise kiirus tema lagunemise kiirusest suurem. Ammoniaagi molekulide arvu, s. t. tema kontsentratsiooni suurenemise määral suureneb ka ammoniaagi lämmastikuks ja vesinikuks lagunemise kiirus. Lõpuks muutuvad ammoniaagi tekkimise ja lagunemise kiirused võrdseks. Öeldakse, et otsese ja pöörduva reaktsiooni kiirus on võrdsed. See tähendab, et **ajahikus tekkinud ammoniaagi molekulide arv võrdub samas ajahikus lagunenud ammoniaagi molekulide arvuga**. Siin on tegemist keemilise tasakaaluga.

Nagu juba varem märgitud, ei tule katalüsaatorit liialt kuumutada, sest temperatuuri tõusuga suureneb ammoniaagi lagunemise kiirus ning teda saadakse vähem. Katalüsaator suurendab nii otsese kui ka pöörduva reaktsiooni kiirust. Selleks et suureneks otsese reaktsiooni kiirus, s. t. suureneks ammoniaagi saagis, kasutatakse tööstustes kõrget rõhku.

Metallidega moodustab lämmastik nitriide. Näiteks tekib magneesiumi põlemisel hallikas magneesiumnitriid ( $\text{Mg}_3\text{N}_2$ ) kõrvuti valge magneesiumoksiidiga ( $\text{MgO}$ ):



Nitriide tekitab lämmastik ka paljude teiste metallidega.

### Kokkuvõte.

Lämmastiku aatomi väliskihis on viis elektroni. Püsiva kaheksaelektronilise väliskihi moodustamiseks seob lämmastiku aatom kolm elektroni. Lämmastiku aatom võib aga ka loovutada elektrone (1—5). Kuna lämmastiku aatomid liidavad elektrone kergemini kui nad neid loovutavad, on lämmastikul mittemetallilised omadused ülekaalus.

Lämmastik on harilikul temperatuuril keemiliselt inertne. Kuumutamisel reageerib ta metallidega ( $\text{Mg}$ ,  $\text{Ca}$  jt.), tekitades nitriide. Väga kõrgel temperatuuril reageerib lämmastik vesiniku ja hapnikuga. Lämmastik ei toeta põlemist ega hingamist. Puhtas lämmastikus elusorganismid hukuvad.

### 3. Lämmastiku tähtsus ja kasutamine.

Lämmastikul on tähtis koht looduses, ta kuulub valkude koostisse. Valke sisaldavad aga kõik elusorganismid. Vaba lämmastikku, näiteks atmosfääri lämmastikku, ei suuda organismid assimileerida. Neile on lämmastik kättesaadav ühenditena. Kuna looduses tekkivate lämmastikuühendite hulk ei rahulda elusorganismide vajadusi, sünteesitakse neid ühendeid. Sünteesiks kasutatakse veeldatud õhust eraldatavat lämmastikku. Viimasel ajal kasutatakse selleks ka kõrgahjugaasi. Lämmastikust sünteesitakse ammoniaaki, sellest lämmastikhapet ja tema soolaid, millest suurem osa läheb kasutusele mineraalväetistena.

Tänu lämmastiku keemilisele inertsusele kasutatakse teda elektripirnide täitmiseks, bensiini ja teiste tuleohtlike ainete pumpanisel, metallitööstuses oksüdeerumist takistava aina jne.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Miks lämmastiku atmosfääri viidud loomad surevad?
2. Millega on seletatav lämmastiku inertsus normaaltingimustel ja aktiivsus kõrgel temperatuuril?
3. Milliseid tingimusi on vaja ammoniaagi sünteesiks vesinikust ja lämmastikust? Mis on keemiline tasakaal?
4. Milleks kasutatakse lämmastikku?
5. Kuidas määrata, millistes antud purkides on lämmastik, hapnik, süsinikdioksiid ja vesinik?
6. Kuumutada katseklaasis 0,25 g kaaliumnitraati koos pulbrilise rauaga (varem märgitud vahekorras) ning arvutada eralduva lämmastiku ruumala:  
 $6 \text{KNO}_3 + 10 \text{Fe} = 3 \text{K}_2\text{O} + 5 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{N}_2$ .
7. Arvutada lämmastiku tihedus a) vesiniku, b) õhu suhtes.
8. Mitu grammi kaalub normaaltingimustel 36 liitrit lämmastikku?
9. Kui suure ruumala võtab enda alla a) 14 g lämmastikku, b) 4 mooli lämmastikku?
10. Mitu grammi ammooniumnitritit tuleb lagundada, selleks et saada 1120 milliliitrit lämmastikku?
11. Kirjutada kaltsium-, baarium- ja naatriumnitriidi saamisreaktsioonide võrrandid.
12. Magneesiumi põlemisel järelejäänud produkt kaalus 2,6 grammi ning sisaldas 30% magneesiumnitriidi. Kui suure ruumala võtab enda alla ammoniaak, mis eraldub selle põlemisprodukti reageerimisel veega?

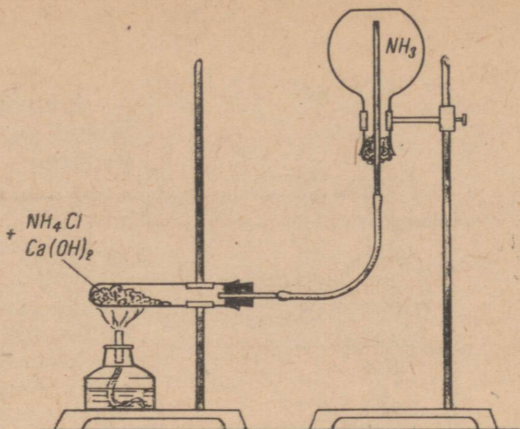
### § 3. Lämmastiku ühend vesinikuga.

#### 1. Ammoniaak.

Tähtsaimaks lämmastiku ühendiks vesinikuga on ammoniaak. Laboratoorselt saadakse teda järgnevalt.

**Katse 1.** Võtame katseklaasi võrdsed kogused ammooniumkloriidi ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) ning kustutatud lupja ja segame. Suleme katse-

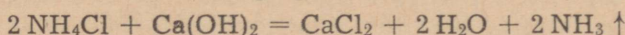
Joonis 74. Ammoniaagi saamine ammoniumkloriidi reageerimisel kustutatud lubjaga.



klaasi korgiga, mida läbib gaasijuhtetoru, ning soojendame segu. Eralduva ammoniaagi kogume kuiva kolbi (joonis 74).

Märkus: kolvi asemel võib kasutada ka katseklaasi.

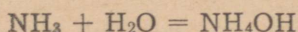
Reaktsiooni võrrand on järgmine:



Miks tuleb ammoniaaki koguda suudmega allapoole suunatud anumasse? Ammoniaagi reageerimist veega iseloomustab järgmine katse.

**Katse 2.** Suleme ammoniaagiga täidetud kolvi korgiga, millest on läbi pandud peenekstõmmatud otsaga toru. Viime toru vette, millele on lisatud fenoolftaleiini lahust (joonis 75).

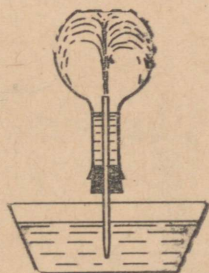
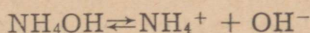
Miks vesi tungib kolbi? Millega seletada fenoolftaleiini värvumist? Ammoniaagi suur lahustuvus ja fenoolftaleiini värvumine ammoniaagi vesilahuses viitavad keemilisele reaktsioonile ammoniaagi ja vee vahel:



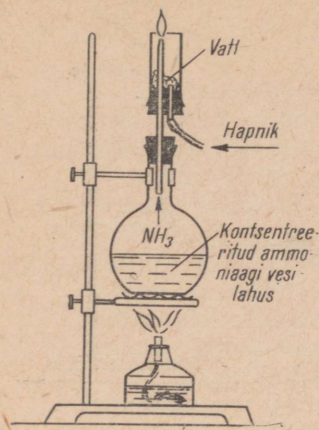
Reaktsiooni tulemusena tekib ammoniumhüdrosiid.

**Katse 3.** Valame ühte keeduklaasi 2 n ammoniumhüdrosiidi lahust ja teise võrdluseks niisama palju 2 n naatriumhüdrosiidi lahust. Proovime nende lahuste elektrijuhtivust. Naatriumhüdrosiidi lahus juhib elektrit paremini kui ammoniumhüdrosiidi lahus.

See on seletatav ammoniumhüdrosiidi väiksema dissotsieerumisega. Ta on nõrk elektrolüüt. Järelikult on ammoniumhüdrosiid nõrk leelis.

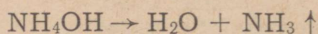


Joonis 75. Ammoniaagi lahustumine vees.



Joonis 76. Ammoniaagi põlemine hapnikus.

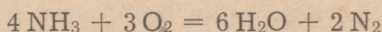
Ammooniumhüdroksoid on ebapüsiv ühend ja laguneb juba nõrgal soojendamisel:



Ammoniaak põleb hapnikus.

**Katse 4.** Soojendame kolbi ammoniaagi vesilahusega (joonis 76). Kui tunda tugevat ammoniaagi lõhna, juhitme klaasilindrisse hapniku ja süütame ammoniaagi. Hoiame leegi kohal külma klaasi. Mis toimub?

Ammoniaak põleb kahvaturoidelise leegiga:



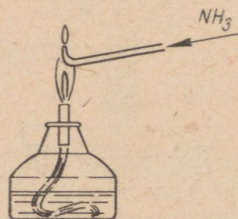
Nagu reaktsiooni võrrandist nähtub, ühinevad hapnikuga vaid ammoniaagi vesiniku aatomid. Lämmastik aga vabaneb. Ammoniaagi põletamiseks õhus tuleb teda kuumutada (joonis 77). Sel juhul täheldatakse kahte leeki — põleti leeki ja ammoniaagi leeki.

### Kokkuvõtte.

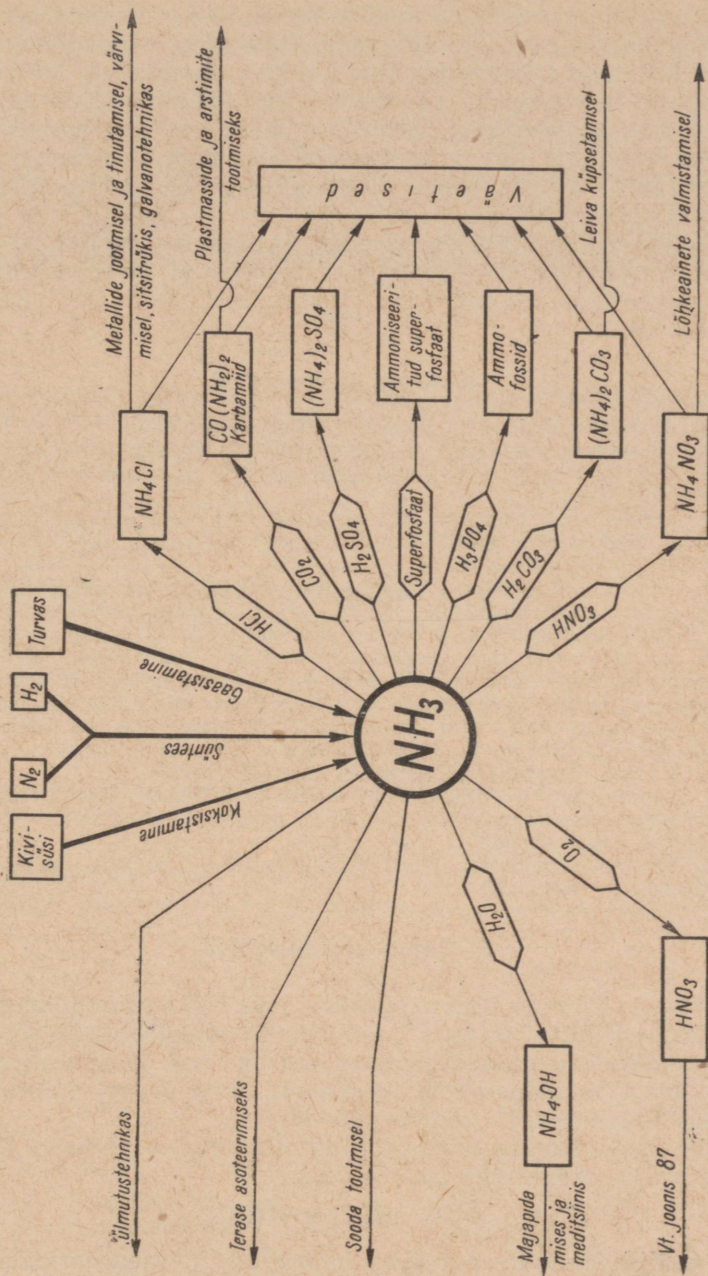
Ammoniaak on terava lõhnaga värvusetu gaas. Ta on õhust ligi kaks korda kergem.  $-33^\circ\text{C}$  juures ammoniaak veeldub ja  $-78^\circ\text{C}$  juures tahkub. Ammoniaak lahustub vees väga hästi. 1 ruumalas vees lahustub normaaltingimustel 700 ruumala ammoniaaki. Ammoniaagi vesilahus on nõrk leelis. Soojendamisel eraldub sellest taas ammoniaak. Ammoniaak põleb hapnikus ning kuumutamisel ka õhus. Põlemisproduktina vabaneb seejuures lämmastik.

## 2. Ammoniaagi kasutamine.

Ammoniaagil on rahvamajanduses väga suur tähtsus. Suuremat osa toodetavast ammoniaagist kasutatakse lämmastikhappe ja lämmastikväetiste tootmiseks (ammooniumnitraat —  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , ammooniumsulfaat —  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , amfoss —  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  jt.). Ammoniaaki kasutatakse ka sooda ning paljude ammooniumisoolade tootmiseks. Vedela ammoniaagi aurustumisel neeldub ümberrusest rohkesti soojust (normaaltingi-



Joonis 77. Ammoniaagi põlemine õhus.



Joonis 78. Ammoniaagi tähtsamad saamisviisid ja kasutusalaad.

mustel piisab ammoniaagi veeldamiseks 7—8 at rõhust ja vedelat ammoniaaki säilitatakse teraspudelites). See võimaldab ammoniaaki kasutada jahutusagendina külmutusseadmetes. Ammoniaagi vesilahust kasutatakse käesoleval ajal lämmastikväetisena. Et ammoniaak seejuures ei lenduks, viiakse see vedelväetis mulda eriliste külvikute, nn. taimetoitjate abil ning kaetakse mullaga. Ammoniaagi vesilahusega immutatakse ka komposteeritavat turbamulda.

Meditsiinis kasutatakse 25% -list ammoniaagi vesilahust nuusk-piirituse nimetuse all ergutava vahendina ja väikeste verejooksude sulgemiseks. Ammoniaagi kasutamisest annab ülevaate skeem joonisel 78.

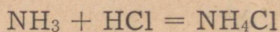
### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Arvutada, kui palju kaalub 1 liiter ammoniaaki.
2. Võrrelda ammoniaagi ja lämmastiku füüsikalisi omadusi.
3. Mis on elektrolüüdi dissotsiatsioonaste? Kuidas dissotsieerub ammoniumhüdroksiid?
4. Kuidas saab kindlaks teha veeauru teket ammoniaagi põlemisproduktides? Milline aine eraldub veel ammoniaagi põlemisel?
5. Milleks kasutatakse ammoniaaki?
6. Arvutada lämmastiku protsendiline sisaldus ammoniumsulfaadis.
7. Ammoniaagi saamiseks segati 8 grammi ammoniumkloriidi ja niisama palju kustutatud lubja. Mitu liitrit ammoniaaki eraldus?
8. Saada ammoniaagi vesilahusest lähtudes ammoniaaki ja demonstreerida ammoniaagi head lahustuvust vees. Teha kindlaks, et ammoniaagi reageerimisel veega tekib ammoniumhüdroksiid, mis on nõrk elektrolüüt.
9. Arvutada, kui suure ruumala võtab enda alla ammoniaak, mis eraldub 60 g 25-protsendilise ammoniaagi vesilahuse kuumutamisel.
10. Kuidas saadakse ammoniaaki laboratoorselt?
11. Kui palju ammoniaaki võib saada 7,5 g tehnilise kustutatud lubja reageerimisel ammoniumkloriidiga, kui kustutatud lubi sisaldab 98,2 protsenti kaltsiumhüdroksiidi?
12. Milline järgmistest lämmastikuühenditest on lämmastikurikkaim:  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ?

### 3. Ammooniumisoolad.

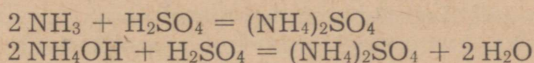
**Katse 1.** Võtame ühte silindrisse paar tilka ammoniaagi kontsentreeritud lahust ja teise paar tilka kontsentreeritud soolhapet. Katame silindrid plaatidega ning asetame nad suudmetega teineteise vastu. Eemaldame nüüd plaadid ja pöörame silindreid, et neis sisalduvad gaasid seguneksid.

Mõlemad silindrid täituvad valge suitsuga — väikeste ammoniumkloriidi osakestega (joonis 79).



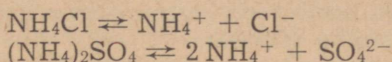
Gaasilise ammoniaagi ning happe aurude reageerimise tõttu kattuvad näiteks keemialaboratoriumides klaasesemed ammoniumisoolade hallikasvalge kihiga.

Ammooniumisoolad võivad tekkida ka ammoniaagi reageerimisel hapetega või ammooniumhüdrosiidi neutraliseerimisel hapetega:



Samal viisil saadakse ka teiste hapete ammooniumisoolasid. Ammooniumisoolad on valged, vees hästi lahustuvad tahked ained. Vesilahustes dissotsieeruvad nad positiivselt ühevalentseteks ammooniumioonideks ( $\text{NH}_4^+$ ) ning happejääkioonideks.

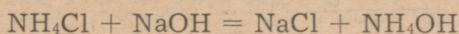
Näiteks:



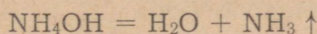
Tutvume ammooniumisoolade tähtsamate keemiliste omadustega ammooniumkloriidi näite abil.

**Katse 2.** Lisame katseklaasi, milles on paar milliliitrit ammooniumkloriidi lahust, veidi naatriumhüdrosiidi lahust. Asetame katseklaasi suudme kohale märja punase lakmuspaberi ja soojendame katseklaasi. Jälgime lakmuse värvuse muutumist ning eralduva gaasi lõhna.

Reaktsiooni võrrand on järgmine:



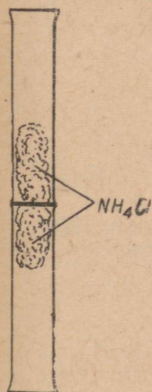
Kuna reaktsioonil tekkinud ammooniumhüdrosiid on ebapüsiv, laguneb ta ammoniaagiks ja veeks:



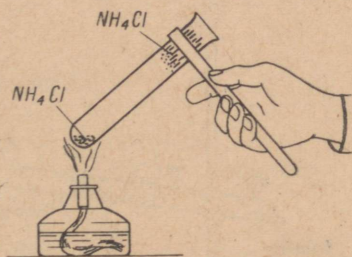
Miks tuleb katsel kasutada märga lakmuspaberit?

Kuna ammooniumisoolade soojendamisel leelistega eraldub ammoniaak, siis kasutatakse seda omadust ammooniumiooni avastamisel.

Kuumutamisel ammooniumisoolad lagunevad.



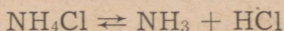
Joonis 79. Ammooniumkloriidi tekkimine ammoniaagi ja kloorvesiniku reageerimisel.



Joonis 80. Ammooniumkloriidi lagunemine.

**Katse 3.** Soojendame katseklaasis ammooniumkloriidi. Eraldub valge suits ning katseklaasi ülaosa seintele koguneb ammooniumkloriidi kiht (joonis 80).

Soojendamisel laguneb ammooniumkloriid ammoniaagiks ja kloorvesinikuks. Jahtumisel ühinevad viimased taas ammooniumkloriidiks:



Hästi saab ammoniaagi ja kloorvesiniku eraldumist ammooniumkloriidi lagunemisel näidata ka katse abil, mis on kujutatud joonisel 81. Kuna ammoniaak difundeerub kiiremini läbi ammooniumkloriidist korki, tekib toru ülemises osas ammoniaagi ja alumises osas kloorvesiniku ülehulk.

Nii lagunevad soojendamisel ka teised ammooniumisoolad. Juhul kui soola moodustav hape ei ole lenduv, eraldub soojendamisel vaid ammoniaak. Seda ammooniumisoolade omadust kasutatakse nende puhastamisel ning eraldamisel teistest sooladest.

Ammooniumisooladest on suurima tähtsusega ammooniumsulfaat  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ , mida kasutatakse suurtes kogustes mineraalväetisena. Ammooniumsulfaati saadakse tavaliselt ammoniaagi ja väävelhappe vahetul reageerimisel.

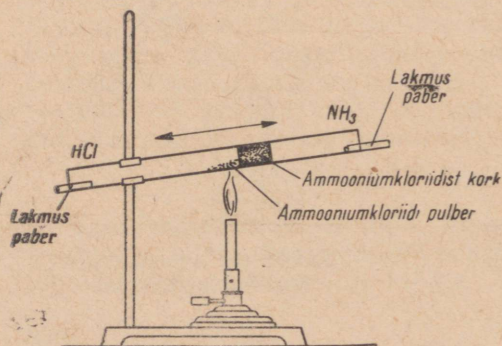
Ammooniumnitraat ehk ammooniumsalpeeter  $(\text{NH}_4\text{NO}_3)$  kuulub paljude mineraalväetiste koostisse. Teda kasutatakse ka mõningate lõhkeainete valmistamisel.

Ammooniumkloriidi ehk salmiaaki  $(\text{NH}_4\text{Cl})$  kasutatakse värvimistööstuses, sitsitrükkimisel, metallide jootmisel ja tinutamisel ning mineraalväetisena.

Ammooniumvesinikkarbonaat  $(\text{NH}_4\text{HCO}_3)$  leiab kasutamist pärmi asendajana kondiitritööstuses. Soojendamisel laguneb ta veeks, ammoniaagiks ja süsihappegaasiks, mis eraldu des kergitavad tainast.

### Kokkuvõte.

Ammooniumisoolad on tahked kristalsed ained, mis lahustuvad väga hästi vees. Vesilahustes dissotsieeruvad nad ammooniumiooniks  $(\text{NH}_4^+)$  ja vastavateks happejääkioonideks. Ammooniumi-



Joonis 81. Ammooniumkloriidi lagunemine.

soolaid saadakse ammoniaagi või selle vesilahuse reageerimisel hapetega.

Ammooniumisoolad astuvad vahetusreaktsiooni hapete, leeliste ja sooladega. Ammooniumiooni tõestatakse uuritava lahuse soojendamisel koos leelisega. Soojendamisel ammooniumisoolad lagunevad.

Ammooniumisoolaid kasutatakse peamiselt mineraalväetisena.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

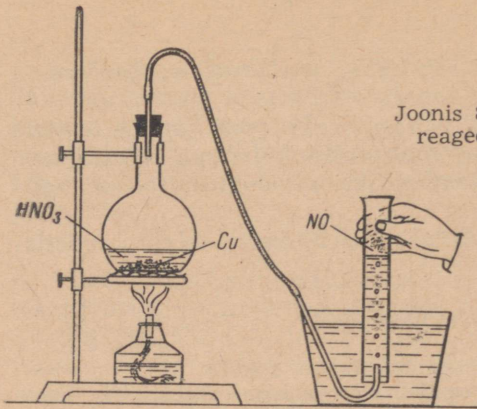
1. Tuua näiteid ammooniumkloriidi saamise kohta.
2. Kirjutada reaktsiooni võrrandid ammoniaagi reageerimise kohta sool-, lämmastik- ja väävelhappega.
3. Kirjutada ioonilised võrrandid ammooniumsulfaadi, ammooniumnitraadi ja ammooniumfosfaadi saamise kohta ammooniumhüdrosiidi reageerimisel vastavate hapetega.
4. Nimetada tähtsamaid ammooniumisoolaid. Kus neid kasutatakse?
5. Mitu liitrit kloorvesinikku tekkis, kui 9 g ammooniumkloriidi reageeris 20 grammi 40%-lise väävelhappe lahusega?
6. Teha ammooniumkloriidi ja ammooniumsulfaadi kvalitatiivne määramine.
7. Tõestada, et ammooniumkloriid laguneb soojendamisel ammoniaagiks ja kloorvesinikuks.
8. Mitu protsenti lämmastikku sisaldub ammooniumnitraadis? Mitu kilogrammi seda väetist tuleb külvata 10 ha põllule, kui 1 ha lämmastikuvajadus on 20 kg?
9. Mitu kilogrammi ammooniumvesinikkarbonaati saadi, kui süsihappega reageeris 17 kg ammoniaaki ja saagise protsent oli 98?
10. Mitu grammi ammooniumkloriidi saadi, kui reaktsiooniks võeti 35 g ammoniaaki ja 73 g kloorvesinikku?
11. Mitu liitrit vesinikku ja lämmastikku vajatakse 1000 liitri ammoniaagi sünteesiks, kui saagise protsent on 85?
12. Põllule tuli külvata lämmastikväetisi, arvestades 30 kg lämmastikku ha kohta. Kui palju kulub ühele ha-le a) 90%-list kaaliumnitraati, b) 90%-list ammooniumnitraati?
13. Koostada ammooniumisoola valem, mille koostises on a) S — 24,24%; H — 6,06%; N — 21,2%; O — 48,5%; b) N — 35%; H — 5%; O — 60%.
14. Milline kogus soola tekkis, kui väävelhappega neutraliseeriti 40 g 20%-list ammoniaagi lahust?

#### § 4. Lämmastiku oksiidid.

Lämmastik moodustab hapnikuga mitmeid okside:

- $N_2O_5$  — dilämmastikpentoksiid on tahke kristalne aine, mis annab veega reageerimisel lämmastikhappe ( $HNO_3$ );
- $NO_2$  — lämmastikdioksiid on punakaspruun gaas;
- $N_2O_3$  — dilämmastiktrioksiidi tuntakse ainult madalal temperatuuril sinise vedelikuna. Temale vastab lämmastikushape ( $HNO_2$ );

Joonis 82. Lämmastikoksiidi saamine vase reageerimisel lahjendatud lämmastikhappega.



NO — lämmastikoksiid on värvusetu gaas;  
 N<sub>2</sub>O — dilämmastikoksiid on värvusetu gaas.

Milline on lämmastiku valents toodud ühendites?

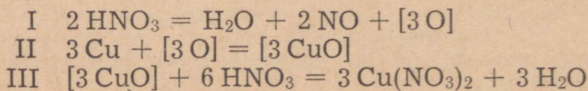
Lämmastiku oksiididest on tähtsamad lämmastikoksiid ja lämmastikdioksiid.

Lämmastikoksiid (NO). Lämmastikoksiid on värvusetu, vees vähe lahustuv gaas. Ta ei moodusta veega happeid.

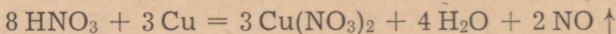
Laboratoorselt on lämmastikoksiidi võimalik saada lahjendatud lämmastikhappe toimel vasesse.

**Katse 1.** Asetame kolbi (joonis 82) vaselaaste ja valame neile lahjendatud lämmastikhapet. Suleme kolvi korgiga, mida läbib gaasijuhtetoru ning soojendame. Kui kolvis algab tugev gaasi eraldumine, kogume teda vee all. Silindrisse koguneb värvusetu gaas — see ongi lämmastikoksiid.

Toimunud reaktsiooni väljendame keemiliste võrranditena faasides:



Summaarne  
 reaktsiooni võrrand:

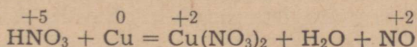


Nagu reaktsiooni võrrandist nähtub, redutseerub lämmastikhape lämmastikoksiidiks. Lämmastikhappes on lämmastik viievälistne, tekkivas lämmastikoksiidis aga kahevälistne. Vask aga oksüdeerub, muutudes positiivselt kahevälistseks vaskiooniks.

Kuna nimetatud reaktsioonil toimub elementide valentsi muutumine, on siin tegemist redutseerumis-oksüdeerumisreaktsiooniga ehk lühendatult redoksreaktsiooniga. Redoksreaktsioonidel võrdub redutseerija poolt loovutatud elektronide arv oksüdeerija poolt juurdvõetud elektronide arvuga. See ongi aluseks redoksreaktsioonide võrrandite koostamisel.

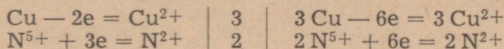
Koostame lahjendatud lämmastikhappe ja vase vahelise reaktsiooni võrrandi järgmiselt:

I. Kirjutame välja reaktsiooni skeemi ja määrame elementide valentsid:



Positiivselt viievalentne lämmastik esineb siin oksüdeerijana, vask aga redutseerijana.

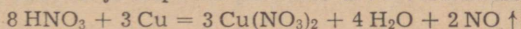
II. Koostame võrrandid, mis näitavad elektronide üleminekut:



Selleks et liidetud ja loovutatud elektronide arv oleks võrdne, korrutame esimest võrrandit kolme ja teist kahega.

III. Leiame koefitsiendid.

Elektronide arvu võrdsustamisest selgub, et kolme aatomi vase oksüdeerimiseks kulub kaks molekuli lämmastikhapet. Kolmest vase aatomist tekib aga ka kolm molekuli vasknitraati. Seega kulub vasknitraadi tekkeks omakorda kuus molekuli lämmastikhapet. Kokku kulub  $2 + 6 = 8$  molekuli lämmastikhapet. Vee molekulide arvu leiame võrrandi vasakul ja paremal poolel olevate vesiniku ja hapniku aatomite arvu võrdlemisel.

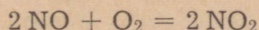


Millisel viisil võib veel saada lämmastikoksiidi?

Tutvume nüüd kogutud lämmastikoksiidiga.

**Katse 2.** Suleme silindri, millesse on kogutud NO, vee all ja võtame ta veest välja. Pöörame silindri suudmega ülespoole ja avame ta.

Läbi gaasiga täidetud silindri valgele paberile vaadates võib tähele panna, kuidas gaas pruunistub ja pruunide pilvedena silindrist väljub. See on tekkinud lämmastikdioksiid ( $\text{NO}_2$ ):

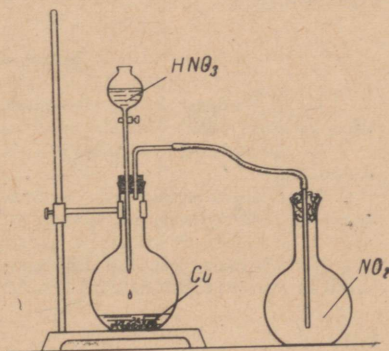


Lämmastikdioksiidi kasutatakse lämmastikhappe tootmisel.

Lämmastikdioksiid ( $\text{NO}_2$ ). Laboratoorseteks katseteks saadakse lämmastikdioksiidi vase reageerimisel kontsentreeritud lämmastikhapega.

**Katse 1.** Asetame kolbi mõned vaselaastud ning valame neile kontsentreeritud lämmastikhapet. Reaktsioon kulgeb soojendamiseta. Eralduva lämmastikdioksiidi kogume, nagu on näidatud joo-

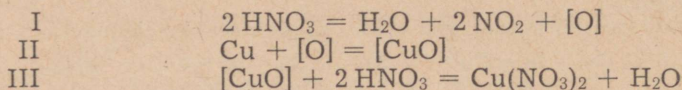
Joonis 83. Lämmastikdioksiidi saamine laboratoorselt.



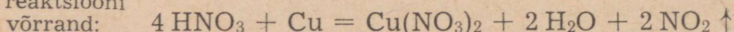
nisel 83. Jälgime lämmastikdioksiidi värvust ning tutvume kolbi asetatava vatitüki abil tema lõhnaga. (Ettevaatust! MürGINE!)

Mis võimaldab koguda lämmastikdioksiidi kolbi, mille suue on suunatud ülespoole?

Reaktsiooni väljendame järgmiste faasidena:



Summaarne  
reaktsiooni



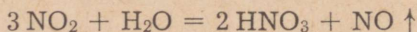
Vask oksüdeerub kontsentreeritud lämmastikhappes vask(II)-oksiidiks. Viimane moodustab lämmastikhappesga vasknitraadi ja vee. Lämmastikhape redutseerub samal ajal aga lämmastikdioksiidiks. Nii nagu kontsentreeritud vävelhape, on ka kontsentreeritud lämmastikhape hea oksüdeerija ning oksüdeerib metalle.

Lämmastikdioksiidil on eriline terav lõhn. Ta on õhust raskem. Jahtumisel muutub lämmastikdioksiid kollakaks vedelikuks, mis tardub temperatuuril  $-10^\circ\text{C}$  värvuseta kristalseks massiks.

Tutvume nüüd lämmastikdioksiidi keemiliste omadustega.

**Katse 2.** Valame kolbi, millesse kogusime lämmastikdioksiidi, vett ja loksutame. Kolvi sisu muutub värvusetuks. Paneme saadud lämmastikdioksiidi lahusesse lakmuspaberi — see värvub punaseks.

Järelikult lämmastikdioksiid, lahustudes vees, reageerib veega ja moodustab happe:



Toodud reaktsioon kulgeb tööstuses lämmastikhappe saamisel.

Lämmastikdioksiid on tugev oksüdeerija. Mõned ained põlevad temas, võttes talt hapniku ära. Suur tähtsus on näiteks reaktsioonil, milles lämmastikdioksiid oksüdeerib vääveldioksiidi vääveltrioksiidiks. Seda reaktsiooni kasutatakse väävelhappe tootmisel tornmeetodil.

Katsed lämmastikdioksiidiga tuleb tema mürgisuse tõttu teha tõmbekapis.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Kirjutada kõigi lämmastiku oksiidide valemid ja määrata lämmastiku valents neis. Kuidas neid oksiide nimetatakse?
2. Nimetada lämmastikoksiidi ja lämmastikdioksiidi füüsikalisi omadusi.
3. Kuidas saadakse laboratooriumis lämmastikoksiidi ja lämmastikdioksiidi? Kirjutada vastavate reaktsioonide võrrandid.
4. Kuidas on võimalik lämmastikoksiidi eraldada lämmastikdioksiidist?
5. Millega seletate nähtust, et pärast äikest võib vihmavees vähesel määral esineda lämmastikhapet?

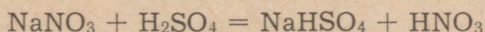
6. Milleks kasutatakse lämmastikoksiidi ja lämmastikdioksiidi?
7. Lämmastiku ühend hapnikuga sisaldab 46,66% lämmastikku ja 53,34% hapnikku. Leida selle ühendi valem.
8. Arvutada lämmastikdioksiidi tihedus vesiniku suhtes, tihedus õhu suhtes, ühe liitri kaal normaalingimustel, ühe grammi ruumala ja kahe mooli ruumala.
9. Kui palju lämmastikdioksiidi tekib, kui reageerivad: a) 16 g lämmastikku ja 17 g hapnikku, b) 45 liitrit lämmastikku ja 44,8 liitrit hapnikku?
10. Mitu grammi lämmastikdioksiidi võib saada a) 2 mooli, b) 60 grammi, c) 11,2 liitri lämmastikdioksiidi oksüdeerimisel?

## § 5. Lämmastikhape ( $\text{HNO}_3$ ).

Lämmastikhape on tähtsaimaks lämmastiku hapnikuühendiks. Teda tundsid juba alkeemikud.

### 1. Lämmastikhappe saamine laboratooriumis.

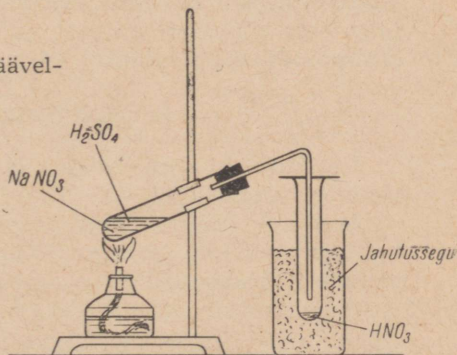
**Katse 1.** Võtame katseklaasi naatriumnitraati ( $\frac{1}{5}$  ruumalast) ning lisame sellele ettevaatlikult kontsentreeritud väävelhapet (joonis 84). Segame aineid klaaspulgaga nii, et kogu naatriumnitraad oleks happega niisutatud. Suleme nüüd katseklaasi korgiga, mida läbib gaasijuhtetoru. Toru otsa juhime katseklaasi, mida jahutame lume või külma veega. Soojendame reageerivaid aineid ning jälgime lämmastikhappe tekkimist:

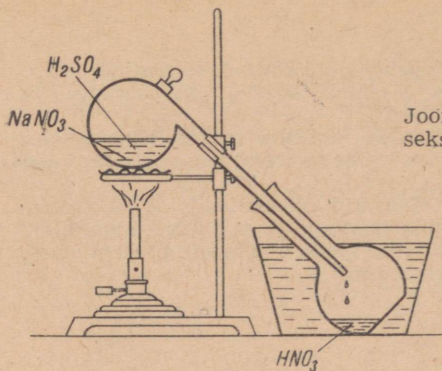


Kuna lämmastikhape on lenduv aine, eralduvad tema aurud ning liiguvad mööda gaasijuhtetoru kogujasse. Seal kondenseeruvad lämmastikhappe aurud vedelaks lämmastikhappeks.

Suurema koguse lämmastikhappe saamiseks tehakse katse retordis (joonis 85).

Joonis 84. Lämmastikhappe saamine väävelhappe toimel naatriumnitraadisse.

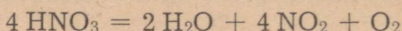




Joonis 85. Seadis lämmastikhappe saamiseks laboratooriumis (suuremas koguses).

## 2. Lämmastikhappe omadused.

Katsel saadud lämmastikhape on kollaka värvusega, mis on tingitud happe lagunemisel tekkiva lämmastikdioksiidi värvusest. Lämmastikhappe lagunemist võib väljendada järgmiselt:



Siit ilmneb ka lämmastikhappe oksüdeerimisvõime. Kuidas? Tööstustes välditakse lämmastikhappe lagunemist tema destilleerimisega madalamal rõhul. Siis keeb lämmastikhape madalamal temperatuuril ega lagune.

Kontsentreeritud lämmastikhapet säilitatakse pimedas kohas või tumedas pudelis, sest valguse toimel ta laguneb samuti nagu soojendamiselgi.

Puhas lämmastikhape on iseloomuliku terava lõhnaga värvusetu vedelik, erikaaluga 1,53. Ta keemispunkt on  $86^\circ\text{C}$ . Läbipaistvaks kristalseks massiks tardub lämmastikhape  $-41^\circ\text{C}$  juures. Veega seguneb lämmastikhape igasuguses vahekorras. Müügil on lämmastikhape 68% -lise lahusega.

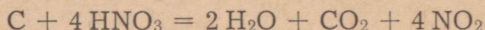
Lämmastikhappe dissotsiatsiooniate on 0,1 n lahuses 92%. Seega on lämmastikhape tugev hape.

Keemiliselt aktiivse (tugeva) happena reageerib lämmastikhape aluseliste oksiidide, aluste ja sooladega, moodustades seejuures lämmastikhappe soolaid — nitraate.

### *Lämmastikhappe oksüdeerijana.*

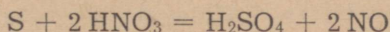
Lämmastikhappe kõige iseloomulikumaks omaduseks on tema oksüdeerimisvõime.

**Katse 1.** Soojendame katseklaasis laboratoorselt valmistatud kontsentreeritud lämmastikhapet kuni keemiseni ning viskame sellesse tükikese hõõguvat sütt. See põleb happes edasi, kusjuures eraldub pruuni lämmastikdioksiidi:



Oksüdeerides süsiniku süsinikdioksiidiks, redutseerub lämmastikhape ise lämmastikdioksiidiks.

Samuti oksüdeerib kontsentreeritud lämmastikhape teisi mitte-metalle. Väävel näiteks oksüdeerub väävelhappeks:



Ka reageerimisel metallidega ilmneb hästi kontsentreeritud lämmastikhappe oksüdeeriv toime (näiteks vase reageerimisel kontsentreeritud lämmastikhappega). Lämmastikhappe lagunemisel eralduv hapnik reageerib metallidega, moodustades oksiide. Need reageerivad kohe uute lämmastikhappe molekulidega, moodustades nitraate (vt. lk. 136).

Samuti reageerib kontsentreeritud lämmastikhape ka teiste metallidega, oksüdeerides neid. Seejuures tekivad nitraadid, lämmastiku oksiidid ja vesi. Erinevalt teistest hapetest ei teki lämmastikhappe reageerimisel metallidega vesinikku.

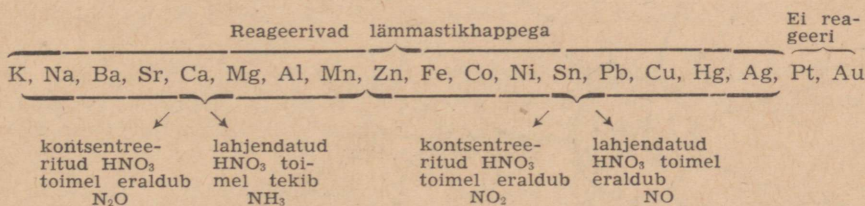
Ka lahjendatud lämmastikhape oksüdeerib metalle (näiteks vase reageerimine lahjendatud lämmastikhappega; vt. lk. 135).

Raud, alumiinium ja nikkel ei reageeri kontsentreeritud lämmastikhappega. Oksiidikiht, mis tekib lämmastikhappe toimel nende metallide pinnale, on väga tihe ning kaitseb metalle happe edasise toime eest. Tänu raua ja alumiiniumi passiivsusele kontsentreeritud lämmastikhappe suhtes võib neist metallidest valmistatud aparatuuri ja nõusid kasutada kontsentreeritud lämmastikhappega töötamisel ning tema transportimisel ja säilitamisel.

«Metallide kuningas» kuld ei reageeri kontsentreeritud lämmastikhappega. Küll aga «lahustub» kuld nn. kuningvees, mis koosneb ühest ruumalast kontsentreeritud lämmastikhappest ja kolmest ruumalast kontsentreeritud soolhappest. Kuningveega reageerib ka plaatina.

Lämmastikhape võib redutseeruda  $NO_2$ ,  $NO$ ,  $N_2O$  ja  $NH_3$ -ni, olenevalt happega reageerivatest ainetest ja happe kontsentratsioonist.

Lämmastikhappe toimet metallidesse selgitab üldjuhul järgmine skeem:



Lämmastikhapet kui tugevat oksüdeerijat iseloomustavad veel järgmised katsed.

**Katse 2.** Valame katseklaasi, milles on lakmuse või indigo



Joonis. 86. Tärpentiniõli süttimine lämmastikhappes.

lahus, kontsentreeritud lämmastikhapet. Lahus valastub. Viime nüüd paar tilka kontsentreeritud lämmastikhapet värvitud riidetükile. Riide värvus kaob.

**Katse 3.** Valame tiiglisse veidi kontsentreeritud lämmastik- ja väävelhapet (ruumalalises vahekorras 1:1). Asetame tiigli suuremasse keeduklaasi, mille põhjas on liiva. Tilgutame nüüd hapete segusse sooja tärpentiniõli (joonis 86). Tärpentiniõli süttib ja põleb pika leegiga. Eraldub pruun gaas — lämmastikdioksiid.

Märkus. Katse läbiviimisel tuleb olla väga ettevaatlik. Ei tohi kummarduda põleva tärpentiniõli kohale.

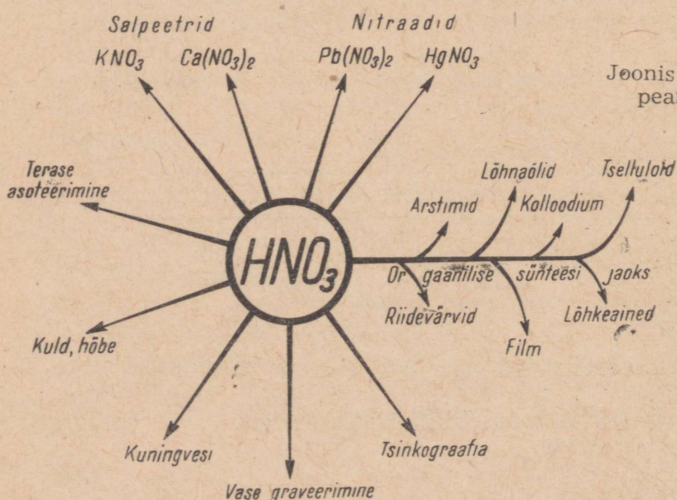
Katsetest järeldame, et lämmastikhape on tugev oksüdeerija. Teda tuleb eemal hoida põlevatest ainetest (saepuru, puulaastud, õled jne.), et ei tekiks tulekahju.

Nahale sattudes tekitab kontsentreeritud lämmastikhape sellele kollase pleki. Mahapesemata hape võib tekitada aga haavu.

### Kokkuvõte.

Lämmastikhape on värvuseta vedelik, mis laguneb kergesti. Ta reageerib kõigi metallidega peale kulla ja plaatina, redutseerudes seejuures  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  või  $\text{NH}_3$ -ni. Lämmastikhape on hea oksüdeerija. Ta moodustab kergesti soolaid, mis lahustuvad hästi vees. Lämmastikhape on erakordselt sööbiv.

Lämmastikhappe kasutamisest annab ülevaate järgmine skeem.



Joonis 87. Lämmastikhappe peamised kasutusalaad.

## Küsimusi ja ülesandeid.

1. Mitmeprotsendiline lämmastikhape saabub müügile laboratoorseteks vajadusteks? Leida tabelist (lk. 240) sellise lämmastikhappe erikaal.

2. Mitmealuseline hape on lämmastikhape?

3. Nimetada lämmastikhappe üldisi ja spetsiifilisi omadusi. Kirjutada vastavate reaktsioonide võrrandid.

4. Kirjutada reaktsiooni võrrand lämmastikhappe dissotsieerumise kohta vesilahustes.

5. Kirjutada molekulaarsed ja ioonilised võrrandid lämmastikhappe reageerimise kohta kaltsiumhüdrokksiidi ja naatriumkarbonaadiga.

6. Vase reageerimisel kontsentreeritud väävelhappes muutub tekkiv lahus roheliseks, vee lisamisel aga siniseks. Anda seletus ja kirjutada vastavate reaktsioonide võrrandid.

7. Miks lisatakse katses tärpentiniõli süttimise kohta kontsentreeritud lämmastikhappes viimasele kontsentreeritud väävelhappet?

8. On antud vask, vask(II)oksiid, lahjendatud lämmastikhape ning muud vajalikud vahendid. Saada kahe erineva reaktsiooni abil vasknitraati ning eraldada see tahke aine. Kirjutada vastavate reaktsioonide võrrandid.

9. Valada vaskplekile või mõnele vase sulamile paar tilka kontsentreeritud lämmastikhapet. Kirjeldada toimuvat ja kirjutada reaktsiooni võrrand. Kuidas saab kindlaks teha, kas ese on kullast?

10. Teha katseliselt kindlaks, millises antud katseklaasis on sool-, väävel- ja lämmastikhapé. Kirjutada vastavate reaktsioonide võrrandid.

11. Mitu kilogrammi kaaliumnitraati vajatakse 30 grammi 63%-lise lämmastikhappe saamiseks?

12. Leida lämmastiku valents ühendis, millel on järgmine koostis: 63,2% lämmastikku ja 36,8% hapnikku.

13. Koostada reaktsiooni võrrand kontsentreeritud lämmastikhappe lagunemise kohta kuumutamisel ja arvutada, mitu grammi lämmastikdioksiidi tekib 0,75 mooli lämmastikhappe lagundamisel?

14. Mitu milliliitrit lämmastikhapet kulub 22,2 grammi kaltsiumhüdrokksiidi neutraliseerimiseks, kui lämmastikhappe erikaal on 1,303?

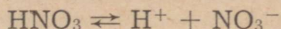
15. 160 milliliitrit lämmastikhapet (e.-k. 1,412) lahjendati veega kuni 0,5 liitrini. Leida tekkinud lahuse protsendiline ja molaarne kontsentratsioon.

16. Mitu milliliitrit lämmastikhapet (e.-k. 1,198) kulus reaktsioonil magneesiumoksiidiga, kui reaktsiooni tulemusena tekkis 3 mooli magneesiumnitraati?

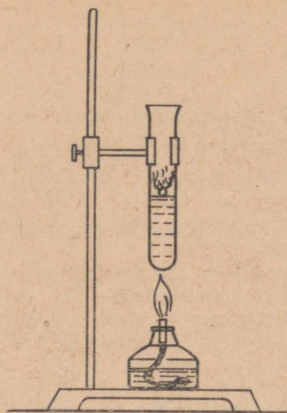
17. Milline kogus 20%-list lämmastikhapet vajatakse reageerimiseks 10 g kaltsiumkarbonaadiga?

### 3. Lämmastikhappe soolad — nitraadid.

Lämmastikhape on ühealuseline hape. Seetõttu moodustab ta vaid lihtsoolasid. Tugeva happena dissotsieerub lämmastikhape lahjendatud lahustes täielikult:



Kaalium-, naatrium-, kaltsium- ja ammoniumnitraati nimetatakse sageli ka salpeetriteks ( $\text{KNO}_3$  — kaaliumsalpeeter,  $\text{NaNO}_3$  — naatrium- ehk tšii salpeeter,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  — kaltsium- ehk lubisalpeeter,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  — ammoniumsalpeeter).



Joonis 88. Sõe põlemine kaaliumnitraadis.

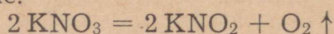
Enamik lämmastikhappe soolased lahustub hästi vees (vt. tabel lk. 239). Tavalistel tingimustel on nitraadid püsivad. Kuumutamisel nad aga lagunevad.

**Katse 1.** Puistame katseklaasi kaaliumnitraati ja soojendame. Kui sul kaaliumnitraadi pinnale hakkab kerkima gaasimullikesi, viskame sinna hõõguva söetükikese. Süsi põleb sulas kaaliumnitraadis edasi, hüpeldes selle pinnal (joonis 88).

Väävel põleb sulas kaaliumnitraadis pimestava leegiga.

Märkus. Katseklaasi alla tuleb asetada kauss liivaga, sest suure kuumuse tõttu võib katseklaas sulada ning puruneda.

Katsetest järeldub, et kuumutamisel kaaliumnitraat laguneb, kusjuures eraldub hapnikku. Reaktsiooni võrrand on järgmine:

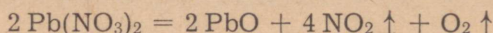


Analoogiliselt laguneb kuumutamisel enamik aktiivsemate metallide (leelismetallide, kaltsiumi, baariumi, kuid mitte alumiiniumi) nitraate.

**Aktiivsete metallide nitraatide kuumutamisel eraldub hapnikku ning tekivad lämmastikuhappe soolad — nitritid.**

Järgnevalt teeme katse, mis näitab vähemaktiivsete metallide nitraatide lagunemist kuumutamisel.

**Katse 2.** Paneme katseklaasi mõned pliinitraadi kristallid ja kuumutame. Eraldub pruuni lämmastikdioksiidi:



Nagu katsest ja reaktsiooni võrrandist nähtub, ei eraldu pliinitraadi kuumutamisel pliiinitrit, vaid pliioksiid. Ka siin eraldub kuumutamise tulemusena hapnikku.

Nii nagu pliinitraat, laguneb kuumutamisel enamik vähemaktiivsete metallide nitraate (peale hõbenitraadi —  $\text{AgNO}_3$ ).

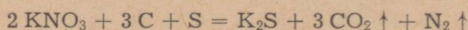
**Vähemaktiivsete metallide nitraadid lagunevad kuumutamisel metalli oksiidideks, lämmastikdioksiidiks ja hapnikuks.**

Kaaliumnitraat kuulub ühe vanima lõhkeaine — musta püssirohu koostisse. Musta püssirohtu hakati kasutama juba XVI sajandil.

**Katse 3.** Valmistame paar grammi musta püssirohtu. Segame eelnevalt peenestatud lähteaineid hoolikalt paberilehel. Viime nüüd püssirohu plekitükile ning süütame selle tõmbekapis pika pirru abil.

Püssirohu põlemine toimub vaid kaaliumnitraadi lagunemisel eralduva hapniku arvel. Selles võib veenduda, kui süüdata püssirohi hõõguva traadiga või elektrisädemega süsihappegaasi atmosfääris. Püssirohi põleb süsihappegaasis samuti nagu õhus, kuigi süsihappegaas ei söodusta põlemist.

Musta püssirohu plahvatamist võib väljendada järgmise keemilise võrrandina:



Musta püssirohu puuduseks on tema väike lõhkevõime ja suitsu tekkinine plahvatamisel. Tänapäeval kasutatakse teda vaid jahipüssi padrunites.

Katsed näitavad, et nitraatidel on nagu lämmastikhappelgi väike termiline püsivus ja suur oksüdeerimisvõime.

Nitraatide omadusel laguneda kuumutamisel hapniku eraldumisega põhineb ka järgmine meetod nitraatide kindlakstegemiseks.

**Katse 4.** Puistame hõõguvale puusöetükile veidi mingit nitraati, mis on eelnevalt peenestatud. Tähele pane väikseid plahvatusi.

Kuumutatud söel annavad plahvatusi kõik nitraadid, mistõttu neid saab nimetatud katse abil tõestada.

Nitraatiooni ( $\text{NO}_3^-$ ) tõestamiseks kasutatakse ka nitraatide omadust reageerida kontsentreeritud väävelhappega, kusjuures moodustub lämmastikhape. Kui nüüd katseklaasi lisada vaselaastuke ja soojendada, eralduvad pruunid lämmastikdioksiidi aurud. Viimaste teke ongi tunnuseks, mis näitab, et määratav sool on nitraat.

Nitraate kasutatakse kõige enam väetistena põllumajanduses, kusjuures tähtsaimaks neist on ammonium-, kaltsium- ja naatriumnitraat.

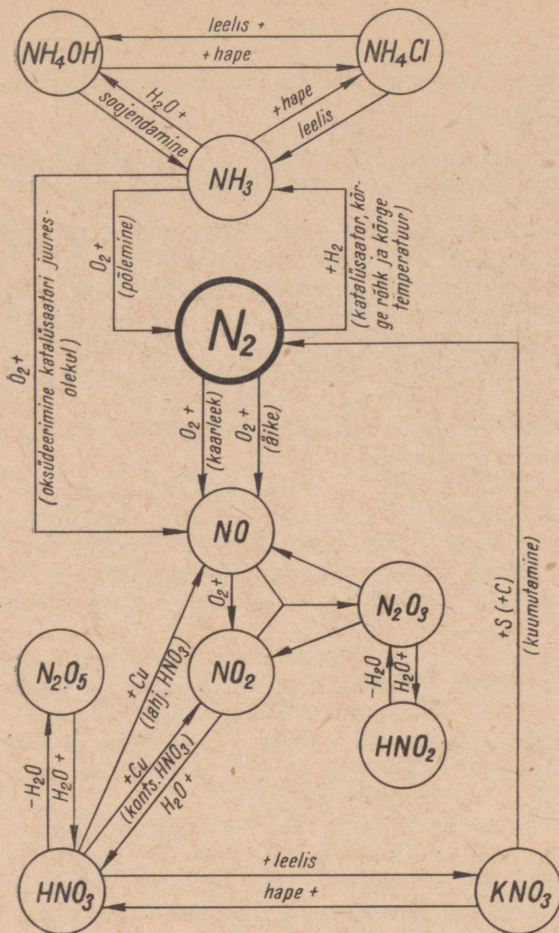
Kaaliumnitraati kasutatakse väetisena, liha ja kala konserveerimisel (kaaliumnitraadiga soolatud lõhe on meeldiva roosa värvusega), musta püssirohu valmistamisel ja mujal.

Tähtsamaks nitraadiks on veel hõbenitraat («põrgukivi»), mida kasutatakse meditsiinis peitsina limanahkade põletike puhul ja soolatüügaste «põletamiseks», fotoasjanduses, galvanoplastikas hõbetamiseks ning keemialaboratuuriumides. (Milleks kasutatakse hõbenitraati keemialaboratuuriumides?)

Enamik nitraate on valge värvusega kristalsed ained. Vasknitraat moodustab siniseid kristalle.

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Jutustada nitraatide omadustest.
2. Kirjutada keemilised võrrandid järgmiste nitraatide saamise kohta kahel erineval viisil: a)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , b)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  ja c)  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .
3. Vastavalt varem esitatud skeemile redutseerub lahjendatud lämmastikhape tsingiga reageerimisel kuni ammoniaagini. Miks ei eraldu aga seejuures gaasilist ammoniaaki?
4. Nimetada nitraate, mida kasutatakse a) väetistena, b) lõhkeainete valmistamisel.
5. Juhindudes joonisel 89 toodud skeemist, koostada keemilised võrrandid lämmastikuühendite tekkimise kohta ja nimetada vastavate reaktsioonide kulgemise tingimusi.
6. Kirjutada keemilised võrrandid reaktsioonide kohta, mis toimuvad naatrium- ja vasknitraadi kuumutamisel.



Joonis 89. Lämmastiku ja tema ühendite seose skeem.

7. Katseklaasides on järgmised nitraadid: naatriumnitraat, kaaliumnitraat, ammoniumnitraat, vasknitraat. Teha nende kvalitatiivne määramine.
8. Arvutada, mitu liitrit gaase eraldub normaaltingimustel 100 g musta püsirohu põlemisel?
9. Mitu liitrit lämmastikoksiidi võib saada 12,8 g vase reageerimisel lahjendatud lämmastikhappega?
10. Mitu grammi kaaliumnitraati tuleb kuumutada, et tekiks 5600 milliliitrit hapnikku, kui kaaliumnitraat sisaldab 95% puhast soola?
11. 40 g 63%-list lämmastikhapet neutraliseeriti 14,4 g kaltsiumhüdrosiidiga. Mitu grammi kaltsiumnitraati tekkis?
12. 3 kg 40%-list lämmastikhapet neutraliseeriti ammoniaagi vesilahusega. Mitu a) mooli ammoniaaki, b) kilogrammi 25%-list ammoniaagi lahust neutraliseeriti?

## § 6. Lämmastikväetised.

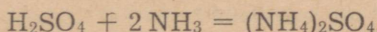
Et saada põldudel rikkalikku saaki, peab muld sisaldama küllaldaselt määral taimedele vajalikke toiteelemente ja eeskätt lämmastikuühendeid.

Mulla lämmastikuvajaduste rahuldamiseks kasutatakse sõnnikut, virtsa, komposti, turvast ning kasvatatakse ristikut. Produktiivse maaviljeluse juures ei piisa aga sellest, nn. bioloogilisest lämmastikust. Pealegi on bioloogilise lämmastiku mõju aeglane. Keemiatööstuses toodetavad lämmastikväetised seevastu mõjuvad kiiresti, neid on hea transportida ja põllule või karjamaale külvata (spetsiaalsed külvikud, taimetoitjad, külvine lennukilt jne.). Selle nn. tehnilise lämmastiku külvas peabki tagama suured saigid põllumajanduses.

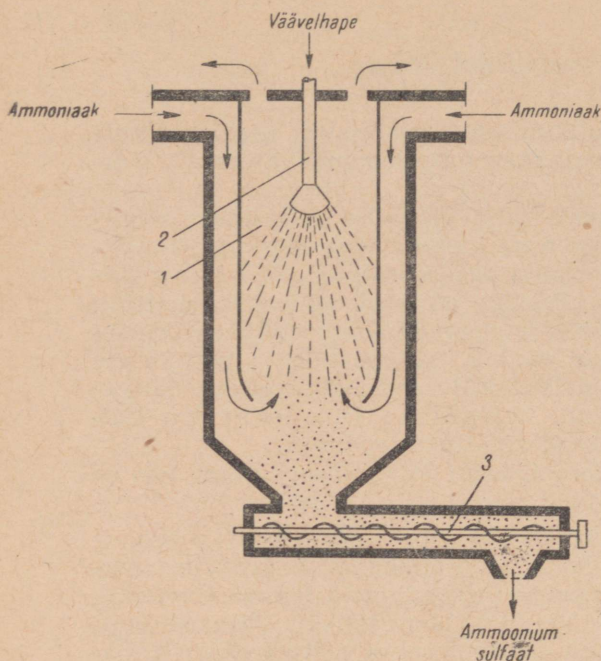
1965. aastal toodeti mineraalväetisi 31,3 miljonit tonni. See on ligi kolm korda enam kui 1958. aastal.

Tähtsaimaks lämmastikväetiseks on ammooniumnitraat —  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . See on valge või kollakasvalge kristalne aine. Ammooniumnitraat on üks kontsentreeritumaid lämmastikväetisi. Tehniline produkt sisaldab 33—34% lämmastikku. Ammooniumnitraat on väga hügrokoopne. Säilitamisel ta paatub ning pikemaajalisel niiskes õhus seismisel isegi lahustub õhust seotud vees. Seepärast tuleb teda säilitada kuivas kohas. Hügrokoopseuse vähendamiseks granuleeritakse ammooniumnitraati. Happeliste muldade väetamiseks on ammooniumnitraadile vaja lisada jahvatatud lubjakivi või siis lubjata mulda. Vastasel korral on väetise toime minimaalne.

Tähtsuselt teiseks lämmastikväetiseks on ammooniumsulfaat —  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Tehniline produkt sisaldab umbes 20% lämmastikku. Ammooniumsulfaat on valge või sinakashall peenekristalliline aine. Säilitamisel ta ei paatu. Selle väetise lihtsaim tootmise meetod seisneb väävelhappe neutraliseerimises ammoniaagiga:



Joonisel 90 on kujutatud ammooniumsulfaadi valmistamist nn. neutraliseerimiskambriis. Selle meetodi kohaselt pihustatakse väävelhape kambri sisemisse ruumi, kuna kambri välimisse ruumi juhitakse samaaegselt gaasiline ammoniaak. Niisugustes tingimustes reageerib iga piisk väävelhapet silmapilkselt ammoniaagiga ning muutub ammooniumsulfaadiks. Neutraliseerimisreaktsioonil vabaneva soojuse tõttu aurustub vesi ning lahku kambri, kuna kuivad ammooniumsulfaadi kristallid langevad kambri põhja, kust nad transportööriga lattu toimetatakse.



Joonis 90. Ammooniumsulfaadi tootmine kuivmenetluse teel:

- 1 — reaktsioonikamber,  
2 — pihusti, 3 — tigu.

Nimetatud menetlus on väga efektiivne ning võimaldab valmistada toodet, mis sisaldab vaid vähesel määral niiskust ja vaba väävelhapet.

Et kokku hoida kallist väävelhapet, on viimasel ajal hakatud ammooniumsulfaadi tootmiseks kasutama teisi sulfaate, näiteks kipsi, looduslikku naatriumsulfaati (mirabiliiti) jt. Selleks juhitakse kipsi suspensiooni vees või mirabiliidi lahusesse rõhu all süsinikdioksiidi ja ammoniaaki.

Viimasel juhul saadakse ammooniumsulfaadi kõrval ka naatriumvesinikkarbonaati (söögisoodat).

Mittepaatuv on ka segaväetis ammooniumsulfaat-nitraat (montaansalpeeter) —  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3$ . See on valge kristalne aine, mille lämmastikuisaldus on 26%.

Tahketest lämmastikväetistest tuleb märkida veel kaltsiumnitraati ehk nn. lubisalpeetrit —  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , naatriumnitraati —  $\text{NaNO}_3$ , kaltsiumtsüaanamiidi —  $\text{CaCN}_2$ , karbamiidi —  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  jt.

Karbamiid on kõige kontsentreeritum tahke lämmastikväetis. Tehniline karbamiid sisaldab kuni 46% lämmastikku. Seega sisaldab ta 100 korda rohkem lämmastikku kui sõnnik. Karbamiidi lisatakse ka loomasöödale selle toiteväärtuse tõstmiseks.

Nimetatud lämmastikväetised lahustuvad kõik väga hästi vees. Sellest tingituna on nende toime kiire. Niisketel või niisutatavatel aladel ei ole aga neid väetisi otstarbekohane kasutada, sest vesi

uhub nad kiiresti mullast ära. Sellistel aladel kasutatakse vees halvasti lahustuvaid väetisi.

Vedelate lämmastikväetistena kasutatakse vedelat ammoniaaki (82%-line lämmastikuisisaldus). Vedelat ammoniaaki tuleb säilitada ja transportida kõrget survet taluvates paakides.

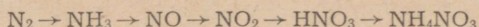
Viimastel aastatel suureneb aga pidevalt ammoniaagi 25%-lise vesilahuse kasutamine lämmastikväetisena. Selle transpordiks pole vaja korrosioonikindlast terasest tsisterne, vaid võib kasutada tavalisi tsisterne.

Kuna vedelväetiste transport ja muldaviimine on ligi poole odavam kui tahkete väetiste puhul, on neil väetistel meie põllumajanduses suur tulevik. Vedelväetise ( $\text{NH}_3$  25%-lise vesilahuse) tootmine organiseeritakse ka Eesti NSV-s Kohtla-Järve Põlevkivitöötlemise Kombinaadis.

Bakterväetistest kasutatakse kõige enam nitragiini ja asotogeeni.

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Nimetada tähtsamaid tahkeid ja vedelaid lämmastikväetisi.
2. Kuidas mõjutab lämmastik taimede kasvu?
3. Kuidas leida, kui palju ühte või teist lämmastikväetist on vaja antud põllu väetamiseks?
4. Kirjutada keemilised võrrandid järgmiste muundumiste kohta:



5. On antud kaks katseklaasi erinevate lämmastikväetistega. Tehke kindlaks, mis väetised need on (kasutada väetiste määramise tabelit lk. 236).
6. Saada ammooniumsulfaadist lähtudes ammoniaaki ja kirjutada vastavad reaktsioonivõrrandid.
7. Määrata, millises antud katseklaasis on ammooniumkloriid, millises kaaliumnitraat.
8. Katseklaasis on ammoniaagi lahus, millele on lisatud naatriumkloriidi. Saada sellest segust keedusool puhtal kujul.
9. Milline järgmistest väetistest on kõige lämmastikurikkam:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ? Arvutada lämmastiku protsendiline sisaldus neis.
10. Milline kogus karbamiidi võib asendada 1 tonni ammooniumsulfaati?
11. Kui palju ammooniumnitraati (sisaldab 35% lämmastikku) on vaja külvata 1 ha kohta, kui lämmastiku norm on 30 kilogrammi ha-le?
12. Kui palju ammooniumsulfaati tuleb külvata 40 ha põllule, et teravili saaks pealtväetamisega 15 kg lämmastikku ha kohta?

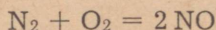
## § 7. Lämmastiku ringkäik looduses.

Nagu teada, on lämmastik organismide elutähtsaks elemendiks. Kuidas saavad taimed neile vajalikku lämmastikku? Õhus on teatavasti lämmastikku ruumalaliselt 78%. Suurem osa taimedest aga hakkub sellises lämmastiku külluses, kui põllule ei viida lämmastikuühendeid. Katsed on näidanud, et taimed võivad kasvada ja areneda vaid siis, kui mullas esineb lahustuvaid toitesoolasid, eelkõige aga nitraate  $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2, \text{NaNO}_3, \text{NH}_4\text{NO}_3 \text{ jt.}]$ . Neid ja teisi soolasid, mis on tavaliselt mullavees lahustunud, omastavad taimed juurte abil ja töötavad nad ümber orgaanilisteks aineteks, sealjuures organismile spetsiifilisteks valkudeks.

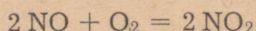
Väikestes kogustes leidub nitraate igas taimestikuga kaetud mullas. Millega see on seletatav? Kuidas satuvad nitraadid mulda, sest kui neid juurde ei tekiks, ei leiduks neid ka mullas? Järgnevalt käsitlemegi protsesse, mis annavad neile küsimustele vastused.

### 1. Atmosfäärsed protsessid, mille tulemusena muld rikastub lämmastikuga.

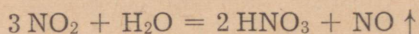
Nagu varem õpitud, on lämmastik harilikul temperatuuril inertne ning võib õhus püsida koos sellise reaktsioonivõimelise ainega nagu hapnik, ilma et nende vahel toimuks keemilist reaktsiooni. Olukord aga muutub kohe, kui tekivad vastavad tingimused. Äikese ajal moodustub lämmastikust ja hapnikust välgu toimele tohututes hulkades lämmastikoksiidi:



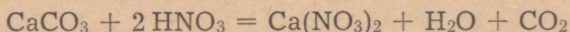
Lämmastikoksiid, puutudes kokku õhuhapnikuga, tekitab pruuni gaasi — lämmastikdioksiidi:



Lämmastikdioksiid aga tekitab vihmaveega reageerimisel lämmastikhappe:



Lämmastikhapet leidub äikese ajal vihmavees liitri kohta 0,2—2 milligrammi. Sattudes koos vihmaga mulda, reageerib lämmastikhape mullas leiduvate sooladega, moodustades nitraate. Näiteks:



Äike üksi muidugi ei suuda taastada lämmastiku kadusid muldas. Selleks aitavad kaasa mitmesugused bakterite tegevusega seotud protsessid mullas.

## 2. Protsessid, mis toimuvad mullas.

Pärast organismi surma valgud lagunevad. Selle väga keeruka kõdunemisprotsessi tulemusena tekib valkudest muu hulgas ka ammoniaak ja osaliselt vaba lämmastik. Sellest protsessist võtab aktiivselt osa mitu liiki baktereid (kõdubakterid). Peale valkude lagunevad ka loomorganismide jätmed, näiteks karbamiid  $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ , mis tekib valgu lagunemisel organismides. Bakterite toimel tekib karbamiidist ammoniaak. See on põhjuseks, miks tuneme lautades, käimlates ja mujal, kuhu on kogunenud loomade ja inimeste väljaheiteid, teravat ammoniaagi lõhna.

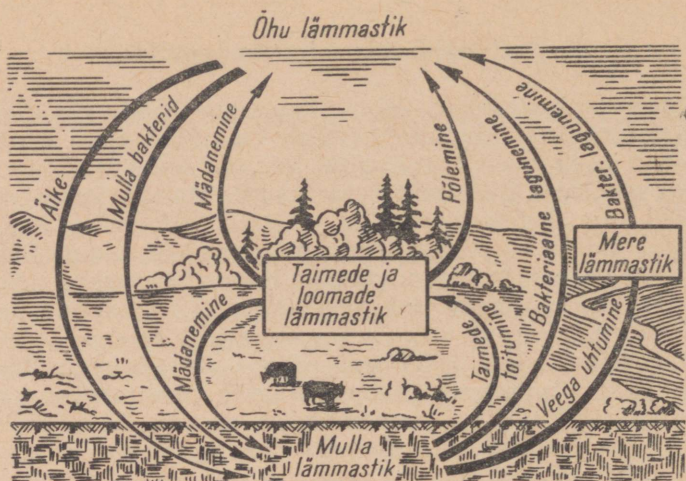
Protsesse, mille tagajärjel orgaanilistes ainetes leiduv lämmastik muutub lõpptulemusena ammoniaagiks, nimetatakse ammoniseerumiseks. Osa ammoniaagist, mis on ammoniseerumisel tekkinud, lendub, kuid suurem osa peetakse mullas kinni. Erilised bakterid, nn. nitrifitseerivad bakterid, oksüdeerivad mullas kinnipeetava ammoniaagi õhuhapniku osavõtul lämmastikhappeks. Nitrifitseerivad bakterid täidavad selle oksüdeerumisprotsessi juures katalüsaatori osa. Lämmastikhappesega toimuvad mullas samasugused reaktsioonid nagu atmosfääriliste protsesside tulemusena tekkinud lämmastikhappesega. Muld saab nii tagasi väärtuslikke lämmastikuühendeid — nitraate.

Mullas toimuvad oksüdeerumisprotsesse, millest võtavad osa nitrifitseerivad bakterid, nimetatakse nitrifitseerumiseks. Nitrifitseerivate bakterite kaastegevusel on tekkinud ka kõik looduslikud nitraatide lademed.

Käsitledes mulla lämmastikuvaru rikastamist bakterite toimel, tuleb nimetada ka baktereid, mis asuvad liblikõieliste taimede (ristik, lupiin, hernes jt.) juurtel. Need bakterid põhjustavad mügarate tekkimist nimetatud taimede juurtel, mistõttu neid nimetatakse mügarbakteriteks. Mügarbakterid saavad vahetult õhulämmastikust moodustada lämmastikuühendeid, mida liblikõielised taimed siis mügaratest omastavad. Heintaimede — ristiku ja lupiini kasvatamine on üheks teeks põldude rikastamisel lämmastikuga (bioloogiline lämmastik), sest nende taimede jääused, küntuna mulda, rikastavad seda nitraatidega. Mügarbakterid avastas vene teadlane Voronin.

Mullas leidub ka teisi baktereid, mis suudavad otseselt õhulämmastikku siduda ning seega mulda lämmastikuga rikastada. Need on nn. mullabakterid ehk asotobakterid. Õhust seotud lämmastik satub mulda surnud asotobakteritest. Need bakterid avastas vene teadlane Vinogradski.

Nii täheldame looduses pidevat lämmastiku liikumist. Selles liikumises on nagu kaks suurt «vahejaama» — õhk ja muld. Neis esineb lämmastik kvalitatiivselt erinevana — õhus vaba inertse lämmastikuna, mullas aga seotult, ühenditena. Need kaks lämmastiku vastandlikku esinemisviisi moodustavad üldkokkuvõttes

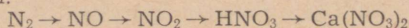


Joonis 91. Lämmastiku ringkäik looduses.

aga ühtse lämmastiku liikumise protsessi. Selles liikumises võib lämmastik sattuda vahetult õhust mulda (äike, asoto- ja mügarbakterid). Vahetult võib aga lämmastik sattuda ka mullast õhku. Viimane toimub nn. denitrifitseerivate bakterite tegevuse tulemusena, mis muudavad mullas olevaid nitraate vabaks lämmastikuks. Mullast uhed nitraate välja ka vesi, viies neid meredesse. Nende otseste protsesside kõrval viivad taimed osaliselt lämmastikku mullast atmosfääri (põlemisel, kõdunemisel), osa annavad nad aga mullale tagasi. Kokkuvõtlikult kujutab lämmastiku liikumist skeem joonisel 91.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Jutustada atmosfääris toimuvatest protsessidest, millega kaasneb õhulämmastiku sidumine.
2. Jutustada protsessidest mullas, mis võimaldavad rikastada mulla lämmastikuvarusid.
3. Kuidas on võimalik a) mügarbakterite, b) asotobakterite tegevust intensiivistada?
4. Millisena leidub lämmastikku looduses?
5. Milleks vajavad taimed ja loomad lämmastikku?
6. Kirjutada keemilised võrrandid järgmiste muundumiste kohta, mille tulemusena satub lämmastik mulda, ja nimetada vastavate reaktsioonide kulgemise tingimusi:



7. Nimetada protsesse, mille tulemusena väheneb mulla lämmastikuisaldus.

## § 8. Lämmastikuühendite tootmine.

Viimasel ajal pannakse ikka enam rõhku lämmastikuühendite tootmisele meie maal. Lämmastikuühendeid on ju vaja lämmastikhappe, mineraalväetiste, lõhkeainete, sünteetiliste värvide, arstimate, plastmasside ja paljude teiste ainete valmistamiseks.

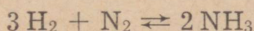
NSV Liidus hakati lämmastikuühendeid tootma esimestel viis-aastakutel. See etendas tähtsat osa rahvamajanduse arengus ja riigi kaitsevõime kindlustamisel. Nii nagu väävelhapet, kasutatakse ka lämmastikhapet väga paljudes keemiatööstuse harudes pooltootena teiste tarvilike ainete tootmisel. Keemiatööstust, millel põhineb rida otseseid tarbeaineid (värvained, lõhkeained, seep, arstimid jne.) tootvaid tööstusi, nimetatakse keemia põhitööstuseks. Peale lämmastik- ja väävelhappe toodab keemia põhitööstus veel teisi happeid ning ka leelisi ja ammoniaaki. Keemia põhitööstus on seotud teiste tööstusharudega. Ta kasutab nende kõrvaltooteid ja jäätmeid. Nii kasutab väävelhappetööstus metallurgiatööstuse jääkaineid, lämmastikhappetööstus koksikeemiatööstuse ja naftatööstuse jääkaineid jne.

1965. aastaks suurenes lämmastikväetiste tootmine kolmekordseks, võrreldes 1958. aastaga.

Järgnevalt käsitleme lähemalt lämmastikuühendite tootmise põhiharusid: ammoniaagi, lämmastikhappe ja nitraatide tootmist.

### 1. Ammoniaagi tootmine tööstuses.

Tööstuses saadakse ammoniaaki peamiselt vesinikust ja lämmastikust:



Sellel sünteesiprotsessil on ammoniaagi saagis maksimaalne, kui temperatuur on  $400^\circ\text{C}$  ja rõhk 200—1000 at (olenevalt seadmest). Katalüsaatorina kasutatakse odavat, eelnevalt puhastatud rauapulbrit. Lisanditena esinevad katalüsaatoris kaalium- ja alumiiniumoksiid, mis aktiveerivad katalüsaatorit.

Tööstuses kasutatakse ammoniaagi sünteesiks erinevatel rõhudel töötavaid seadmeid: a) kõrgel (700—1000 at), b) keskmisel (200—300 at) ja c) madalal (80—100 at) rõhul töötavad seadmed.

Enamik ammoniaagi sünteesi seadmeid Nõukogude Liidus töötab 300 at rõhul.

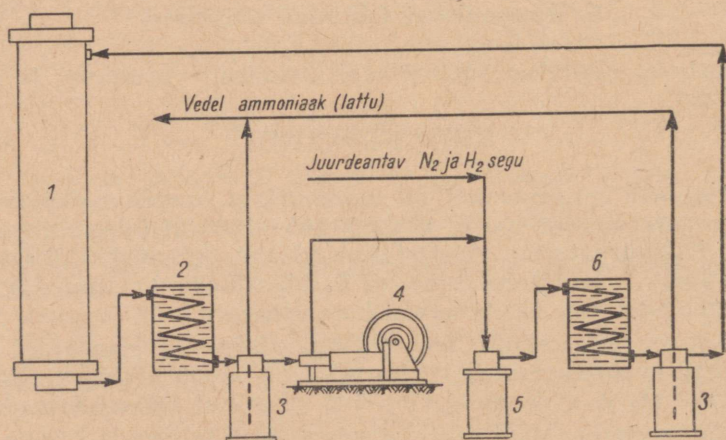
## Ammoniaagi süntees keskmisel rõhul.

Esimene tööstusliku ammoniaagi sünteesi tehas ehitati 1913. aastal Saksamaal. Nõukogude Liidus hakkas esimene sünteetilise ammoniaagi tehas tööle 1927. aastal. Alates sellest on nõukogude keemikud ja insenerid ammoniaagi sünteesi küllaltki keerukat aparatuuri tunduvalt täiustanud. Kõik ammoniaagi sünteesi aparatuurid Nõukogude Liidus on konstrueeritud ja ehitatud nõukogude inseneride poolt ja nõukogude tehastes.

Ammoniaagi sünteesiks saadakse lämmastikku vedela õhu järkjärgulisel destilleerimisel (fraktsioneerimisel), vesinikku aga veeaurust, koksi-, generaatori- või looduslikust gaasist. 1965. aastal moodustas loodusliku ja naftagaaside osa selles juba ligi 42%.

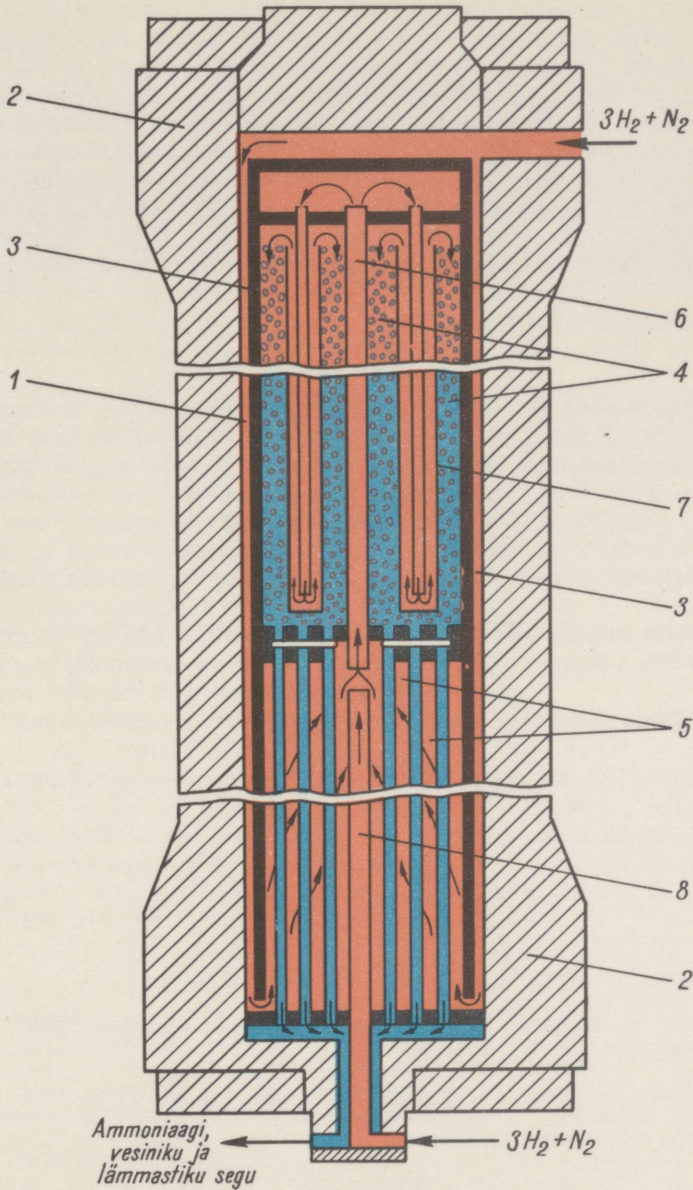
Et saada ülevaadet ammoniaagi sünteesi tööstuslikust protsessist, mis viiakse läbi keskmisel rõhul, jälgime skeemi joonisel 92.

Eelnevalt lisanditest puhastatud vesinik ja lämmastik segatakse nii, et ühe mooli lämmastiku kohta tuleks kolm mooli vesinikku ( $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ ), ja surutakse kompressorites kokku kuni 300 at rõhuni. Kompressorist väljuvat gaasisegu ei juhita vahetult sünteesikoloni 1, vaid koos juba süsteemis ringleva gaasiga filtreerise 5 ning jahutisse 6. Sellega vabanetakse süsinikoksiidi ja süsinikdioksiidi viimastest lisanditest, kuna need lahustuvad vedelas ammoniaagis, mis tekib jahutis. Vedel ammoniaak suunatakse separaatorisse 3, mis eraldab ta vesinikust ja lämmastikust ning juhib vedela ammoniaagi hoidlasse. Vesiniku ja lämmastiku segu



Joonis 92. Skeem ammoniaagi tootmise kohta keskmisel rõhul:

- 1 — sünteesikolon, 2 — jahuti, 3 — separaator, 4 — pump,  
5 — filter, 6 — jahuti.



Joonis 93. Sünteesikolonne skeem:

1 - ringkanal, 2 - kolonne korpus, 3 - katalüsaatori karbi sein, 4 - katalüsaatori karp, 5 - soojusvahetaja, 6 - toru, 7 - soojusvahetaja, 8 - toru.



aga suundub nüüd sünteesikolonni. Sinna juhitakse gaasisegu ülalt (joonis 93). Kolonni korpuse 2 ja katalüsaatori karbi seinaga 3 ning esimese soojusvahetaja 5 vahelise ringkanali 1 kaudu juhitakse gaasisegu edasi kolonni alla. Sellega hoitakse ära korpuse ülekuumenemine ning soojendatakse gaasisegu. Et anda gaasisegule vajalik temperatuur, on sünteesikolonni paigutatud kaks soojusvahetajat — alumine soojusvahetaja 5 ning ülemine soojusvahetaja 7. Viimane asub katalüsaatori karbis 4. Alumises soojusvahetajas tõstetakse gaasisegu temperatuur läbi soojusvahetaja 5 väljuvate reageerinud kuumade gaaside arvel 300—320°C-ning suundub katalüsaatori karpi 4, kus toimubki ammoniaagi süntees. Temperatuuri reguleerimiseks katalüsaatori karbis juhitakse osa vesiniku ja lämmastiku segu sinna eelnevalt kuumen-damata toru 8 kaudu.

Vesiniku ja lämmastiku segu, mis sisaldab 15—20% ammo-niaaki, suunatakse läbi soojusvahetaja 5 kolonni alaosast välja jahutisse 2 (joonis 92). Suurem osa ammoniaagist kondenseerub siin vedelaks ammoniaagiks, mis eraldatakse separaatoris 3. Siit suunatakse vedel ammoniaak hoidlasse. Reageerimata jäänud vesinik ja lämmastik aga suunatakse tsirkulatsioonipumba 4 abil koos juurdeantava gaasiseguga filtrisse 5 ja uuesti ringlusse, kus ta teeb läbi sama tsükli.

**Tehnoloogilist protsessi, milles reageerimata jäänud ained eraldatakse reaktsiooni produktist ja suunatakse uuesti reaktsiooni-aparaati, nimetatakse ringprotsessiks.**

Ringprotsessis saab lähteained täielikult ära kasutada ka pöör-duvate reaktsioonide puhul.

Sünteesikolonni kujutab endast paksuseinalist (170—180 mm) eriterasest silindrit, mille kõrgus on 13—15 m ja diameeter 0,1—1 m. Selline sünteesikolonni võib aastas toota 30 000—70 000 tonni ammoniaaki. Käesoleval ajal aga projekteeritakse Nõuko-gude Liidus sünteesikolonni diameetriga kuni 1,7 m, mis võivad toota kuni 200 000 tonni ammoniaaki aastas.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Milliseid tingimusi on vaja ammoniaagi sünteesiks?
2. Seletada, kuidas leiab sünteesikolonnis rakendamist vastuvoolu printsiipi.
3. Miks ei juhitu värsket vesiniku ja lämmastiku segu vahetult sünteesikolonni ja miks suunatakse ringlev gaasisegu sünteesikolonni ülalt?
4. Kuidas eraldatakse ammoniaak vesiniku ja lämmastiku segust?
5. Milleks kasutatakse ammoniaaki?
6. On antud kolm katseklaasi erinevate lahustega. Määrata, milline antud lahustest sisaldab ammoniumioone.
7. Kui palju lämmastikku ja vesinikku on vaja 6 tonni ammoniaagi saamiseks, kui lähteainete kadu moodustab 3%?
8. Milline kogus vesinikku on vaja ammoniaagi sünteesiks, kui läm-mastikku on selleks varutud 7000 m<sup>3</sup> (arvestades, et kogu lämmastik kasu-tatakse reaktsioonil ära ja protsess kulgeb normaaltingimustel)?

9. Ammoniaagi sünteesikolonne tootlikkus on 80 tonni ööpäevas. Kolonn on 3 m<sup>3</sup> katalüsaatorit. Arvutada, kui palju ammoniaaki võib saada 1 m<sup>3</sup> katalüsaatori kohta tunnis?

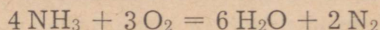
10. Sünteesikolonnist väljuv gaasisegu sisaldas 20% ammoniaaki (ruumala järgi). Mitu protsenti vesinikku ja lämmastikku oli selles segus (ruumala järgi)?

## 2. Lämmastikhappe tootmine.

Kuni XX sajandi kahekümnendate aastateni saadi tööstuses lämmastikhapet tšiili salpeetrist. Tänapäeval saadakse lämmastikhapet peamiselt lämmastikoksiidist. Väiksemas ulatuses saadakse lämmastikoksiidi lämmastiku ja hapniku vahetul reageerimisel elektrikaarleegi meetodil.

Viimasel ajal tehakse edukaid katseid lämmastiku ja hapniku ühinemisreaktsiooni läbiviimiseks radioaktiivse kiirguse toimel, mida annavad tuumareaktoritest saadavad radioaktiivsed ained. Peamine kogus lämmastikhappe tootmiseks vajalikku lämmastikoksiidi saadakse aga käesoleval ajal ammoniaagi katalüütilisel oksüdeerimisel.

Nagu varem õpitud, põleb ammoniaak hapnikus ning kõrgema temperatuuri juures ka õhus:



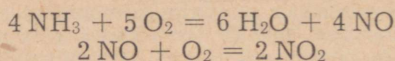
Sellel reaktsioonil reageerib hapnik vaid ammoniaagi vesinikuga ning lämmastik eraldub. Seega muutub siin seotud lämmastik uuesti inertseteks lämmastiku molekulideks. Lämmastiku sidumiseks on aga vaja palju energiat.

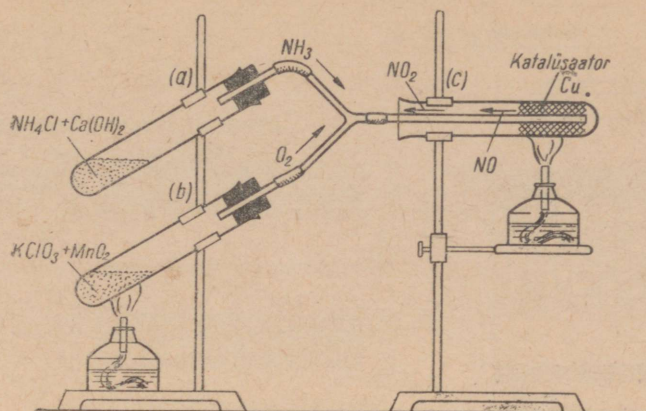
Et ammoniaagi oksüdeerumine võib ka teisiti kulgeda, näitab järgnev katse.

**Katse.** Koostame seadme, nagu on näidatud joonisel 94. Katseklaasi *a* puistame ammooniumkloriidi segu kustutatud lubjaga, katseklaasi *b* aga kaaliumkloraati, millele on lisatud mangaandioksiidi. Katseklaasi *c* paigutame tükikese vaskvõrku. Sellesse katseklaasi suuname ka gaasijuhtetoru otsa. Algul soojendame vaskvõrku, siis aineid katseklaasis *b*. Kui hapniku eraldumine on alanud, soojendame kergelt katseklaasi *a* sisu, kuni märkame pruunide lämmastikdioksiidi aurude ilmumist (kui katseklaasi *c* satub ammoniaaki ülehulgas, tekib seal ammooniumnitraadi valge suits).

Katse näitab, et ammoniaagi oksüdeerumise reaktsioon võib olla lämmastikhappe tootmise aluseks, kui seejuures kasutada katalüsaatorit (vaskvõrk).

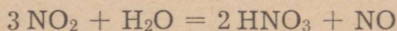
Reaktsiooni võrrandid on järgmised:





Joonis 94. Laboratoorne seadis ammoniaagi katalüütiliseks oksüdeerimiseks.

Lämmastikdioksiidi reageerimisel veega saadaksegi lämmastikhape:



Tehtud katse ja toodud keemilised võrrandid iseloomustavad lämmastikhappe tootmist.

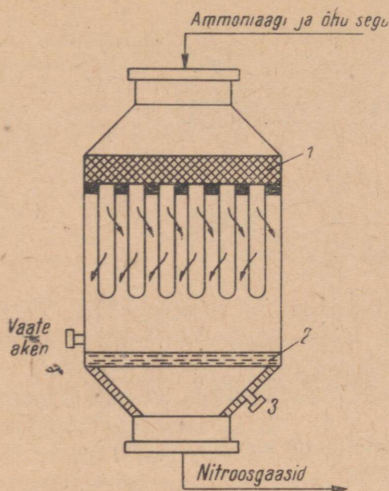
Niisiis on katalüsaator selleks vahendiks, mis võimaldab ammoniaagi oksüdeerimisel saada lämmastikoksiidi. Tööstuses kasutatakse katalüsaatorina plaatina ja roodiumi sulamit.

Kuna ammoniaagi katalüütilise oksüdeerumise reaktsioon on praktiliselt pöördumatu, võib protsessi läbi viia normaalarõhul (1 at). Optimaalseks temperatuuriks on seejuures  $800^\circ\text{C}$ . Sellel temperatuuril saadakse 98–99% lämmastikdioksiidi, kusjuures lämmastikku tekib vaid 1–2%.

Oksüdeerimiseks kasutatav õhk tuleb tolmust ja teistest lisanditest eelnevalt hoolikalt puhastada. Vastasel korral vähendavad nad katalüsaatori aktiivsust või rikuvad selle (katalüsaatori mürgid). Ammoniaagi kontsentratsioon ammoniaagi ja õhu segus peab olema ruumalaliselt 10–11%. Need on tingimused, mis tagavad 98–99%-lise lämmastikoksiidi saagise ammoniaagi katalüütilisel oksüdeerimisel normaalarõhul.

*Sünteesilise lämmastikhappe tootmine normaalarõhul.*

Käesoleval ajal leiavad lämmastikhappe saamisel kasutamist normaal- ning ka kõrgel rõhul töötavad seadmed. Normaalarõhul töötavad seadmed on lihtsamad ning nende teenindamine on kergem. Lämmastikoksiidi absorbeerimise süsteem on neil aga mahukas.



Joonis 95. Kontaktparaadi skeem:

1 — keraamilised torud, 2 — katalüsaatori võrk, 3 — vesinikupõleti.

Tutvume normaalarhul töötava lämmastikhappe tootmise seadmega järgmise skeemi (joonis 96) põhjal. Käsitleme lämmastikhappe sünteesi vastavalt protsessi kemismile kolme staadiumina.

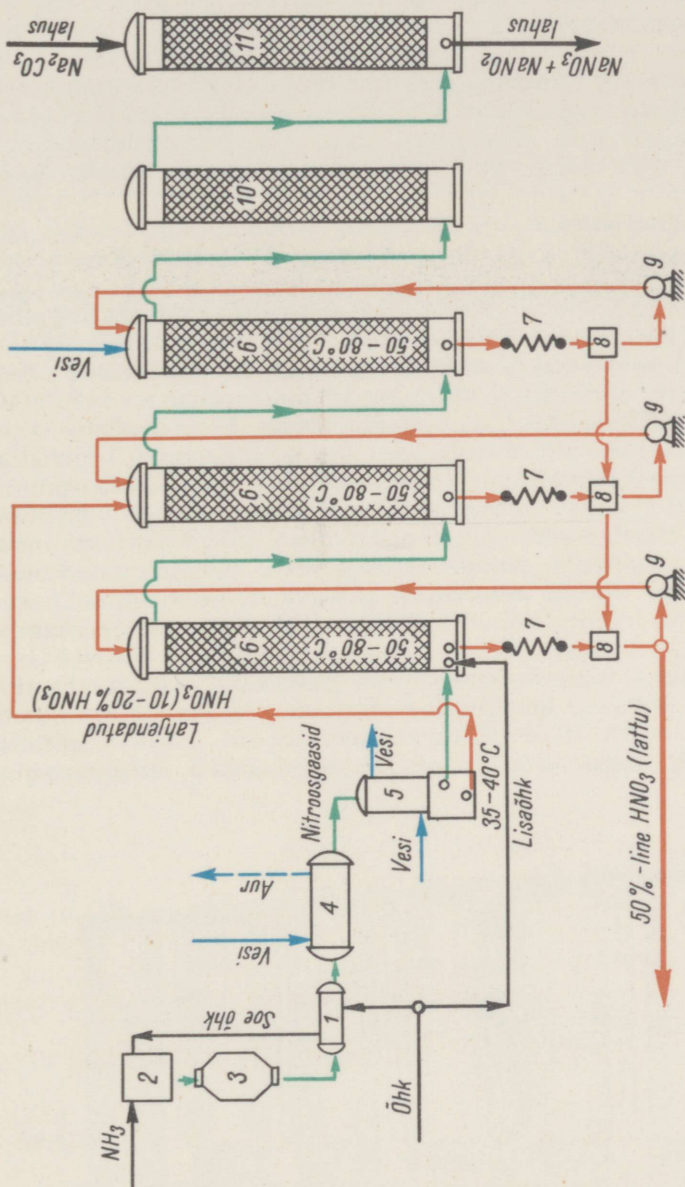
**A m m o n i a a g i o k s ü d e e r u m i n e.** Puhastatud õhk juhitakse soojusvahetajasse 1, kus tema temperatuur tõuseb kuumade nitroosgaaside ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  ja veeauru segu) soojuse arvel  $200\text{--}250^\circ\text{C}$ -ni. Soojusvahetajast suunatakse soojendatud õhk segistisse 2. Sinna juhitakse samal ajal ka ammoniaaki. Ammoniaagi ja vesiniku segu, milles on umbes 10% ammoniaaki, pumbatakse vastava pumba abil kontaktparaadi 3. Kontaktparaadis toimubki ammoniaagi katalüütiline oksüdeerumine ja tekib lämmastikoksiid. Kontaktparaadi skeem on toodud joonisel 95. Kontaktparaadi ülaosas puhastatakse gaasisegu veel kord poorsetes keraamilistes torudes 1. Kontaktparaadi alaossa on paigutatud katalüsaator — plaatina ja roodiumi sulamist võrgud 2. Katalüsaatori pinna suurendamiseks on võrgud punutud väga peentest traatidest. Sellise võrgu  $1\text{ cm}^2$  suurusel pinnal on ligi 1000 ava.

Selleks et algaks ammoniaagi oksüdeerumisreaktsioon, kuumutatakse algul katalüsaatoriks olevat võrku vesinikupõleti leegiga 3. Seejärel juhitakse aparati gaasisegu.

Reaktsioonil eralduva soojuse arvel püsib katalüsaatori temperatuur  $800^\circ\text{C}$  piires.

Milline on ammoniaagi katalüütilise oksüdeerumise reaktsiooni võrand?

Lämmastikoksiidi oksüdeerumine lämmastikdioksiidiks. Kontaktparaadist suunatakse gaasid (nitroosgaasid) jahutussüsteemi, mis koosneb soojusvahetajast 1, katalüsaatorist 2 ja vesijahutist 3. Katalüsaatoris jahutatakse nitroosgaase temperatuurini  $180\text{--}200^\circ\text{C}$ . Jahutis langeb aga nit-



Joonis 96. Skeem sünteetilise lämmastikhappe tootmise kohta normaalarhul:

- 1 - soojusvahetaja, 2 - segisti, 3 - kontaktaparaat, 4 - katel-utilisatsioon, 5 - vesijahuti, 6 - absorbeerimistorn, 7 - happesahuti, 8 - koguja, 9 - pump, 10 - oksüdeerimistorn, 11 - teelüstorn.

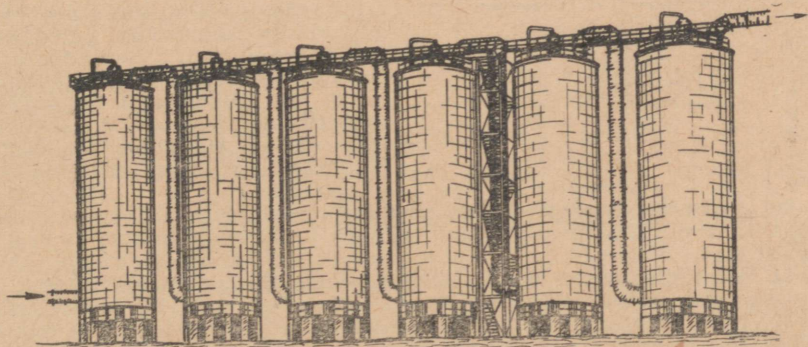


roosgaaside temperatuur 30—40° C-ni. Selliselt jahutatuna oksüdeerub lämmastikoksiid lämmastikdioksiidiks (milline on reaktsiooni võrrand?). Veeaur, mis sisaldub nitroosgaasides, kondenseerub aga veeks. Lämmastikdioksiidi reageerimisel tekkinud veega moodustub lahjendatud (10—20% -line) lämmastikhape, nn. kondensaat.

Lämmastikdioksiidi absorbeerimine ja lämmastikhappe teke. Jahutist 5 suunatakse kondensaat ühte absorbeerimistornidest 6, selle kastmiseks. Nitroosgaasid suunatakse samuti absorptsioonisüsteemi, mis koosneb 6—10 tornist (joonis 97). Absorbeerimistornide kõrgus on kuni 20 m, diameeter 5 m. Seest on nad täidetud keraamiliste rõngastega, et suurendada vee või lahjendatud lämmastikhappe kokkupuutepinda nitroosgaasidega. Esimesse torni suunatakse täiendavalt õhku, et suurendada gaaside hapnikusisaldust.

Absorbeerimistornides liiguvad nitroosgaasid alt üles, neile vastu voolab aga lahjendatud lämmastikhape või vesi, millega kastetakse torne (vastuvoolu printsip). Esimestest tornidest suunduvad nitroosgaasid järgmistesse. Lämmastikdioksiidi hulk neis aga järjest väheneb ning igas järgnevas tornis tekib vastavalt lahjem lämmastikhape. Valmistoodang — 50% -line lämmastikhape — saadakse kahest esimesest tornist. Tornidest väljuvat hapet jahutatakse jahutites 7 ning suunatakse kogujatesse 8. Seal aga pumbatakse hape pumpade 9 abil tornide ülaossa, kust nad lähevad jälle uute lämmastikoksiidi koguste sidumiseks. Milline on sellele staadiumile iseloomustav reaktsioon?

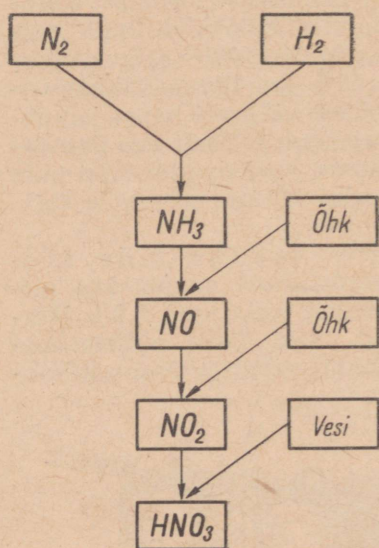
Lämmastikhappe tootmise jääkgaaside ära kasutamine. Viimasest absorbeerimistornist suunatakse nitroosgaasid (joonis 95), mis nüüd sisaldavad vaid kuni 0,8% lämmastiku oksiide, oksüdeerimistorni 10. Neid gaase nimetatakse jääkgaasideks. Oksüdeerimistornis oksüdeeritakse lämmastikok-



Joonis 97. Lämmastikhappetööstuse absorbeerimistornid.

siid, mis sisaldub jäägaasides, lämmastikdioksiidiks. Seejärel suunatakse gaasid leelistornidesse 11, mida kastetakse sooda 18—20% -lise lahusega või lubjapiimaga. Reaktsioonide tulemusena saadakse leelistornidest naatrium- või kaltsiumnitraate. Seejuures eralduv lämmastikoksiid suunatakse uuesti absorptsioonisüsteemi. Saadud naatrium- ja kaltsiumnitraati kasutatakse lämmastikväetisena. Ühtlasi välditakse ka õhu saastumist lämmastiku oksiididega. Kontsentreeritud lämmastikhappe saamiseks destilleeritakse lahjendatud lämmastikhapet kontsentreeritud väävelhappe kui vett siduva aine juuresolekul. Vahetult võib kontsentreeritud lämmastikhapet saada tööstustes, kus lämmastikdioksiidi absorbeerimine vee poolt toimub kõrgel rõhul (50 at).

Lämmastikhappe saamist tööstuses kujutab kokkuvõtlikult järgmine skeem.



### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Kirjutada keemilised võrrandid ammoniaagi oksüdeerumise kohta a) lämmastiku, b) lämmastikoksiidi tekke puhul.
2. Millisel kahel erineval teel on laboratoorselt võimalik saada lämmastikhapet?
3. Millisteks staadiumideks jaotub lämmastikhappe tootmise protsess? Kirjutada reaktsiooni võrrand igas staadiumis kulgeva keemilise reaktsiooni kohta.
4. Milliseid tingimusi on vaja ammoniaagi katalüütiliseks oksüdeerimiseks normaalarõhul?
5. Missugune on nitroosgaasi koostis?
6. Kirjeldada kontaktaparaati ja selles kulgevaid protsesse.
7. Miks kasutatakse absorbeerimistornides vastuvoolu põhimõtet?
8. Jutustada lämmastikhappe tootmise jääkgaaside kasutamisest.
9. On antud kolm katseklaasi, milledes on vastavalt lahjendatud sool-, väävel- ja lämmastikhape. Taha kindlaks, millises katseklaasis on mingi hape.
10. Lämmastiku reageerimisel hapnikuga radioaktiivse kiirguse toimele tekkis 13,44 liitrit lämmastikoksiidi. Kui palju lämmastikku võttis reaktsioonist osa?
11. Mitu kilogrammi lämmastikoksiidi tekib kontaktaparaadis 510 kilogrammist ammoniaagi ja õhu segust, kui viimane sisaldab 10% ammoniaaki?
12. Mitu kilogrammi 63% -list lämmastikhapet võib saada ühest tonnist ammoniaagist, kui lämmastikhappe saagis on 92%?
13. Mitu kilogrammi 100% -list lämmastikhapet võib saada 200 m<sup>3</sup>-st ammoniaagist, kui lämmastikhappe saagis on 90%?

### 3. Nitraatide tootmine.

Suuremat osa toodetavatest nitraatidest kasutatakse lämmastikväetistena. Järgnevalt käsitleme tähtsamate nitraatide tootmist.

#### *Ammooniumnitraadi tootmine.*

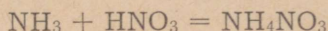
Suurima tähtsusega lämmastikväetiseks Nõukogude Liidus on ammooniumnitraat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ). Seda tingib tema suur lämmastiksisaldus (33%).

Juba D. Mendelejev pidas ammooniumnitraati kõige väärtuslikumaks lämmastikväetiseks. Põhjalikult uuris ammooniumnitraadi agrokeemilisi omadusi nõukogude agrokeemik D. Prjanišnikov, pidades seda tulevikuväetiseks.

Selgitame ammooniumnitraadi tootmist järgmise katsega.

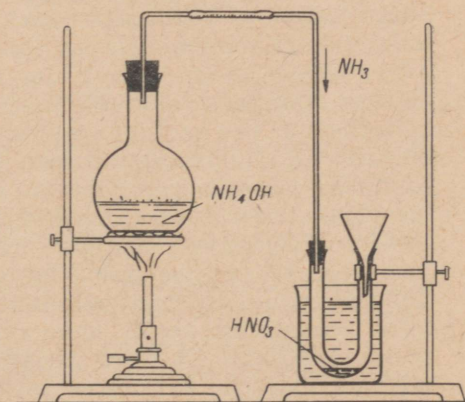
**Katse.** Koostame seadme, nagu on näidatud joonisel 98. Kolbi valame 10%-list ammoniaagi vesilahust (või paneme sinna ammooniumkloriidi ja kustutatud lubja segu) ning suleme ta korgiga, mida läbib gaasijuhtetoru. U-kujulisse torusse, mida jahutame külma veega, valame 2—3 milliliitrit lahjendatud lämmastikhapet (1 : 1). Seejärel soojendame kolbi nõrgalt, et ammoniaak eralduks pikkamööda.

Eralduv ammoniaak, läbides lahjendatud lämmastikhapet, reageerib sellega, kusjuures tekib ammooniumnitraat:

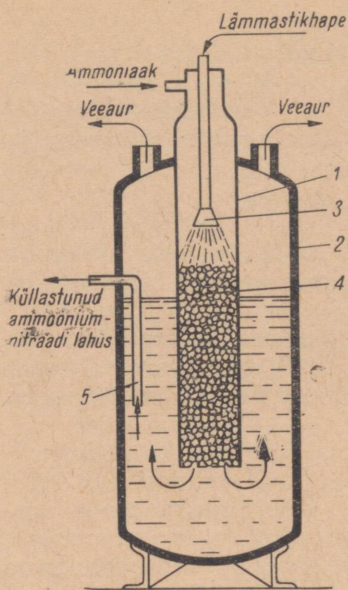


Reaktsioonil eralduv palju soojust, mille tõttu jahutusvesi soojeneb. Kui lämmastikhape on neutraliseeritud, aurustame tekkinud lahusest mõne tilga klaasplaadil või portselankausis. Saadud kristalne aine ongi ammooniumnitraat.

Tööstuses saadakse ammooniumnitraati samuti lahjendatud lämmastikhappe neutraliseerimisel ammoniaagiga. Neutraliseeri-

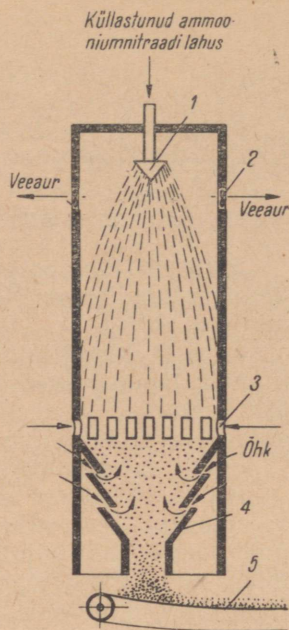


Joonis 98. Seadis ammooniumnitraadi saamiseks laboratooriumis.



Joonis 99. Skeem neutraliseerimis-aparaadist, mida kasutatakse ammooniumnitraadi tootmiseks:

1 – reaktsioonikamber, 2 – aurustamis-kamber, 3 – pihusti, 4 – keraamilised rõngad, 5 – hüdrauliline lukk.



Joonis 100. Skeem granuleerimistornist:

1 – pihusti, 2 – ventilaator, 3 – õhuavad, 4 – punker, 5 – lintrastportöör.

misaparaat koosneb kahest teineteisesse asetatud erineva läbimõõduga silindrist (joonis 99). Sisemine silinder ehk nn. reaktsioonikamber 1 täidetakse  $\frac{3}{4}$  kõrguseni keraamiliste rõngastega 4, et sellega suurendada reageerivate ainete kokkupuutepinda. Reaktsioonikambrisse juhatakse ülevalt gaasilist ammoniaaki, samasse pihustatakse ka lämmastikhapet. Mõlemate ainete reageerimisel tekkinud ammooniumnitraadi lahus soojeneb keemiseni reaktsioonil vabaneva soojuse arvel ning voolab reaktsioonikambri põhjas olevate aukude kaudu välismisse silindrisse ehk nn. aurustamiskambrisse 2. Vee osalisel eraldumisel aurustamiskambris tekkinud küllastunud ammooniumnitraadi lahus (sisaldab kuni 98%  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) juhatakse jahutamiseks ja kristalliseerimiseks nn. granuleerimistornidesse, kust saadakse juba granuleeritud, s. t. teraline toode.

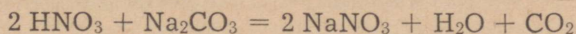
Granuleerimisega hoitakse ära ammooniumnitraadi paatumine laos seismisel ning tagatakse hästi külvatava väetise saamine. Granuleerimistorni tegevust selgitab joonisel 100 toodud skeem. Ülalt torni pihustatud kuum ammooniumnitraadi küllastunud lahus, puutudes kokku alt torni imetava õhuga, jahtub ning, kaotades niiskust, tahkub. Seejuures tekkivad ammooniumnitraadi tilga-

kujulised terakesed kogunevad torni põhjas olevasse punkrisse, kust nad toimetatakse transportööriga kuivatisse ning sealt lattu. Valmistoodet pakitakse niiskuskindlatesse (bitumineeritud) kottidesse.<sup>1</sup>

### Teiste nitraatide tootmine.

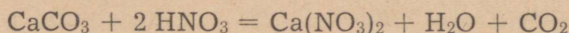
Looduslikust tšiili salpeetrist, mis sisaldab naatriumnitraati segus naatriumkloriidi jt. ainetega, saadakse naatriumnitraati järgmiselt. Looduslik tšiili salpeeter peenestatakse ja lahustatakse kuumas vees. Jahutamisel kristalliseerub naatriumnitraat lahusest välja, kuna naatriumkloriid, mille lahustuvus sõltub väga vähe temperatuurist, jääb lahusesse. Tšiili salpeetrit kasutatakse tänapäeval vähe, kuna tema varud on piiratud.

Käesoleval ajal toodetakse naatriumnitraati lämmastikhappe neutraliseerimisel soodaga:



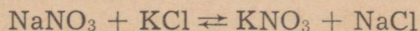
Kõige enam aga annab naatriumnitraati lämmastikhappetööstus, kus naatriumnitraati saadakse kõrvalainena leelistornidest. See võimaldab lämmastikhapet otstarbekamalt kasutada.

Kaltsiumnitraati e. lubisalpeetrit  $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$  saadakse lubjakivist lämmastikhappe toimel:



Kaaliumnitraati esineb vähesel määral looduslikult nagu naatriumnitraatigi. Nõukogude Liidus on tema leiukohaks Kesk-Aasia. Looduslik kaaliumnitraat on tekkinud nitritiseerumisprotsessi tulemusena.

Tööstuslikult saadakse kaaliumnitraati kaaliumkloriidi reageerimisel naatriumnitraadiga:



### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Nimetada õpitud lämmastikväetisi. Millised neist on nitraadid, millised mitte?
2. Kirjeldada ammooniumnitraadi laboratoorse tootmise katset ning kirjutada vastava reaktsiooni võrrand.
3. Kirjeldada ammooniumnitraadi tootmist tööstuses.
4. Mis on granuleerimine? Milleks granuleeritakse väetisi?
5. Teha ammoonium-, kaalium- ja naatriumnitraadi kvalitatiivne määramine.
6. Lähtudes kaaliumkarbonaadist saada kaaliumnitraati. Kirjutada reaktsiooni võrrand ja arvutada, mitu kilogrammi puhast kaaliumkarbonaati

<sup>1</sup> Granuleeritud ammooniumnitraadi hügrooskoopsuse vähendamiseks kaetakse väetiseterad õhukese parafiinikihi. See aeglustab niiskumisprotsessi.

kulub 26 kilogrammi kaaliumnitraadi saamiseks, kui saagise protsent teoreetilisest on 94.

7. Arvutada kaltsiumnitraadi protsendiline koostis.

8. Mitu kilogrammi ammoniaaki kulub 1 tonni ammooniumnitraadi tootmiseks? Protsessi skeem on järgmine:  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$ . Ammoniaagi kadu on 1,5%.

9. Mitu grammi ammooniumnitraati võib saada, kui 50 grammi 40%-lise lämmastikhappe neutraliseerimiseks kulutati 7,5 liitrit ammoniaaki (arvestades, et reaktsioonil ei ole kadusid)?

10. Mitu grammi ammooniumnitraati saadi, kui 200 g 60%-lise lämmastikhappega reageeris 44 liitrit ammoniaaki?

11. Pealtväärtamiseks tuleb põllu igale hektarile anda 12 kilogrammi lämmastikku. Kui palju kulub selleks: a) naatriumnitraati, milles on 10% lisandeid, b) ammooniumnitraati, milles puuduvad muud lisandid?

12. Kolme vaali lämmastikhappe neutraliseerimiseks kulutati 150 grammi soodat. Mitu grammi naatriumnitraati ja mitu liitrit süsihappegaasi eraldus seejuures?

## § 9. Fosfor — *Phosphorus*.

Keemiline märk P.

Aatomkaal 31; järjenumber 15.

Fosfori nimetus on tulnud kreekakeelsetest sõnadest *phos* (valgus) ja *phoros* (kandja). Selline nimetus on tingitud valge fosfori omadusest pimeduses helenduda. Fosfori avastanud saksa alkeemik H. Brand (1669. a.) arvas esialgu, et tal on läinud korda valmistada kulda.

### 1. Valge ja punane fosfor.

Fosforil, samuti kui hapnikul, väävlil ja süsinikul, on mitu allotroopset teisendit. Tähtsamateks neist on valge ja punane fosfor.

Valge fosfor on tahke, valge või kollaka värvusega vahaoline läbipaistev aine. Seepärast nimetatakse teda vahel ka kollaseks fosforiks. Külmalt on valge fosfor rabe, toatemperatuuril muutub ta aga pehmemaks, mistõttu teda saab noaga lõigata. Valge fosfori erikaal on 1,8. Ta sulab  $44^\circ\text{C}$  ja keeb  $280^\circ\text{C}$  juures. Vees ta praktiliselt ei lahustu, küll aga piirituses, süsinikdisulfiidis ( $\text{CS}_2$ ), bensiinis ja teistes orgaanilistes lahustites.

Valge fosfor võib süttida juba nõrgal hõõrdumisel tekkiva soojuse arvel (näiteks noaga kuivalt lõikamisel). Peenestatult võib ta aga süttida ka iseenesest (süttimispunkt  $40^\circ\text{C}$ ). Kui näiteks kasta filterpabeririba fosfori lahusesse süsinikdisulfiidis ja lasta süsinikdisulfiid seejärel aurustuda, süttib pabeririba. Seega on valge fosfor väga tuleohtlik ning teda hoitakse ja lõigatakse vee all. Pimedas valge fosfor helendub.

Valge fosfor on väga mürgine. Juba väikesed kogused (0,15 g) mõjuvad surmavalt. Vastumürgina kasutatakse lahjendatud vasksulfaadi või kaaliumpermanganaadi lahust. Fosforimürgistuse korral ei tohi haigele anda piima juua.

Põlev fosfor võib tekitada raskesti paranevaid haavu ning põhjustada vere üldist mürgistust. Seepärast tuleb valge fosfori käsitlemisel olla äärmiselt ettevaatlik. Teda tuleb võtta tangidega või pintsetiga, mitte mingil juhul aga käega. Fosfori tekitatud põletushaavu tuleb esmalt pesta kaaliumpermanganaadi ( $\text{KMnO}_4$ ) lahusega ja alles siis loputada veega ning siduda.

Punane fosfor on tumepunane pulber. Punase fosfori erikaal on 2,2. Ta sulab ligi  $600^\circ\text{C}$  juures. Punane fosfor ei lahustu vees ega ka süsinikdisulfiidis. Võrdleme järgnevalt punase ja valge fosfori süttimistemperatuure.

**Katse 1.** Asetame metallplaadikesele teatud kaugusele teineteisest veidi valget ja punast fosforit ja kinnitame plaadi statiivi külge. Soojendame nüüd plaadikese serva punase fosfori lähedalt (joonis 101). Millega seletada leegist kaugemal asuva valge fosfori süttimist varem?

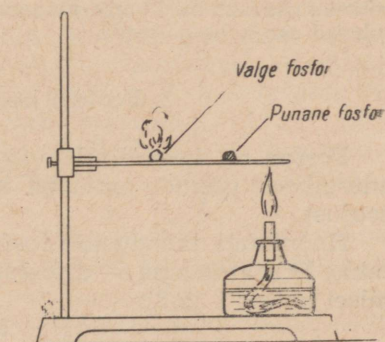
Punase fosfori süttimispunkt on  $240^\circ\text{C}$ . Järelikult pole ta tuleohtlik ja teda hoitakse purgis kuivalt. Erinevalt valgest fosforist ta ei helendu. Ta ei ole ka mürgine.

Punane fosfor ei ole keemiliselt nii aktiivne nagu valge fosfor. Õhu käes ta oksüdeerub aeglaselt. Et võrrelda valge ja punase fosfori omadusi, täidame vihikusse järgmise tabeli.

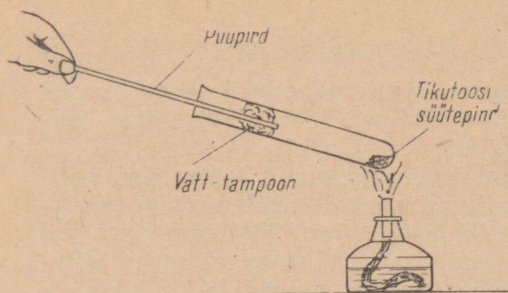
Omadused	Valge fosfor	Punane fosfor

Lahtrisse «Omadused» märgime: 1) erikaal, 2) mürgisus, 3) keemiline aktiivsus, 4) lahustuvus süsinikdisulfiidis ja vees, 5) süttimispunkt, 6) helendumine, 7) sulamispunkt.

Nii valge kui ka punase fosfori põlemissaaduseks on difosfor-



Joonis 101. Valge ja punase fosfori süttivuse võrdlemine.



Joonis 102. Valge fosfori saamine punase fosfori kuumutamisel.

pentoksiid ( $P_2O_5$ ). Teisi põlemisprodukte ei teki. Millise järelduse võib sellest teha?

Pikemaajalisel soojendamisel ( $280\text{--}340^\circ\text{C}$ ) ilma õhu juurdepääsuta ning ka valguse kestval toimel muutub valge fosfor punaseks fosforiks. Punane fosfor võib omakorda valgeks fosforiks muutuda, kuigi punane fosfor on valgest fosforist püsivam.

**Katse 2.** Paneme kuiva katseklaasi poole hernetera suuruse koguse punast fosforit. Fosfori lähedal katseklaasis hoiame klaaspulka. Kuumutame nüüd katseklaasi kohalt, kus asub fosfor. Algul tekib valge suits ( $P_2O_5$ ). Edasisel kuumutamisel tekivad katseklaasi seintele ja klaaspulgale kollakad valge fosfori piisakesed. Lõpetanud kuumutamise, võtame klaaspulga katseklaasist välja. Sellele olev fosfor süttib. Kraापides klaaspulgaga katseklaasi seintelt valget fosforit, võib see ka õhus süttida.

Katseks võib punase fosfori asemel kasutada tikutooside süütepinna (sisaldab punast fosforit) koos paberikihiga, kusjuures klaaspulga asemel võib kasutada puupirru ümber keeratud vatt-tampooni (joonis 102).

Mida võib täheldada, kui katse viiakse läbi pimedas ruumis?

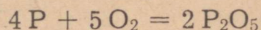
Millise järelduse võib teha valge fosfori muutmisesest punaseks ja vastupidi?

**Märkus.** Valge fosfori kõrvaldamiseks asetada katseklaas ja klaaspulk mõneks päevaks kaaliumpermanganaadi lahusesse. Puupird ja vatt-tampoon tulevad aga kohe põletada.

## 2. Fosfori keemilised omadused.

Fosfor on keemiliselt väga aktiivne ning reageerib seetõttu energiliselt paljude ainetega, kusjuures eraldub tunduvas koguses soojust.

Hapnikuga moodustab fosfor mitu oksidi, millest tähtsaim on tahke kristalne aine — difosforpentoksiid (valge suits fosfori põlemisel katstes 1 ja 2):

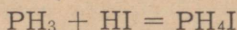


Difosforpentoksiid tekib ka fosfori aeglasel oksüdeerumisel. Meenutame siinkohal, et fosforiga samas rühmas paiknev lämmastik reageerib hapnikuga vaid teatud tingimustel. Millistel?

Difosforpentoksiid moodustab veega reageerimisel metafosforhappe ( $\text{HPO}_3$ ), mis on nõrgem hape kui lämmastikhape.

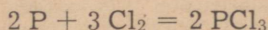
Erinevalt lämmastikust ei reageeri fosfor vahetult vesinikuga. Tema ühendit vesinikuga — fosfiini ehk fosforvesinikku ( $\text{PH}_3$ ) — saadakse kaudselt.

Fosfiin on värvuseta, ebameeldiva küüslaugulõhnaga, väga mürgine gaas. Nagu ammoniaak, nii reageerib ka fosfiin halogeenvesinikhapetega, moodustades soolasid. Metalliooni osa selles soolas etendab ioon  $\text{PH}_4^+$ , mida nimetatakse fosfooniumiooniks. Näiteks fosfiini reageerimisel joodvesinikhappega tekib fosfooniumjodiid ( $\text{PH}_4\text{I}$ ):



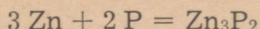
Fosfooniumisoolad sarnanevad koostiselt ammooniumisooladega. Nad on aga väga ebapüsivad ja lagunevad veega kokkupuutumisel tagasi halogeenvesinikuks ja fosfiiniks.

Energiliselt reageerib fosfor klooriga, süttides kloori atmosfääris iseenesest. Reaktsiooni tulemusena tekib fosfortrikloriid ( $\text{PCl}_3$ ):



Fosfori keemilistest omadustest ilmneb, et tal on lämmastikust nõrgemad mittemetallilised omadused. Sedasama tuleb öelda, võrreldes fosforit väävliga (VI rühmas) ja klooriga (VII rühmas).

Fosfor reageerib energiliselt metallidega, kusjuures tekivad nn. fosfiidid. Näiteks tekib tsingi reageerimisel fosforiga tsinkfosfiid ( $\text{Zn}_3\text{P}_2$ ):



### 3. Fosfori ja selle ühendite kasutamine.

Punast fosforit kasutatakse tuletikutööstuses. Sõjaasjanduses kasutatakse valget fosforit süütepommide ja -mürskude valmistamiseks ning suitsukatte tekitamiseks. Fosfori põlemisel tekkiva difosforpentoksiidi osakesed seovad ahnelt õhuniiskust ja moodustavad paksu valge udu (joonis 103). Peale selle kasutatakse fosforit veel kemikaalide ja arstimite valmistamiseks.

Fosfori ühendit tsingiga — tsinkfosfiidi ( $\text{Zn}_3\text{P}_2$ ) — kasutatakse põllumajanduses näriliste — hiirte, rottide ja suslikute hävitamiseks.

Fosforhappe soolasid kasutatakse väga suurtes kogustes mineraalväetistena. Laialdaselt kasutatakse neid ka pesupulbrite valmistamisel (näiteks pesupulber trinaatriumfosfaat). Sellise pesupulbri kasutamisel sadenevad välja  $\text{Ca}^{2+}$ - ja  $\text{Mg}^{2+}$ -ioonid, mille



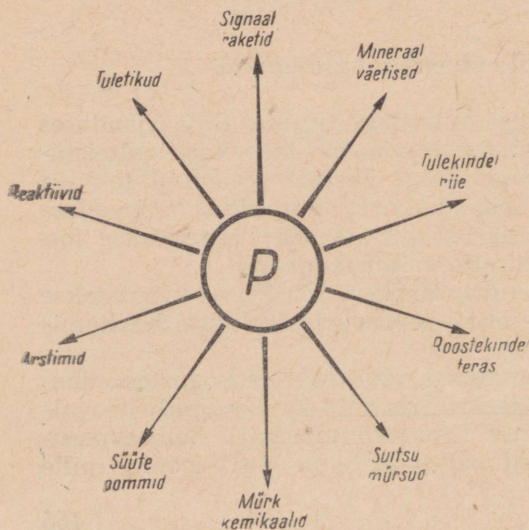
Joonis 103. Suitsukatte tekitamine.

tulemusena vesi pehmeneb. Järjest suurema ulatuse võtab fosforiühendite, eriti aga fosfororgaaniliste ühendite kasutamine taimekaitsevahenditena põllumajanduses (tiofossi ja karbofossi kasutatakse näiteks lehetäide, kapsa- ja peedikärbse vastsete tõrjeks).

Fosfori ja tema ühendite kasutamisest annab ülevaate joonis 104.

Kaasaegsete tuletikkude eelkäijad võeti tarvitusele 1805. a. Need tikud süttisid pirru otsas oleva tikupea kastmisel väävelhappesse.

Fosfortuletikud võeti kasutusele 1833. aastal. Selliste tikkude pea koosnes algul kaaliumkloraadist ( $KClO_3$ ), valgest fosforist ja liimist. Nende tikkude kasutamine kutsus esile palju mürgistusjuhtumeid. Praegu tarvitusel olevad «ohutud tikud» ehk nn. «rootsi tikud» (hakati valmistama Rootsis 1855. a.) leiutati pärast punase fosfori avastamist. Valget fosforit tikkude valmistamiseks enam ei kasutata. Ohutute tikkude pea materjaliks on kaaliumkloraat, väävel, kaaliumdikromaat, klaasipuru, mennik, liim jt. ained. Tikukarbi süütepind kaetakse punast fosforit, klaasipuru, tsinkoksiidi, liimi jt. aineid sisaldava massiga. Tikupea- ja süütepinna retsepte on väga palju.



Joonis 104. Fosfori ja tema ühendite kasutamine.

Hõõrdumissoojuse toimel, mis tekib tikupea hõõrumisel karbi süütepinnal vastu, muutub punane fosfor valgeks fosforiks, mis süttib õhus ja süütab tikupea ning seejärel tiku.

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Miks ei leidu fosforit looduses vabas olekus?
2. Nimetada fosfori tähtsamaid looduslikke ühendeid.
3. Mis on allotroopia?
4. Mis tõestab, et valge ja punane fosfor on sama keemilise elemendi allotroopsed teisendid?
5. Milliseid ohutustehnika nõudeid tuleb silmas pidada töötamisel valge fosforiga?
6. Millistel tingimustel muutub punane fosfor valgeks fosforiks ja vastupidi?
7. Koostada fosfori aatomi ehituse skeem ja näidata, kuidas ja millisteks ioonideks ta võib muutuda.
8. Missugune on fosfori valents järgmistes ühendites:  $P_2O_5$ ,  $P_2O_3$ ,  $PH_3$ ,  $Ca_3P_2$ ,  $HPO_3$ ,  $H_3PO_4$ ,  $Ca_3(PO_4)_2$ ?
9. Arvutada, kui suures apatiidi [ $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$ ] koguses sisaldub 600 g fosforit.
10. Kui palju fosforit on 3 tonnis fosforiidis [ $Ca_3(PO_4)_2$ ], kui see sisaldab 40% aherainet (lisandeid)?
11. Kui palju fosforit oksüdeerus, kui tekkis 14,4 g difosforpentoksiidi ja lähteaine sisaldas 99% puhast fosforit?
12. Põleva fosfori toimel tekkinud põletushaavu pestakse ka 1%-lise hõbenitraadi lahusega. Kui palju hõbenitraati ja destilleeritud vett kulub 200 g sellise lahuse valmistamiseks?
13. Mitu kilogrammi fosforit sisaldub 50 kg kontides, milles on 58%  $Ca_3(PO_4)_2$ ?

## § 10. Fosfori ühendid hapnikuga.

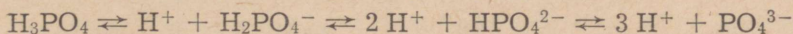
### 1. Fosforhapped.

Difosforpentoksiidi ( $P_2O_5$ ) kõrval, mis tänu tema hügrooskoopsusele leiab kasutamist vett siduva ainenä, on fosfori hapnikuühenditeks fosforhapped. Tutvume nendega.

Tähtsaimaks fosforhappeks on nn. ortofosforhape ( $H_3PO_4$ ), mida tavaliselt nimetatakse lihtsalt fosforhappeks.

Fosforhape on tahke kristalne aine. Ta lahustub hästi vees ega ole mürgine. Fosforhape on püsiv hape.

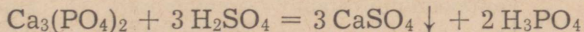
Fosforhape dissotsieerub vees järk-järgult:



Fosforhappe dissotsiatsiooniate 0,1 n lahuses on 27%.

Fosforhape reageerib aluseliste oksiidide ja alustega nagu teisedki mineraalhapped. Metallid, mis asuvad metallide aktiivsuse reas vesinikust vasakul, tõrjuvad fosforhapest vesiniku välja.

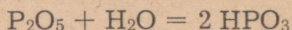
Tööstuses saadakse fosforhapet ta looduslike soolade — fosfooriitide või apatiitide töötlemisel väävelhappega:



Fosforhappe lahus on kergesti eraldatav vees peaaegu lahustumatust kaltsiumsulfaadist. Lahjendatud happe kuumutamisel vesi aurustub ja saadakse kontsentreeritud hape.

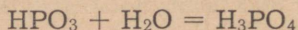
Fosforhapet kasutatakse väetiste ja fosforhappe soolade saamiseks.

Peale fosforhappe tuntakse veel metafosforhapet ( $\text{HPO}_3$ ), mis tekib difosforpentoksiidi reageerimisel veega:



Metafosforhape on ühealuseline hape, mistõttu ta tekitab vaid lihtsoolaid — metafosfaate. Ta on tahke läbipaistev aine, mis lahustub hästi vees. Metafosforhape on väga mürgine. Praktist tähtsust tal ei ole.

Metafosforhappe vesilahuse keetmisel või kauaaegsel seismisel liidab metafosforhappe molekul endaga ühe vee molekuli ja muutub kolmealuseliseks ortofosforhappeks:



Kuiva ortofosforhappe kuumutamisel tekib veel üks fosforhape — pürofosforhape ( $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ).

Kuna fosforhappe dissotsieerumisel eralduvad fosfaatioonid ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), vesinikfosfaatioonid ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) ja divesinikfosfaatioonid ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), siis on võimalikud ka nimetatud ioone sisaldavad soolad: fosfaadid ehk ortofosfaadid (lihtsoolad) ning vesinik- ja divesinikfosfaadid (happelised soolad). Näiteid fosforhappe soolade kohta on toodud tabelis 12.

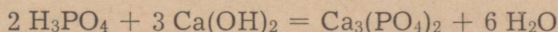
Kasutades soolade lahustuvuse tabelit (lk. 239), tutvume fosfaatide lahustuvusega. Millise seaduspärasuse võib leida fosfaatide lahustuvuses?

Võrdleme nüüd kaltsiumfosfaadi ja happeliste kaltsiumfosfaatide lahustuvust.

Tabel 12.

Happejääkioonid	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{HPO}_4^{2-}$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$
Na <sup>+</sup>	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ naatriumfosfaat	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$ naatriumvesinikfosfaat	$\text{NaH}_2\text{PO}_4$ naatriumdivesinikfosfaat
Ca <sup>2+</sup>	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ kaltsiumfosfaat	$\text{CaHPO}_4$ kaltsiumvesinikfosfaat	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ kaltsiumdivesinikfosfaat
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	$(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ ammooniumfosfaat	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ammooniumvesinikfosfaat	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ammooniumdivesinikfosfaat

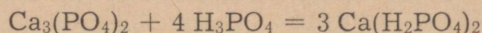
**Katse.** Viime katseklaasi paar tilka lahjendatud fosforhapet (1:10) ning niisutame sellega katseklaasi seinu. Happe ülejäägi eemaldame katseklaasist. Valame seejärel katseklaasi lubjavett, kuni tekib hägu — kaltsiumfosfaat [ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ]:



Millise järelduse võib teha kaltsiumfosfaadi lahustuvuse kohta?

Lisame nüüd mõned tilgad fosforhapet.

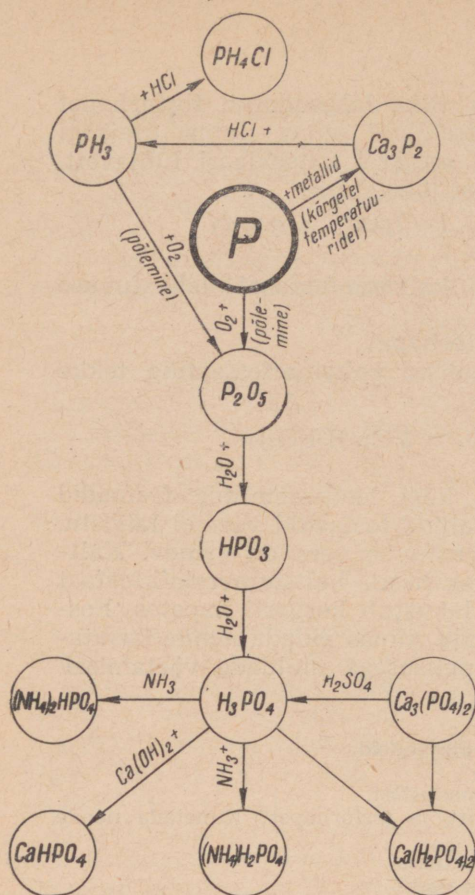
Hägu kaob lahustuvate happeliste kaltsiumfosfaatide tekke tõttu:



Kokkuvõttena võib öelda, et kõik leelismetallide fosfaadid lahustuvad hästi vees. Teiste metallide fosfaadid vees ei lahustu. Happeliste kaltsiumfosfaatide lahustuvus vees on erinev. Kaltsiumdivesinikfosfaat lahustub vees hästi, kaltsiumvesinikfosfaat ( $\text{CaHPO}_3$ ) aga halvasti. Viimane lahustub kergesti hapetes. Fosfaatide erinevat lahustuvust on vaja silmas pidada nende kasutamisel mitmesuguste erineva happelisusega muldade väetamisel.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Jutustada difosforpentoksiidi omadustest.
2. Kuidas saadakse metafosforhapet ja fosforhapet? Nimetada nende omadusi.
3. Kuidas saadakse fosforhapet tööstuses?
4. Milline on fosfaatide lahustuvus vees?
5. Koostada joonisel 105 toodud skeemi põhjal keemilised võrrandid fosforiühendite tekkimise kohta ja nimetada reaktsioonide kulgemise tingimusi.
6. Saada punasest fosforist lähtudes metafosforhapet. Töestada katseliselt, et on tekkinud hape.
7. Arvutada lämmastiku protsendiline sisaldus ammooniumvesinikfosfaadis ja ammooniumdivesinikfosfaadis.
8. 20 ml ühemolaarsele fosforhappe lahusele lisati 20 ml ühemolaarset naatriumhüdroksiidi lahust. Missugune on tekkinud lahuse reaktsioon?
9. Arvutada, kui palju fosforhapet tuleb võtta kahe liitri a) detsimolaarse, b) detsinormaalse lahuse valmistamiseks?
10. 25 ml fosforhappe lahuse tiitrimiseks kulub 20 ml 0,1 n naatriumhüdroksiidi lahust. Leida fosforhappe lahuse normaalsus.
11. Mitu kilogrammi 45% -list fosforhapet võib saada 90 kg fosforiidist, mis sisaldab 60% kaltsiumfosfaati?
12. Kui palju difosforpentoksiidi reageeris veega, kui seejuures moodustus metafosforhapet a) 0,6 mooli, b) 230 g, c) 15 kg?
13. Lahusele, mis sisaldas 0,93 g fosforhapet, lisati 100 g 0,2% -list kaltsiumhüdroksiidi lahust. Mitu grammi sadet tekkis?
14. Kui palju kaltsiumfosfaati kulub a) 180 kg, b) 1,55 t fosfori saamiseks, kui fosfori saagis on 96% teoreetilisest?



Joonis 105. Fosfori ja tema ühendite seose skeem.

## § 11. Fosforvätised.

### 1. Tooraine fosforvätiste tootmiseks.

Tooraineks fosforvätiste tootmisel on looduslikud fosforiühendid — fosforiidid ja apatiidid. Fosforiite ja apatiite võib väljendada ühesuguse valemiga  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Erinevus apatiidi ja fosforiidi vahel seisneb vaid nende geoloogilises tekkes. Kaltsiumfosfaadi molekul võib apatiidi puhul olla seotud kaltsiumfluoriidi või kaltsiumkloriidiga. Kõige enam on levinud nn. fluorapatiit —  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ . Harvem esineb kloorapatiiti. Apatiidid on looduses väga laialt levinud. Ligi 95% kogu maakoore fosforist esineb apatiitide näol.

Maaailma suurim apatiidilade asub Nõukogude Liidus Hibiini mägedes. Apatiit esineb seal koos teiste mineraalidega, eriti koos

nefeliiniga. Apatiit ja nefeliin moodustavad maagist umbes 90%, kuna 10% on lisandeid (sulapagu,  $\text{CaF}_2$  jt.).

Koola poolsaare apatiidilademed avastati aastail 1920—1928 nõukogude geoloogide poolt akadeemik A. Fersmani juhtimisel.

Nõukogude Liidu tähtsaimad fosforiidi leiukohad asuvad Kasahhi NSV-s (Karatau ja Aktjubinsk), Kirovi oblastis Kaama jõe ülemjooksul (Vjatka—Kaama leiukoht), Moskva oblastis (Jegorjevsk). Fosforiite leidub ka Kurski, Smolenski, Kaluuga ja Brjanski oblastis.

Fosforiidid on paiguti anorgaanilise tekkega, paiguti aga orgaanilise tekkega. Viimaste hulka kuuluvad ka Eesti NSV-s esinevad fosforiidilademed. 400—500 miljonit aastat tagasi, kui praegune Eesti NSV territoorium oli mere all, hakkasidki kujunema fosforiidilademed mereloomakeste — ooboluste kodadest. Fosforiidi-maardlad paiknevad piki kogu Eesti põhjarannikut Paldiskist kuni Narvani. Põhjalikumalt on uuritud Maardu ja Aseri fosforiidi-maardlaid. Fosforiidivarud moodustavad meie vabariigis umbes 150 miljonit tonni, millest Maardu piirkonnas asub 50 miljonit tonni.

Käesoleval ajal teatakse Nõukogude Liidu territooriumil umbes 200 fosforiidi leiukohta. Kogu maailma fosforiidivarudest paikneb Nõukogude Liidus üle 60%.

Väiksema tähtsusega tooraineteks fosforvætiste tootmisel on metallurgia kõrvalsaadused ja loomade kondid, mis olid ajalooliselt esimeseks tooraineks fosforvætiste tööstuse jaoks.

#### AKADEEMIK FERSMAN.

Aleksandr Jevgenjevits Fersman sündis 1883. a. Peterburis. Noort Fersmani huvitasid eriti mineraloogia ja geoloogia.

Lõpetanud 1901. aastal gümnaasiumi, astus Fersman Odessa ülikooli. Otsustava tähtsusega Fersmani edasisele tegevusele oli tema siirdumine Moskva ülikooli, kus mineraloogia professoriks oli sel ajal väljapaistev teadlane akadeemik Vernadski, kes etendas tähtsat osa mineraloogia alal.

Juba üliõpilasena avaldas Fersman trükis rea töid.

Pärast ülikooli lõpetamist oli Fersmani peamiseks uurimiselaks geo-keemia, teadus, mis tegeleb maapõue keemiliste elementide uurimisega. Ta on selle uue teadusharu rajajaks.

Tsaari isevalitsuse süngel aastail puudusid noorel teadlasel nii aineli- sed vahendid kui ka võimalused veel uurimata Venemaa alade tundma- õppimiseks. Alles pärast Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni sautsid end täielikult avaldada Fersmani hiilgavad teaduslikud ja organisatoorsed võimed. Samuti teostusid tema unistused Venemaa loodusvarade igakülgsest uurimisest ja nende laialdasest praktilisest kasutamisest.

V. I. Lenini direktiividel hakkas Teaduste Akadeemia 1918. a. süstemaatiliselt uurima maavarasid. Aastal 1919 valiti 36-aastane Fersman akadeemikuks.

Korraldati rida suuri ekspeditsioone Fersmani vahetul juhtimisel. Ta jõudis viibida nii Koola poolsaare tundras, Kesk-Aasia kõrbes, Taga-Baikali taigas kui ka Uraalis.



A. Fersman (1883—1945).

Nende ekspeditsioonide praktilised ja teaduslikud tulemused olid äärmiselt suured. Erilise tähtsusega oli Koola poolsaare uurimine (1920—1930), mida alustati Fersmani initsiatiivil ja juhtimisel ning S. Kirovi toetusel. Põhjas avastati rikkaimad apatiidi-, niklismaagi-, nefeliini- ja teiste maavarade lademed, mille baasil algas keemia suurskaalaste ehitamine.

1925. a. käis Fersman Kesk-Aasia väävlileiukohtades, kuhu seejärel rajati NSV Liidu esimene väävlitehas.

Fersman oli meie kodumaa maavarade väsimatu otsija ning uurija, väljapaistev teadlane, organisaator ja ühiskonnategelane, suurepärase geoloogia-alaste populaarteaduslike raamatute autor. Ta jättis teadusele rikka pärandi. Tema poolt koostatud teaduslike ja populaarteaduslike tööde arv ületab 1000. Tema töödest on eesti keeles ilmunud näiteks «Huvitav geokeemia» ja «Lugusid mineraalidest».

Väsimatu ja pingeline töö laostasid tema tervise. 1943. a. haigestus Fersman tõsiselt, kuid ei suutnud end lahti kiskuda teaduslikust tööst. Ta suri aastal 1945.

## 2. Tähtsamad fosforväärtised.

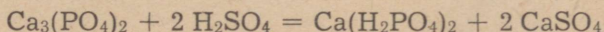
Fosforiidi- ja apatiidijahu on hästi peeneks jahvatatud fosforiit või apatiit. Kuid looduslikud fosforiidid on vähe kõlblikud väetisteks, sest nad sisaldavad fosforit vees raskesti lahustuva kaltsiumfosfaadina  $[Ca_3(PO_4)_2]$ . Fosforiitides sisalduva fosfori omastatavuse määr sõltub nii taimeliigist kui ka mullast. Lupiin, tatar ja hernes omastavad fosforiidis oleva fosfori hästi, kuna teraviljadel tavaliselt puudub võime omastada fosforiidist fosforit. Taimede erinev võime omastada fosforit vees raskesti lahustuvast fosforiidist on seletatav taimejuurte eritiste erineva happelisusega. Mustmuldadel kasvavad teraviljad ei suuda omastada fosforiidist fosforit, kuna happelistel turvas- ja soomuldadel

ning leetmüldadel kasvavad taimed omastavad seda hästi. Selle põhjuseks on asjaolu, et turvasmullas muutub fosforiit orgaaniliste hapete toimel lahustuvateks ühenditeks.

Fosforiidijahu saadakse kaevandatava fosforiidi rikastamisel ja rikastatud fosforiidi jahvatamisel. Maardus kasutatakse nii kuivrikastamist kui ka märgrikastamist ehk floteerimist. Viimane meetod võimaldab tunduvalt tõsta taimedele kasuliku aine sisaldust fosforiidis. (See viis võimaldab fosforiidijahu  $P_2O_5$ -sisalduse tõsta 20%-lt 30%-le.) Põllumajandusele antava rikastatud fosforiidijahu toodang kasvab Eesti NSV-s seitseaastaku jooksul 650 000 tonnini.

Selleks et fosforiitides sisalduv fosfor viia paremini lahustuvasse ja taimedele kättesaadavasse olekusse, töödeldakse neid keemiatööstuses superfosfaadiks, topeltsuperfosfaadiks ja pretsipitaadiks.

Superfosfaat on tähtsaim fosforväetis. Superfosfaadi saamiseks töödeldakse fosforiidi- või apatiidijahu lahjendatud (64—68%) väävelhappega. Väävelhappe toimel muutub fosforiidi kaltsiumfosfaat [ $Ca_3(PO_4)_2$ ] vees lahustuvaks kaltsiumdivesinikfosfaadiks [ $Ca(H_2PO_4)_2$ ], millest kultuurtaimed on võimelised kiiresti fosforit omastama:



Saadud kaltsiumdivesinikfosfaadi ja kaltsiumsulfaadi ( $CaSO_4$ ) segu nimetataksegi superfosfaadiks. Lisandite tõttu on superfosfaadis 16—18%  $P_2O_5$  (teoreetiliselt peaks ta sisaldama 23,8%  $P_2O_5$ ). Superfosfaadis olev kips on siin ballastiks (ta on taimedele tarbetu, vähendab väetise  $P_2O_5$ -sisaldust ning suurendab väetise veokulusid).

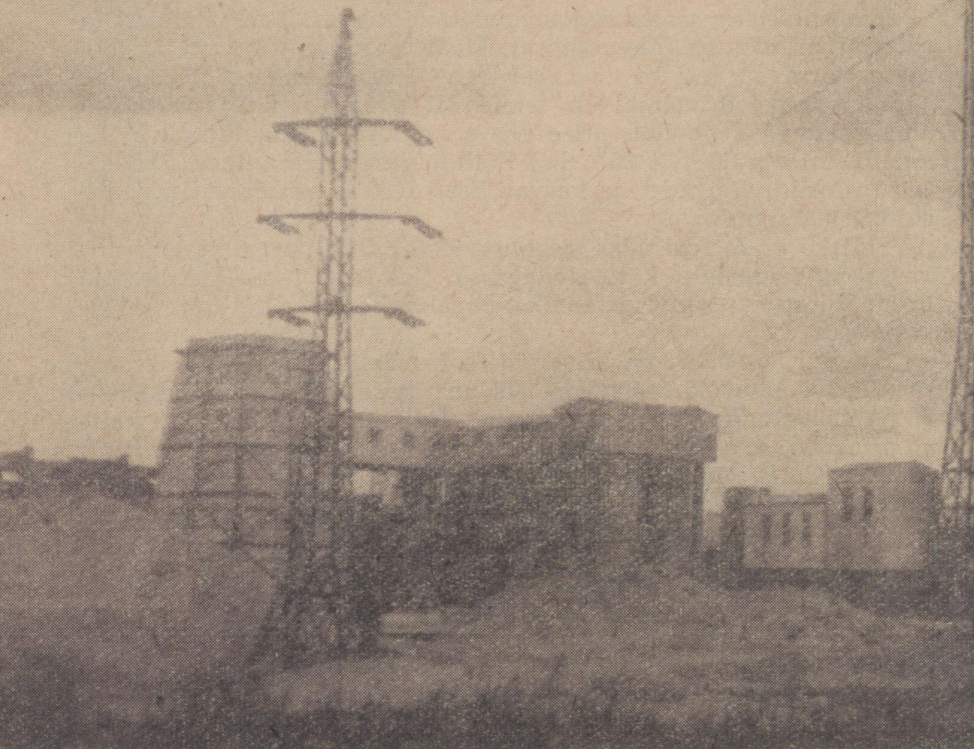
Maardu Keemiakombinaadis toodetakse superfosfaati Koola poolsaarelt sisseveetava rikastatud ja peenestatud apatiidi, nn. apatiidikontsentraadi baasil, mis sisaldab kuni 40%  $P_2O_5$ . Superfosfaaditehas lasti Maardus käiku 1956. aastal.

Peale fosforiidijahu ja superfosfaadi toodab Maardu Keemiakombinaat veel nn. segafosfaati. Selleks lisatakse superfosfaadile võrdne kogus fosforiidijahu ja segatakse. Happelistel muldadel annab selle väetise kasutamine superfosfaadiga võrreldes paremaid tulemusi. Seitseaastaku lõpuks toodab Maardu Keemiakombinaat segafosfaati koguses, milleks kasutatakse ära ligi üks viiendik kombinaadi kogu superfosfaaditoodangust.

Et superfosfaati oleks võimalik külvata koos viljaseemnega, granuleeritakse teda. Granuleeritud superfosfaadi eelis seisneb veel selles, et ta säilitamisel ei paatu.

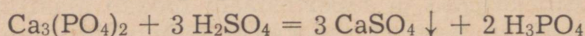
Topeltsuperfosfaat.<sup>1</sup> Kaltsiumsulfaadist vaba fosforväetise saamiseks toimitakse fosforiidijahusse lahjendatud väävelhappega, mida võetakse aga sedavõrd rohkesti, et tekib fosforhape.

<sup>1</sup> Varem nimetati rikastatud superfosfaadiks.

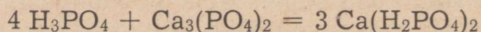


Joonis 106. Maardu superfosfaaditehas.

Reaktsiooni võrrand on järgmine:

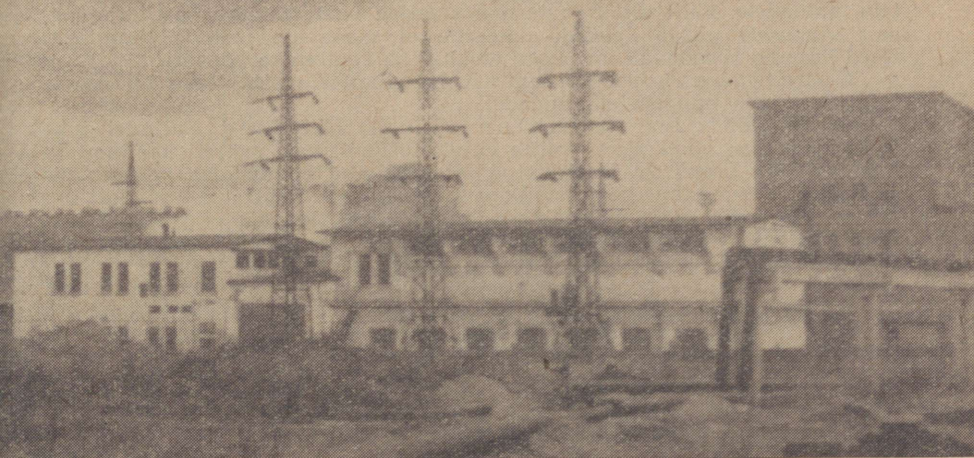


Reaktsioonil tekkiv kaltsiumsulfaat sadestub ning eraldatakse filtreerimisega fosforhapest. Aurustamisega kontsentreeritud fosforhappe lahusele lisatakse seejärel fosforiiti sellises koguses, et tekiks kaltsiumdivesinikfosfaat:

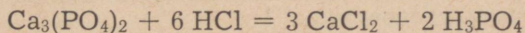


Seda kaltsiumsulfaadist vaba fosforvæetist nimetatakse topelt-superfosfaadiks. See on vees lahustuv fosforvæetis, mis sisaldab 45—50%  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

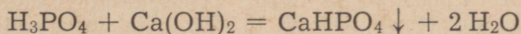
Pretsipitaat. Topeltsuperfosfaadi valmistamise teeb suhteliselt kalliks fosforhappe lahuse aurustamine. Seda ei pruugi teha näiteks pretsipitaadi tootmisel. Selle væetise valmistamiseks vaja-



liku vaba fosforhappe saamiseks toimitakse fosforiidijahusse soolhappega:



Reaktsiooni tulemusena saadakse lahus, mis koosneb kaltsiumkloriidist ja fosforhappest. Soolhappes lahustumatud aherained, nagu liiv, savi jt., setivad põhja. Sademest eraldatud lahusele lisatakse lubjapiima. Viimase reageerimisel fosforhappega tekib kaltsiumvesinikfosfaat ( $\text{CaHPO}_4$ ), mis sadestub:



Tekkinud kaltsiumvesinikfosfaat, mida nimetatakse pretsipitaadiks, eraldatakse lahusesse jäänud kaltsiumkloriidist filtrite abil.

Pretsipitaat on väga hea fosforväetis, mis sisaldab 30—35%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Kuigi pretsipitaat on vees lahustumatu (selle tõttu ei uhuta

teda mullas sügavamale), omastavad taimed pretsipitaadist kergeti fosforit. See on tingitud taimejuurte happeliste eritiste toimest väetisesse.

Toomasjahu saadakse metallurgiatööstuses kõrvalainena fosforirikaste malmide töötlemisel teraseks (toomasmenetlus). Toomasjahu esineb fosfor nõrkades hapetes lahustuva ühendi  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaO}$  koostises. Toomasjahu sisaldab 14—22%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Suure lubjasisalduse tõttu (ligi 50%  $\text{CaO}$ ) on toomasjahu aluselise iseloomuga ning sobib happeliste soo- ja leetmuldade väetamiseks.

Termofosfaadid. Toomasmenetlusel vabaneva räbu kasutamine väetisena näitas, et ka kõrgel temperatuuril saadud fosforiühendid on taimede poolt omastatavad. Seetõttu saigi võimalikuks nn. termofosfaatide tootmine. Termofosfaate saadakse näiteks apatiidi või fosforiidi kokkusulatomisel naatriumsulfaadi või soodaga. Saaduseks on peenike pulber, mis sisaldab ligi 30%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Leeliselise iseloomu tõttu sobib see väetis eriti happeliste muldadele. Eriti tulus on termofosfaatide valmistamine apatiidijahust, sest viimasele piisab apatiidi floteerimisel saadavate jääkide lisamisest. Need lisandid sisaldavad nii naatrium- kui ka kaaliumkarbonaati.

Kondijahu koosneb peamiselt kaltsiumfosfaadist. Teda on soovitatav kasutada happelistel muldadel.

Mitmekülgsed (kombineeritud) väetised. Paljudel juhtudel vajatakse väetamiseks mitte ainult fosforit, vaid samuti kaaliumi ja lämmastikku. Seepärast on hakatud viimasel ajal valmistama väetisi, mis sisaldavad mitut taimedele tarvilikku toitelementi. Tähtsamad nendest on: ammofoss ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ), diammofooss [ $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ], leunafoss<sup>1</sup> [ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ] ja ammofoska [ $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{KCl}$  ja  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  segu]. Ammofoskat on võimalik valmistada erineva toiteelementide (N, P ja K) sisaldusega.

Bakteriväetisena annab häid tulemusi nn. fosforbakteriin, mis muudab mullas olevad fosforiühendid taimedele kättesaadavaks. Fosforbakteriini kasutatakse koos mineraalväetistega.

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Nimetada tooraineid, millest valmistatakse fosforväetisi.
2. Näidata kaardil Nõukogude Liidu tähtsamad fosforiidi leiukohad.
3. Milles seisneb fosforiidi rikastamine?
4. Kuidas hinnatakse taimedele kasuliku aine sisaldust fosforväetistes?
5. Millises pinnases sobib väetisena kasutada a) apatiidi- või fosforiidi-jahu, b) segafosfaati, c) superfosfaati?
6. Kirjutada reaktsiooni võrrandid superfosfaadi, topeltsuperfosfaadi ja pretsipitaadi saamise kohta.
7. Mis ühist on toomasjahul ja termofosfaatidel?
8. Nimetada tähtsamaid mitmekülgseid väetisi.
9. Milles seisnevad granuleeritud superfosfaadi eelised?
10. Teha katseliselt kindlaks, kas antud fosforväetis sisaldab lahustuvat fosfaati.
11. Arvutada lämmastiku ja fosfori protsendiline sisaldus leunafossis.
12. Kui palju superfosfaati saadi 15,5 kg kaltsiumfosfaadi reageerimisel vajaliku väevelhappe kogusega?

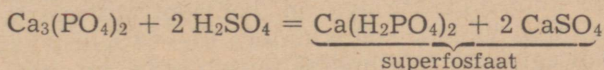
<sup>1</sup> Et leunafossi valmistatakse meil Berezniki ja teistes kombinatsioonides ning ei veeta sisse Leunast (Saksamaal), siis võib seda nimetada «ammooniumfosfosulfaadiks» ehk lühendatult «ammosulfossiks».

13. Kui palju pretsipitaati võib saada 39,2 kg fosforhapest?

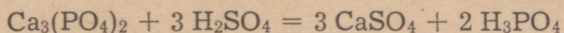
14. Põllumajanduses on tavaks avaldada väetiste fosforisisaldust ümberarvutatuna difosforpentoksiidile ( $P_2O_5$ ). Arvutada  $P_2O_5$ -sisaldus protsentides fosforhappes, superfosfaadis, topeltsuperfosfaadis ja pretsipitaadis.

### 3. Superfosfaadi tootmine.

Superfosfaadi tooraineks on eelnevalt jahvatatud ja rikastatud fosforiit või apatiit (nn. kontsentraat), mida töödeldakse väävelhappega. Nagu juba varem märgitud, kulgeb superfosfaadi tekke protsessis järgmine reaktsioon:

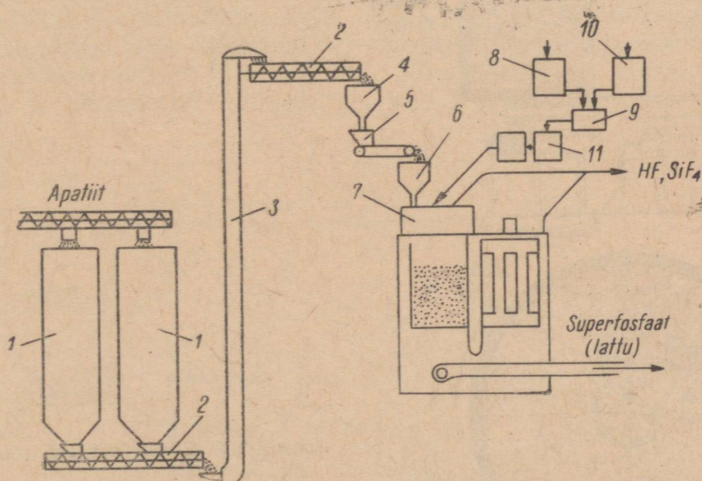


On aga teada, et superfosfaadil on alati happeline reaktsioon, mis on tingitud fosforhappe sisaldusest. Kõrvuti kaltsiumdivesinikfosfaadiga tekib ka fosforhapet:



Kui viia reaktsioon läbi väävelhappe liiaga, siis moodustub vaid fosforhape ning superfosfaati ei saada. Seepärast on superfosfaadi tootmisel tähtis lähteainete kindel vahekord.

Superfosfaadi liigne happelisus kõrvaldatakse valmis superfosfaadile fosforiidijahu lisamisega (5—6%), mis ühtlasi parandab



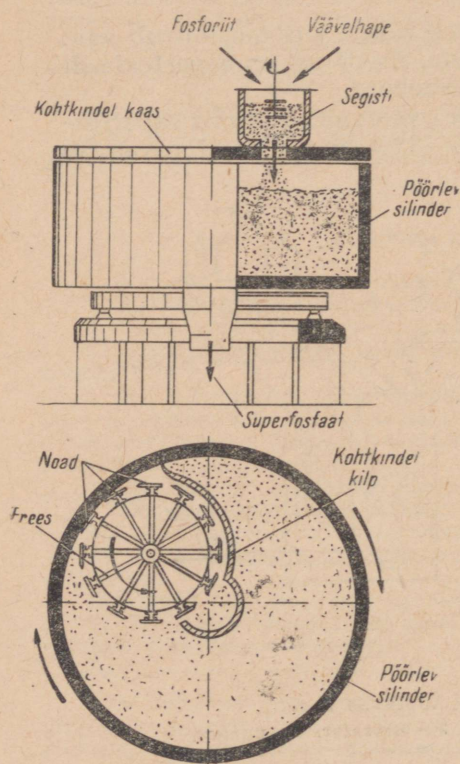
Joonis 107. Superfosfaadi tootmise skeem:

- 1 — punker, 2 — tigutransportöör, 3 — elevaator, 4 — punker, 5 — kaal-dosaator, 6 — punker, 7 — segisti, 8 — väävelhappe paak, 9 — segisti, 10 — veepaak, 11 — kontsentratomeeter.

väetise omadusi. Selleks otstarbeks on eriti hinnatav Maardu fosforiidijahu, mistõttu seda viiakse ka Nõukogude Liidu teistesse superfosfaaditehastesse.

Kasutades skeemi joonisel 107, tutvume nüüd superfosfaadi vooltootmise protsessiga.

Laost suunatakse apatiidikontsentraat või fosforiidijahu transportööride abil punkritesse 1. Punkritest liigub tooraine tigutransportööri 2 ja elevaatori 3 abil punkrisse 4 ja sellest automaatselt töötavasse kaal-dosaatorisse 5. Kaal-dosaatorist suundub tooraine punkrisse 6 ja sealt superfosfaadisegistisse 7. Sinna suunatakse ka väävelhape, mida hoitakse paagis 8 ja lahjendatakse veega segistis 9. Vett hoitakse paagis 10. Saadud väävelhappe lahuse kontsentratsiooni kontrollitakse aga nn. kontsentratomeetris 11. Seejärel doseeritakse vajalik kogus umbes 67—68% -list väävelhapet superfosfaadisegistisse 7. Viimases tõuseb segu, nn. pulbi temperatuur kuni 120° C-ni. Apatiidi kasutamise korral eraldub reaktsioonil fluorvesinikku (HF), mis on lähteaineks väärtusliku taimekaitsevahendi — naatriumfluorosilikaadi ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ) ja muude produktide tootmisel.



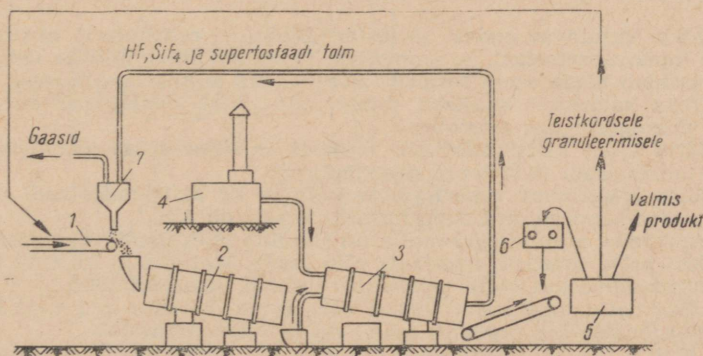
Joonis 108. Superfosfaadi tootmine.

Pulp kujutab endast püdelat massi, mis sisaldab reageerimata kaltsiumfosfaati, kipsi ( $\text{CaSO}_4$ ) ja fosforhapet. Pulp viibib segistis paar minutit ning lastakse seejärel aeglaselt pöörlevasse silindrisse (joonis 108), kus jätkub superfosfaadi tekkimise protsess. Silindri seinad ja põhi on valmistatud raudbetoonist. Silindris paikneb karussellfrees, mis on varustatud nugadega ja mis pöörleb silindrile vastupidises suunas. Kõrge temperatuuri tõttu vesi aurustub, kips ja kaltsiumdivesinikfosfaat aga kristalliseeruvad. Selle tulemusena tahkestub valmis superfosfaat. Karussellfreesi noad löikavad tardunud superfosfaadi massist õhukesti laaste. Spetsiaalsed kraapijad viivad need kergesti pulbristuvad laastud linttransportöörile ja sealt lattu. Laos toimub 15—20 ööpäeva jooksul superfosfaadi nn. järelvalmimine. Seda takistab aga kõrge temperatuur (50—60° C), mis on tingitud superfosfaadis kulgevatest mitmesugustest reaktsioonidest. Selle vältimiseks tõstetakse superfosfaadikuhilad laos iga 3—4 päeva järel vastava sildkraana abil ümber. Järelvalmimise lõpul lisatakse fosforiidijahu (5—6%). Miks?

### Superfosfaadi granuleerimine.

Suhteliselt suure niiskuse ja fosforhappe sisalduse tõttu superfosfaat paatub säilitamisel. Üheks superfosfaadi füüsikaliste omaduste parandamise teeks on tema granuleerimine.

Jälgime granuleerimise protsessi skeemilt joonisel 109. Linttransportöör 1 viib superfosfaadi granulaatorisse 2, mis kujutab endast kaldu asetsevat pöörlevat trumlit. Pulbrilist superfosfaati piserdatakse granulaatoris veega (15—17%). Pulbriline superfosfaat juhitakse koos tekkinud graanulitega kuivatustrumli 3, kuhu suubub ahjust 4 kuum õhk. Nüüd juhitakse superfosfaat sõelte 5. Graanulid läbimööduga alla 2 mm suunatakse uuesti



Joonis 109. Superfosfaadi granuleerimise seadme skeem:

- 1 — linttransportöör, 2 — granulaator, 3 — kuivatustrummel,  
4 — ahi, 5 — sõel, 6 — purusti, 7 — puhastussüklon.

granulaatorisse 2. Graanulid läbimõõduga üle 4 mm lähevad purustisse 6 ja seejärel uuesti sõeltele 5. Valmisprodukt läheb pakkimisele ja lattu.

Kuivatustrumlist väljuvad gaasid suunatakse puhastustsüklo-nisse 7, kus neist eraldatakse superfosfaaditlm. Seejärel juhitakse gaasid pesemistorni, et püüda kinni fluorvesinik ja ränitetrafluoriid ( $\text{SiF}_4$ ).

Granuleeritud superfosfaadi kasutamine võimaldab muu hulgas tunduvalt väetist kokku hoida, teda on parem kottidesse pakkida ja transportida.

#### 4. Topeltsuperfosfaadi tootmine.

Topeltsuperfosfaadi tootmine sarnaneb tavalise superfosfaadi tootmisega. Fosforhape segatakse peenestatud fosforiidiga. Tahkestunud segu peenestatakse peale väetise valmimist ning granuleeritakse. Vaba fosforhappe neutraliseerimiseks lisatakse lupja, fosforiidijahu või ammoniaaki. Saaduseks on suurema  $\text{P}_2\text{O}_5$  sisaldusega (45—50%) vees hästi lahustuv ja hea külvatavusega väetis. Topeltsuperfosfaadi toime sarnaneb tavalise superfosfaadi toimega.

Topeltsuperfosfaadi, pretsipitaadi ja ammofossi valmistamiseks kulub enamik tööstuses toodetavast fosforhapest.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

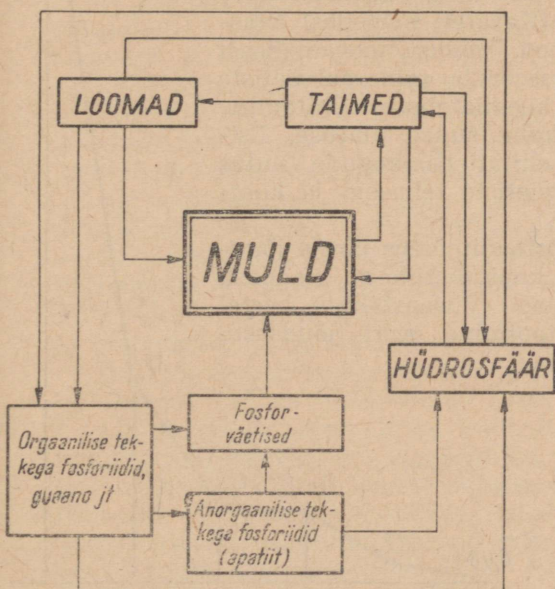
1. Miks on superfosfaadi tootmise lähteaineid vaja täpselt doseerida?
2. Kasutades skeeme, jutustada superfosfaadi ja granuleeritud superfosfaadi tootmisest.
3. Koostada järgmiste soolade valemid: kaaliummetafosfaat, kaltsiummetafosfaat, kaaliumfosfaat, diammooniumvesinikfosfaat, naatriumdive sinikfosfaat, kaltsiumfosfaat, kaltsiumvesinikfosfaat, kaltsiumdive sinikfosfaat.
4. Mida kujutavad endast: a) fosforiidijahu, b) pretsipitaat, c) superfosfaat, d) topeltsuperfosfaat, e) ammofoss, f) diammfoss? Milline neist väetistest sisaldab kõige enam fosforit? Põhjendada vastust arvutusega.
5. Teha katseliselt kindlaks, missuguses antud katseklaasis on superfosfaat, missuguses aga ammofoss.
6. Mitu tonni kaltsiumfosfaati töödeldi vajaliku hulga väävelhappega, kui sealjuures saadi 10,12 tonni superfosfaati?
7. Mitu kilogrammi superfosfaati saadi 32 kg kaltsiumfosfaadi reageerimisel väävelhappega, kui superfosfaadi saagis oli 85%?
8. Arvutada, mitu kilogrammi kipsi sisaldub viies tonnis superfosfaadis?
9. Kui palju topeltsuperfosfaati võib saada, lähtudes a) 0,5 t, b) 930 kg kaltsiumfosfaadist, kui võtta topeltsuperfosfaadi saagiseks 100%?
10. Kui palju topeltsuperfosfaati võib saada lähtudes a) 1 t, b) 200 kg kaltsiumfosfaadist, kui produkti saagis on 92% teoreetilisest?
11. Kui palju kaltsiumfosfaati ja 80%-list fosforhapet vajatakse 3 t topeltsuperfosfaadi saamiseks, kui selle saagis on 98% teoreetilisest?
12. Pretsipitaadi saamiseks kasutati 49 kg fosforhapet. Kui palju kulus reaktsiooniks tahket kaltsiumhüdrosiidi, milles oli 2% lisandeid?

## § 12. Fosfori ringkäik looduses.

Organismide eluprotsesside tulemusena on looduses esinevad forforiühendid pidevas ringluses. Elusorganismide rakutuuma plasma on keeruline fosforit sisaldav aine. Selle ainega on seotud rakkude pooldumine ja kasvamine. Fosforiühendid kuuluvad nii närvikoe kui ka luukoe koostisse. Loomsed organismid ei ole võimelised mineraalset fosforit omastama. Küll aga assimileerivad mineraalset fosforit taimed. Loomsed fosforiühendid ehitatakse üles peamiselt taimsetest fosforiühenditest. Bakteritel on aga võime orgaanilisi ühendeid uuesti mineraliseerida. Nii tekkinud mineraalseid ühendeid saavad jälle kasutada taimed.

Intensiivsel kultuuride kasvatamisel ei piisa taimedele neist mineraalainetest, mis on tekkinud looduslike protsesside tulemusena. Iga-aastase viljasaagiga kõrvaldatakse mullast ka palju fosforisoolasid, mille tagajärjel muld muutub järjest fosforivaesemaks. Fosforipuudusel kannatab peamiselt taimede arenemine — ei valmi viljad ja seemned. Mineraalsete fosforvæetiste tarvitamisel suureneb põllukultuuride saak tunduvalt ning paraneb ühtlasi ka saagi kvaliteet (kõrsviljades suureneb valgusisaldus, peedisuhkrusisaldus jne.).

Fosfori ringkäiku looduses kujutab näitlikult joonisel 110 toodud skeem.



Joonis 110. Fosfori ringkäik looduses.

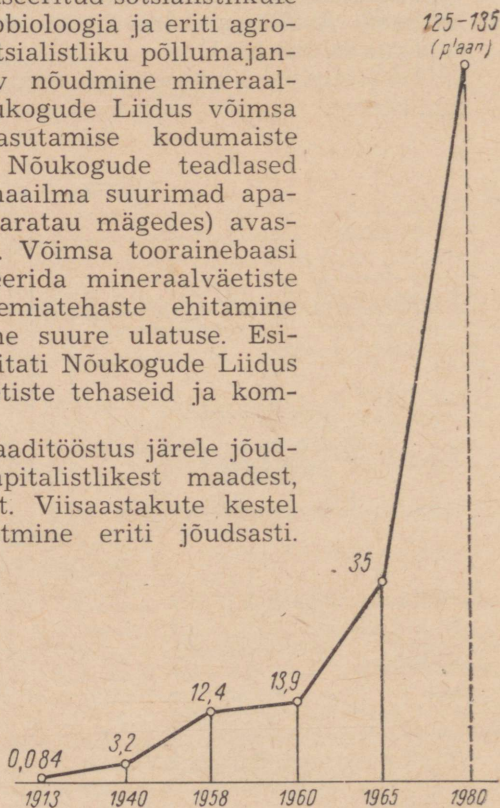
### § 13. Mineraalväetiste tootmise arenguperspektiivid Nõukogude Liidus.

Kuni Oktoobrirevolutsioonini oli mineraalväetiste tööstus Venemaal täiesti mahajäänud seisundis. Tsaari-Venemaal kasutati mineraalväetisi ainult mõisnike ja kulakute põldudel ja sealgi harva. Algelises talupoja majandis ei kasutatud neid peaaegu üldse. Kõikide Venemaa mineraalväetiste tehaste kogutoodang oli 1913. aastal kõigest 21 000 tonni. Tähtsusetu oli ka fosforväetiste tootmine ja tarvitamine. Tsaari-Venemaal tuli ühe elaniku kohta 40—50 korda vähem fosforväetisi kui Inglismaal, Saksamaal või Prantsusmaal. On selge, et ka saagi suuruse suhtes oli tsaari-Venemaa viimasel kohal maailmas. Tsaari-Venemaa superfosfaaditööstus, olles täielikult sõltuv välismaisest toorainest, töötles peamiselt sisseveetavaid (Maroko) fosforiite. Tol ajal tuntud kodumaised fosforiidilademed ei leidnud peaaegu mingit kasutamist.

Pärast nõukogude võimu kehtestamist tõusis meie maal mineraalväetiste tarvitamine, sest põllumajanduses algas üleminek industrialiseeritud ja mehhaniseeritud sotsialistlikule majandusele. Eesrindliku agrobioloogia ja eriti agrokeemia saavutusi kasutava sotsialistliku põllumajanduse suur ja järjest kasvav nõudmine mineraalväetiste järele põhjustas Nõukogude Liidus võimsa mineraalväetiste tööstuse asutamise kodumaiste fosforiidileiukohtade baasil. Nõukogude teadlased avastasid Koola poolsaarel maailma suurimad apatiidilademed. Kesk-Aasias (Karatau mägedes) avastati suured fosforiidilademed. Võimsa toorainebaasi avastamine võimaldas forsseerida mineraalväetiste tehaste ehitamist. Uute keemiatehaste ehitamine algas 1925. a. ja võttis kohe suure ulatuse. Esimeste viisaastakute kestel ehitati Nõukogude Liidus terve rida suuri mineraalväetiste tehaseid ja kombinäate.

1931. a. oli meie superfosfaaditööstus järele jõudnud ja möödunud reast kapitalistlikest maadest, nende hulgas ka Inglismaast. Viisaastakute kestel arenes mineraalväetiste tootmine eriti jõudsasti.

Joonis 111. Mineraalväetiste toodangu kasv Nõukogude Liidus (miljonites tonnides).



Käesoleval ajal on Nõukogude Liit fosforväetiste toodangult Euroopas esikohal. Mineraalväetiste toodangu kasvu Nõukogude Liidus demonstreerib ilmekalt diagramm joonisel 111. Võrreldes 1959. aastaga kasvas fosforväetiste tootmine 1965. aastaks 2,6 korda. Ilmekaks näiteks, mis demonstreerib Nõukogude Liidu mineraalväetiste tööstuse tohutu suurt arenemist, on Hibiini apatiitide baasil töötava mäekeemiakombinaadi «Apatiit» võimsuse pidev kasv.

Tabel 13.

**Apatiititoodangu kasv kombinaadis «Apatiit»**  
(tuhandetes tonnides).

1931	1935	1938	1940	1946	1950	1955	1958
416	1533	2300	950	486	1400	2600	3450

Ajavahemikul 1959—1965 suurenes kombinaadi toodang 2,5 korda. See saavutati seadmete täiustamise ja apatiidikontsentraadi tootmise automatiseerimisega. Rajatakse juurde kaks uut kaevandust kogutoodanguga 11 miljonit tonni apatiiti aastas. On ette nähtud viia kombinaadi «Apatiit» toodang 15—17 miljoni tonnini aastas.

Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei XXIII kongressi otsustes on ette nähtud põllumajandussaaduste tootmise oluline suurendamine. Teraviljatoodangu suurendamise tähtsamaks teguriks peab seejuures olema viljasaagi tõus, mitte aga ainult külvipinna suurendamine. See ei ole võimalik mineraalväetisi kasutamata. Pidev väetiste kasutamine tagab mitte üksnes suured saagid, vaid parandab ka põllumajandussaaduste kvaliteeti. Näiteks suureneb teravilja ja söödakultuuride valgusisaldus, juur- ja puuviljade suhkrusisaldus, kartulite tärklisesisaldus jne. Väetiste kasutamine muudab kultuurid vastupidavamateks temperatuuri kõikumistele, kaitseb taimi haiguste ja kahjurite eest. Seepärast forsseeritakse meie maal kõige lähemas tulevikus mineraalväetiste tootmist.

Rahvamajanduse arendamise perspektiivplaani kohaselt suureneb mineraalväetiste tootmine 1980. aastal võrreldes 1960. aastaga 9—10 korda. Seega on meie maal täitumas kuulsa nõukogude agrokeemiku D. Prjanišnikovi teaduslik ennustus, et väetiste kasutamine loob eeldused kõrgete saakide saamiseks põllumajanduses ja toiduainete külluse saavutamiseks.

Kiiresti areneb mineraalväetiste tootmine ka Nõukogude Eestis. Järjest rohkem fosforväetisi laseb välja Maardu Keemiakombinaat. See saab võimalikuks seadmete rekonstrueerimise ja uue tehnika juurutamise teel. Edaspidi on planeeritud ka termofosfaatide tootmine. Küllalt suurte oobolus-fosforiidi varude olemasolu tõttu on võimalik meie vabariigi fosforiiditööstust arendada nii võrd, et ta varustaks fosforväetistega mitte üksnes Eesti NSV-d, vaid ka lähemaid vennasvabariike.

Lämmastikväetisi ja esmajoones vedelväetist — ammoniaagi vesilahust — hakatakse Kohtla-Järve Põlevkivitöötlemise Kombinaadis tootma põlevkivigaasist. Kaaliumväetiste tootmiseks Eesti NSV-s on võimalusi seoses fosforiidi kaevandamisel eemaldatava glaukoniitliivakivi ja diktüoneema kiltkivi ärakasutamise. Eriti väärtuslikuks kaaliumväetiseks on diktüoneema kiltkivituhk. Kaaliumväetise varusid meie vabariigis hakkab oluliselt täiendama ka Kunda tsemenditehase tootmisjääk — tsemendiklinkri põletamisel tekkinud tolm.

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Kuidas mõjub taimedele a) kaaliumi-, b) lämmastiku- ja c) fosforiühendite puudus?
2. Kuidas täienevad mulla fosforiühendite varud?
3. Kuidas rahuldatakse loomorganismide fosforivajadust?
4. Millega saavutatakse teraviljatoodangu suurenemine vastavalt NLKP otsustele?
5. Teha katseliselt kindlaks, millises katseklaasis asub a) kaaliumkloriid, b) ammooniumnitraat, c) superfosfaat.
6. Võtta katseklaasi veidi superfosfaati ja lisada vett. Loksutada tugevasti. Saadud lahust valada teise katseklaasi ja lisada sellele kriidipulbrit. Süsihappegaasi mullikeste eraldumine on tunnuseks, et võetud lahust sisaldas superfosfaati. Kirjutada vastava reaktsiooni võrrand, kui on teada, et seejuures tekib veel kaltsiumvesinikfosfaat ja vesi.
7. Toitelahuse valmistamiseks taimede pealtväetamisel võeti 1 liitri destilleeritud vee kohta a) 2,5 g kaaliumnitraati, b) 2,5 g kaaliumdivesinikfosfaati ja c) 10 g kaltsiumnitraati. Arvutada iga soola protsendiline sisaldus saadud lahuses.
8. Kui palju pretsipitaati on vaja külvata 5 ha põllule normi juures 40 kg  $P_2O_5$  ühele ha-le?
9. Milline superfosfaadi kogus sisaldab niisama palju  $P_2O_5$  kui a) 11 tonni sõnnikut, milles on 0,2%  $P_2O_5$  ja b) 1 tonn linnusõnnikut, milles sisaldub 1,5%  $P_2O_5$ ?

## § 14. Lämmastikurühma keemiliste elementide üldiseloostus.

### 1. Lämmastiku ja fosfori sarnasus ning erinevus.

Lämmastik ja fosfor on tüüpilised mittemetallid. Keemiliste omaduste poolest on neil teatud sarnasus. Näiteks moodustavad nad vesinikuga ühendid  $NH_3$  ja  $PH_3$ , mis on lõhnavad gaasid. Nii lämmastik kui ka fosfor on neis kolmevalentsed. Halogeenvesinikega annavad  $NH_3$  ja  $PH_3$  ammooniumi- ja fosfooniumisoolasid. Lämmastik ja fosfor moodustavad hapnikuga molekuli koostiselt sarnaseid okside. Oksiidides  $N_2O_5$  ja  $P_2O_5$  on lämmastik ja ka fosfor viievalentsed. Nimetatud oksiidid annavad veega analoogilisi happeid ( $HNO_3$  ja  $HPO_3$ ).

Järgnevalt peatume lämmastiku ja fosfori erinevustel.

Lämmastik esineb looduses vabas olekus, fosforit leidub aga tema suurema keemilise aktiivsuse tõttu ainult ühendites. Lämmastik reageerib hapnikuga väga raskesti ja ainult kõrgel temperatuuril, fosfor reageerib hapnikuga kergesti juba nõrgal soojendamisel. Lämmastik on vabas olekus gaas, fosfor aga tahke aine. Lämmastik ei ole mürgine, valge fosfor aga on mürgine.

## 2. Lämmastikurühm.

Lämmastiku ja fosforiga sarnasteks elementideks on veel arseen, antimon ja vismut. Koos moodustavad nad sarnaste keemiliste elementide rühma. Nimetatud elementide sarnasus seisneb selles, et ilmutades sama valentsi, moodustavad nad sarnase koostisega ühendeid. Erinevused avalduvad aga nende füüsikalistes ja keemilistes omadustes, mis reeglipäraselt muutuvad aatomkaalu suurenemisega, nagu on näha tabelist 14.

Tabel 14.

	Lämmastik	Fosfor	Arseen	Antimon
Sümbol	N	P	As	Sb
Aatomkaal	14,006	30,97	74,92	121,75
Erikaal	0,885 (vedel)	1,83 (valge)	5,72 (metall)	6,69 (metall)
Sulamispunkt (°C)	-210	+44	+817	+630
Keemispunkt (°C)	-195,8	+280	+630	+1635
Agregaatolek	gaas	tahke	tahke, nõrga metalse läikega	tahke, metalse läikega
Valents vesiniku suhtes	3	3	3	3
Ühend vesinikuga	NH <sub>3</sub>	PH <sub>3</sub>	AsH <sub>3</sub>	SbH <sub>3</sub>
Valents hapniku suhtes	1, 2, 3, 4 ja 5	3 ja 5	3 ja 5	3 ja 5
Happelised oksiidid	N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Happed	HNO <sub>2</sub> HNO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub> HPO <sub>3</sub> H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	H <sub>3</sub> AsO <sub>3</sub>  H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	H <sub>3</sub> SbO <sub>3</sub> HSbO <sub>3</sub>

Lämmastikurühma kuuluvate keemiliste elementide füüsikalised ja keemilised omadused on seaduspäraselt sõltuvas suhtes aatomkaalu muutumisest. Aatomkaalu kasvades suureneb erikaal, kõrgenevad keemis- ja sulamispunktid, nõrgenevad mittemetallilised omadused, tugevnevad metallilised omadused. Lämmastiku ja fosforiga võrreldes suurema aatomkaaluga keemilised elemendid arseen ja antimon on metalliliste omadustega: neil on metalne läige, nad juhivad elektrit ja soojust.

Ülaltoodust selgub, et lämmastik, fosfor, arseen, antimon ja vismut moodustavad sarnaste omadustega keemiliste elementide loomuliku rühma, millel aatomkaalu suurenedes tugevnevad metalle iseloomustavad omadused, kuna mittemetalle iseloomustavad omadused nõrgenevad.

Lämmastikurühma kuuluvatel keemilistel elementidel on vähem mittemetallilised omadused kui hapnikurühma elementidel. Nii näiteks leiame juba antimonil kõik metallilisuse tunnused.

Vaadeldes tundmaõpitud elementide keemilisi omadusi rühmade viisi, näeme, et need omadused on tihedas seoses elementide aatomkaaluga ja muutuvad pidevalt aatomkaalu suurenemise suunas.

## V peatükk.

# SÜSINIK JA RÄNI.

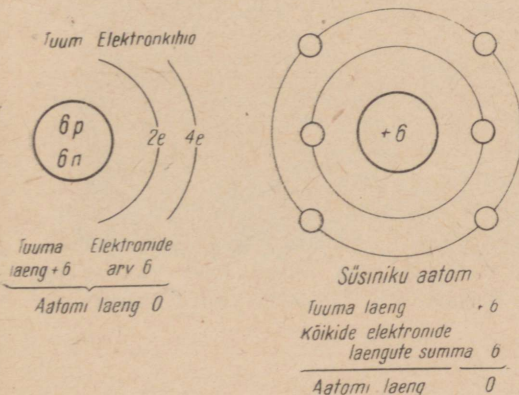
Süsinik on looduses väga levinud element. Teda leidub peaaegu kõigi ainete koostises, millega me igapäevases elus kokku puutume. Kõik organismid sisaldavad peamisena süsinikuühendeid.

Vesteldes süsinikust, märgib geokeemia rajaja akadeemik A. Fersman raamatus «Huvitav geokeemia» järgmist: «Kujutlege sekundiks, et ei oleks mitte ühtegi rohelist lehte, ei puud ega rohuliblet. Samuti ei oleks ka loomi. Ainult mitmesuguste kivimite paljad rütkad kerkiksid Maa elutu liiva ja hääletute kõrbede keskel. Ei oleks sütt ega naftat. Veed oleksid samuti surnud. Ei oleks ei marmorit, ei lubjakive, mis oma valkja värvusega ehivad meie maastikke.»

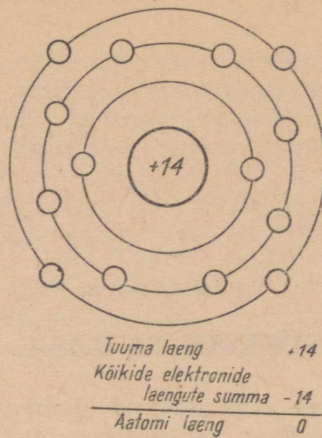
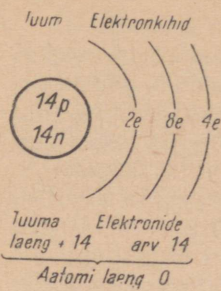
Süsinikku on kõigi orgaaniliste ainete koostises. Ka räniühendeid leidub nii loom- kui ka taimorganismides. Räni põhjustab paljude mineraalide, kivimite ja ehitusmaterjalide mitmekesisuse.

### § 1. Süsiniku ja räni asetus perioodilisuse süsteemis, nende aatomite ehitus.

Süsinik ja räni on mittemetallilised keemilised elemendid. Nad paiknevad perioodilisuse süsteemis IV rühma peaarühmas.



Joonis 112. Süsiniku aatomi elektroniline skeem.



Joonis 113. Ráni aatomi elektriline skeem.

Süsiniku järjenumber on 6 ja ta asetseb II perioodis. Ráni järjenumber on 14 ja ta asetseb III perioodis. Süsiniku ja ráni aatomite ehitust kujutavad skemaatiliselt joonised 112 ja 113.

Nagu toodud elektronilistest skeemidest nähtub, on nii süsiniku kui ka ráni aatomi väliskihil neli elektroni. Süsinik ja ráni paiknevad perioodilisuse süsteemis negatiivseid ja positiivseid ioone tekitavate elementide vahel. Võiks oletada, et nad moodustavad võrdselt nii positiivselt kui ka negatiivselt neljavalentseid ioone. Sõltuvalt aatomi ehitusest süsinik ja ráni aga ioone ei moodusta, s. t. ei anna elektrone ära ega võta neid ka juurde. Teiste elementidega ühinevad nad kovalentsete sidemete abil. Kuna süsinik ja ráni on neljavalentsed (neli valentselektroni), siis võib neil esineda neli elektronpaari. Tuntakse ka ühendeid, milles süsinik ja ráni on kahevalentsed (CO, SiO).

## § 2. Süsiniku allotroopia.

Süsinikku leidub looduses kahe lihtainena — teemandi ja grafiidina.

Teemant on värvusetu kristalne aine, erikaaluga 3,5. Ta murrab tugevasti valguskiiri.

Tuntud ainetest on teemant kõige kõvem. Kuid sealjuures on ta ka väga rabe. Teemandi erandlik kõvadus võimaldab teda kasutada klaasilõikamisel, kõvade kivimite ja metallide ning teiste materjalide töötlemisel. Teemantpuurimisel, mida tänapäeval rakendatakse väga laialdaselt naftatootmisel, kasutatakse torupuure, mille otsa on kinnitatud rida teemante. Teemantitolmu kasutatakse vääriskivide ja ka teemandi enda lihvimiseks.

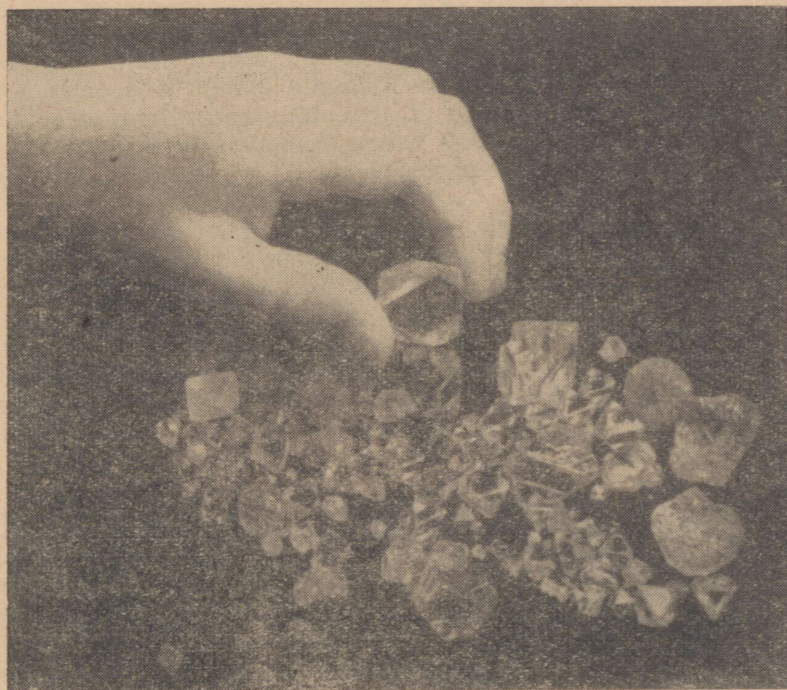
Aastal 1814 põletasid inglise teadlased Davy (loe: deivi) ja Faraday (loe: färeidi) teemanti hapnikus. Teemant põles rahuliku,

eredalt valge leegiga, kusjuures ainsa põlemissaadusena tekkis süsinikdioksiid. Selle katsega tõestasid teadlased, et teemant koosneb ainult süsinikust.

Teemante leidub looduses võrdlemisi harva, tavaliselt väikeste kristallidena kas kivimites või uhtliivas. Teemantide peamiseks leiualaks oli seni Aafrika. Nüüd on rikkalikud teemantide leiukohad avastatud ka Nõukogude Liidus Jakuudi ANSV-s.

Harva on looduses puhtaid ja värvusetu teemante, neid hinnatakse kõrgelt. Kõige sagedamini leidub kollase, roosa ja musta värvinguga teemante. Teemantidel ilmub pärast lihvimist ja poleerimist neile iseloomulik sära. Korrapärase kujuga lihvitud teemante nimetatakse briljantideks. Suure valgusemurdmise ja sellest tingitud «värvidemängu» tõttu kasutatakse briljante ehte valmistamisel. Teemantide kaalu avaldatakse karatides. Üks karaat on ligikaudu 0,2 g.

Grafiit on tumehall, nõrga metalliläikega kristalne aine. Tema erikaal on 2,1—2,3. Õhus ei sütti grafiit isegi väga tugeval kuumutamisel, kuid hapnikus põleb ta süsinikdioksiidiks.



Joonis 114. Jakuudi teemandid.

Vastandina teemandile on grafiit väga pehme ja katsudes rasvane. Ta lõhestub kergesti väga õhukesteks libledeks. Kui tõmata grafiiditükiga üle paberi, siis jätab ta tumeda jälje. Sellel põhineb grafiidi kasutamine pliatsite valmistamisel. Pliatsi südamikud tehakse grafiidi ja savi segust, mille savisisalduse vähenemisega suureneb pliatsi pehmus. Grafiidipulbrit tarvitatakse määrideolide asemel kõrgetel temperatuuridel töötavate masinuosade määrimiseks. Väga heaks määrideaineks on peenestatud ja õliga segatud grafiit.

Grafiidi ja savi segust valmistatakse ka tulekindlaid tiigleid, mida kasutatakse metallide sulatamisel. Grafiit juhib hästi elektrit. Sellel omadusel põhineb grafiidi kasutamine elektrotehnikas elektrootodide, liugkontaktide jm. valmistamisel.

Nõukogude Liidus leidub suuri kvaliteetse grafiidi lademeid Siberis, Ukrainas ja mujal. Käesoleval ajal valmistatakse söest või koksist kunstlikku grafiiti, mis kvaliteedilt ületab isegi loodusliku.

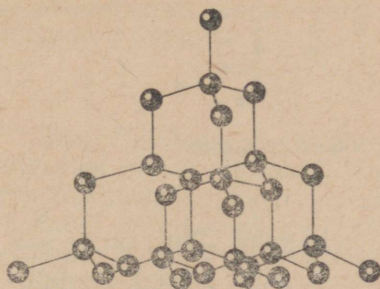
Asjaolu, et nii teemandi kui ka grafiidi põletamisel tekib ainsa põlemisproduktina süsinikdioksiid, tõestab, et meil on nimetatud lihtainete puhul tegemist element süsiniku kahe allotroopse teisendiga.

Järsk erinevus teemandi ja grafiidi omadustes on seletatav nende sisemise ehituse erinevusega. Röntgenikiirte abil on õnnestunud kindlaks teha süsiniku aatomite paigutus teemandi ja grafiidi kristallides. Selgub, et teemandi kristallides asetsevad kõik süsiniku aatomid võrdsel kaugusel üksteisest. Seetõttu on ka kõik aatomitevahelised sidemed teemandi kristallides ühesuguse tugevusega (joonis 115).

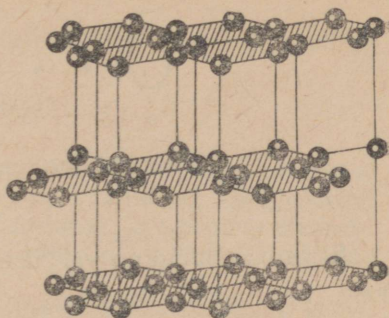
Hoopis teistsugune ehitus on grafiidi kristallidel. Seal asetsevad süsiniku aatomid korrapärase kuusnurga tippudes. Mainitud kuusnurgad paiknevad paralleelsetes kihtides (joonis 116). Ühtlasi on selgunud, et kaugus naabruses olevate kihtide vahel on suurem kui kuusnurgas asetsevate süsiniku aatomite vahel. Seetõttu on aatomitevahelised sidemed kuusnurgas asetsevatel süsiniku aatomitel tugevamad kui aatomite kihtidevahelised sidemed. Kihtidevahelise nõrga seosega ongi seletatav, mispärast grafiit lõhestub kergesti õhukesteks libledeks.

Sõeks nimetatakse mitmesuguseid süsinikurikkaid tahkeid aineid, mida leidub vabalt looduses (näiteks kivisüsi) või saadakse kunstlikult orgaaniliste ainete söestamisel (näiteks puidusüsi). Peaaegu puhtaks süsinikuks on koks ja tahm, mis tekivad kütuste mittetäielikul põlemisel või utmisel. Neid võib vaadata kui vaba süsinikku. Kõikides söeliikides sisaldub suuremal või vähemal määral mitmesuguseid anorgaanilisi aineid, mis jäävad söe põlemisel järele tuhana.

Süsi on väga raskesti sulav aine (sulab 3500°C juures). Sulanud süsi muutub jahtumisel grafiidiks. Süsi ei lahustu tavalistes lahustites, küll aga paljudes sulametallides (rauas, niklis jt.). Struktuurilt on süsi sarnane grafiidiga. Ta koosneb vaid väga väikestest grafiidikristallidest.



Joonis 115. Süsiniku aatomite paigutus teemandi kristallis.



Joonis 116. Süsiniku aatomite paigutus grafiidi kristallis.

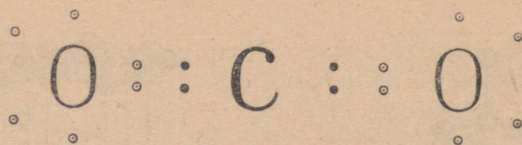
### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Millist nähtust nimetatakse allotroopiaks?
2. Millega on seletatav süsiniku allotroopia?
3. Tuua näiteid tahkete, vedelate ja gaasiliste kütuste kohta.
4. Söe põlemisel tekib süsinikdioksiid ja jääb järele tuhk. Millise järel-duse võimaldab see asjaolu teha söe koostise kohta?
5. Kuidas saadakse aktiveeritud sütt ja milleks seda kasutatakse?
6. Jutustada varemõpitu põhjal teemandi ja grafiidi kasutamisest.
7. Mis on a) adsorptsioon, b) adsorbent? Milleks kasutatakse söe adsorpt-sioonivõimet?
8. Milline gaas tekib söe a) täielikul, b) mittetäielikul põlemisel? Kirju-tada vastavate reaktsioonide võrrandid. Jutustada, mille poolst on need reaktsioonid tähtsad ja miks tegelikus elus tuleb nende reaktsioonide kulge-mise tingimusi silmas pidada.
9. Kõrgel temperatuuril on süsinik hea redutseerija. Ta redutseerib rauda, vaske, tsinki ning teisi metalle nende oksiididest. Seda kasutatakse nimetatud metallide saamisel. Kirjutada vastavad keemilised võrrandid ja näidata, milline element a) oksüdeerub, b) redutseerub ja millist ainet kasu-tatakse seejuures a) oksüdeerijana, b) redutseerijana.
10. Mis on karbiidid? Kirjutada reaktsiooni võrrand kaltsiumkarbiidi tekke kohta lähtudes kaltsiumoksiidist ja koksist. Arvutada süsiniku prot-sendiline sisaldus kaltsiumkarbiidis.
11. Mitu mooli kaltsiumkloriidi on 1,850 kg 12%-lises kaltsiumkloriidi lahuses?

## § 3. Süsinikdioksiid ( $\text{CO}_2$ ) ja süsihape ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).

Süsinikdioksiidi leidub õhus ruumalaliselt 0,03%. Ta tekib hingamisel, põlemisel, kõdunemisprotsessidel, käärimisel, vabaneb vulkaanilistel pursetel, sisaldub mineraalvee allikates jm.

Tänu neljale valentselektronile võib süsinik moodustada neli kovalentset sidet. Ta võib esineda maksimaalselt neljavalentsena. Süsinikdioksiidis ongi süsinik neljavalentne (joonis 117).



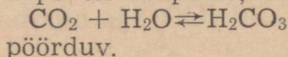
Joonis 117. Süsinikdioksiidi molekuli skeem.

Süsinikdioksiid on värvusetu ja lõhnatu gaas. Õhust on ta raskem (kasutades valemit  $d_s = \frac{M}{29}$  arvutada, mitu korda). Süsinikdioksiid veeldub tavalisel temperatuuril 60 at rõhul. Ta ei põle ega toeta enamiku ainete põlemist.

Sellel omadusel põhineb süsinikdioksiidi kasutamine tulekahju kustutamisel. Tulekustutid on kas täidetud ainetega, mille reageerimisel tekib süsinikdioksiid (näiteks sooda lahus ja väävelhape), või sisaldavad vedelat süsinikdioksiidi. Balloonist või tulekustutist (joonis 118) väljumisel vedel süsinikdioksiid aurustub. Seejuures neeldub nii palju soojust, et süsinikdioksiid tahkub tekkiva madala temperatuuri toimel. Tahkena on süsinikdioksiid kohane eriti plahvatuse tagajärjel tekkinud tulekahjude kustutamisel (keemiatööstustes, garaažides, lennukites ja teistes transpordivahendites). Vedela süsinikdioksiidiga täidetud tulekustuteid kasutatakse ka raamatukogude, muuseumieksponaatide jne. kustutamisel, et mitte rikkuda kustutatavaid esemeid.

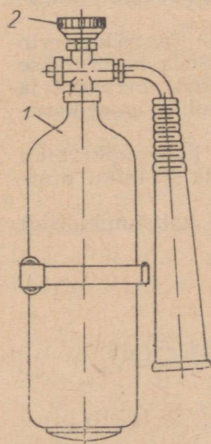
Kokkupressitud tahket süsinikdioksiidi nimetatakse «kuivaks jääks». Seda kasutatakse kiiresti riknevate toiduainete transportimisel, jäätise hoidmisel jm. Alates 1964. aastast toodetakse «kuiva jääd» ka Rakvere Piiritusetehases käärimisel tekkivast süsinikdioksiidist.

15° C juures lahustub ühes ruumalas vees umbes üks ruumala süsinikdioksiidi. Lahustumisel reageerib viimane veega, moodustades süsihappe. Süsihape dissotsieerub väga vähesel määral, mistõttu tema lahuses on väga vähe vesinikioone. Seepärast kuulub süsihappe nõrkade hapete hulka. Kuna süsihape on ebapüsiv, on reaktsioon



Happelise oksiidina reageerib süsinikdioksiid alustega ja aluseliste oksiididega.

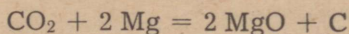
Süsinikdioksiid on väga püsiv ühend. Seepärast kustubki temas enamik põlevaid aineid. Kuid mõned metallid, näiteks leelismetallid ja magneesium, põlevad süsinik-



Joonis 118.  
Tulekustuti:

- 1 — balloon vedela süsinikdioksiidiga,  
2 — ventiiil.

dioksiidis edasi temas sisalduva hapniku arvel. Süsinik eraldub seejuures tahmana.



Süsinikdioksiid ei ole mürgine, kuid esinedes õhus suuremates kogustes mõjub ta siiski inimesele ja loomadele, põhjustades peapööritust, hingeldamist, kohinat kõrvades ja unisust. Süsinikdioksiidi suure sisalduse puhul õhus (üle 20%) hakkab inimene või loom hapnikupuudusel lämbuma.

Kaevudesse ja koobastesse võib mitmesugustel põhjustel koguneda süsinikdioksiidi. Seepärast ettevaatust sinna laskumisel! Kaevu või süvendisse tuleb lasta esmalt põlev küünal. Kui küünal kustub või halvasti põleb, tuleb neid kohti enne allaminekut tuulutada, vastasel korral võib allalaskuja lämbuda. Kehtestatud töökaitse eeskirjade kohaselt ei tohi süsinikdioksiidi sisaldus tööruumides tõusta üle 0,5% (ruumalaliselt).

Palju süsinikdioksiidi vajatakse sooda ja suhkru tootmisel, gaseeritud jookide valmistamisel jm.

Süsinikdioksiidi saamise ja omadustega tutvumiseks teeme järgmised katsed.

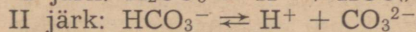
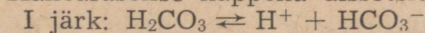
**Katse 1.** Marmorit ja lahjendatud soolhapet kasutades valmistame süsinikdioksiidi. Tõestame, et saadud gaas on süsinikdioksiid. Kirjutame vastava reaktsiooni võrrandi. Jätkame süsinikdioksiidi juhtimist kaltsiumhüdroksiidi lahusesse, kuni hägu kaob.

Meenutades varemõpitud (kaltsiumiühendid), anname toimuva kohta seletuse ja kirjutame vastava reaktsiooni võrrandi. Kus toimub selline protsess looduses?

**Katse 2.** Tõestame, et süsinikdioksiidi vesilahusel on happeline reaktsioon ja et süsihape laguneb lahuse soojendamisel. Kirjutame vastavad keemilised võrrandid. Miks ei ole võimalik saada kontsentreeritud süsihapet?

## § 4. Karbonaadid.

Kahealuselise happena dissotsieerub süsihape järkjärguliselt:



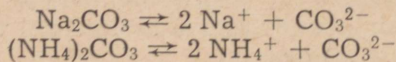
Dissotsiatsiooni teine järk kulgeb minimaalses ulatuses, mistõttu  $\text{CO}_3^{2-}$ -ioone esineb süsinikdioksiidi vesilahuses vähe.

Vesinikkarbonaat- ja karbonaatioonide sisalduse tõttu süsihappe lahuses moodustab süsihape kaks rida soolaid: vesiniksoolaid (happelisi soolaid) — vesinikkarbonate ja lihtsoolaid — karbonaate. Neil esinevad kõik sooladele iseloomulikud keemilised omadused.

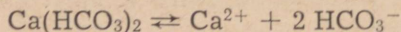
## Süsihappe soolad.

Soola valem	Happejääk soola molekulis	Soola struktuurivalem	Soola nimetus
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{CO}_3^{2-}$	$\begin{array}{c} \text{Na} - \text{O} \\ \quad \quad \quad \diagdown \\ \quad \quad \quad \text{C} = \text{O} \\ \quad \quad \quad \diagup \\ \text{Na} - \text{O} \end{array}$	Naatriumkarbonaat
$\text{CaCO}_3$	$\text{CO}_3^{2-}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{Ca} \quad \quad \text{C} = \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{array}$	Kaltsiumkarbonaat
$\text{NaHCO}_3$	$\text{HCO}_3^-$	$\begin{array}{c} \text{Na} - \text{O} \\ \quad \quad \quad \diagdown \\ \quad \quad \quad \text{C} = \text{O} \\ \quad \quad \quad \diagup \\ \text{H} - \text{O} \end{array}$	Naatriumvesinikkarbonaat
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	$\text{HCO}_3^-$	$\begin{array}{c} \text{H} - \text{O} \\ \quad \quad \quad \diagdown \\ \quad \quad \quad \text{C} = \text{O} \\ \quad \quad \quad \diagup \\ \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{Ca} \quad \quad \text{C} = \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H} - \text{O} \end{array}$	Kaltsiumvesinikkarbonaat

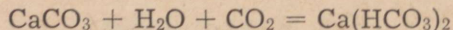
Kõigist karbonaatidest lahustuvad vees vaid leelismetallide karbonaadid ja ammoniumkarbonaat. Vesilahustes dissotsieeruvad nad järgmiselt:



Vesinikkarbonaadid lahustuvad kõik vees, dissotsieerudes ioonideks ( $\text{HCO}_3^-$ ):



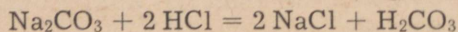
Looduses tekib kaltsiumvesinikkarbonaat süsinikdioksiidi ja vee toimel lubjakivisse:



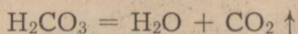
Kaltsiumvesinikkarbonaat on üheks vee karedust põhjustavaks aineks.

Kõigi süsihappe soolade iseloomulikuks omaduseks on nende reageerimine hapetega. Süsinikdioksiidi eraldumine seejuures on kindlaks tunnuseks, mis näitab karbonaatide olemasolu. Seepärast kasutatakse seda reaktsiooni süsihappe soolade tõestamiseks ja karbonaatide kindlakstegemiseks mullas.

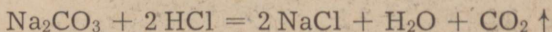
Naatriumkarbonaadi reageerimist soolhappega võib näiteks kujutada järgmiselt:



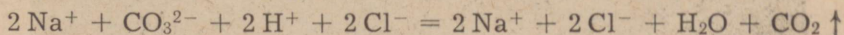
Ebapüsiv süsihape laguneb:



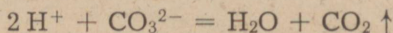
Mõlemate reaktsioonivõrrandite liitmisel saame:



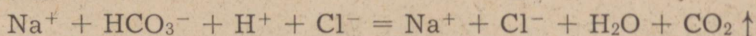
Reaktsiooni kulgemisel vesilahuses võime reaktsiooni võrrandi kirjutada ioonilisel kujul:



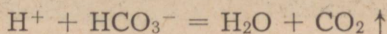
ehk taandatud kujul:



Analoogiliselt reageerib ka naatriumvesinikkarbonaat soolhappega. Reaktsiooni võrrand ioonilisel kujul:



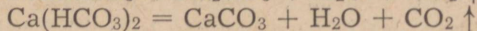
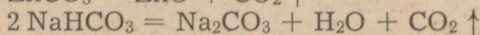
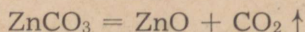
ehk taandatud kujul:



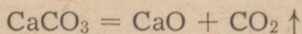
**Katse 1.** On antud kolm nummerdatud katseklaasi naatriumkloriidi, naatriumhüdrosiidi ja naatriumkarbonaadi lahusega.

Määrata, millise numbriga katseklaasis on iga nimetatud aine.

Süsihappe soolad (välja arvatud leelismetallide karbonaadid) lagunevad kuumutamisel. Näiteks:



Sellel karbonaatide (ja vesinikkarbonaatide) omadusel põhineb mitmete metallide oksiidide saamine, sealhulgas lubja tootmine lubjaahjudes:



Kuna leelismetallide karbonaadid kuumutamisel praktiliselt ei lagune, nende vesinikkarbonaadid aga lagunevad, on neid võimalik sellel põhjal eristada.

**Katse 2.** On antud kaks katseklaasi. Ühes neist on sooda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), teises söögisooda ( $\text{NaHCO}_3$ ).

Määrata, kummas katseklaasis on karbonaat, kummas vesinikkarbonaat.

Süsihappe sooladest on tähtsamad järgmised.

**Kaltsiumkarbonaat** ( $\text{CaCO}_3$ ). Looduses esineb kaltsiumkarbonaat peamiselt lubjakivi, dolomiidi, marmori ja kriidi koostises. Lubjakivi nimetatakse rahvasuus paeks. Paas moodustab Eesti NSV põhjaosa ja saarte aluspõhja ning on meil üheks levinumaks maavaraks. Dolomiit erineb lubjakivist oma koosti-



Joonis 119. Dolomiidikihid Kaarma paemurrus.

selt. Ta sisaldab peale kaltsiumkarbonaadi ka magneesiumkarbonaati ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ). Lubjakivi aga, milles sisaldub rikkalikult savi, nimetatakse mergliks.

Murtud paasi kasutatakse vundamentide ja müüride ladumiseks. Paekillustikku vajatakse teede ehitamiseks ja täitematerjaliks betoonisegusse. Palju kasutatakse lubjakivi lubja tootmiseks. Suurimaks lubjatehaseks Eestis on Rakke Lubjatehas. Selle tehase aastatoodang on üle 125 000 tonni lupja. Tehas kasutab lähikonnas leiduvat lubjapõletamiseks sobivat lubjakivi.

Vabariigi suurimad paemurrud, kus murtakse ehituspaasi, asuvad Tallinna lähedal. Neist mehhaniseeritumaks on Vão paekarjäär. On kindlaks tehtud, et ehituspae nõuetele vastab ka Maardu lubjakivi, mis eemaldatakse fosforiidi lahtiste karjääride rajamisel.

Puhtamaid lubjakive (s. t. väga suure kaltsiumkarbonaadi sisaldusega) leidub Saaremaal, Vasalemmas ja Kalanal. Vasalemmas esinev kristalne lubjakivi on hästi poleeritav ja nägus, mistõttu kannab «vasalemma marmori» nimetust.

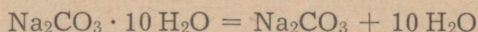
Dolomiiti leidub Eestis rikkalikult Saaremaal (Kaarma, Tagavere ja Liigalaskma ümbruses).

Lubjakivi ja ka dolomiiti kasutatakse seinakatteplaatide, karniiside, trepiastmete, mälestus- ja hauasammaste jm. valmistamiseks.

Merglit leidub Rakvere ümbruses Alaveres.

Kaltsiumkarbonaati, mis esineb kriidi kujul, saadakse allikate ja praeguste ning endiste järvede põhjast. (Järvekriiti leidub Eestis näiteks Vajangul.) See sobib suurepäraselt happeliste muldade lupjamiseks. Eesti NSV kolhoosid ja sovhoosid kasutavad seda põlevkivituha kõrval laialdaselt.

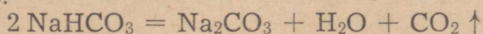
Naatriumkarbonaat ehk sooda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Looduses leidub soodat mõnede soodajärvede vees (Siberis Kulunda stepis jm.). Vesilahustest kristalliseerub ta kristallhüdraadina —  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ , mida nimetatakse kristallsoodaks ehk pesusoodaks. Kristallsooda kaotab osa kristallveest kergesti juba toatemperatuuril. Tema kuumutamisel tekib aga veevaba naatriumkarbonaat, mida nimetatakse kaltsineeritud soodaks:



Veevaba naatriumkarbonaat on valge pulbriline aine, mis lahustub hästi vees. Lahustumisel lahus soojeneb hüdraatide tekke tõttu. Soodat toodetakse tööstuses peamiselt naatriumkloriidist.

Soodat kasutatakse klaasi, seebi ja paberi tootmisel ning koduses majapidamises pesupesemisel.

Naatriumvesinikkarbonaat ehk söögisooda ( $\text{NaHCO}_3$ ). Naatriumvesinikkarbonaat on valge pulbriline aine, mis lahustub vees halvemini kui naatriumkarbonaat. Soojendamisel ta laguneb:



Söögisoodat, nagu nimetus näitab, kasutatakse koduses majapidamises ja toiduainete tööstuses (taigna kergitamiseks). Naatriumvesinikkarbonaat on vajalikuks aineks ravimite valmistamisel ja meditsiinilises praktikas. Naatriumvesinikkarbonaadi lahusega täidetakse ka tulekustuteid.

Soodatööstus on keemiatööstuse üheks tähtsamaks haruks. Klaasi, pesupulbrite, seebi ja muude rahvamajandusele tähtsate produktide külluse loomiseks suurendatakse sooda tootmist.

Sooda tootmise kasvu NSV Liidus iseloomustavad andmed tabelis 16 (toodang tuhandetes tonnides).

Kaaliumkarbonaat ehk potas ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ). Potast leidub taimede tuhas (puutuhk), kust teda varem toodetigi. Ta on valge pulbriline aine, mis lahustub hästi vees. Kaaliumkarbonaati kasutatakse kuumuskindla klaasi valmistamisel, fotograafias jm.

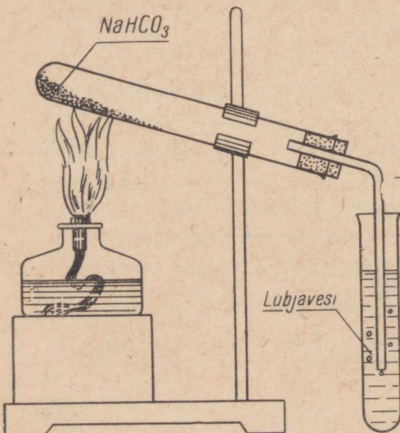
Tabel 16.

Sooda tootmise kasv Nõukogude Liidus.

1913. a.	1940. a.	1958. a.	1963. a.	1965. a.
160	536	1692,4	2544,7	3500

## Küsimusi ja ülesandeid.

1. Jutustada süsinikdioksiidi füüsikalistest ja keemilistest omadustest. Kirjutada vastavad keemilised võrrandid.
2. Milleks kasutatakse süsinikdioksiidi? Kuidas saadakse teda a) laboratoorselt, b) tööstuses? Kirjutada vastavad keemilised võrrandid.
3. Milliseid järgmistest ainetest saab kasutada süsinikdioksiidi kuivatamiseks veeaurust:  $H_2SO_4$ ;  $NaOH$ ;  $CaO$ ;  $CaCl_2$ ;  $P_2O_5$ ? Põhjendada vastust.
4. Kuidas määratakse karbonaatide sisalduvust mullas? Millisele keemilisele reaktsioonile see määramine baseerub?
5. Kirjutada reaktsiooni võrrandid süsihappe soolade keemiliste omaduste kohta, mis vastavad soolade üldistele omadustele.
6. Tuua näiteid süsihappe soolade spetsiifilistest omadustest. Kirjutada vastavad reaktsiooni võrrandid.
7. Millel põhineb söögisooda kasutamine küpsetamisel? Kirjutada vastav reaktsiooni võrrand.
8. Söögisoodat kasutatakse ka kunstliku mineraalvee valmistamisel. Millega seletada seda, et sidrunhappe lahus hakkab söögisooda lisamisel kihiseb ja vahutama?
9. Saada süsinikdioksiidi ja tõestada kahel erineval viisil, et saadud gaas on süsinikdioksiid. Milline sool ja milline hape valitakse süsinikdioksiidi saamiseks? Millega seda seletada?
10. Teha katseliselt kindlaks süsinikdioksiidi vesilahuse happeline reaktsioon. Milliseid anioone esineb selles lahuses? Kirjutada vastavad keemilised võrrandid.
11. Koostada seade, nagu on näidatud joonisel 120. Tõestada katsetega, et söögisooda kuumutamisel tekivad naatriumkarbonaat, vesi ja süsinikdioksiid.
12. On antud naatriumkarbonaadi ja naatriumvesinikkarbonaadi lahused. Ühtegi reaktiivi kasutamata teha kindlaks, kummas antud katseklasis on naatriumvesinikkarbonaadi lahus.
13. Kuumutada põleti leegis õhukest lubjakivikildu. Tõestada, et kivi-killu servadel tekkinud valge aine on aluseline oksiid. Kirjutada vastavate reaktsioonide võrrandid.
14. Lähtudes lubjaveest saada kaltsiumvesinikkarbonaadi lahus (kare vesi) ja kõrvaldada vee karedus kahel erineval viisil.
15. Leida süsinikdioksiidi molekulkaal ja arvutada tema tihedus a) vesiniku, b) õhu ja c) lämmastiku suhtes.
16. Arvutada, mitu protsenti hapnikku sisaldub ruumis, milles söe põlemise tagajärjel süsinikdioksiidi ruumalaline sisaldus on tõusnud 1,5%-ni.
17. Hapete neutraliseerimiseks kasutatakse ka soodat. Kui palju kristallsoodat kulub 39,2 väävelhappe neutraliseerimiseks?



Joonis 120. Naatriumvesinikkarbonaadi lagundamine.

18. Sepikojas põletati 40 kg sütt, milles oli 10% mittepõlevaid lisandeid. Mitu kilogrammi õhku vajati selle söekoguse põletamiseks?

19. Milline kogus 8%-list naatriumkarbonaadi lahust on vaja 200 g 5%-lise väävelhappe lahuse neutraliseerimiseks?

20. Milline on naatriumvesinikkarbonaadi lahuse protsendiline kontsentratsioon, kui iga naatriumvesinikkarbonaadi mooli kohta tuleb 200 mooli vett?

21. Lahusele, milles on 22 g kaltsiumkloriidi, lisati teine lahus, mis sisaldas 22 g naatriumkarbonaati. Millised ained jäid lahusesse? Kui palju saadi sadet?

## § 5. Süsinikoksiid (CO), generaatori- ja veegaas.

Süsinikoksiidis (tuntakse ka vingugaasi nimetuse all) on süsinik kahevalentne. Süsiniku neljast valentselektronist moodustavad hapniku aatomi sidumiseks elektronpaare vaid kaks (joonis 121). Kahe vabaks jäänud elektroni abil võib süsinikoksiidi süsiniku aatom moodustada veel kaks kovalentset sidet. Seetõttu on süsinikoksiid tugev redutseerija. Ta võib siduda endaga kergesti hapniku aatomi ja seda isegi võrdlemisi püsivatest ühenditest nagu paljude metallide oksiididest. Seepärast looduses süsinikoksiidi ei esine.

Joonis 121. Süsinikoksiidi molekuli skeem.



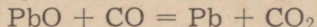
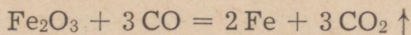
Süsinikoksiidil (nii nagu süsinikdioksiidilgi) puudub värvus ja lõhn. Just viimane asjaolu on ohtlik, sest süsinikoksiid on väga mürgine gaas ja lõhna järgi me teda ära ei tunne. Küll aga võib arvata, et kui ruumis on vingut (lõhnavad põlemisproduktid), siis on seal ka süsinikoksiidi.

Vastavalt kehtivatele eeskirjadele ei tohi tööruumides sisalduda üle 0,02% süsinikoksiidi. Õhk, mis sisaldab ruumala järgi 0,06% süsinikoksiidi, on juba mürgine. 0,1% süsinikoksiidi sisaldusega õhu sissehingamine on aga eluohtlik.

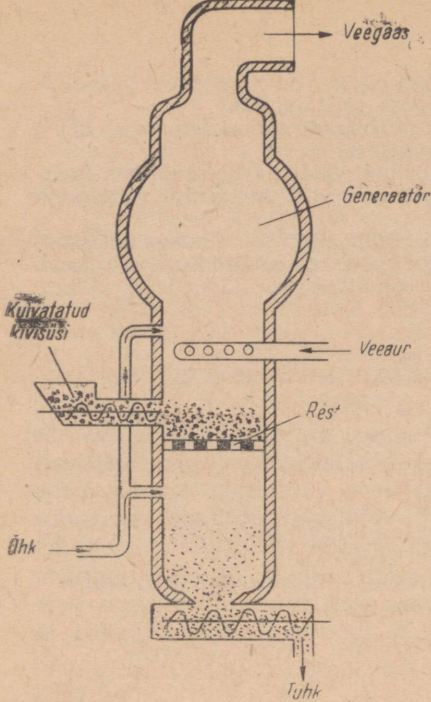
Kuna süsinikoksiid tekib kütuste mittetäielikul põlemisel, siis tuleb eriti silmas pidada õiget kütterežiimi. Garaažides peab aga olema hea ventilatsioon.

Süsinikoksiid ei reageeri vee, aluste ega hapetega. Ta ei kuulu seega aluseliste ega happeliste oksiidide hulka, vaid nn. indiferentsete oksiidide klassi (soola mittetekitavad oksiidid).

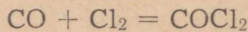
Tugeva redutseerijana kasutatakse süsinikoksiidi metallurgias metallide tootmisel maakidest. Näiteks:



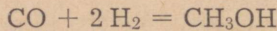
Joonis 122. Gaasigeneraator veegaasi valmistamiseks.



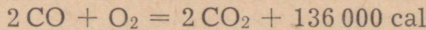
Klooriga moodustab süsinikoksiid mürgise gaasi fosgeeni ( $\text{COCl}_2$ ), mida kasutatakse laialdaselt värvainete tööstuses:



Kõrgel temperatuuril ja rõhul ning katalüsaatorite juuresolekul reageerib süsinikoksiid vesinikuga ja moodustab metüülalkoholi:

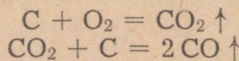


Süsinikoksiidi põlemisel eraldub palju soojust.



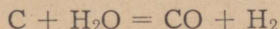
Sellel põhineb tema kasutamine küttegaaside — generaatori- ja veegaasi koostises.

Generaatorigaasi saadakse gaasigeneraatorites (joonis 122) õhu juhtimisel läbi hõõguva söekihi:



Generaatorigaas koosneb peamiselt süsinikoksiidist ja lämmastikust. Teda kasutatakse klaasi- ja terasesulatamisahjude kütteks, kivisöe ning põlevkivi utmiseks jm. Generaatorigaasi kütteväärtus on 800—1000 kcal/m<sup>3</sup>.

Veegaasi saadakse veeauru juhtimisel läbi hõõguva antratsiidi- või koksikihi:



Seega koosneb veegaas kahe põleva gaasi segust. Tema kütteväärtus ulatub kuni 3000 kcal/m<sup>3</sup>. Veegaasi kasutatakse küttegaasina metallurgias ja klaasitööstuses ning toorainena metüülalkoholi ja ammoniaagi valmistamisel. Viimasest saab omakorda lämmastikhapet.

## § 6. Süsiniku ringkäik looduses.

Süsinik on organismide elutähtsaks koostiselemendiks. Elavad organismid, nii taimed kui ka loomad, tarvitavad hingamiseks hapnikku ja eritavad süsinikdioksiidi. Süsinikdioksiid tekib organismides orgaaniliste ainete oksüdeerumisel.

Süsinikdioksiidi tekib ka kütuste põlemisel, käärimisprotsessidel, taimede ja loomade jäänuste kõdunemisel ning eraldub vulkaanilistel pursetel suurtes kogustes atmosfääri. Nende protsesside tagajärjel peaks õhku kogunema süsinikdioksiidi tohutuis hulka. Kuid õhk säilitab oma alatise koostise, tähendab, kusagil looduses peab toimuma vastupidine protsess — süsinikdioksiidi muundumise protsess, selle tarbimine.

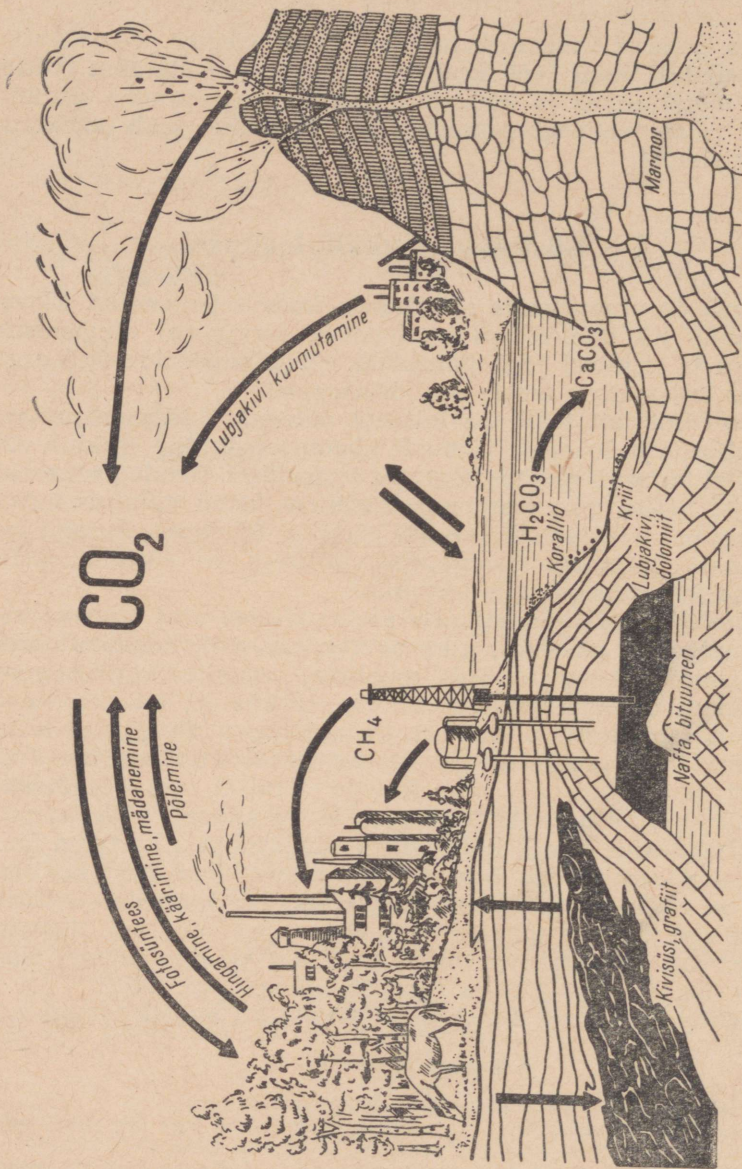
Süsinikdioksiidi muundumise protsess leiab aset taimede klorofülliterakestes päikesevalguse ja vee osavõtul. Süsinikdioksiidi muundumisel tekivad taimede rohelistes organites mitmesugused orgaanilised ühendid (näiteks suhkur, tärklis jt., mis koosnevad peamiselt süsinikust, vesinikust ja hapnikust). Seejuures eritub hapnikku. Seda protsessi nimetatakse fotosünteesiks. Fotosünteesi uurimisel on suuri teeneid kuulsal vene botaanikul K. Timirjasevil (1843—1920). Praktikas on andnud häid tulemusi katmikkultuuride kasvatamine süsinikdioksiidiga rikastatud õhus.

Loomad toituvad kas taimedest või teistest loomadest, kes omakorda on toitunud taimedest. Seega satuvad taimedes tekkinud orgaanilised ühendid toiduga loomadesse, kus mainitud ühendites sisalduv süsinik hingamisprotsessil saadud hapniku toimel oksüdeerub süsinikdioksiidiks ja rikastab sellega atmosfääri.

Selgub, et looduses esineb pidev süsiniku ringkäik (joonis 123).

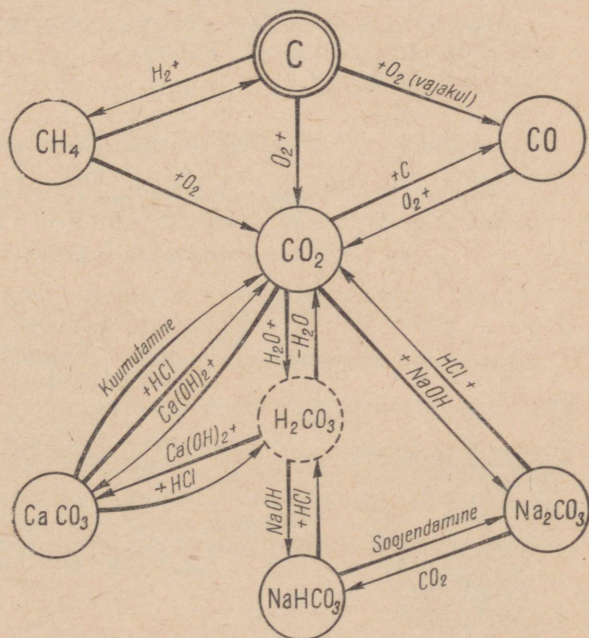
### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Seletada, miks süsinikoksiidi ei leidu looduses.
2. Jutustada, kuidas tuleb ahju kütta ja millal on õige aeg siibri sulgemiseks.
3. Milliseid abinõusid võetakse kasutusele linnade ehitamisel ja liikluses, et vähendada õhu mürgistamist mootorites tekkiva süsinikoksiidiga?
4. Koostada süsiniku ja selle ühendite seose skeemi (joonis 124) põhjal keemilised võrrandid ning nimetada nende kulgemise tingimusi.



Joonis 123. Süsiniku ringkäik looduses.

5. Milline on a) generaatorigaasi ja b) veegaasi koostis? Milleks neid gaase kasutatakse?
6. Tuua näiteid süsinikdioksiidi tekkimise kohta looduses ja tööstuses.
7. On antud neli katseklaasi järgmiste ainete lahustega:  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ja  $\text{CaCl}_2$ . Lisada antud lahustele sooda lahust ja teha kindlaks, millisel juhul toimub reaktsioon, millisel mitte. Kirjutada ioonilised võrrandid nende reaktsioonide kohta.
8. Kasutades sool- või äädikhappe lahust, tõestada karbonaatide sisaldus a) tuhas, b) kriidis, c) mullaproovis.
9. Arvutada, mitu liitrit süsinikdioksiidi reageerib 2 liitri 0,5n naatriumhüdroksiidi lahusega, kui reaktsiooni tulemusena tekib a) lihtsool, b) vesiniksool (happeline sool).
10. Mitu milliliitrit 87% -list väävelhapet (erikaal 1,8) vajatakse süsinikdioksiidi saamiseks, lähtudes a) ühest moolist naatriumkarbonaadist, b) ühest moolist naatriumvesinikkarbonaadist?
11. Miks on kasulikum laadida tulekustutajat naatriumvesinikkarbonaadi ja mitte naatriumkarbonaadiga? (Vastuse leidmist kergendab eelmise ülesande lahendamine.)
12. Arvutada 1 l süsinikoksiidi kaal normaaltingimustel.
13. Leida, kui palju kaalub 4,48 l veegaasi, kui on teada, et veegaasis sisalduvad tema komponendid võrdses ruumalades.
14. Gaasigeneraatorist võetud gaasi proov sisaldas ruumalaliselt: 6%  $\text{CH}_4$ , 6%  $\text{H}_2$ , 20,5%  $\text{CO}$ , 12,5%  $\text{CO}_2$  ja 55%  $\text{N}_2$ . Kui palju kaalub 1  $\text{m}^3$  sellist gaasi?
15. Mitu grammi a) 10% -list sooda, b) 1% -list söögisooda lahust kulub 60 g 30% -lise soolhappe neutraliseerimiseks?
16. 100 l õhku juhiti läbi lubjavee. Tekkinud sademe eraldamisel, pesemisel  $[\text{Ca}(\text{OH})_2\text{-st}]$  ja kuivatamisel saadi 2,68 g ainet. Arvutada, mitu protsenti süsinikdioksiidi sisaldub selles õhus. Kas selline süsinikdioksiidi sisaldus on töökaitse eeskirjade kohaselt lubatud?
17. Mitu protsenti kaltsiumkarbonaati lagunes, kui 25 g selle aine kuumutamisel jäi järele 18 g tahket ainet?



Joonis 124. Süsiniku ja selle ühendite seose skeem.

18. Kui palju kustutamata lupja saaks 600 kg lubjakivist, milles on 90% kaltsiumkarbonaati?

19. Mitme protsendiline sooda lahus saadi, kui 150 g kristallsoodat lahustati 300 g vees?

## § 7. Räni — *Silicium*.

Keemiline märk Si.

Aatomkaal 28; järjenumbr 14.

Räni nimetus on tuletatud tulekivi ladinakeelsest nimetusest (*silex*). Räni avastas rootsi teadlane J. Berzelius 1823. a.

### 1. Ráni omadused.

#### *Füüsikalised omadused.*

Vaba räni tuntakse tumepruuni pulbri, nn. amorfse räni või siis halli kristalse räni kujul.

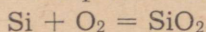
Amorfne räni tekib näiteks peenestatud valge liiva hõõgutamisel magneesiumiga (joonis 125). Amorfse räni erikaal on ligikaudu 2,35.

Kristasel ränil on metalne läige nagu terasel. Tema kristallid on väga kõvad ning juhvivad elektrit. Tema erikaal on veidi suurem kui amorfasel ränil. Kristalset räni saadakse ränidioksiidi redutseerimisel koksiga elektriühjades.

Amorfset ja kristalset räni vaadeldi varem kui räni erinevaid allotroopseid teisendeid. Tegelikult erinevad nad vaid osakeste suuruselt ja kujult.

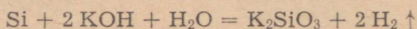
#### *Keemilised omadused.*

Räni on mittemetalliline keemiline element. Tugeval kuumutamisel räni süttib ja muutub põlemisel ränidioksiidiks:

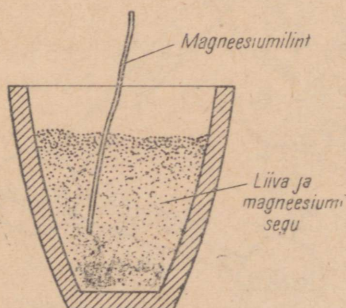


Räni moodustab ühendeid ka halogeenide, lämmastiku ning väävliga. Happed (peale fluorvesinik-happe) räniga ei reageeri.

Leelised reageerivad aga räniga kergesti, kusjuures tekib vastav silikaat ja eraldub vesinik:



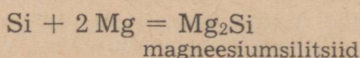
Joonis 125. Ráni saamine.



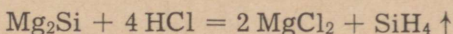
Süsinikuga moodustab räni nn. ränikarbiidi (SiC), mida tehnikas nimetatakse karborundiks. Karborund on tänu tema suurele kõvadusele (lähedane teemandi kõvadusele) väärtuslikuks abratsiivseks aineks (peeneteraline kõva aine). Teda kasutatakse metallide, klaasi, puidu, vääriskivide jm. lihvimiseks ning luiskude ja käiade valmistamiseks.

Metallidega moodustab räni silitsiide.

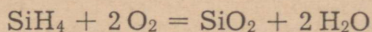
Näiteks:



Räni reageerib vesinikuga vaid elektrikaarleegi temperatuuril, tema ühendeid vesinikuga saadakse ka mõnede silitsiidide (Mg<sub>2</sub>Si jt.) reageerimisel hapetega.



Räni ühendeid vesinikuga nimetatakse silaanideks. Neist lihtsaim on monosilaan (SiH<sub>4</sub>), mida harilikult nimetatakse lihtsalt silaaniks. Silaan on süsiniku ja vesiniku ühendist — metaanist (CH<sub>4</sub>) — palju ebapüsivam. Õhuga kokku puutudes süttib ta iseenesest:



Silaanidest valmistatakse räniorgaanilisi ühendeid, mida kasutatakse ilmastikukindlate ning kuumuskindlate värvide ja materjalide tootmiseks.

Amorfne räni on kristalsest ränist keemiliselt aktiivsem ning reaktsioonid temaga kulgevad energilisemalt.

Räni kasutatakse peamiselt mitmesuguste sulamite tootmiseks. Räni ja raua sulamit, nn. ferrosiliitsiumi kasutatakse transformaatorite valmistamiseks ning happekindla keemilise aparatuuri tootmiseks.

Kristalset räni kui pooljuhti kasutatakse raadiotehnikas. Temast valmistatakse ka päikesepatareisid, mis on vajalikud elektrienergia allikatena eriti kosmoselaevades.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Koostada süsiniku ja räni aatomite elektronilised skeemid. Mille poolest sarnaneb ja mille poolest erineb nimetatud aatomite ehitus?
2. Jutustada räni füüsikalistest omadustest.
3. Millega seletada amorfse räni suuremat aktiivsust võrreldes kristalse räniga?
4. Kuidas saadakse räni ühendeid vesinikuga? Milleks neid kasutatakse?
5. Jutustada räni kasutamisest.
6. Vaba räni said esmakordselt 1811. a. Gay-Lussac ja Thénard, juhtides ränifluoriidi (SiF<sub>4</sub>) aurust üle kuuma kaaliumi (nad ei teinud kindlaks, et seejuures tekkis senitundmatu lihtaine). Mitu grammi räni võib sel viisil saada, kui reaktsiooniks võtta 6,24 g kaaliumi?
7. Kui hõõgutada kindlas vahekorras võetud liiva ja koksi segu elektriahjus, saadakse ränikarbiid. Tuletada tema valem, kui on teada, et ta

sisaldab 70% räni ja 30% süsinikku. Kirjutada ränikarbiidi tekkereaktsiooni võrrand, võttes arvesse, et reaktsioonil eraldub süsinikoksiid.

8. Mitu grammi soolhapet (erikaal 1,163) on vaja reaktsioonil magneesiumsiltsiidiga, et tekiks 8,96 l silaani ( $\text{SiH}_4$ )?

9. Arvutada, mitu kilogrammi õhku (õhus on kaalu järgi 23% hapnikku) kulub 336 l silaani põlemiseks.

10. Mitu grammi räni reageeris naatriumhüdrosiidiga, kui seejuures tekkis 11,2 l vesinikku (mõõdetud normaalingimustel)?

11. Kui palju ränidioksiidi saab redutseerida 3,6 gramm-aatomi süsinikuga?

12. Mitu grammi magneesiumi kulub 0,25 mooli ränidioksiidi redutseerimiseks? Arvutada reaktsioonisaaduste kaalulised kogused.

## 2. Ráni leidumine looduses.

Ráni on looduses üks levinumaid elemente. Ta moodustab maakoorest ligi 26 kaaluprotsenti. Seega seisab ta levikult hapniku järel teisel kohal.

Ráni leidub looduses vaid ühenditena, peamiselt ränidioksiidi ( $\text{SiO}_2$ ) ja mitmesuguste silikaatide näol.

Ränidioksiidi esineb looduses liiva, tulekivi, kvartsi, mäekristalli, ametüsti jm. kujul.

Silikaatidest esineb rohkesti eriti leelis- ja leelismuldmetallide, raua ning alumiiniumi silikaate.

Rániühendeid leidub ka mõnede taimede vartes (kõrrelised ja osjad). Ränidioksiidi sisaldavad näiteks ka nõgeste kõrvekarvakesed. Linnusulgede tuhk sisaldab aga kuni 75% ränidioksiidi.

## 3. Ränidioksiid.

Ráni peamiseks hapnikuühendiks on ränidioksiid ( $\text{SiO}_2$ ). Teda on looduses nii kristalsel kui ka amorfisel kujul. Ränidioksiid esineb mitmete erinevate mineraalide ja kivimite koostises. \* Kõige levinuma ränidioksiidist koosneva mineraalina on tuntud kvarts. Kvartsi leidub paljude kivimite (graniit, gneiss, porfüür jt.) koostises. Kvarts on hallikasvalge kõva mineraal (kõvadus 7, kriimustab klaasi pinda). Hõõrudes pimedas kvartsitükke teineteise vastu, hakkavad nad helendama ning võib tunda iseloomulikku lõhna. Värvuseta läbipaistvat ja korrapärase kujuga kvartsi nimetatakse mäekristalliks.

Lisandid annavad mäekristallile sageli mitmesuguseid erinevaid värvusi. Lillat mäekristalli tuntakse ametüsti, pruuni

\* Geokeemik akadeemik A. Fersman käsitab mineraali kui keemiliste elementide keemilist ühendit, kus ühinemisreaktsioon on toimunud loomulikul teel, inimese osavõtuta. Liitunud moodustavad mineraalid kivimi. Mineraalid kvarts, põldpagu ja vilgukivi moodustavad näiteks kivimi — graniidi.

kat — suitsutopaasi nimetuse all. Neid kasutatakse poolvääris kividena mitmete tarbeesemete ja ehete valmistamiseks. Piimvalgete tükkidena esinevat kvartsi nimetatakse piimkvartsiks, roosa värvusega kvartsi — roosakvartsiks jne.

Ka tavaline liiv koosneb peenikestest kvartsiiterakestest. Puhas liiv on valge värvusega, harilikult on ta aga rauaühendite sisalduse tõttu värvunud kollakaks või punakaks.

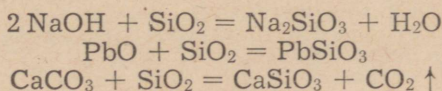
Kristalse ränidioksiidi kõrval on looduses levinud, kuigi tunduvalt vähem, ka amorfne ränidioksiid. Viimasest koosnevad näiteks ränivetikate rakukestad, mis moodustavad kohati kriiditaolise sette — diatomiidi. Diatomiit on valkjas või hall kivim, mis tänu suurele poorsusele on nii kerge, et ujub veepinnal. Diatomiiti tuntakse veel nimetuse all — ränihüb. Eesti NSV-s esineb diatomiiti näiteks Narva jõe alamjooksul (Leekova soos).

Kohalik diatomiit on tekkinud Soome lahe madalaveelises sopis\* (pärast jääaega) elunenud ränivetikatest (diatomeevetikatest). Diatomiidikihi pakusus ulatub kohati mitme meetrini ja on kaetud tavaliselt turbakihi või liivaga. Diatomiidilademed jätkuvad ida poole Narva jõge. Diatomiiti kasutatakse heli- ja soojusisolatsioonimaterjalina, poleerimis- ja puhastuspulbriina, adsorbendina, täiteainena lõhkeainete, värvide, kummi, tahke piirituse jm. valmistamisel.

Tuntakse aga ka mineraale, mis koosnevad kristalse ja amorfse ränidioksiidi segust. Sellisteks on näiteks ahhaat ja tulekivi. Ahhaadist valmistatakse mitmeid laboratooriumitarbeid (uhmrid, analüütiliste kaalude prismad) ning tarbeesemeid (vaasid, kirjutuslauagarnituurid). Tulekivi kasutati vanasti tule saamiseks. Kiviajal valmistati temast kirveid, nuge, odaotsi jm.

Kvarts (ränidioksiid) reageerib vaid fluorvesinikhappega ning sulatamisel leelistega. Ta sulab ainult paukgaasi leegi või elektrihaarleegi temperatuuril. Kristalsest ränidioksiidist saadakse elektrihaajudes sulatamisel klaasjas läbipaistev või poolläbipaistev mass, millest valmistatakse nn. kvartsklaasi. See koosneb amorfsest ränidioksiidist. Täiesti puhtast kvartsist valmistatud kvartsklaas laseb läbi ultraviolettkiiri (seepärast kasutatakse seda kvartslampide valmistamiseks). Kvartsklaasist valmistatakse ka mitmesuguseid keemialaboratooriumis kasutatavaid nõusid (tiigleid, keeduklaase, kausse, kolbe jne.). Kvartsklaasi väga väikese termilise paisumise tõttu on võimalik punase hõõgumiseni kuumutatud kvartsklaasist nõu otsekohe asetada külma vette, ilma et ta seejuures puruneks.

Happelise oksiidina reageerib ränidioksiid kõrgel temperatuuril aluste, aluseliste oksiidide ja sooladega, moodustades seejuures ränihappe soolasid — silikaate. Näiteks:



Ränidioksiidi kasutamise kohta annab kokkuvõtliku ülevaate tabel 17.

Tabel 17.

**Ränidioksiidi kasutamine.**

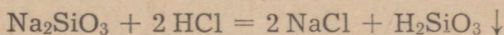
SiO <sub>2</sub> esinemise vorm	Kasutamine
Kvartslüiv	Lubimört, tsemendisegu ja klaas. Silikaatkivid ja silikalt-siitplokid.
Kvartsklaas	Keemialaboratooriumi nõud (tiigid, torud, destillatsioonikolvid, kausid jm.). Tehniline aparatuur (happekindlad seadmed). Kvartslambid.
Mäekristall	Optikaseadmed.
Diatomiit	Isolatsioonimaterjal aurutorudele, adsorbent, puhastus- ja pakkematerjal (happenõude pakkimisel).
Ametüst, suitsutopaas, ahhaat jt.	Ehtekivid.

**Küsimusi ja ülesandeid.**

- Jutustada räni leidumisest looduses.
- Nimetada kristalset ränidioksiidi sisaldavaid mineraale. Milleks neid kasutatakse?
- Mille poolest erineb mineraal kivimist?
- Mis on diatomiit? Milleks teda kasutatakse?
- Milliseid eesmärke taotleb maavarade kaitse Nõukogude Liidus?
- Milleks kasutatakse Eesti NSV-s Piusas kaevandatavat liiva?
- Jutustada ränidioksiidi kasutamisest.
- Kirjutada keemilised võrrandid järgmiste muundumiste kohta ja nimetada, millistes tingimustes need reaktsioonid toimuvad:
  - $\text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SiO}_3$
  - $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{CaSiO}_3$   
 $\text{Ca} \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \nearrow$
  - $\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgSiO}_3$
- Kirjutada keemilised võrrandid järgmiste ainete reageerimise kohta:
  - naatriumkarbonaat ja ränidioksiid,
  - baariumhüdroksiid ja ränidioksiid,
  - vask(II)oksiid ja ränidioksiid.
- 1,2 tonni ränidioksiidi reageerimisel koksiga elektriühjus tekkis pool tonni räni. Mitu protsenti on see teoreetilisest saagisest?
- Naatriumsilikaadi saamiseks sulatati 2,1 tonni liiva naatriumhüdroksiidi liiaga. Kui palju naatriumhüdroksiidi reageeris sellise liivakogusega, kui liivas sisaldus 96% ränidioksiidi?
- Mitu milliliitrit 46%-list fluorvesinikhapet (erikaal — 1,5) on vaja 20 g ränidioksiidiga reageerimiseks?

#### 4. Ränihape ja tema soolad.

Ränidioksiid on vees lahustumatu, seepärast pole ränihapet võimalik saada ränidioksiidi reageerimisel veega. Tavaliselt saadakse ränihapet teiste hapete toimetel ränihappe vees lahustuvasse sooladesse. Näiteks:



Lahustuvatest silikaatidest saab ränihapet isegi sellise nõrga happe nagu süsihappe toimetel välja tõrjuda.

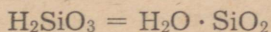
**Katse 1.** Juhime 3—4 minuti jooksul läbi 10%-lise vesiklaasi lahuse tugeva süsinikdioksiidi voolu.

Jälgime toimuvat ja kirjutame molekulaarse ning ioonilise võrrandi.

Ränihape vesilahustes praktiliseltioonideks ei dissotsieeru ega lahustu ning sadestub sültja massina.

Katse näitab, et ränihape on nõrk, keemiliselt väheaktiivne hape. Sültjas ränihape sisaldab väga suurel määral vett, mis on kõrvaldatav soojendamisega. Ränihappe kuumutamisel eraldub vesi järk-järgult ning tekib ränidioksiid. Teeme vastava katse.

Ränihappe valemist  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  nähtub, et teda võib tinglikult kujutada järgmiselt:



Ränihappe soolad nimetatakse silikaatideks. Silikaadid on raskesti sulavad ja enamikus vees lahustumatud ühendid. Vees lahustuvad nendest ainult naatriumsilikaat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) ja kaaliumsilikaat ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ). Neid tuntakse üldiselt vesiklaasi nimetuse all.

**Katse 2.** Asetame raskesti sulavasse katseklaasi veidi peeneks-hõõrutud liiva ning tahket naatriumhüdroksiidi. Segame aineid katseklaasi raputamise ja niisutame segu vähese veega. Kuumutame nüüd tugevasti, kuni tekib paks veniv mass — vesiklaas. Proovime vesiklaasi lahustuvust vees.

Ränihappe kuumutamisel, kui ei eraldata kogu vett, saadakse poorne mass — silikageel. Silikageel on suurepärase adsorbent.

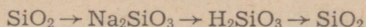
Naatrium- ja kaaliumsilikaati saadakse niisiis ränidioksiidi sulatamisel vastavalt naatrium- või kaaliumhüdroksiidiga. Nimetatud silikaadid on poolläbipaistvad klaasitaolised ja vees lahustuvad ained. Sellest tuleneb ka nende nimetus — vesiklaas.

Vesiklaasi kasutatakse paberitööstuses, maalritöödel, seebitööstuses, paberiliimina ning puidu ja riiete immutamiseks, et teha neid süttimiskindlaks ja vastupidavaks.

**Katse 3.** Valame portselankaussi veidi vesiklaasi lahust ning immutame sellega riideriba. Seejärel kuivatame riide, soojendades seda ettevaatlikult põleti leegi kohal. Asetades leeki vesiklaasiga



6. Nimetada tähtsamaid looduslikke silikaate.
7. Mis on a) murenemine, b) rabenemine, c) porsumine? Tuua näiteid.
8. Milline tähtsus on murenemisprotsessidel looduses?
9. Kuidas on tekkinud savi? Kuidas nimetatakse savirikast lubjakivi?
10. Kirjutada naatriumsilikaadi, ränihappe ja alumiiniumsilikaadi struktuurivalemid.
11. Kirjutada keemilised võrrandid järgmiste muundumiste kohta ja nimetada nende reaktsioonide kulgemise tingimusi:



12. Juhtida läbi vesiklaasi vesilahuse süsinikdioksiidi. Anda toimuva kohta seletus. Kirjutada keemilised võrrandid süsinikdioksiidi saamise ja reageerimise kohta.

13. Ränihappe ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ) kuumutamine lõpetati, kui tema kaal oli vähenenud 20% võrra. Kas kogu vesi oli eraldunud?

14. Arvutada kaaliumoksiidi, alumiiniumoksiidi ja ränidioksiidi protsendiline sisaldus ortoklassis.

## § 8. Silikaaditööstus.

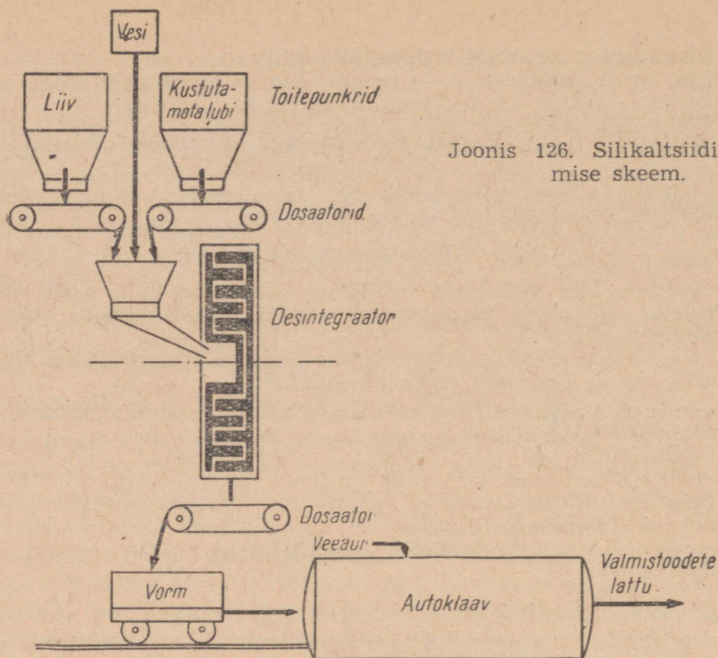
Tänapäeval kasutatavatest ehitusmaterjalidest on tähtsaimad räniühendid. Neist koosnevad nii silikaltsiit, klaas, tsement kui ka keraamilised tooted.

### 1. Silikaltsiit.

Silikaltsiit on uus ehitusmaterjal, mille sünnimaaks on Eesti NSV. Silikaltsiiti valmistatakse odavatest toorainetest, nagu liiv, lubi ja vesi. Seejuures sobib selleks igasugune liiv. Silikaltsiidist seinaplokid, laepaneelid jm. on kaalult kolmandiku võrra kergemad ja ligi kaks korda odavamad kui samasuguste mõõtmetega betoonist detailid. Silikaltsiittooted on katsetamistel osutunud niisama tugevateks kui ehituspaas ning isegi graniit. Pealegi on faktuuriga kaetud silikaltsiitdetailidest ehitised kaunid ega vaja enam täiendavat viimistlust. Neil põhjustel on Eesti NSV teadlaste J. Hindi ja V. Rüütli loodud silikaltsiit muutunud käesoleval ajal kogu maailmas tähtsaks ehitusmaterjaliks. Silikaltsiidi teadusliku uurimise keskus on Tallinnas.

#### *Silikaltsiidi tootmine.*

Liivast ja lubjast valmistatakse ka silikaatkive. Sel eesmärgil pressitakse nimetatud ainetest valmistatav segu vormidesse ning kuumutatakse autoklaavis. Reaktsioon ränidioksiidi ja kaaliumoksiidi vahel kulgeb aga seejuures minimaalselt ja materjali omadused ei võimalda temast monteeritavaid detaile toota. Seda põhjustab liiva suur inertsus. Inertseks on see graniidi murene-



Joonis 126. Silikaltsiidi tootmise skeem.

missaadus muutunud maapõues aastatuhandete vältel. Liivaterakete pinnale on koondunud humusained, rauaühendid jm.

Silikaltsiidi tootmisel kulgeb aga keemiline reaktsioon kaltsiumoksiidi ja rändioksiidi vahel tunduvalt intensiivsemalt kui silikaatkivide puhul. See saavutatakse liiva peenestamisel spetsiaalses seadmes, desintegraatoris, millega suureneb liiva eripind (pind ühe massiühiku kohta, näiteks  $\text{cm}^2/\text{g}$ ). Liivaterade purunemisel desintegraatoris astuvad molekulaarjõud, mis olid seni tasakaalustatud olekus, kontakti väliskeskkonnaga. Seetõttu suureneb liivaterakete pinna keemiline aktiivsus.

Silikaltsiidi tootmise tehnoloogiast annab ülevaate skeem joonisel 126. Nagu skeemist nähtub, juhitakse liiv, lubi ja vesi toitepunktidele üle dosaatori desintegraatorisse, kus toimub peenestamine, segamine ja algab reaktsioon. Seejärel vormitakse silikaltsiitsegust detailid, mis suunatakse autoklaavi, kus neid töödeldakse kuuma auruga kõrgel rõhul ( $180^\circ\text{C}$  ja 10 at). Autoklaavis jätkuvad keemilised reaktsioonid. Autoklaavist suunatakse valmisdetailid lattu.

Silikaltsiidist valmistatakse suurpaneele ja -plokkide, katusekive, loomapidamishoonete seadmeid, telefoniposte ja palju muud. Elamuseinte materjalina toodetakse vaht- ehk gaassilikaltsiiti, mille kargjas struktuur muudab seinad õhurikkaks ja soojapidavaks. Silikaltsiit leiab järjest enam kasutamist ka sisearhitektuuris.

ris. Silikaltsiidist seinakatteplaadid annavad selleks suurepäraseid võimalusi. Silikaltsiit on ka uudseks skulptuurimaterjaliks.

Nõukogude Liidus on lühikese aja jooksul püstitatud juba üle 40 silikaltsiiditehase. Varsti see arv aga mitmekordistub.

## 2. Klaas.

Silikaltsiit, millega tutvusime eelnevalt, on noorim kunstlikult valmistatud räniühend. Klaas aga on vanimaid kunstlikult saadavaid aineid üldse.

Klaasi avastamisest jutustavad mitmed legendid. Nii olevat foiniiklastest kaupmehed, kes tulid Egiptusest soodalastiga, randunud kord ühe jõe suudme lähedal. Kuna nad ei leidnud ümbruskonnast kive, millele toetada katlaid toidu keetmisel, tegid nad tule mahapuistatud soodahunnikute vahele. Tuli sulatas sooda, see reageeris jõeliivaga ja hiljem leidsid kaupmehed imestudes, et tuleasemele on tekkinud omapärased läbipaistvad kivid. Nii olevat saadud esimene klaas.

Vanimad klaasileiud (pisitooted, helmed jm.) pärinevad Egiptusest umbes 3500 a. e. m. a.

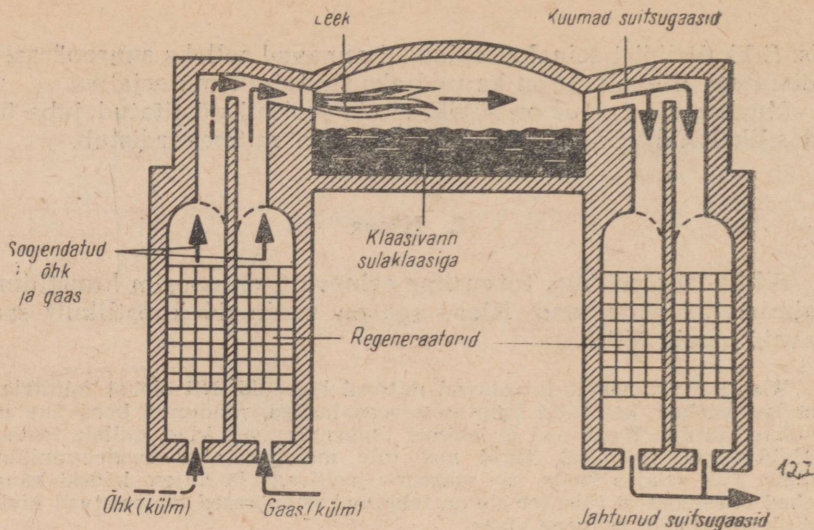
### *Klaasi valmistamine.*

Mitmesuguste silikaatide sulam — klaas — on amorfne aine. Erinevalt kristalsetest ainetest toimub sulaklaasi üleminek tahkesse olekusse pidevalt.

Tuntakse väga mitmeid klaasisorte. Teatava klaasisordi saamine sõltub peamiselt lähteainetest.

Tavalise lehtklaasi (aknaklaasi) ning klaaspudelite ja -nõude valmistamisel on põhilisteks lähteaineteks räni dioksiid (puhas kvartslüüv), naatriumkarbonaat (sooda) ja kaltsiumkarbonaat (lubjakivi või kriit). Neile lisatakse klaasi omaduste parandamiseks veel dolomiiti, naatriumsulfaati, alumiiniumoksiidi jne. Igasugusest liivast ei saa klaasi toota. Selleks on sobiv vaid valge, puhas kvartslüüv — nn. klaasiliiv. Meie vabariigi klaasitööstust varustab klaasiliivaga Eesti NSV kaguosas paiknev Piusa leiukoht, samuti veetakse liiva sisse vennasvabariikidest. Kuna klaasiliiva leidub võrdlemisi harva, tuleb hoolitseda selle eest, et seda ei kasutataks muuks otstarbeks.

Klaasi tootmiseks tuleb esmalt valmistada kindla koostisega toorainete segu. Toorained peavad olema hästi peenestatud (tera suurus alla 1 mm) ja puhtad. Liiva pestakse kõigepealt savi ja muude lisandite kõrvaldamiseks. Rauaühenditest vabanetakse floteerimise teel. Seejärel rändab liiv kuivatustrumlitesse, sealt sõeltele ja kaalumisele. Kaltsineeritud sooda peenestatakse purustites, sõelutakse ning separeeritakse magnetiliselt (rauaosakeste kõrvaldamiseks). Lubjakivi ja dolomiit peenestatakse lõugpurustites, seejärel kollerveskites ning hiljem sõelutakse. Samuti jahvatatakse ja sõelutakse ka teised lisandid. Seejärel kaalutakse ained vastavalt retseptile, asetatakse segumasinasse, niisutatakse, et ei tekiks tolmu, segatakse ning



Joonis 127. Läbilõige klaasivannist ja regeneraatoritest.

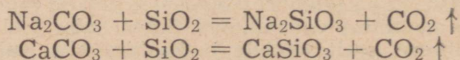
suunatakse siis vannahju, kus segu sulatatakse (klaasi keetmine). Klaasivannid (joonis 127) on 30 ja enam meetrit pikad. Nad on ehitatud suurtest šamottkivist plokkidest ning mahutavad kümneid ja sadu tonne sula klaasi. Ahju köetakse generaatorigaasiga, mis suunatakse sinna eelneva soojendamise eesmärgil läbi regeneraatorite. Ühtlase, läbipaistva ja gaasivaba klaasimassi saamiseks tõstetakse sulamassi temperatuur vanni keskel kuni 1400°C ja enam. Klaasimass liigub vannis pidevalt nn tõmbe- või töötlemisruumide poole, jahtub sellel teel ning omandab töötlemiseks vajaliku sitkuse.

Kuna klaasil ei ole kindlat sulamispunkti, muutub ta jahtumisel järkjärgult ikka sitkemaks ja sulamassist saab puhuda, pressida, valada või venitada (tõmmata) mitmesuguseid klaasesemeid.

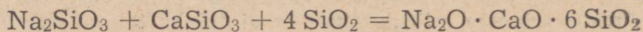
Klaasi väljatõmbamiseks lastakse ahju ülemisest osast sisse metallreha. Klaas jääb rehapiide külge ja tõmmatakse laia lindina klaasimasina pöörlevate valtside vahele (joonis 128). Seejuures klaas pidevalt jahtub ja suunatakse pärast automaاتمurdmist lõikamisele, sortimisele ja pakkimisele. Klaasilindi soovitatav paksus saadakse klaasilindi tõmbamise kiiruse reguleerimisega. Ohema klaasi saamiseks suurendatakse näiteks klaasilindi liikumise kiirust.

Aknaklaasi koostist märgitakse lihtsustatult järgmise valemiga:  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6 \text{SiO}_2$ .

Klaasi tekkimise kemismi võib kujutada järgmiselt. Esmalt moodustuvad natrium- ja kaltsiumsilikaadid:



Seejärel sulavad silikaadid ja ränidioksiid ühtseks massiks, mis aegamööda jahtub ning annab klaasi:



Raskesti sulava klaasi valmistamisel tarvitatakse sooda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) asemel potast ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ). Niisugusel klaasil on väiksem termiline paisumine ja kõrgem pehmenemise temperatuur. See tõttu valmistatakse sellest laboratooriumides kasutatavaid klaas-nõusid.

Klaasis oleva kaltsiumoksiidi ( $\text{CaO}$ ) asendamisel plii(II)oksiidiga ( $\text{PbO}$ ) saadakse täiesti värvusetu, ilusa läike ja kõlaga ning suure valguskiirte murdmisvõimega klaas. Seda kasutatakse kristallklaasi, optilise klaasi ja elektrihoõglampide klaasi valmistamiseks.

Klaasi tegelik koostis on väga keerukas, sest peale nimetatud põhiliste koostisosade sisaldab klaas veel lisandeid.

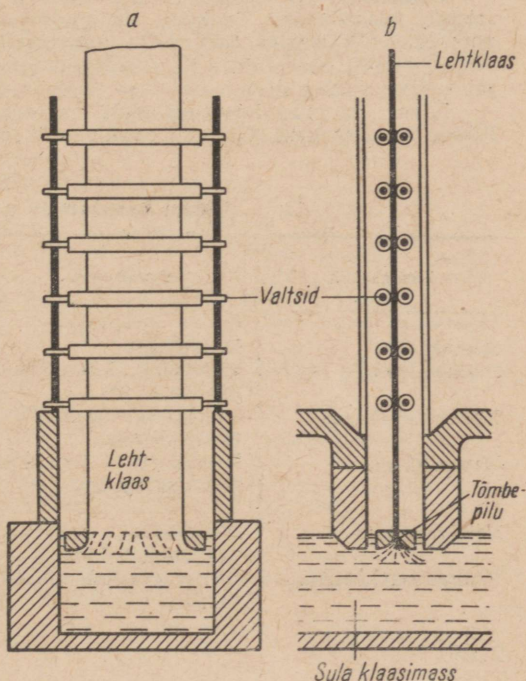
Värvilise klaasi valmistamiseks lisatakse sulatava klaasimassile mitmesuguseid aineid. Järgnevas tabelis tuuakse näiteid mitmesuguseid värvusi andvatest ainetest.

Klaasi värvust põhjustavad ained.

Tabel 18.

Värvust põhjustavad komponendid klaasis	Värvus	Värvust põhjustavad komponendid klaasis	Värvus
seleeniühendid kroom(III)oksiid koobalt(II)oksiid raud(II)oksiid	punane roheline sinine roheline	vask(II)oksiid raud(III)oksiid fluori ühendid	sinakas- roheline kollakas- pruun piimklaas

Joonis 128. Klaasitõmbemasina skeem.



Tabelis nimetatud klaasi värvust põhjustavate komponentide kõrval võib kasutada ka teisi aineid. Värviliste klaaside tootmisel oli suuri teeneid M. Lomonossovil.

Klaasi on harjutud pidama õrnaks ja hapraks. Tänapäeval see enam alati nii ei ole. Nõukogude klaasitehastes toodetakse juba ammu vastupidavat klaasi, mis ei purune või on elastne nagu terasvedru. Seda saavutatakse spetsiaalse töötlemisega.

Mittepuruneva klaasi sorte on mitmesuguseid. Ehitusmaterjalina kasutatav võrkklaas on armeeritud terasvõrguga. Liitklaas, mida kasutatakse autotööstuses, koosneb mitmest tavalise klaasi kihist, mille vahel asetseb läbipaistvast tehisainest elastne kelme. Löögi toimel tekkivad kildud hoiab vahekelme koos, millega välditakse vigastusi. Klaasi järsu jahutamisega saadakse nn. eelpingestatud klaas ehk helmesklaas. Purunemisel laguneb selline klaas ümaraservalisteks helmesteks, mis ei tekita vigastusi. Helmesklaasi paindetugevus on viis korda suurem kui harilikul klaasil. Kui aga klaasist tõmmata ülipeeneid niite (läbimõõduga alla tuhandiku millimeetri), siis muutub klaas veelgi vastupidavamaks. Neid niite saab korrutada ja kududa klaasriideks. Selline riie ei põle, ei repeta, teda ei söö koid, ta on õhuline ja hoiab hästi soojust, on kemikaalidele vastupidav. Klaasriide immutamisel sünteetiliste vaikudega (fenoolformaldehüüdvaik jt.) saadakse nn. klaasplastik. Viimasest toodetakse tänapäeval auto- ja lennukikeresid, suurepäraselt isolatsioonimaterjali (peab vastu soojusele üle 300°C), kosmonautide ülikondi jm. Suurepäraseid materjale toodetakse ka klaaskiu või -riide immutamisel nn. räniorgaaniliste ühenditega.

Nagu teame, on tavaline klaas amorfne. Termilisel töötlemisel saadakse aga klaasist peenekristalliline materjal, mis oma tugevusest ei jää maha metallidest. Selliseid kristalseid klaasmaterjale, mis sageli sisaldavad ka mitmete metallide sulameid, on hakatud nimetama sitalideks. Neist valmistatakse laagreid, mis peavad vastu söövitavates vedelikes või kõrge temperatuuril (1000°C ja enam) ilma määrdeta töötamisel.

Laialdaselt on tuntud ka nn. vahtklaas, mis saadakse koksi lisamisega klaasimassi. Tekkiva süsinikdioksiidi toimel muutub klaasimass poorseks vahtklaasiks. Soojus- ja helisolatsioonimaterjal — klaasvatt — tõrjub järjest enam välja teisi isolatsioonimaterjale. Klaasplastik aga kujutab endast sünteetiliste vaikudega töödeldud klaasniite.

Klaas on oma kasutusalaadelt universaalne. Näiteid mitmete klaasiliikide kasutamisest sõltuvalt omadustest on toodud tabelis 19.

Tabel 19.

**Klaasi kasutamise võimalusi.**

Klaasi liik	Omadused	Otstarve, toote liik
Aknaklaas Pudeliklaas	läbipaistev värviline, kõva, läbipaistev jm.	aknaklaasid mitut liiki nõud ja pudelid
Keemiline klaas	vastupidav keemilistele ainetele	keemialaboratooriumi tarbed
Kvartsklaas	läbipaistev, termiliselt vastupidav	kvartsläätsed ja -klaas, ultraviolettkiiri läbilaskev klaas, keemiaaparatuur jm.
Kristallklaas	läbipaistev, murrab valguskiiri, kõla	optiline klaas, majapidamis- tarbed, sisearhitektuuris
Värvilised klaasid	eri värvused, läbipaistev	ehted, vitraažid jm.

Klaasi liik	Omadused	Otstarve, toote liik
Võrkklaas	läbipaistev, tule-, murde- ja killukindel	arhitektuuris — läbipaistvad laed, klaasseinad jm.
Liitklaas	ei anna purunemisel kilde	autotööstuses, vaguniehituses jm.
Helmesklaas	ei anna purunemisel kilde, suur paindetugevus	liiklusvahendite klaasid jm.
Klaastekstoliidid	kerge, elastne, mehaaniliselt ja termiliselt püsiv	liiklusvahendite kered, naftahoidlad, metallurgiatöölise ja päästemeeskondade ülikonnad jm.
Vahtklaas	kerge, halb soojusjuht, helikindel	ehitusmaterjal
Klaasvatt	halb soojusjuht, helikindel	soojus- ja heliisolatsiooni materjal
Sitallid	kergem ja tugevam kui enamik metalle, ei korrodeeru	määrdata ja kõrgel temperatuuril töötavad laagrid jm.

Eesti NSV suurimaks klaasitööstuseks on kombinat «Järvakandi Tehased» Järvakandis. Seal toodetakse peamiselt lehtklaasi ning klaasi kõrgepingeisolaatorite tootmiseks. Klaasi valmistatakse veel tehases «Tarbeklaas» Tallinnas, Meleski ja Tartu klaasitehastes.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Võrrelda silikaltsiididetailide ja silikaattelliste omadusi ehitusmaterjalina. Millest on tingitud vastavad kvalitatiivsed erinevused?
2. Kirjeldada silikaltsiidi tootmise protsessi.
3. Milleks kasutatakse silikaltsiiti?
4. Milliseid lähteaineid on vaja lehtklaasi tootmiseks?
5. Jutustada klaasi uutest kasutusaladest ja mitmete klaasiliikide omadustest, millel põhineb nende kasutamine.
6. Nimetada Eesti NSV tähtsamaid klaasitööstusi.
7. Koostada veidi klaasisegu, milles oleks 87,5% PbO, 11,4% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ja 1,1% SiO<sub>2</sub>. Peenestada ained uhmris ning kuumutada neid katseklaasis tugevasti. Purustada seejärel katseklaasi põhi ja jälgida saadud klaasi. Sinise klaasi saamiseks lisatakse veidi koobalt(II)oksiidi. (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> asemel võib kasutada H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> nii, et 0,5 g B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> asemel võetakse 0,7 g H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>).
8. Arvutada generaatorigaasi tihedus õhu suhtes, kui tema koostisse kuulub 27% CO, 16% H<sub>2</sub>, 2% CH<sub>4</sub>, 5% CO<sub>2</sub> ja 50% N<sub>2</sub>.
9. Arvutada tavalise silikaatklaasi (Na<sub>2</sub>O · CaO · 6SiO<sub>2</sub>) protsendiline koostis.
10. Silikaatklaasi protsendiline koostis on järgmine: 74% SiO<sub>2</sub>, 15% Na<sub>2</sub>O, 10% CaO ja mitmeid lisandeid. Kui palju SiO<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub> ja Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> on vaja 10 tonni sellise klaasi valmistamiseks?
11. Kui suure ruumala võtab enda alla gaas, mis tekib klaasisegu sulatamisel vann-ahjus, kui segu koosneb 50 kg SiO<sub>2</sub>-st, 15 kg CaCO<sub>3</sub>-st ja 19 kg Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-st?
12. Kirjutada keemilised võrrandid klaasi sulatamisel toimuvate keemiliste protsesside kohta ja arvutada, kui palju ränidioksiidi kulub reaktsioonil 50 kg kaltsium- ja 53 kg naatriumkarbonaadiga.

13. Arvutada naatriumkarbonaadi kogus kolmekomponendilises klaasiseigus, kui on teada, et sellest segust saab toota 100 tonni klaasi ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$ ).

### 3. Tsement.

Sideainet tsementi tundsid juba vanad roomlased. Silikaattsement ehk portlandtsement on rohekashall tolmppeen pulber. (Portland — heade omadustega tsemendi tootmise koht Inglismaal.) Veega segamisel saadakse tsemendist tsemenditainas. Seismisel see tardub ja kivistub nii õhu käes kui ka vee all tsementkiviks.

Eestis tekkis tsemenditööstus XIX sajandi teisel poolel, mil tsaari-Venemaa varustamiseks asutati tsemenditehased Kundas ja Aseris. Kodanlikus Eestis vähenes tsemendi tootmine Vene turu äralangemise tõttu tunduvalt. Töötama jäi vaid Kunda tsemenditehas. Nõukogude Eestis on tsemendi tootmine taas pidevalt kasvanud. 1958. aastal alustati tsemenditehase «Punane Kunda» rekonstrueerimist. Tsemenditehase ehitus sai komsomoli löökehituduseks. Praegu töötavad Kundas juba kaks uut pöördahju ning peatselt hakkab toodangut andma ka kolmas. Siis toodetakse meil ühe elaniku kohta enam tsementi kui kõige arenenumal kapitalistlikul maal — Ameerika Ühendriikides (kodanlikus Eestis toodeti tsementi ühe elaniku kohta 10 korda vähem kui Ameerika Ühendriikides). 1963. aastal ületas Nõukogude Liit tsemendi tootmiselt Ameerika Ühendriigid.

#### *Tsemendi toorained ja koostis.*

Põhilisteks lähteaineteks tsemendi tootmisel on lubjakivi (60—70%) ja savi (kuni 40%). Tsemendisegu koostisele vastab ka mitmel pool looduses leiduv mergel. Merglist, mida suurtes kogustes leidub Musta mere Kaukaasia rannikul, toodavad tsementi Novorossiiski võimsad tsemenditehased. Eesti NSV-s leidub tsemendi tootmiseks väga hästi sobivat merglilist lubjakivi Aluveres (Rakverest põhja pool).

Tsemendi keemilist koostist väljendatakse harilikult oksiidide protsendilise sisalduse järgi selles. Järgnevalt on näitena esitatud peamiste oksiidide keskmine protsendiline sisaldus ühe tsemenditehase tsemendis.

Tabel 20.

Oksiidide sisaldus ühe tsemenditehase tsemendis.

CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>
62	22	7,5	2,5	2,5	1,5

Kaltsium- ja magneesiumoksiid viiakse tsemendi koostisse lubjakivi lisamisega, räni-, alumiinium- ja raud(III)oksiid — savi

lisamisega. Sõltuvalt lubjakivi ning savi koostisest tuleb puuduolevaid aineid vastavalt lisada.

#### *Tsemendi toorainete ettevalmistamine.*

Tsemendi tootmiseks valmistatakse kõigepealt ette vajalikud toorained. Lubjakivi purustatakse lõug- ja haamerpurustites ning suunatakse killustikulattu. Savi, läbides purustussõlme, suunatakse savikarusselli, kus segatakse veega savilobriks. See pumbatakse savikaevudesse, osalt aga 800 m<sup>2</sup> mahuga vertikaalsetesse lobribasseinidesse. Killustik koos muude lisanditega suunatakse tooraineveskitesse. Need on kuni 14 m pikkused ja 3 m läbimõõduga pöörlevad trumlid, millesse asetatud kuulikesed peenestavad segu. Tooraineveskitest saadav kaltsiumkarbonaadirikas segu, nn. lobri, pumbatakse selleks ettenähtud vertikaalsetesse lobribasseinidesse. Lõpliku koostisega segu saamiseks doseeritakse vastavalt vajadustele vertikaalsetest lobribasseinidest savilobrit või siis kaltsiumkarbonaadirikast lobrit nn. horisontaalsesse lobribasseini. Selles silindrikujulises basseinis ümberringi sõitva segistiga saab korraga segada kuni 5000 m<sup>3</sup> lobrit.

#### *Klinkri põletamine ja jahvatamine.*

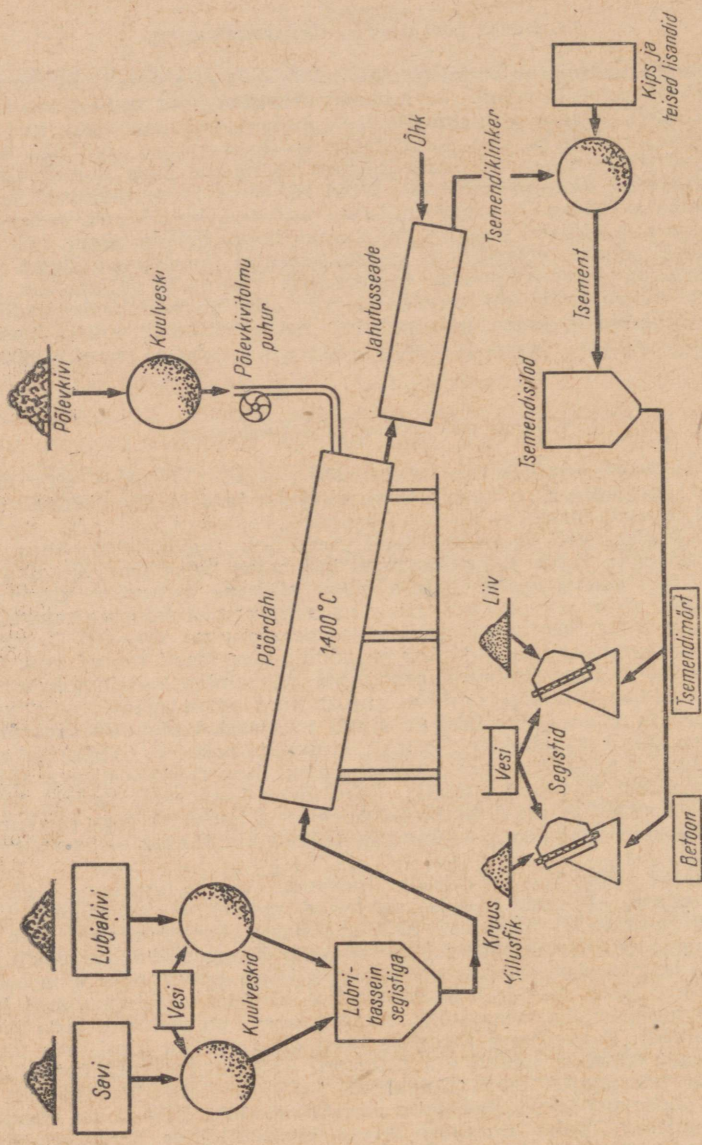
Valmis lobri pumbatakse mõõtepaaki ja sealt klinkri- ehk pöördahjudesse. Pöördahjud on kuni 150 m pikkused ja 4 m läbimõõduga kaldu asetsevad terassilindrid.

Ahju kallakusest ja pöörlemisest tingituna liigub lobri ahju seina mööda tuleleegile vastu. Edasilikumisel kuumeneb lobri pidevalt ning teeb seejuures läbi rea muutusi. Lobris oleva niiskuse aurumine algab kohe pärast tema ahju viimist, kui lobri on soojenenud temperatuurini, mis veidi ületab 100° C. Ahju tsoonis, kus temperatuur on 250—500° C, põlevad ära lobri orgaanilised lisandid ning eemaldub keemiliselt seotud vesi. Temperatuuril 900° C algab kaltsiumkarbonaadi lagunemine kaltsiumoksiidiks ja süsinikdioksiidiks. Viimane eraldub ahjust koos põlemisgaasidega. Tsoonis, kus temperatuur on 1200—1300° C, algab tekkinud kaltsiumoksiidi ühinemine segus oleva ränidioksiidi (SiO<sub>2</sub>), alumiiniumoksiidi (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ja raud(III)oksiidiga (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), kusjuures moodustuvad keeruka koostisega silikaadid, aluminaadid ja teised ühendid. Ahju kõige kuumemas tsoonis, temperatuuril 1400—1500° C, algab tekkinud ühenditest koosneva segu paakumine, mille tulemusena saadakse paakunud kivikõvad kuulikesed — t s e m e n d i k l i n k e r.

Pöördahje köetakse tavaliselt masuudi või tolmpene kivisõega. Tsemenditehas «Punane Kunda» on leitud aga võimalus kasutada kütusena meie maavara — põlevkivi. Selleks pihustatakse pöördahju selle alaosas paikneva põleti abil põlevkivitolmu koos õhuga. Põlevkivi põleb pika (üle 12 m) leegiga. Pöördahjust väljumisel klinker jahutatakse ning suunatakse klinkri lattu. Seejärel peenestatakse klinker kiirekäigulistest lõokpurustites tolmpeeneks tsemendiks. Mida peenem on tsement, seda parem on ta kvaliteet. Purustitesse lisatakse koos klinkriga ka kipsi, mis parandab tsemendi omadusi (hoiab ära tsemendi liiga kiire tardumise). Klinkri põletamisel pöördahjus tekib hulgaliselt («Punases Kundas» näiteks üle 200 tonni ööpäevas) tolmu. See tolmu sisaldab 8—10% K<sub>2</sub>O ja on kasutatav kaaliumväetisena. Tolmu pütatakse kinni elektrifiltrites ning saadetakse põllumajandusettevõtetesse.

Valmis tsement suunatakse suruõhupumpade abil tsemendihoidlatesse. Tsemendi laadimine tsisternautodele toimub samuti suruõhupumba abil.

Sideainena tuntakse tsemendi kõrval ka jahvatatud põlevkivituhka — k u k e r m i i t i, mida meie vabariigis edukalt kasutatakse.



Joonis 129. Tsemendi toorainete ettevalmistamise skeem.

Kasutamisel segatakse tsementi vee ja liivaga. Saadakse mört, millest valatakse põrandaid, trepiastmeid jne.

Kui valmistada tsemendist ja veest paras segu ning proovida seda nõelaga, siis tungib nõela teravik veel tardumata segusse. Puudutades tsemendimassi aga mõne tunni pärast, näeme, et tsement on tardunud ja nõel ei vaju enam segusse. Tsemendi lõplik kivistumine toimub tavaliselt 28 päeva vältel.

Enam kasutatakse aga tsemendist, lubjast, liivast ja veest valmistatavat segamörti (seinte ladumisel, krohvimisel jm.). Väga levinud tsemendi kasutamise viisiks on betoonist ja raudbetoonist detailide valmistamine. Tuntakse mitmeid betoone — kerge betoon, vahtbetoon (ujub veepinnal), raske betoon, asfaltbetoon jne. Kõige tavalisem betoon valmistatakse sideainest (tsemendist), täiteainest (kruus, killustik, liiv) ja veest. Betoonist on võimalik valada mistahes kujuga detaile. Betooni kasutatakse vundamentide, talade, võlvide, sildade, kanalite, kanalisatsioonitorude jm. ehitamiseks. Raudsõrestikuga armeeritud betooni nimetatakse raudbetooniks. Betoonisegistis valmistatav segu valatakse vastavatesse vormidesse ja lastakse kivistuda. Betoon kivistub aeglaselt. Maksimaalse tugevuse saavutab ta 28 päeva möödudes.

Eesti NSV suurim raudbetoonitoodete tehas asub Tallinnas Lasnamäel. Raudbetoonitoodete tehased on ka Tartus, Pärnus, Rakveres, Võrus, Paides jm. Ehitusdetailide valmistatakse Eesti NSV-s ka kukermiidist ja liivast (Ahtme ehitusmaterjalide tehas, Balti Ehitusmaterjalide Kombinaadis Narva lähedal jm.). Tsementi vajatakse hulgaliselt ka katuseplaatide (eterniitplaatide) valmistamiseks. Ka Kunda tsemenditehase juures töötab eterniititsehh.

#### **4. Keraamikatööstus.**

Keraamikatööstuse tooraineks on savi. Savi põhilisteks omadusteks, millest on tingitud tema tööstuslik kasutamine, on plastilisus (vee juuresolekul) ja kõvastumine põletamisel. Savist vormitud tooted muutuvad pärast põletamist mehhaaniliselt tugevaks ning atmosfääri mõjudele vastupidavaks. Põletamisel lendub vesi, millega savi segati ja ka keemiliselt seotud vesi. Selle tulemusena muutub savi poorseks ja paakub. Plastilisus ei taastu vee lisamisel.

Sõltuvalt toodete liigist ja kasutatava savisegu koostisest jaguneb keraamika ehituskeraamikaks ja nõudekeraamikaks. Ehituskeraamika toodete hulka kuuluvad ehitustellised, katusekiivid, seinte katteplaadid, dreanažitorud jne. Nõudekeraamika toodetest tuleks mainida fajansist ja portselanist lauanõusid, majapidamistarbeid, laboratooriuminõusid ja iluasju.

Ehitusmaterjale (telliseid, katusekive jt.) ning tavalisi pott-sepatooteid (potte, kausse jt.) valmistatakse harilikult madalama kvaliteediga savidest. Portselanesemete jaoks kasutatakse kõrgekvaliteedilist valget savi (kaoliini), millele lisandatakse kvartsi ja ortoklassi. Keraamiliste toodete valmistamiseks segatakse savi veega vormitavaks massiks, antakse esemele vajalik kuju ja töödeldakse termiliselt (põletatakse).

Tavalisi keraamikatooteid põletatakse allpool nende pehmene-mistemperatuuri. Seetõttu on niisuguste toodete seinad urbsed ja lasevad vedelikke ning gaase läbi. Selle ärahoidmiseks kaetakse keraamikatoodete pind õhukese, tavaliselt värvilise glasuuri-kihiga.

Tuntakse väga mitmesuguse koostisega glasuure. Glasuurisegu koostisse kuuluvad peamiselt ortoklass, kaoliin, kriit, sooda, potas, booraks ja mõned teised ained. Glasuurisegu kantakse tootele enne põletamist. Portselan- ja fajansstodetele kantakse glasuurisegu pärast põletamist ning tooteid põletatakse teistkordselt. Sulav glasuurisegu katab tooteid ilusa läikiva kaitsekihiga.

Odavaid keraamikatooteid (ahjupotte, savikausse jt.) glasuuri-takse tavaliselt keedusoola abil, milleks enne toodete põletamise lõppu heidetakse ahju veidi keedusoola.

Savikeraamikat kasutati Eestis juba iidsetel aegadel. Seda tõestavad rohked kohalikust toorainest valmistatud savinõud, mis on leitud arheoloogilistel kaevamistel. Väikseid tellisete-haseid oli Eestis kuni viimase ajani väga mitmeid. Praegu on savitelliste tootmine koondatud suurematesse ettevõtetesse (Aseri ja Loksa tellisete-hased, Tallinna Ehituskeraamika Tehas). Savitelliste töös-tuse arenemist iseloomustavad järgmised näitajad:

Tabel 21.

Savitelliste toodang Eesti NSV-s (milj. tk.).

1940. a.	1945. a.	1950. a.	1955. a.	1958. a.	1960. a.	1965. a.
38,4	13,5	42,3	110,6	104,0	102,5	127,0

Telliste tootmise kasvutempo aeglustub seepärast, et seitseaas-takul arendatakse eriti suurte seinaplokkide ja -paneelide toot-mist. Tellisetoodangu poolest (iga elaniku kohta) on Eesti NSV kõigi liiduvabariikide hulgas esikohal. Viimasel ajal suureneb arhitektuuris märksa nn. kunstilise keraamika osatäht-sus, s. t. ehitiste välis- ja sisekujunduselementide valmistamine, glasuuritud või reljeefse pinnaga seinakatteplaatide valmista-mine jm.

## § 9. Süsinikurühma keemiliste elementide iseloomustus.

Käesolevas peatükis tutvusime süsiniku ja räni tähtsamate omadustega ning nende lihtsamate ühenditega. Omadustelt on need kaks keemilist elementi teineteisele üsna lähedased.

Süsiniku ja räni ühenditest võib kõige iseloomulikumateks lugeda nende hapniku- ja vesinikuühendeid.

Süsinikurühma elementidele on tüüpiliseks oksiidid üldvalemiga  $RO_2$ . Süsinikdioksiid ( $CO_2$ ) ja ränidioksiid ( $SiO_2$ ) on happelised oksiidid ning neile vastavad süsi- ja ränihape. Tuntakse aga ka oksiide, milles süsinik ja räni on kahevalentsed ( $CO$  ja  $SiO$ ). Süsinikul ja ränil on nõrgalt avalduvad mittemetallilised omadused. Vesinikuga moodustavad süsinikurühma elemendid ühendeid üldvalemiga  $RH_4$ , milles nad esinevad negatiivselt neljavalentsetena (metaan ja silaan). Süsinikul ja ränil on võime moodustada vesinikuühendeid, milles nende aatomid on omavahel seotud kovalentsete sidemetega ja moodustavad ahelaid. Süsi-vesinike molekulides võib esineda ahelas kümneid ja sadu süsiniku aatomeid. Räni vesinikuühendites esineb ahelas tavaliselt kuus räni aatomit ( $Si_6H_{14}$ ).

Sarnasuse kõrval võime süsinikurühma elementidel täheldada ka olulisi erinevusi. Näiteks leidub süsinikku looduses vabas olekus, räni aga mitte. Süsinikdioksiid on tavalisel temperatuuril gaasiline aine, mis kõrgemal temperatuuril laguneb kergesti. Ränidioksiid on seevastu tahke aine, mis ei lagune ka kõrgemal temperatuuril. Süsihapet ei tunta vabas olekus (vaid ainult lahuses), ränihapet aga küll, kuigi ta kergesti laguneb ränidioksiidiks ja veeks. Tuntakse ainult üht süsihapet —  $H_2CO_3$  —, sest praktiliselt on olemas ainult selle happe soolad. Ränihappeid, arvestades nende soolade järgi, on suur hulk. Metaan on püsiv gaas, mis süttib alles kõrgel temperatuuril, kuna silaan süttib õhus iseenesest.

Peale selle on veel terve rida teisi erinevusi, kuid need süsiniku ja räni omaduste erinevused on siiski seaduspäraselt seotud nimetatud keemiliste elementide aatomkaaluga.

Tabelis 22 on toodud mõned tähtsamad süsiniku ja räni füüsilised ning keemilised omadused.

Tabel 22.  
Süsiniku ja räni tähtsamad omadused.

	Süsinik	Räni
Sümbol . . . . .	C	Si
Aatomkaal . . . . .	12,011	28,09
Erikaal . . . . .	amorfne — 1,86 teemant — 3,5 grafiit — 2,3	kristalliline — 2,35

	Süsiniik	Räni
Sulamispunkt (°C) . . . . .	3500	1415
Keemispunkt (°C) . . . . .	4000	2400
Agregaatolek . . . . .	tahke	tahke
Valents vesiniku suhtes . . . . .	4	4
Peaühend vesinikuga . . . . .	CH <sub>4</sub>	SiH <sub>4</sub>
RH <sub>4</sub> keemispunkt (°C) . . . . .	-161,4	-112
RH <sub>4</sub> sulamispunkt (°C) . . . . .	-184	-185
Valents hapniku suhtes . . . . .	2 ja 4	2 ja 4
Hapnikuühendid . . . . .	CO ja CO <sub>2</sub>	SiO ja SiO <sub>2</sub>
RO <sub>2</sub> keemispunkt (°C) . . . . .	-78,5	2590
RO <sub>2</sub> sulamispunkt (°C) . . . . .	-57	1470 (kvarts)
Happed . . . . .	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>

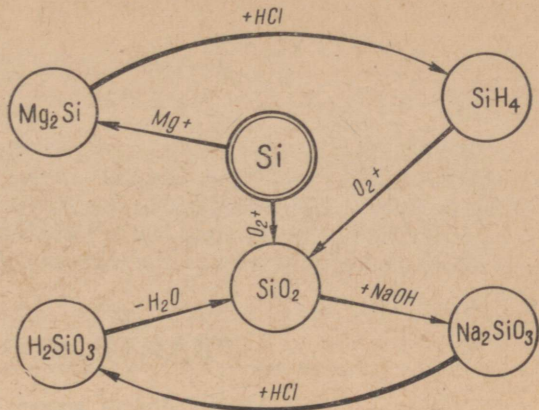
Halogeenide, hapniku-, lämmastiku- ja süsinikurühma kuuluvate keemiliste elementide omaduste võrdlemisel võib leida samuti seaduspärasust sarnasust ja erinevust nende rühmade vahel. Kõik nimetatud rühmadesse kuuluvad keemilised elemendid on mittemetallid, mis moodustavad happeid. Tuleb aga tähendada, et need ühised omadused muutuvad seaduspäraselt nõrgenemise suunas alates halogeenidest süsiniku ja räni poole. Nii näiteks moodustavad halogeenid keemiliselt kõige aktiivsemaid happeid, süsinik ja räni aga annavad üsna nõrku happeid. Halogeenid reageerivad teiste keemiliste elementidega väga energiliselt, süsinik ja räni seevastu väga raskelt. Hapniku- ja lämmastikurühma kuuluvad keemilised elemendid on nende vahel nagu keskses asendis.

Halogeenid on tüüpilised mittemetallid, süsinikurühma keemilised elemendid on aga metallid ja mittemetallid. Süsinik ja räni juhivad elektrit, mis on metallide iseloomulikuks omaduseks.

Sellest järeldub, et keemiliste elementide perioodilisuse süsteemis leidub niisuguseid keemilisi elemente, millel on nii metallilisi kui ka mittemetallilisi omadusi. Süsinikurühma elemendid on nagu üleminekulementideks mittemetallilistelt elementidelt metallilistele.

#### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Jutustada tsemendi tootmise arenemisest Nõukogude Eestis.
2. Millest valmistatakse tsementi ja kuidas väljendatakse tsemendi keemilist koostist?
3. Kuidas toimub tsemendilobri valmistamine tsemenditehases?
4. Millised protsessid toimuvad tsemendilobriga klinkriahjus (pöördeahjus)?
5. Milleks kasutatakse tsementi?
6. Kuidas kasutatakse tsemendi tootmise jääkaineid?
7. Mis on kukermiit ja milleks seda kasutatakse?
8. Millisel toorainel põhineb keraamikatööstus? Kuidas liigitatakse keraamikat?
9. Mis on glasuur ja milleks kasutatakse seda keraamikatööstuses?



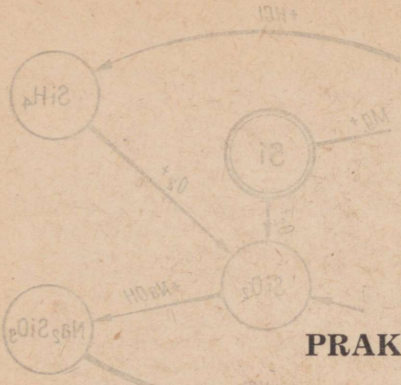
Joonis 130. Räni ja tema ühendite seose skeem.

10. On antud järgmised lahused: naatriumsulfiid, naatriumkarbonaat ja naatriumsilikaat. Missuguse reaktiivi abil on võimalik igäüht neist kindlaks teha? Kirjutada vastavate reaktsioonide võrrandid.

11. Milles seisneb süsihappe ja ränihappe sarnasus, erinevus?

12. Koostada antud räniühendite seose skeemi (joonis 130) põhjal keemilised võrrandid vastavate reaktsioonide kohta. Nimetada reaktsioonide kulgemise tingimusi ja tekkivate ainete omadusi.

13. Kuidas võib lähtudes a) süsinikdioksiidist saada süsihappet, b) ränidioksiidist saada ränihappet? Kirjutada vastavate reaktsioonide võrrandid.



## PRAKTILISED TÖÖD.

### Üldisi nõudeid katsete läbiviimisel.

1. Pidage meeles, et mitmesuguseid gaase ja aure võib süüdata alles pärast seda, kui on kontrollitud nende puhtust. Mistahes põleva gaasi segu õhuga plahvatab.
2. Hoidke tuleohtlikke aineid (bensiin, benseen, eeter jt.) tulest eemal.
3. Jälgige põleti kasutamise nõudeid.
4. Ainete kuumutamisel hoidke katseklaasi või kolbi nii, et tema suue oleks endast ja naabritest eemale suunatud. Ärge kummarduge kuumutava nõu kohale.
5. Hapete või leeliste sattumisel nahale peske seda kohe rohke veega ning vajaduse korral söögisooda lahusega või lahjendatud äädikhappe lahusega.
6. Katsed mürgiste gaaside ja aurudega tehke tömbekapis või vastavalt kohandatud seadmes.
7. Tutvumisel ainete lõhnaga olge väga ettevaatlikud: ärge hingake sügavalt ega ainele liiga ligidalt.
8. Tundmatuid aineid ei tohi maitsta.
9. Kuna klaasist laboratooriumitarbed on õhukesed ja õrnad, on vaja:  
a) kinnitada neid statiivi klambrite külge ettevaatlikult ja õigesti; b) korgistada neid korgi pööramisega, hoides nõu suudme ülaosast; c) lameda põhjaga nõusid (keeduklaase, kolbe) soojendada vaid asbestiga kaetud võrgul.
10. Kasutage väikseid ainekoguseid.
11. Et vältida reaktiivide rikkumist, ärge pange nende ülejääke purki tagasi.
12. Pärast tööd valage tekkinud ained ainult selleks ettenähtud nõusse.
13. Lõpetanud töö, peske nõud ning seadke kogu kasutatud varustus korda.

### Praktiline töö nr. 1.

#### Vee karedus.

Töövahendid: 1) kaltsiumkarbonaat; 2) seebi lahus; 3) kaltsiumhüdroksiidi lahus; 4) marmoritükid; 5) lahjendatud soolhappe; 6) destilleeritud vesi; 7) kolb veega; 8) seadis süsinikdioksiidi saamiseks; 9) metallstatiiv klambriga; 10) pipett või klaastoru; 11) põleti ja tikud; 12) katseklaasihoidja; 13) katseklaasid; 14) kaus vedeljäätmete jaoks.

### 1. Kareda vee valmistamine.

Töö käik.

Võtta katseklaasi mitte enam kui tikupea suurune kogus kaltsiumkarbonaati ja täita see veega. Loksutada. Teha järeldus kaltsiumkarbonaadi lahustuvuse kohta. Juhtida nüüd katseklaasis olevasse vedelikku süsinikdioksiidi, kuni sade lahustub. Kirjutada reaktsiooni võrrand. Jagada saadud lahus võrdselt kolme katseklaasi.

### 2. Seebi kulu vahu moodustumisel karedas vees.

Töö käik.

Lisada eelmises katses saadud karedale veele ning võrdlevalt samale kogusele destilleeritud veele tilkhaaval seebi lahust. Pärast iga tilga lisamist loksutada katseklaaside sisu tugevasti. Seebi lahust tuleb lisada seni, kuni moodustub seebivaht. Loeme vahu moodustumiseks kulunud seebi lahuse tilkade arvu mõlemal juhul.

Miks kulub kareda vee puhul seebivahu moodustumiseks enam seebi lahust?

### 3. Vee kareduse kõrvaldamine lubja abil.

Töö käik.

Lisada katseklaasis olevale karedale veele tilkhaaval kaltsiumhüdroksiidi lahust kuni hägu tekkimiseni. Lahust tuleb seejuures aeg-ajalt loksutada. Seejärel lisada tilkhaaval seebi lahust kuni vahu moodustumiseni.

Mida näitab katse? Kirjutada reaktsiooni võrrand nii molekulaarsel kui ka ioonilisel kujul.

### 4. Vee kareduse kõrvaldamine keetmisega.

Töö käik.

Keeta karedat vett katseklaasis ning lisada siis katseklaasi tilkhaaval seebi lahust kuni vahu moodustumiseni.

Mida näitab katse? Kirjutada reaktsiooni võrrand.

Katsete tulemused kanda vihikusse järgmise tabeli kujul.

	Destilleeritud vesi	Kare vesi	Kare vesi	
			töödeldud $\text{Ca(OH)}_2$ -ga	keedetud
Katsel kulunud seebi lahuse tilkade arv				

## Praktiline töö nr. 2.

### Vee mööduva kareduse määramine.

Töövahendid: 1) uuritav vesi; 2) 0,1 n soolhappe lahus; 3) metüüloranži lahus; 4) keeduklaas (150 ml); 5) bürett; 6) men-  
suur.

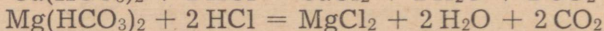
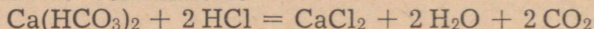
Töö käik.

Võtta keeduklaasi 100 ml uuritavat vett ja lisada 3—4 tilka metüüloranži lahust. Mööduvat karedust põhjustava kaltsiumvesinikkarbonaadi sisalduse tõttu on lahus kollane. Tiitrida lahust 0,1 n soolhappega, kuni lahus värvub ühest tilgast roosakaks. Kor-  
rata tiitrimist 2—3 korda ja arvutada tulemustest aritmeetiline  
keskmine ning vee mööduv karedus.

#### *Arvutusnäide vee kareduse määramiseks.*

Vee karedust iseloomustatakse ühes liitris vees sisalduvate kaltsium- ja magneesiumioonide milligramm-ekvivalentide sum-  
maga.

Keemilistest võrranditest



nähtub, et reaktsioonil kulunud soolhappe hulga järgi saab mää-  
rata kaltsiumioonide sisaldust vees.

100 ml vee tiitrimiseks kulub 3,5 ml 0,1 n soolhapet. Ühe liitri  
vee tiitrimiseks kuluks siis  $3,5 \cdot 10 = 35$  ml 0,1 n HCl, s. o.  
 $35 \cdot 0,1 = 3,5$  mg-ekv soolhapet.

Vee karedus on 3,5 mg-ekv, s. t. vesi on keskmise karedusega.

## Praktiline töö nr. 3.

### Eksperimentaalsed tööd teemal «Metallid».

#### I t u n d.

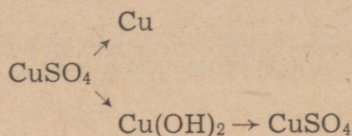
Töövahendid: 1) raua-, tsingi- ja vaselaastud; 2) pliinit-  
raadi lahus; 3) vasksulfaat (tahke); 4) naatriumhüdroksiidi lahus;  
5) väävelhape (kontsentreeritud ja lahjendatud); 6) soolhape (kont-  
sentreeritud ja lahjendatud); 7) kontsentreeritud lämmastikhape;  
8) naatriumkarbonaat (tahke); 9) naatriumvesinikkarbonaat (tahke);  
10) hõbenitraadi lahus; 11) baariumkloriidi lahus; 12) lubjavesi;  
13) kareda vee proov; 14) raudtraat või -nael; 15) destilleeritud  
vesi; 16) katseklaasihoidja; 17) traat leekreaktsiooniks; 18) metall-  
statiiv klambriga; 19) põleti ja tikud; 20) gaasijuhtetoru koos kor-

giga; 21) katseklaasid; 22) kolb veega; 23) kaus vedeljäätmete jaoks.

### Ülesanded.

1. Asetada katseklaasidesse, milles on pliinitraadi lahus, raua-, tsingi- ja vaselaaste. Seletada täheldatud nähtust. Kirjutada reaktsioonide võrrandid molekulaarsel ja ioonilisel kujul.

2. Teostada järgmised muundamised:



Kirjutada vastavad keemilised võrrandid molekulaarsel ja ioonilisel kujul.

3. Teile antud etiketita katseklaasides on kontsentreeritud väävelhape, kontsentreeritud soolhape ja kontsentreeritud lämmastikhape. Määrake vase abil, missuguses katseklaasis mingi hape on.

4. Kahes pealkirjata purgis on naatriumkarbonaat ja naatriumvesinikkarbonaat. Määrake kummaski purgis olev sool.

5. On antud kolm etiketita katseklaasi. Ühes on naatriumkarbonaadi lahus, teises keedusoola lahus ja kolmandas kaaliumsulfaadi lahus. Määrata katsete abil igas katseklaasis olev aine.

6. Tõestada katse abil, et antud kustutamata lubja proovis on lisandina kaltsiumkarbonaati.

7. On antud kare vesi, mis sisaldab magneesiumvesinikkarbonaati ja kaltsiumsulfaati. Pehmendada seda vett ja anda seletus.

### II tund.

Töövahendid: 1) naatriumhüdrokksiidi lahus; 2) lahjendatud soolhape; 3) lahjendatud väävelhape; 4) alumiiniumsulfaat (tahke); 5) naatriumsulfaat (tahke); 6) baariumkloriidi lahus; 7) pulbriline alumiinium; 8) pliinitraadi lahus; 9) raud(II)sulfaadi lahus; 10) raud(III)sulfaadi lahus; 11) raud(III)kloriidi lahus; 12) kaaliumtiotsüanaadi lahus; 13) destilleeritud vesi; 14) traat leekreaktsiooniks; 15) klaasplaat aurustamiseks; 16) põleti ja tikud; 17) katseklaasid; 18) katseklaasihoidja; 19) kolb veega; 20) kaus vedeljäätmete jaoks.

### Ülesanded.

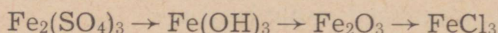
1. Valmistada alumiiniumhüdrokksiidi ja tõestada katsete abil selle amfoteersust. Kirjutada vastavad keemilised võrrandid.

2. Katseklaasides on alumiiniumsulfaat ja naatriumsulfaat. Määrata, missuguses katseklaasis mingi aine on.

3. Lähtudes antud ainetest viia läbi kaks reaktsiooni, mille puhul alumiiniumi aatomid muutuvad ioonideks. Kirjutada vastavad reaktsiooni võrrandid.

4. Saada raud(II)sulfaadist lähtudes raud(II)hüdrosiidi. Kirjutada keemilised võrrandid raud(II)hüdrosiidi saamise ja oksüdeerumise kohta.

5. Teostada järgmised muundamised:



6. Tõestada kahel erineval viisil, et raud(III)sulfaat ja raud(III)kloriid on kolmevalentse raua soolad.

## Praktiline töö nr. 4.

### Väävelhape ja tema soolad.

#### I tund.

Töövahendid: 1) kontsentreeritud väävelhape; 2) pulbriline süsi; 3) vasktraat või vaselaastud; 4) raudtraat või -nael; 5) fuksiini lahus; 6) lubjavesi; 7) sinine lakmuspaber; 8) kolb veega; 9) filterpaberi riba; 10) põleti ja tikud; 11) mensuur; 12) kork, mida läbib gaasijuhtetoru; 13) katseklaasid; 14) katseklaasihoidja; 15) kauss vedeljäätmete jaoks.

#### 1. Väävelhappe lahustamine vees.

Valmistada kontsentreeritud väävelhappest ja veest lähtudes 12 milliliitrit väävelhappe lahust ruumalalises kontsentratsioonis 1 : 5.

Millist reeglit tuleb seejuures arvestada ja miks?

#### 2. Kontsentreeritud väävelhappe reageerimine söega.

Töö käik.

1) Tutvuda õpikust (lk. 106) kontsentreeritud väävelhappe ja söe vahelise reaktsiooniga.

2) Teha õpikus kirjeldatud katse. Millised järeldused tuleb teha sellest katsest? Anda seletus ja kirjutada reaktsiooni võrrand.

#### 3. Kontsentreeritud väävelhappe reageerimine metallidega.

Töö käik.

Võtta ühte katseklaasi raudnael ja teise veidi vasktraati või vaselaaste. Kallata mõlemasse katseklaasi 1—2 ml kontsentreeri-

tud väävelhapet. Mida täheldame? Millist metalli kasutatakse väävelhappetööstuses väävelhappega kokkupuutuvate torude ja seadmete valmistamiseks ja miks?

Soojendame katseklaasi, milles on vasktraat. Milliseks muutub vase pind? Miks?

Eralduvat vääveldioksiidi võib kindlaks teha a) lõhna järgi, b) asetades katseklaasi suudme juurde märjastatud sinise lakmuspaberi, c) fuksiini lahusega märjastatud paberi abil.

Miks sinine lakmuspaber muutub punaseks? Miks fuksiini lahusega märjastatud paber muutub värvusetuks?

Kirjutada reaktsiooni võrrand kontsentreeritud väävelhappe reageerimise kohta vasega. Millist väävelhappe omadust iseloomustab tehtud katse?

## II tund.

Töövahendid: 1) lahjendatud väävelhape; 2) lubjavesi; 3) naatriumkarbonaadi lahus; 4) naatriumsulfaadi lahus; 5) baariumkloriidi lahus; 6) vasksulfaadi lahus; 7) kaaliumhüdrosiidi lahus; 8) vaskoksiid; 9) tsingitükid; 10) raudtraat või -nael; 11) lakmuse-, metüüloranži ja fenoolftaleiini lahused; 12) põleti ja tikud; 13) kolb veega; 14) katseklaasid; 15) katseklaasihoidja; 16) kauss vedeljäätmete jaoks.

### 1. Lahjendatud väävelhappe keemilised omadused.

Töö käik.

Et meenutada hapete üldisi omadusi, teha katsed lahjendatud väävelhappe toime kohta indikaatoritesse (lakmuse ja metüül-oranži lahus), reageerimise kohta vaskoksiidi, kaltsiumhüdrosiidi, naatriumkarbonaadi ja tsingiga.

Kirjutada vastavad keemilised võrrandid.

### 2. Väävelhappe soolade keemilised omadused.

Töö käik.

Soolade üldiste keemiliste omaduste kordamiseks teha järgmised katsed: 1) naatriumsulfaadi reageerimine baariumkloriidiga, 2) vasksulfaadi reageerimine kaaliumhüdrosiidiga, 3) vasksulfaadi reageerimine rauaga.

Baarium- ja sulfaatioonide kokkupuutumisel reaktsiooni käigus tekib kontsentreeritud soolhappes lahustumatu baariumsulfaadi sade. Milleks kasutatakse nimetatud asjaolu keemilisel analüüsil? Kirjutada vastavad keemilised võrrandid.

## Praktiline töö nr. 5.

### Lämmastikhape ja nitraadid.

Töövahendid: 1) lahjendatud lämmastikhape; 2) vasksulfaadi lahus; 3) naatriumhüdroksiidi lahus; 4) kaaliumkarbonaadi lahus; 5) pliioksiid; 6) baariumnitraadi lahus; 7) naatriumsulfaadi lahus; 8) lahjendatud väävelhape; 9) vasknitraadi lahus; 10) raudtraat või -nael; 11) vaselaastud; 12) metüüloranži ja lakmuse lahused; 13) kolb veega; 14) põleti ja tikud; 15) katseklaas; 16) katseklaasihoidja; 17) kauss vedeljäätmete jaoks.

#### 1. Lahjendatud lämmastikhappe keemilised omadused.

Töö käik.

Hapete üldiste omaduste kordamiseks teeme katsed lahjendatud lämmastikhappe toime kohta indikaatoritesse, reageerimise kohta pliioksiidi, vask(II)hüdroksiidi, kaaliumkarbonaadi ja vasega.

Kirjutada vastavad keemilised võrrandid.

#### 2. Nitraatide keemilised omadused.

Töö käik.

1) Tutvuda õpikust (lk. 142) teemaga «Lämmastikhappe soolad».

2) Soolade üldiste omaduste kordamiseks teha järgmised katsed: baariumnitraadi reageerimine naatriumsulfaadi ja väävelhappega ning vasknitraadi reageerimine naatriumhüdroksiidi ja rauaga.

Kirjutada vastavad keemilised võrrandid nii molekulaarsel kui ka ioonilisel kujul.

## Praktiline töö nr. 6.

### Mineraalväetiste saamine.

Töövahendid: 1) ammoniaagi vesilahus; 2) lahjendatud väävelhape; 3) lahjendatud lämmastikhape; 4) metüüloranži lahus; 5) naatriumhüdroksiidi lahus; 6) baariumkloriidi lahus; 7) kontsentreeritud väävelhape; 8) vaselaastud; 9) kolb veega; 10) põleti ja tikud; 11) klaasplaat aurustamiseks; 12) katseklaasid; 13) katseklaasihoidja; 14) kauss vedeljäätmete jaoks.

#### 1. Ammooniumsulfaadi saamine.

Töö käik.

1) Tutvuda õpikust (lk. 146) ammooniumsulfaadi tootmisega.

2) Saada ammoniaagi vesilahusest ja lahjendatud väävelhapest lähtudes ammooniumsulfaati tahkel kujul. Kirjutada vastava

reaktsiooni võrrand ja tõestada katseliselt, et saadud sool on ammooniumsulfaat.

## 2. Ammooniumnitraadi saamine.

Töö käik.

- 1) Tutvuda õpikust (lk. 159) ammooniumnitraadi tootmisega.
- 2) Saada ammoniaagi vesilahusest ja lahjendatud lämmastikhappest lähtudes ammooniumnitraati tahkel kujul. Tõestada, et saadud sool on ammooniumnitraat. Kirjutada vastavad keemilised võrrandid.

## Praktiline töö nr. 7.

**Eksperimentaalülesandeid teemal «Lämmastik ja fosfor».**

Töövahendid: 1) ammooniumkloriid; 2) ammooniumsulfaat; 3) kaaliumnitraat; 4) naatriumnitraat; 5) ammooniumkloriidi, ammooniumsulfaadi ja ammooniumkarbonaadi lahused siltideta katseklaasides; 6) superfosfaat; 7) naatriumhüdrosiidi lahus; 8) hõbenitraadi lahus; 9) baariumkloriidi lahus; 10) lahjendatud soolhape; 11) kontsentreeritud väävelhape; 12) vaselaastud; 13) destilleeritud vesi; 14) kolb veega; 15) traat leekreaktsiooniks; 16) põleti ja tikud; 17) katseklaasid; 18) katseklaasihoidja; 19) kauss vedeljäätmete jaoks.

### Ülesanded.

1. Tõestada ammoonium- ja kloriidiooni sisaldus antud aines.
2. Tõestada ammoonium- ja sulfaatiooni ammooniumsulfaadis.
3. Määrata metallioon ja happejääkioon a) kaaliumnitraadis, b) naatriumnitraadis.
4. On antud kolm katseklaasi. Ühes on ammooniumkloriidi, teises ammooniumsulfaadi ja kolmandas ammooniumkarbonaadi lahus. Määrata nende katseklaaside sisu.
5. Teha kindlaks fosfaatiooni ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) sisaldus antud fosforvætises.

## Praktiline töö nr. 8.

**Mineraalvætiste määramine.**

Töövahendid: 1) vætiste proovid (ammooniumnitraat, ammooniumsulfaat, naatriumnitraat, superfosfaat, sülviniit, kaaliumkloriid); 2) kolb veega; 3) destilleeritud vesi; 4) lahjendatud

soolhape; 5) lahjendatud lämmastikhape; 6) lahjendatud äädikhape; 7) ammoniaagi vesilahus; 8) naatriumhüdroksiidi lahus; 9) kontsentreeritud väävelhape; 10) baariumkloriidi lahus; 11) hõbenitraadi lahus; 12) vaselaastud; 13) traat leekreaktsiooniks; 14) põleti ja tikud; 15) lakmuse lahus; 16) katseklaasid; 17) katseklaasihoidja; 18) kauss vedeljäätmete jaoks.

Töö käik.<sup>1</sup>

Nummerdatud katseklaasides on erinevad väetised. Teha katsed iga väetise määramiseks. Töö tulemused kanda järgmisse tabelisse (tabel linearida üle kahe lehekülje).

Väetiseproovi nr.	Välised tunnused	Lahustuvus vees	Reageerimine kontsentreeritud $H_2SO_4$ ja vasega	Toime leelise lahusesse soojendamisel	Toime $BaCl_2$ lahusesse	Toime $AgNO_3$ lahusesse	Toime lakmusesse	Leegi värvus	Väetise nimetus

<sup>1</sup> Töö tegemisel kasutada tabelit lk. 236.

## Tähtsamate keemiliste elementide nimetused, märgid ja aatomkaalud.

Keemiline element	Ladinakeelne nimetus	Keemiline märk	Loetakse keemilises valemis	Aatomkaal (ümardatud)
Alumiinium	Aluminium	Al	alumiinium	27
Antimon	Stibium	Sb	stiibium	121,8
Arseen	Arsenicum	As	arseen	74,9
Baarium	Barium	Ba	baarium	137,3
Boor	Borum	B	boor	10,8
Broom	Bromum	Br	broom	79,9
Elavhõbe	Hydrargyrum	Hg	hüdrargüüm	200,6
Fluur	Fluorum	F	eff	19
Fosfor	Phosphorus	P	pee	31
Hapnik	Oxygenium	O	oo	16
Hõbe	Argentum	Ag	argentum	107,9
Jood	Iodum	I	jood	126,9
Kaalium	Kalium	K	kaalium	39,1
Kaadmium	Cadmium	Cd	kaadmium	112,4
Kaltsium	Calcium	Ca	kaltsium	40,1
Kloor	Chlorum	Cl	kloor	35,5
Koobalt	Cobaltum	Co	koobalt	58,9
Kroom	Chromium	Cr	kroom	52
Kuld	Aurum	Au	aurum	197
Lämmastik	Nitrogenium	N	enn	14
Magneesium	Magnesium	Mg	magneesium	24,3
Mangaan	Manganum	Mn	mangaan	54,9
Naatrium	Natrium	Na	naatrium	23
Nikkel	Niccolum	Ni	nikkel	58,7
Plaatina	Platinum	Pt	plaatina	195
Plii	Plumbum	Pb	plumbum	207,2
Raud	Ferrum	Fe	ferrum	55,8
Räni	Silicium	Si	siliitsium	28,1
Seleen	Selenium	Se	seleen	79
Strontsium	Strontium	Sr	strontsium	87,6
Süsinik	Carboneum	C	tsee	12
Telluur	Tellurium	Te	telluur	127,6
Tina	Stannum	Sn	stannum	118,7
Tsink	Zincum	Zn	tsink	65,4
Uraan	Uranium	U	uraan	238
Vask	Cuprum	Cu	kuprum	63,5
Vesinik	Hydrogenium	H	haa	1
Vismut	Bismuthum	Bi	vismut	209
Väävel	Sulfur	S	ess	32,1

## Tähtsamad tunnused esinevate mineraalväetiste eristamiseks.

Jrk. nr.	Nimetus ja valem	Välised tunnused	Lahustuvus vees	Väetislahuse toime			Väetise reageerimine väävelhappe ning vasega	Leegi värvus
				BaCl <sub>2</sub> lahusesse	AgNO <sub>3</sub> lahusesse	leelise lahusesse (soojendamisel)		
1	Ammoonium-nitraat (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )	valged peened kristallid või pruunid terad	väga hea	ei reageeri	ei reageeri	eraldub ammoniaak (NH <sub>3</sub> )	eraldub pruun gaas (NO <sub>2</sub> )	—
2	Naatrium-nitraat (NaNO <sub>3</sub> )	valged terad	väga hea	nõrgalt hägune (lisanditest)	vähene sade (lisanditest)	ei reageeri	eraldub pruun gaas (NO <sub>2</sub> )	kollane
3	Ammoonium-sulfaat [(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ]	valged või sinakashallid peened kristallid	väga hea	sool- ja äädikhappes lahustumatu valge sade	nõrgalt hägune	eraldub ammoniaak (NH <sub>3</sub> )	ei reageeri	—
4	Superfosfaat [Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> + 2CaSO <sub>4</sub> ]	helehall pulber või terad	lahustub osaliselt	äädikhappes peaaegu täiesti lahustumatu valge sade	lahjendatud lämmastikhappes lahustumatu kollane sade; lahus värvub kollaseks	ei reageeri	ei reageeri	tellisipunane
5	Kaaliumkloriid (KCl)	valged kristallid	väga hea	ei reageeri	ammooniumhüdrokksiidis lahustumatu valge sade	ei reageeri	ei reageeri	kollane; läbi sinise klaasi vaadeldes lilla

## Mineraalide kõvadusastmik.

(Mohsi järgi)

Kõige pehmemaks mineraaliks on talk (1 kõvadusühik) ja kõige kõvemaks teemant (10 kõvadusühikut). Suurema kõvadusega mineraal kriimustab pehmemat mineraali pinda.

Kõvadus- ühik	Mineraal
1	talk
2	kips
3	kaltsiit, lubjapagu
4	sulapagu
5	apatiit
6	ortoklass (põldpagu)
7	kvarts
8	topaas
9	korund
10	teemant

Mohsi skaalat asendavateks esemeteks võivad olla:

	kõvadus ligikaudu
pehme pliats . . . . .	1
küüs . . . . .	2—2,5
vaskraha . . . . .	3—4
klaasitükk . . . . .	5
noatera . . . . .	6
viil . . . . .	7

Mõnede ainete kõvadus Mohsi järgi.

Alumiinium . . . . .	2	Raud . . . . .	4—5
Graniit . . . . .	6,5—7	Teras . . . . .	5—8,5
Grafiit . . . . .	1—2	Tina . . . . .	2
Jää . . . . .	1,5	Tsink . . . . .	4
Kivisüsi . . . . .	2—2,5	Vask . . . . .	2,5—3
Kuld . . . . .	2,5—3	Vasksulfaat . . . . .	2
Marmor . . . . .	3—4	Väävel . . . . .	1,5—2,5
Plii . . . . .	1,5		

## Ioonide nimetused ja valemid.

Iooni valem	Iooni nimetus	Iooni valem	Iooni nimetus
H <sup>+</sup>	vesinikioon	Fe <sup>3+</sup>	raud(III)ioon
Cl <sup>-</sup>	kloriidioon	OH <sup>-</sup>	hüdrosiidioon
Br <sup>-</sup>	bromiidioon	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	sulfitioon
I <sup>-</sup>	jodiidioon	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	sulfaatioon
S <sup>2-</sup>	sulfiidioon	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	nitraatioon
O <sup>2-</sup>	oksiidioon	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	fosfaatioon
K <sup>+</sup>	kaaliumioon	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	karbonaatioon
Ca <sup>2+</sup>	kaltsiumioon	SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	silikaatioon
Cu <sup>2+</sup>	vask(II)ioon		

## Dissotsiatsiooniastmed.

Nimetus	Valem	Dis- sotsiatsi- ooniaste (%)	
		1 n	0,1 n
		lahuses	
<b>H a p p e d</b>			
Lämmastikhape	HNO <sub>3</sub>	82	92
Soolhape	HCl	78	92
Väävelhape	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	51	90
Süsihape	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	—	0,17
Fosforhape	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	—	27
<b>A l u s e d</b>			
Kaaliumhüdrosiid			
Naatrium- hüdrosiid	KOH NaOH	77 78	91 91
Ammoonium- hüdrosiid	NH <sub>4</sub> OH	0,4	1,3
Baariumhüdrosiid	Ba(OH) <sub>2</sub>	—	80
Kaltsiumhüdrosiid	Ca(OH) <sub>2</sub>	—	78
<b>S o o l a d</b>			
Ammooniumkloriid	NH <sub>4</sub> Cl	74	85
Höbenitrat	AgNO <sub>3</sub>	58	81
Naatriumkloriid	NaCl	67	84
Naatriumsulfaat	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	45	69
Kaaliumkloriid	KCl	75	86
Kaaliumnitrat	KNO <sub>3</sub>	64	83
Kaaliumsulfaat	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	53	71
Vasksulfaat	CuSO <sub>4</sub>	—	40

Soolade ja aluste lahustumine vees.

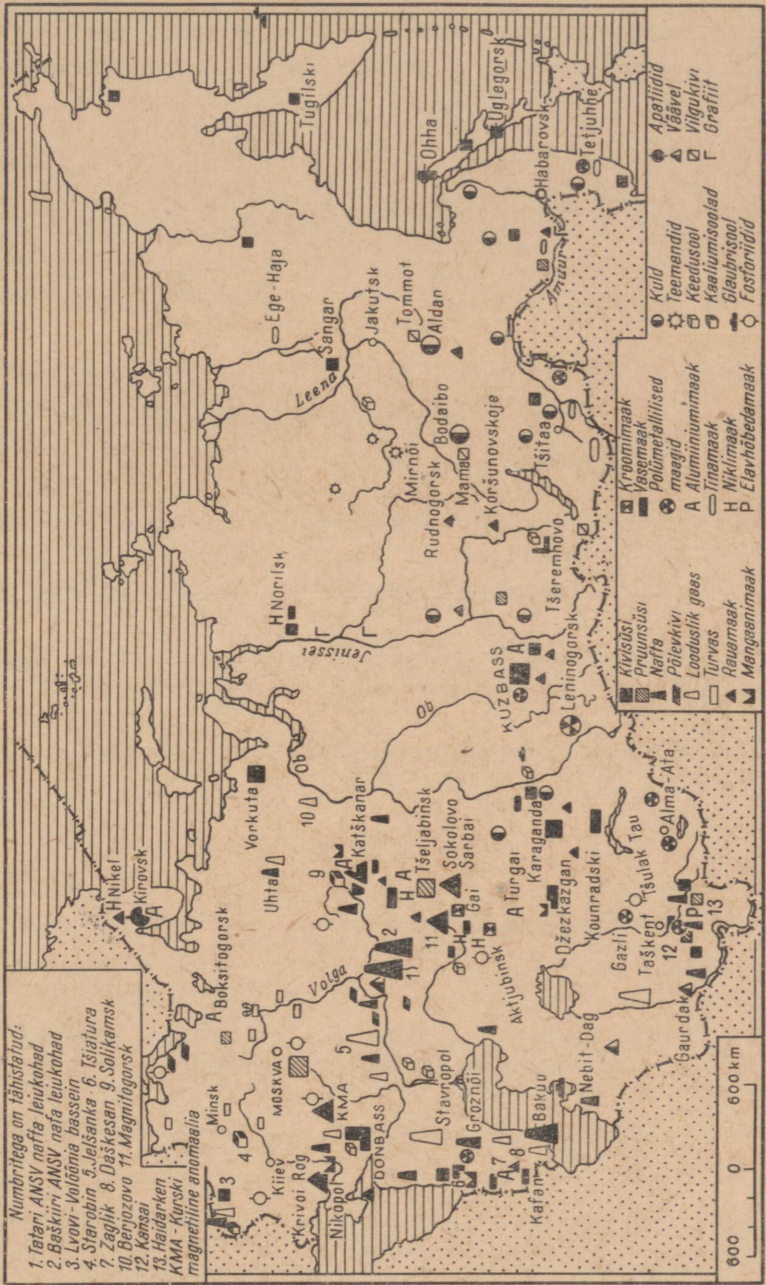
Metall	I	I	II	III	III	III	II	II	II	II	II	I	II	II	II
Hüdroksid- rühm või happes jääk	K	Na	Ba	Ca	Mg	Al	Cr	Fe	Fe	Mn	Zn	Ag	Hg	Cu	Pb
I OH	I	I	I	vl	vl	e	e	e	e	e	e	—	—	e	e
I Cl	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	e	I	I	vl
II S	I	I	I	vl	I	—	—	e	e	e	e	e	e	e	e
II SO <sub>3</sub>	I	I	e	e	e	—	—	e	e	e	e	e	e	e	e
II SO <sub>4</sub>	I	I	e	vl	I	I	I	I	I	I	I	vl	I	I	e
III PO <sub>4</sub>	I	I	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
II CO <sub>3</sub>	I	I	e	e	e	—	—	e	e	e	e	e	e	e	e
II SiO <sub>3</sub>	I	I	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	—	e	e
I NO <sub>3</sub>	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

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

Hapete ja aluste erikaalud  
(15° C juures).

Protsen- diline sisaldus	HCl	HNO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaOH	KOH	NH <sub>3</sub>
4	1,019	1,022	1,027	1,046	1,033	0,983
8	1,039	1,044	1,055	1,092	1,065	0,967
12	1,059	1,068	1,083	1,137	1,100	0,953
16	1,079	1,093	1,112	1,181	1,157	0,939
20	1,100	1,119	1,143	1,225	1,176	0,926
24	1,121	1,145	1,174	1,268	1,217	0,913
28	1,142	1,171	1,205	1,310	1,263	0,903
32	1,163	1,198	1,238	1,352	1,310	0,893
36	1,183	1,225	1,273	1,395	1,358	0,884
40	—	1,251	1,307	1,437	1,411	—
44	—	1,277	1,342	1,478	1,460	—
48	—	1,303	1,380	1,519	1,511	—
52	—	1,328	1,419	1,560	1,564	—
56	—	1,351	1,460	1,601	1,616	—
60	—	1,373	1,503	1,643	—	—
64	—	1,394	1,547	—	—	—
68	—	1,412	1,594	—	—	—
72	—	1,429	1,640	—	—	—
76	—	1,445	1,687	—	—	—
80	—	1,460	1,732	—	—	—
84	—	1,474	1,776	—	—	—
88	—	1,486	1,808	—	—	—
92	—	1,496	1,830	—	—	—
96	—	1,504	1,840	—	—	—
100	—	1,552	1,838	—	—	—

Nõukogude Liidu maavarade kaart.



Jrk. nr.	Avastatavioon	Reaktiiv	Analüüsi käik
I. Kati			
1.	Vesinikioon, $H^+$	Lakmus (sinine)	Asetada lahusesse lakmuspaberi riba.
2.	Ammooniumioon, $NH_4^+$	Hüdroksiidioon, $OH^-$	Lisada määratavale lahusele leelise lahust ja soojendada.
3.	Kaaliumioon, $K^+$	Leekreaktsioon	Puhastada terastraat leegis kuumutamiseks, kasta ta määratavasse lahusesse ning viia leeki.
4.	Naatriumioon, $Na^+$		
5.	Kaltsiumioon, $Ca^{2+}$	Oblikhape	Lisada analüüsitavale lahusele oblikhapet.
6.	Vask(II)ioon, $Cu^{2+}$	Raud, $Fe$	Asetada lahusesse raudtraat või -nael.
7.	Raud(III)ioon, $Fe^{3+}$	Tiotsüanaatioon, $CNS^-$	Lisada lahusele paar tilka kaalium- või ammooniumtiotsüanaadi lahust.
8.	Alumiiniumioon, $Al^{3+}$	Hüdroksiidioon, $OH^-$	Lisada lahusele veidi leelise lahust.
II. Ani			
9.	Hüdroksiidioon, $OH^-$	Lakmus (punane), fenooltaleiin	Asetada lahusesse lakmuspaberi riba. Lisada lahusele paar tilka fenoolftaleiini lahust piirituses.
10.	Kloriidioon, $Cl^-$	Hõbeioon, $Ag^+$	Lisada lahusele hõbenitraadi lahust.
11.	Jodiidioon, $I^-$	Hõbeioon, $Ag^+$	Lisada lahusele hõbenitraadi lahust.
12.	Sulfaatioon, $SO_4^{2-}$	Baariumioon, $Ba^{2+}$	Lisada lahusele baariumisoola lahust.

Reaktsiooni võrrand	Tunnus
onid.	Lakmus läheb punaseks.
$\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NH}_4^+ + \text{Cl}^- + \text{Na}^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$	Ammoniaagi lõhn. Märg punane lakmuspaber värvub siniseks.
—	Leek värvub lillaks.
—	Leek värvub kollaseks.
$\text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = \text{CaC}_2\text{O}_4 \downarrow + 2 \text{H}^+$	Tekib valge sade.
$\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$ $\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{Cu}$	Punane vasekiht.
$\text{Fe}^{3+} + 3 \text{CNS}^- = \text{Fe}(\text{CNS})_3$ $\text{Fe}^{3+} + 3 \text{Cl}^- + 3 \text{K}^+ + 3 \text{CNS}^- = \text{Fe}(\text{CNS})_3 + 3 \text{K}^+ + 3 \text{Cl}^-$	Tekkiv raud(III)tiotsüanaat värvib lahuse veripunaseks.
$\text{Al}^{3+} + 3 \text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3$ $\text{Al}^{3+} + 3 \text{Cl}^- + 3 \text{Na}^+ + 3 \text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{Na}^+ + 3 \text{Cl}^-$	Valge sade, mis lahustub nii happes kui ka leelises.
onid.	Lakmus värvub siniseks.
—	Lahus vaarikpunane.
—	Valge kohupiimataoline sade, mis ei lahustu lämmastikhappes, kuid lahustub ammoniumhüdrosiidis.
$\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgCl}$ $\text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{Ag}^+ + \text{NO}_3^- = \text{AgCl} \downarrow + \text{Na}^+ + \text{NO}_3^-$	Kollane hõbejodiidi sade.
$\text{I}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgI}$ $\text{Na}^+ + \text{I}^- + \text{Ag}^+ + \text{NO}_3^- = \text{AgI} \downarrow + \text{Na}^+ + \text{NO}_3^-$	Valge baariumsulfaadi sade, mis ei lahustu sool- ega lämmastikhappes.
$\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \text{BaSO}_4$ $2 \text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} + 2 \text{Cl}^- = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2 \text{Na}^+ + 2 \text{Cl}^-$	

Jrk. nr.	Avastatavioon	Reaktiiv	Analüüsi käik
13.	Karbonaatioon, $\text{CO}_3^{2-}$	Hape	Lahusele või tahkele soolale lisada veidi mingit hapet.
14.	Nitraatioon, $\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{SO}_4$ (konts.) ja Cu	Lisada lahusele veidi kontsentreeritud väävelhapet ning asetada sinna vasetükike. Soojendada.
15.	Fosfaatioon, $\text{PO}_4^{3-}$	Hõbeioon, $\text{Ag}^+$	Lisada lahusele hõbenitraadi lahust.
16.	Sulfiidioon, $\text{S}^{2-}$	Vask(II)ioon, $\text{Cu}^{2+}$  Kaadmiumioon, $\text{Cd}^{2+}$	Lisada kahevalentse vase- või kaadmiumisoola lahust.
III. Mõnede liht- ja			
17.	Süsinikdioksiid, $\text{CO}_2$	Kaltsium- hüdrosiid, $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Gaasi juhtida läbi lubjavee.
18.	Hapnik, $\text{O}_2$	Hõõguv pird	Purki, milles on gaas, asetada hõõguv pird.
19.	Trihapnik (osoon), $\text{O}_3$	Kaaliumjodiid, KI  Kaaliumjodiidi lahus koos tärgliskliistriga	Purki, milles on gaas, asetada kaaliumjodiidis niisutatud filterpa-beri riba.  Gaasi juhtida läbi kaaliumjodiidi lahuse, millele on lisatud tärgliskliistrit.
20.	Jood, $\text{I}_2$	Tärglis	Lahusele lisada tärglise lahust.

Reaktsiooni võrrand	Tunnus
$2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ $2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- =$ $= \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{Na}^+ + 2\text{Cl}^-$	Intensiivne süsihappegaasi eraldumine.
$2\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{HNO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4;$ $4\text{HNO}_3 + \text{Cu} = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2$	Eraldub pruun lämmastikdioksiid.
$\text{PO}_4^{3-} + 3\text{Ag}^+ = \text{Ag}_3\text{PO}_4$ $3\text{Na}^+ + \text{PO}_4^{3-} + 3\text{Ag} + 3\text{NO}_3^- =$ $= \text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow + 3\text{Na}^+ + 3\text{NO}_3^-$	Tekib kollane hõbefosfaadi sade.
$2\text{H}^+ + \text{S}^{2-} + \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{CuS} \downarrow +$ $+ 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$	Must vask(II)sulfiidi sade.
$2\text{H}^+ + \text{S}^{2-} + \text{Cd}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{CdS} \downarrow +$ $+ 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$	Kollane kaadmiumsulfiidi sade.
liitainete tõestamine.	
$\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$	Lubjavesi muutub tekkiva kaltsiumkarbonaadi tõttu häguseks.
$\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$	Pird süttib.
$\text{O}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}$ $2\text{KI} + \text{H}_2\text{O} + \text{O} = 2\text{KOH} + \text{I}_2$	Filterpaber värvub tekkiva joodi toimel pruuniks.
—	Tärklis värvub tekkiva joodi toimel siniseks.
—	Lahus värvub siniseks.

## SISUKORD

### I peatükk. Metallid.

§ 1.	Metallide asetus keemiliste elementide perioodilisuse süsteemis . . . . .	3
§ 2.	Leelismuldmetallid . . . . .	5
§ 3.	Vee karedus ja selle kõrvaldamine . . . . .	14
§ 4.	II rühma peaarühma elementide üldiseloomustus . . . . .	17
§ 5.	Alumiinium . . . . .	21
§ 6.	Raud . . . . .	32
§ 7.	Metallide omadused . . . . .	40
§ 8.	Korrosioon . . . . .	50

### II peatükk. Metallurgiatööstus.

§ 1.	Metallide tootmine tööstuses . . . . .	57
§ 2.	Malmi tootmine . . . . .	59
§ 3.	Terase tootmine . . . . .	65
§ 4.	Alumiiniumi tootmine ja alumiiniumisulamid . . . . .	72
§ 5.	Metallurgiatööstuse tähtsus rahvamajanduses . . . . .	74

### III peatükk. Hapnik ja väävel.

§ 1.	Hapniku ja väävli asetus perioodilisuse süsteemis, nende aatomite ehitus . . . . .	76
§ 2.	Trihapnik (osoon) . . . . .	77
§ 3.	Vesinikperoksiid . . . . .	80
§ 4.	Väävel . . . . .	82
§ 5.	Divesiniksulfiid ehk väävelvesinik . . . . .	89
§ 6.	Vääveldioksiid . . . . .	94
§ 7.	Väävlishape ja tema soolad . . . . .	97
§ 8.	Pöörduvad reaktsioonid . . . . .	98
§ 9.	Vääveltrioksiid . . . . .	100
§ 10.	Väävelhape . . . . .	103
§ 11.	Väävelhappe tootmise kontaktmeetod . . . . .	111
§ 12.	Keemiliste reaktsioonide kiirus . . . . .	116
§ 13.	Hapniku alarühma keemiliste elementide üldiseloomustus . . . . .	118

### IV peatükk. Lämmastik ja fosfor.

§ 1.	Lämmastiku ja fosfori asetus perioodilisuse süsteemis . . . . .	122
§ 2.	Lämmastik . . . . .	123
§ 3.	Lämmastiku ühendid vesinikuga . . . . .	126
§ 4.	Lämmastiku oksiidid . . . . .	133
§ 5.	Lämmastikhape . . . . .	137
§ 6.	Lämmastikväetised . . . . .	145
§ 7.	Lämmastiku ringkäik looduses . . . . .	148
§ 8.	Lämmastikuühendite tootmine . . . . .	151
§ 9.	Fosfor . . . . .	162

§ 10.	Fosfori ühendid hapnikuga . . . . .	167
§ 11.	Fosforvæetised . . . . .	170
§ 12.	Fosfori ringkâik looduses . . . . .	181
§ 13.	Mineraalvæetiste tootmise arenguperspektiivid Nõukogude Liidus . . . . .	182
§ 14.	Lämmastikurühma keemiliste elementide üldiseloomustus . . . . .	184
<b>V peatükk. Süsinik ja räni.</b>		
§ 1.	Süsiniku ja räni asetus perioodilisuse süsteemis, nende aatomite ehitus . . . . .	187
§ 2.	Süsiniku allotroopia . . . . .	188
§ 3.	Süsinikdioksiid ja süsihape . . . . .	191
§ 4.	Karbonaadid . . . . .	193
§ 5.	Süsinikoksiid, generaatori- ja veegaas . . . . .	199
§ 6.	Süsiniku ringkâik looduses . . . . .	201
§ 7.	Räni . . . . .	204
§ 8.	Silikaaditööstus . . . . .	211
§ 9.	Süsinikurühma keemiliste elementide iseloomustus . . . . .	223
<b>Praktilised tööd . . . . .</b>		<b>226</b>
<b>Lisa . . . . .</b>		<b>235</b>

Карик Херги Александрович,  
Принкман Карл Янович,  
Ратасепп Вяйно Эдуардович

ХИМИЯ ДЛЯ X КЛАССА

Издание третье

На эстонском языке

Обложка Г. Паньт

Издательство «Валгус»  
Таллин, Пярнуское шоссе, 10

\*

Toimetaja I. Pikas  
Kunstiline toimetaja H. Keigo  
Tehniline toimetaja L. Maidla  
Korrektorid H. Kessel ja  
A. Toomaspoeg

Ladumisele antud 2. XII 1965. Trükkimisele  
antud 7. V 1966. Paber 60×90, 1/16. Trüki-  
poognaid 15,5 + 4 kleebist. Arvestuspoognaid  
16,27. Trükiarv 4000. Tellimise nr. 3245.  
Trükikoda 'Ühiselu', Tallinn, Pikk t. 40/42.

Trükipaber nr. 3 — M. Gorki nim. Paberi-  
vabrik nr. 1 — Leningrad.

Hind 32 kop.







32 kop.

A-27230

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00427557 6