

K. PRINKMAN

# KEEMIA



XI  
KLASSILE

| Perioodid                          | Read | K e e m i l i s t e e l e           |                                      |                                      |                                       |                                    |                                    |
|------------------------------------|------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                    |      | I                                   | II                                   | III                                  | IV                                    | V                                  |                                    |
| I                                  | 1    | <sup>1</sup> 1,0080 H<br>Vesinik    |                                      |                                      |                                       |                                    |                                    |
| II                                 | 2    | <sup>3</sup> 6,940 Li<br>Liitium    | <sup>4</sup> 9,013 Be<br>Berüllium   | <sup>5</sup> 10,82 B<br>Boor         | <sup>6</sup> 12,011 C<br>Süsinik      | <sup>7</sup> 14,008 N<br>Lämmastik |                                    |
| III                                | 3    | <sup>11</sup> 22,991 Na<br>Naatrium | <sup>12</sup> 24,32 Mg<br>Magneesium | <sup>13</sup> 26,98 Al<br>Alumiinium | <sup>14</sup> 28,09 Si<br>Räni        | <sup>15</sup> 30,975 P<br>Fosfor   |                                    |
| IV                                 | 4    | <sup>19</sup> 39,100 K<br>Kaalium   | <sup>20</sup> 40,08 Ca<br>Kaltsium   | <sup>21</sup> 44,96 Sc<br>Skandium   | <sup>22</sup> 47,90 Ti<br>Titaan      | <sup>23</sup> 50,95 V<br>Vanaadium |                                    |
|                                    | 5    | <sup>29</sup> 63,54 Cu<br>Vask      | <sup>30</sup> 65,38 Zn<br>Tsink      | <sup>31</sup> 69,72 Ga<br>Gallium    | <sup>32</sup> 72,60 Ge<br>Germaanium  | <sup>33</sup> 74,91 As<br>Arseen   |                                    |
| V                                  | 6    | <sup>37</sup> 85,48 Rb<br>Rubiidium | <sup>38</sup> 87,63 Sr<br>Strontsium | <sup>39</sup> 88,92 Y<br>Ütrium      | <sup>40</sup> 91,22 Zr<br>Tsirkoonium | <sup>41</sup> 92,91 Nb<br>Niobium  |                                    |
|                                    | 7    | <sup>47</sup> 107,880 Ag<br>Hõbe    | <sup>48</sup> 112,41 Cd<br>Kaadmium  | <sup>49</sup> 114,76 In<br>Indium    | <sup>50</sup> 118,70 Sn<br>Tina       | <sup>51</sup> 121,76 Sb<br>Antimon |                                    |
| VI                                 | 8    | <sup>55</sup> 132,91 Cs<br>Tseesium | <sup>56</sup> 137,36 Ba<br>Baarium   | <sup>57</sup> 138,92 La<br>Lantaan   | <sup>58-71</sup> Lantaani-<br>niidid  | <sup>72</sup> 178,6 Hf<br>Hafnium  | <sup>73</sup> 180,95 Ta<br>Tantaal |
|                                    | 9    | <sup>79</sup> 197,0 Au<br>Kuld      | <sup>80</sup> 200,61 Hg<br>Elavhõbe  | <sup>81</sup> 204,39 Tl<br>Tallium   | <sup>82</sup> 207,21 Pb<br>Plii       | <sup>83</sup> 209,00 Bi<br>Vismut  |                                    |
| VII                                | 10   | <sup>87</sup> (223) Fr<br>Frantsium | <sup>88</sup> 226,05 Ra<br>Raadium   | <sup>89</sup> (227) Ac<br>Aktiinium  | <sup>90-103</sup> Aktiini-<br>niidid  | 104                                | 105                                |
| Kõrgeimad soolafektitavad oksüüdid |      | 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 sinikuühendid |      |                                     |                                      |                                      |                                       | RH <sub>4</sub>                    | RH <sub>3</sub>                    |

\* L a n t a

|                                     |                                       |                                    |                                      |                                      |                                     |                                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| <sup>58</sup> 140,13 Ce<br>Tseerium | <sup>59</sup> 140,92 Pr<br>Praseodüüm | <sup>60</sup> 144,22 Nd<br>Neodüüm | <sup>61</sup> (145) Pm<br>Promeetium | <sup>62</sup> 150,43 Sm<br>Samaarium | <sup>63</sup> 152,0 Eu<br>Euroopium | <sup>64</sup> 156,9 Gd<br>Gadoliinium |
|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|

\*\* A k t i n

|                                    |                                       |                                 |                                      |                                     |                                       |                                   |
|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| <sup>90</sup> 232,05 Th<br>Toorium | <sup>91</sup> 231 Pa<br>Protaktiinium | <sup>92</sup> 238,07 U<br>Uraan | <sup>93</sup> (237) Np<br>Neptuunium | <sup>94</sup> (242) Pu<br>Plutonium | <sup>95</sup> (243) Am<br>Ameriitsium | <sup>96</sup> (245) Cm<br>Küürium |
|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|

PERIODILINE SÜSTEEM

*m e n t i d e r ü h m a d*

| VI                                     |   | VII                                    |                                       | VIII                                    |                                       |  | 0                                   |
|--|---|--|---------------------------------------|---|---------------------------------------|--|-------------------------------------|
|  |   | (H)                                    |                                       |   |                                       |  | <sup>2</sup><br>4,003 He<br>Heelium |
| <sup>8</sup><br>16,0000 O<br>Hapnik    | <sup>9</sup><br>19,00 F<br>Fluor        |  |                                       |   | <sup>10</sup><br>20,183 Ne<br>Neoon   |  |                                     |
| <sup>16</sup><br>32,066 S<br>Väävel    | <sup>17</sup><br>35,457 Cl<br>Kloor     |  |                                       |   | <sup>18</sup><br>39,944 Ar<br>Argoon  |  |                                     |
| <sup>24</sup><br>52,01 Cr<br>Kroom     | <sup>25</sup><br>54,94 Mn<br>Mangaan    | <sup>26</sup><br>55,85 Fe<br>Raud      | <sup>27</sup><br>58,94 Co<br>Koobalt  | <sup>28</sup><br>58,69 Ni<br>Nikkel     |                                       |  |                                     |
| <sup>34</sup><br>78,96 Se<br>Seleen    | <sup>35</sup><br>79,916 Br<br>Broom     |  |                                       |   | <sup>36</sup><br>83,80 Kr<br>Krüptoon |  |                                     |
| <sup>42</sup><br>95,95 Mo<br>Molibdeen | <sup>43</sup><br>(99) Tc<br>Tehneetsium | <sup>44</sup><br>101,1 Ru<br>Ruteenium | <sup>45</sup><br>102,91 Rh<br>Roodium | <sup>46</sup><br>106,7 Pd<br>Pallaadium |                                       |  |                                     |
| <sup>52</sup><br>127,61 Te<br>Telluur  | <sup>53</sup><br>126,91 J<br>Jood       |  |                                       |   | <sup>54</sup><br>131,3 Xe<br>Ksenoon  |  |                                     |
| <sup>74</sup><br>183,92 W<br>Volfram   | <sup>75</sup><br>186,31 Re<br>Reenium   | <sup>76</sup><br>190,2 Os<br>Osmium    | <sup>77</sup><br>192,2 Ir<br>Iriidium | <sup>78</sup><br>195,23 Pt<br>Plaatina  |                                       |  |                                     |
| <sup>84</sup><br>(210) Po<br>Poloonium | <sup>85</sup><br>(210) At<br>Astatiin   |  |                                       |   | <sup>86</sup><br>(222) Rn<br>Radoon   |  |                                     |
| RO <sub>3</sub>                        |   | R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>          |                                       | RO <sub>4</sub>                         |                                       |  |                                     |
| RH <sub>2</sub>                        |   | RH                                     |                                       |   |                                       |  |                                     |

*n i i d i d*

|                                       |   |                                       |                                     |                                       |  |  |
|---------------------------------------|---|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| <sup>65</sup><br>158,93 Tb<br>Terbium | <sup>66</sup><br>162,46 Dy<br>Düsproosium | <sup>67</sup><br>164,94 Ho<br>Holmium | <sup>68</sup><br>167,2 Er<br>Erbium | <sup>69</sup><br>168,94 Tu<br>Tuulium | <sup>70</sup><br>173,04 Yb<br>Üterbium | <sup>71</sup><br>174,99 Lu<br>Luteetsium |
|---------------------------------------|---|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|--|

*i i d i d*

|  |  |   |                                       |   |   |     |
|--|--|---|---------------------------------------|---|---|-----|
| <sup>97</sup><br>(249) Bk<br>Berkelium | <sup>98</sup><br>(249) Cf<br>Kalifornium | <sup>99</sup><br>(255) E<br>Einsteinium | <sup>100</sup><br>(255) Fm<br>Fermium | <sup>101</sup><br>(256) Mv<br>Mendelevium | <sup>102</sup><br>(253) No<br>Nobeelium | 103 |
|--|--|---|---------------------------------------|---|---|-----|

A-24161

KARL PRINKMAN

# KEEMIA

XI KLASSILE

ARHIIVKOGU  
2  
29604

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS  
TALLINN 1962

Kaanekejundus: G. Pant.

Kinnitatud Eesti NSV Haridusministeeriumi poolt.

ARHIIVKOGU 2

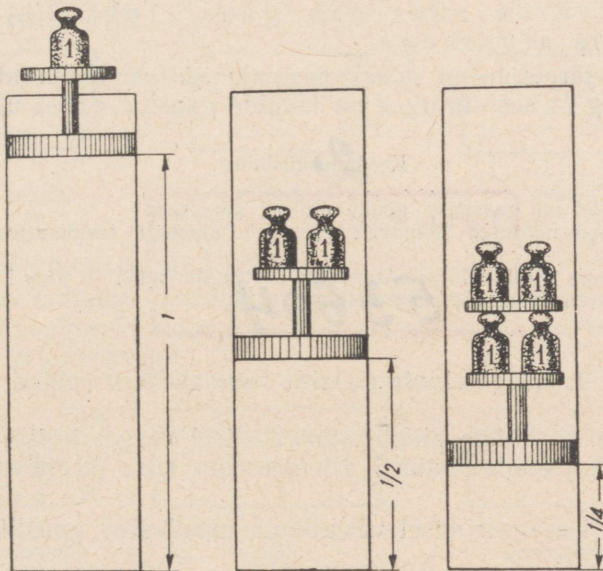
Tartu Riikliku Ülikooli  
Raamatukogu  
53604

I peatükk.

## AVOGADRO SEADUS JA SELLE KASUTAMINE KEEMIAS.

### § 1. Gaaside omadused.

Paljud keemilised reaktsioonid kulgevad gaasilises olekus olevate ainete vahel. Gaaside jaoks on rakendatav rida füüsikalisi seaduspärasusi. Allpool tutvumegi gaaside üldiste omaduste ja seadustega.



Joonis. 1. Gaasi ruumala olenevas välisrõhust.

Me teame, et gaasiline aine koosneb molekulidest, mis on lakkamatus kaootilises liikumises. Molekulide liikumisest on tingitud difusiooninähtus: gaasi molekulid püüavad täita ühtlaselt kogu ruumala, milles nad asuvad. Gaasi molekulide

difusiooni kiirus on seda suurem, mida kõrgem on temperatuur. Kuna temperatuuri tõstmine suurendab molekulide liikumise kiirust, püüavad molekulid sel juhul enda alla võtta suuremat ruumala, sellega seletubki gaaside paisumine soojendamisel.

Liikumisel suletud anumad põrkuvad gaasi molekulid kokku nii omavahel kui ka anuma seintega. Nende põrgete resultaat ilmneb gaasi rõhus. Gaasi soojendamisega kaasneb rõhu suurenemine, sest gaasi molekulide energia temperatuuri tõstmisega suureneb.

Kui paigutada gaas kolviga varustatud silindrisse ja soojendada, tõuseb kolb ülespoole — gaasi ruumala suureneb; jahutamisel liigub kolb aga allapoole gaasi ruumala vähenemise tõttu.

Gaasi ruumala võib muuta aga ka teisel teel, nimelt välisrõhuga.

Need gaaside omadused olid kindlaks tehtud teadlaste poolt juba XVIII sajandil. XIX sajandi algul prantsuse keemik ja füüsik Gay-Lussac tõestas eksperimentaalselt, et temperatuuri tõusmisel ühe kraadi võrra suureneb gaasi ruumala  $\frac{1}{273}$  võrra sellest ruumalast, mis oli gaasil algtemperatuuril. Kui soojendada hermeetiliselt suletud anumad, siis temperatuuri tõusmisel ühe kraadi võrra suureneb gaasi rõhk  $\frac{1}{273}$  võrra, võrreldes algrõhuga.

Sellest järeldub, et gaasi ruumala sõltub temperatuurist ja rõhust ning et see sõltuvus on kõikide gaaside puhul ühesugune.

#### Kordamisküsimusi.

1. Millised on gaasiliste ainete üldised omadused?
2. Millised nähtused toimuvad gaasiliste ainetega temperatuuri muutmisel?
3. Tuletage meelde füüsikakursusest Boyle-Mariotte'i ja Gay-Lussaci seadused. Milles on nende seaduste olemus?

## § 2. Reageerivate gaaside ruumalalised suhted.

Paljude gaasiliste ainete omavahelisel reageerimisel moodustuvad uued gaasilised ained. Illustreerime seda järgnevate näidetelega:

1) kloori reageerimisel vesinikuga moodustub gaasiline kloorvesinik;

2) vesiniku ja hapniku ühinemisel tekib veeaur;

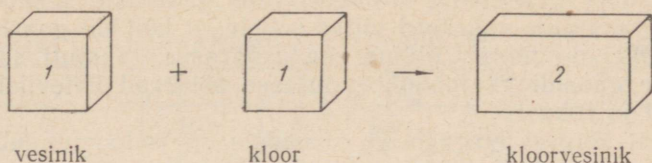
3) lämmastiku reageerimisel vesinikuga moodustub gaasiline ammoniaak.

Gaasiliste ainete vahel kulgevaid keemilisi reaktsioone uuris prantsuse teadlane Gay-Lussac. Ta uuris reaktsiooni astuvate ja reaktsioonil tekkivate gaasiliste ainete ruumalaid ja märkas siin seaduspärast sõltuvust. 1808. aastal ta järeldas, et reageeri-

vate gaasiliste ainete ruumalad on lihtsais täisarvulistes suhetes.\*

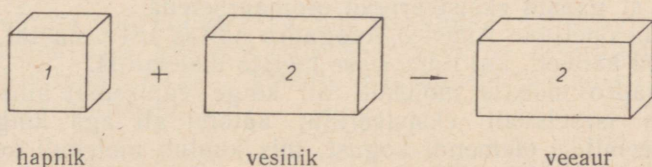
Näiteks.

**1. Kloorvesiniku tekkereaktsioon.** Üks ruumala vesinikku reageerib ühe ruumala klooriga, moodustades kaks ruumala kloorvesinikku.



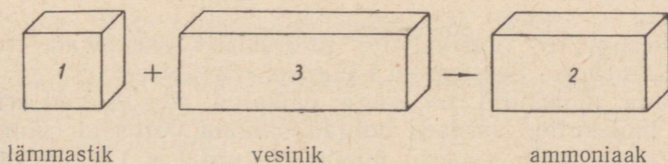
Nimetatud gaaside ruumalad suhtuvad omavahel nagu 1:1:2.

**2. Veeauru moodustumise reaktsioon.** Üks ruumala hapnikku reageerib kahe ruumala vesinikuga, moodustades kaks ruumala veeauru.



Ruumalade suhe on 1:2:2.

**3. Ammoniaagi moodustumise reaktsioon.** Üks ruumala lämmastikku reageerib kolme ruumala vesinikuga, moodustades kaks ruumala ammoniaaki.



Gaaside ruumalade omavaheline suhe on 1:3:2.

Sellest järgneb:

reaktsiooni astuvate kui ka reaktsioonil tekkivate gaasiliste ainete ruumalad on lihtsais täisarvulistes suhetes.

\* Gaaside ruumalad mõõdeti ühesugusel temperatuuril ja rõhul.

1. Formuleerige Gay-Lussaci seadus.
2. Milles seisneb Gay-Lussaci seaduse sisu?

### § 3. Avogadro seadus.

Gay-Lussaci seaduse püstitamine äratas toleaegete teadlaste hulgas suurt tähelepanu. Reageerivate gaasiliste ainete ruumalade täisarvuline vahekord viitas sellele, et kõikide gaaside omaduste vahel on mingi üldine seaduspärasus. Samuti selgus, et erinevate gaaside ruumalade muutused sõltuvad ühte viisi temperatuurist ja rõhust.

Sellest kõigest järgneb, et gaasidele on iseloomulikud teatud ühised omadused, tingituna gaaside ühesugusest ehitusest. Gay-Lussac ja teised teadlased arvasid, et erinevate gaaside ühesuurustes ruumalades on võrdne arv gaasi aatomeid. Kuid see kujutus osutus vääraks ega vastanud gaaside vahel kulgevate keemiliste reaktsioonide olemusele. Nimetatud teadlaste viga seisnes selles, et nad XIX sajandi algul ei tundnud Lomonossovi atomistlik-molekulaarteooriat. Nad eitasid gaasi molekulide olemasolu, arvates, et gaasid eksisteerivad atomaarsetena.

Itaalia õpetlane Amedeo Avogadro näitas 1811. aastal, et kõik vastuolud kaovad, kui tuua sisse mõiste molekulist.

Avogadro mõistis molekuli all kõige väiksemat aineosakest, mis võib iseseisvalt eksisteerida; aatomi all aga kõige väiksemat keemilise elemendi kogust, mis kuulub molekuli koostisse.

Aine atomistlik-molekulaarse õpetuse alusel Avogadro oletas, et gaaside võrdsed ruumalad sisaldavad ühesugusel temperatuuril ja rõhul võrdse arvu molekule.

Selle oletuse põhjal võib järeldada:

1) gaaside ja aurude ruumalade muutused toimuvad molekulide vahemike muutuste arvel, sest gaaside molekulide endi ruumalad on äärmiselt väikesed, võrreldes gaasiga täidetud ruumala suurusega;

2) ühesugustel füüsikalistel tingimustel asetsevad erinevate gaaside molekulid ühesugusel kaugusel teineteisest;

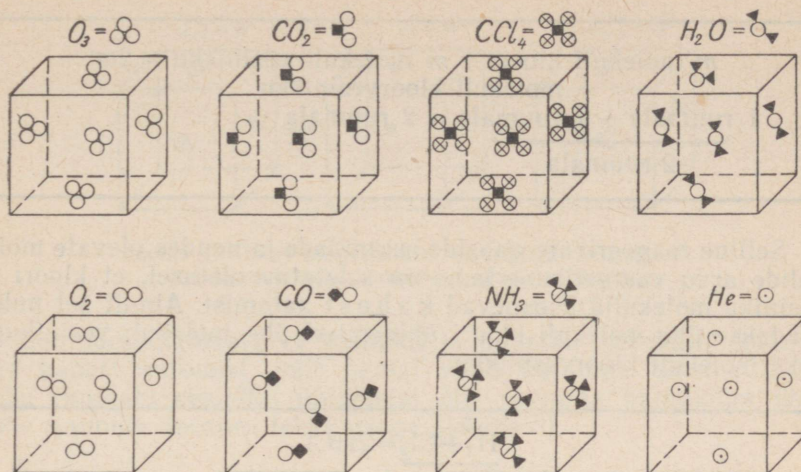
3) kuna molekulid on väga väikesed, siis peavad erinevate gaaside molekulide võrdsed hulgad omama võrdseid ruumalaid.

Avogadro poolt esitatud hüpoteesi tuntakse tänapäeval Avogadro seaduse nime all.

Kõikide gaaside võrdsed ruumalad sisaldavad ühesugusel temperatuuril ja rõhul võrdse arvu molekule.

Avogadro seadus on skemaatiliselt kujutatud joonisel 2.

Avogadro seadus kehtib ainult gaaside ja aurude kohta, vedelike ja tahkete kehade kohta seda rakendada ei saa, kuna viimaste molekulide vahemikud on väga väikesed. Tänapäeval on läinud



Joonis 2. Avogadro seaduse skemaatiline kujutamine.

Kuubikud kujutavad mitmesuguste gaaside võrdseid ruumalasiid võrdse molekuliide arvuga ühesugustel füüsikalistel tingimustel.

korda määrata molekuliide arvu, mis sisaldub  $1 \text{ cm}^3$  mingis gaasis. Temas leidub  $2,69 \cdot 10^{19}$  molekuli. Seda arvu on määratud mitmesuguste meetodite järgi ja kõikide määramiste tulemused on üksteisele väga ligidased.

#### Kordamisküsimusi.

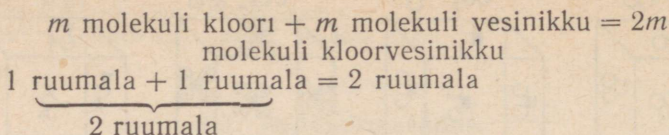
1. Kuidas põhjendas Gay-Lussac reageerivate gaaside ruumalade täisarvulist suhet ja milles seisnes tema viga?
2. Kuidas selgitas Avogadro reageerivate gaaside ruumalade suhete seadust?
3. Definierege Avogadro seadus.

#### § 4. Lihtgaaside molekuliide ehitus.

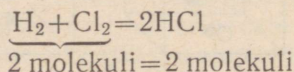
Vaatleme nüüd eespool toodud näidet, mille tulemusel saadi ühe ruumala vesiniku ühinemisel ühe ruumala klooriga kaks ruumala kloorvesinikku:

1 ruumala vesinikku + 1 ruumala kloori = 2 ruumala kloorvesinikku

Avogadro seaduse põhjal sisaldavad gaaside võrdseid ruumalad võrdse arvu molekule; ilmneb, et saadi niisama palju kloorvesiniku molekule, kui oli kloori ja vesiniku molekule kokku, s. t.:

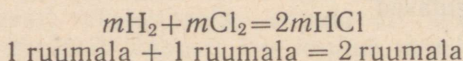


Selline reageerivate gaaside ruumalade ja nendes olevate molekulide arvu vastastikune suhe on seletatav oletusel, et kloori ja vesiniku molekulid koosnevad kahest aatomist. Ainult sel puhul saadakse ühe molekuli kloori ühinemisel ühe molekuli vesinikuga kaks molekuli kloorvesinikku:

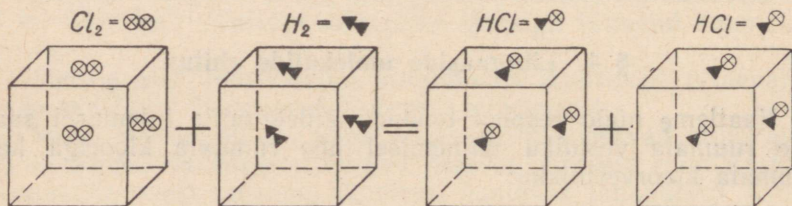


s. t. niisama palju molekule kloorvesinikku, kui oli kloori ja vesiniku molekule kokku.

Kui ruumalaühikus sisaldub  $m$  molekuli kloori ja  $m$  molekuli vesinikku, siis saadakse  $2m$  molekuli kloorvesinikku:

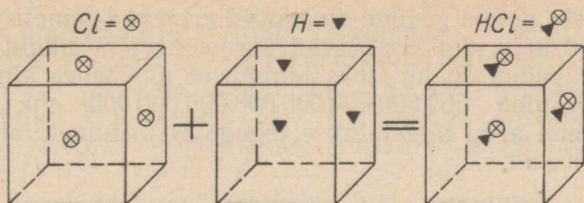


Seda reageerivate gaaside molekulide arvu ja ruumalade vastastikust suhet võib skemaatiliselt kujutada järgmiselt (joonis 3):



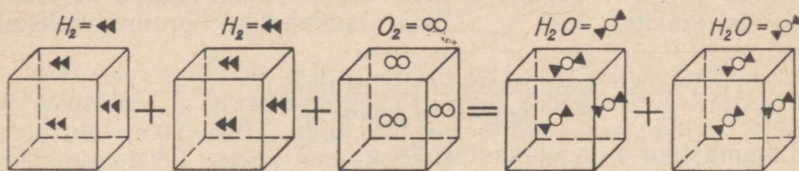
Joonis 3. Kloori reageerimine vesinikuga oletusel, et nende molekulid koosnevad kahest aatomist.

Juhul kui kloori ja vesiniku molekulid koosneksid ühest aatomist, siis oleksid reageerivate gaaside ruumalade ja reaktsioonil tekkinud kloorvesiniku ruumala suhted olnud vastuolus toimetatud katsetega (joonis 4).



Joonis 4. Kloori reageerimine vesinikuga oletusel, et nende molekulid koosnevad ühest aatomist.

Lähtudes oletusest, et vesiniku ja hapniku molekulid koosnevad kahest aatomist, võib samal viisil kujutada skemaatiliselt kahe ruumala vesiniku ühinemist ühe ruumala hapnikuga ühes kahe ruumala veeauru tekkimiseks (joonis 5).



Joonis 5. Kahe ruumala vesiniku reageerimine ühe ruumala hapnikuga oletusel, et nende molekulid koosnevad kahest aatomist.

Lähtudes katsete tulemustest ja Avogadro seadusest, võib järeldada, et gaaside molekulid koosnevad kahest aatomist, näiteks  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{F}_2$  ja teised.

Kuid kõikide gaaside molekulid ei koosne kahest aatomist; näiteks koosneb osooni molekul  $\text{O}_3$  kolmest aatomist, kuna inertsete gaaside (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn) molekulid koosnevad ainult ühest aatomist.

#### Kordamisküsimusi.

1. Kasutadeseespool toodud reaktsioonide skeeme, selgitage, kuidas toimub ühe ruumala vesiniku ühinemine ühe ruumala klooriga kahe ruumala kloorvesiniku tekkimisel.

2. Milliste lihtgaaside molekulid koosnevad kahest aatomist?

### § 5. Gaaside gramm-molekuli ruumala.

Gramm-molekuliks (lühendatult: mooliks) nimetatakse aine kogust grammides, mis arvu- liselt võrdub selle aine molekulkaaluga.

Näiteks:

- 1) vesiniku ( $\text{H}_2$ ) mool kaalub 2 g,
- 2) hapniku ( $\text{O}_2$ ) mool kaalub 32 g.

Isesuguste ainete gramm-molekulid erinevad teineteisest kaalu poolest, kuid kõik nad sisaldavad võrdse arvu üksikuid molekule. Kaasaegne teadus on kindlaks teinud, et mis tahes aine gramm-molekul sisaldab 602 000 000 000 000 000 000 000 ehk  $6,02 \cdot 10^{23}$  molekuli. Seda arvu tähistatakse tähega N ja nimetatakse Avogadro arvuks.

Seega:

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

Teades mis tahes gaasi 1 liitri kaalu, võime arvutada tema gramm-molekuli ruumala normaalsetel tingimustel (temperatuuril  $0^\circ\text{C}$  ja 760 mm rõhul).

**Näide 1.** Ülesanne. 1 liiter lämmastikku kaalub normaalsetel tingimustel 1,25 g. Leida lämmastiku gramm-molekuli ruumala.

Lahendus: Lämmastiku molekulkaal

$$M = 14 \cdot 2 = 28 \text{ h.-ü.}$$

Lämmastiku 1 mool kaalub 28 g.

Koostame võrde:

1 liiter  $\text{N}_2$  kaalub 1,25 g,

x liitrit  $\text{N}_2$  kaalub 28 g.

Võrdest leiame:  $1 : x = 1,25 : 28$

$$x = \frac{28}{1,25} = 22,4 \text{ liitrit.}$$

Vastus: lämmastiku gramm-molekuli ruumala on 22,4 liitrit.

Kõikidel juhtudel on gaasiliste ainete gramm-molekulide ruumalad võrdsed, kui füüsikalised tingimused on neil võrdsed. See osutub Avogadro seadusest tulenevaks järelduseks: *erinevate gaasiliste ainete võrdsed ruumalad sisaldavad samadel tingimustel ühepalju molekule.*

Seda võib näha alljärgnevast tabelist:

Tabel 1

Andmeid mõningate gaasiliste ainete gramm-molekulide kohta.

| Aine nimetus                 | Ühe gramm-molekuli kaal (g) | Molekulide arv gramm-molekulis | Gramm-molekuli ruumala normaalsetel tingimustel |
|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---|
| Vesinik . . . . .            | 2                           | $6,02 \cdot 10^{23}$           | 22,4 l  |
| Hapnik . . . . .             | 32                          | $6,02 \cdot 10^{23}$           | 22,4 l  |
| Ammoniaak . . . . .          | 17                          | $6,02 \cdot 10^{23}$           | 22,4 l  |
| Süsihappegaas . . . . .      | 44                          | $6,02 \cdot 10^{23}$           | 22,4 l  |
| Soogaas ehk metaan . . . . . | 16                          | $6,02 \cdot 10^{23}$           | 22,4 l  |

Toodud andmete põhjal võime järeldada:

kõikide ainete gramm-molekulid (moolid) gaasilises olekus või aurudena omavad normaalsetel tingimustel (temperatuuril  $0^{\circ}\text{C}$  ja 760 mm rõhul) võrdseid ruumalaid ja nimelt 22,4 liitrit.

Mingi gaasi gramm-molekuli ruumala arvutamiseks kasutame järgmist arutelu: füüsikakursusest me teame, et aine ruumala leidmiseks tuleb jagada aine mass tema tihedusega. Järelikult, et leida mingi gaasi gramm-molekuli ruumala  $V$ , tuleb gaasi gramm-molekuli kaal  $M$  jagada antud gaasi tihedusega  $d$  (s. t. ühe liitri kaaluga grammidēs).

Seda võib väljendada järgmise valemi abil:

$$V = \frac{M}{d}$$

See seaduspärasus kehtib ainult gaaside kohta. Gramm-molekul vedelikke ja gramm-molekul tahkeid kehi sisaldab võrdse arvu molekule ( $6,02 \cdot 10^{23}$ ), kuid neil on erinevad ruumalad. Näiteks gramm-molekul väävelhapet on 98 g, tema ruumala on aga  $\frac{98}{1,84} = 53,2$  ml (1,84 on väävelhappe erikaal), mool  $\text{HNO}_3$  on 63 g, tema ruumala võrdub aga  $\frac{63}{1,53} = 41,17$  ml jne.

#### Kordamisküsimusi.

1. Defineerige gramm-molekuli mõiste.
2. Mida tähendab Avogadro arv ja kui suur on ta väärtus?
3. Mitu molekuli on kahes gramm-molekulis hapnikus?
4. Kui suur on 1 gramm-molekuli gaasilise aine ruumala (normaalsetel tingimustel)?
5. Kuidas arvutada gaasilise aine gramm-molekuli ruumala?
6. Kui suure ruumala normaalsetel tingimustel võtab enda alla segu, mis koosneb kahest gramm-molekulist hapnikust ja ühest gramm-molekulist vesinikust?

### § 6. Gaasiliste ainete molekulkaalu määramine.

Avogadro seaduse alusel määratakse gaasilise aine molekulkaalu. Siinkohal vaatleme kolme meetodit molekulkaalu määramiseks.

#### I meetod. Molekulkaalu määramine gaasi tiheduse järgi.

Eelmisest paragrahvist teame, et gaasilise aine ühe gramm-molekuli ruumala normaalsetel tingimustel on 22,4 liitrit. Kasutades gaasi gramm-molekuli ruumala valemit

$$V = \frac{M}{d},$$

võib leida gaasi molekulkaalu valemi abil

$$M = Vd,$$

kus  $M$  — gaasi molekulkaal,

$V$  — gaasi gramm-molekuli ruumala (s. o. 22,4 liitrit normaalsetel tingimustel),

$d$  — tihedus (1 liitri gaasi kaal grammides).

Seega:

$$M = 22,4 d$$

Valemist nähtub, et kui meil on teada gaasilise aine tihedus (ühe liitri kaal) normaalsetel tingimustel, siis, korrutades viimast 22,4-ga, saame gramm-molekuli kaalu, see aga on arvuliselt võrdne antud aine molekulkaaluga.

**Näide 1.** Ülesanne. 1 liiter lämmastikku kaalub  $0^{\circ}\text{C}$  ja 760 mm rõhu juures 1,25 g. Leida lämmastiku molekulkaal.

Lahendame järgmiselt:

$$M = 22,4 d,$$

siit

$$M = 22,4 \cdot 1,25 = 28 \text{ h.ü.}$$

Vastus: Lämmastiku molekulkaal on 28 h.ü.

**Näide 2.** Ülesanne. Leida gaasi molekulkaal, kui  $500 \text{ cm}^3$  gaasi kaalub 0,715 g.

Lahendus:

Leiame ühe liitri gaasi kaalu

$$d = \frac{0,715 \cdot 1000}{500} = 1,43 \text{ g.}$$

Teades liitrikaalu (ehk tihedust) võib valemi  $M = 22,4 d$  abil leida

$$M = 1,43 \cdot 22,4 = 32 \text{ h.ü.}$$

Vastus: Gaasi molekulkaal on 32 h.ü.

**II meetod.** Gaasi molekulkaalu määramine gaasi tiheduse järgi vesiniku suhtes.

Avogadro seaduse kohaselt sisaldavad erinevate gaaside ruumalad ühesuguste tingimuste juures võrdse arvu molekule (tähistame selle molekulide üldarvu tähega  $n$ ). Järelikult ühe gaasi mingi kindla ruumala kaal on teise gaasi niisama suure ruumala

kaalust nii mitu korda raskem, kui mitu korda esimese gaasi molekul on raskem teise gaasilise aine molekulist.

Mingi gaasi teatud ruumala kaalu suhet vesiniku sama ruumala kaaluga nimetatakse selle gaasi tiheduseks vesiniku suhtes ja tähistatakse tähega  $d_H$ .

Näiteks leiame süsihappegaasi tiheduse vesiniku suhtes. Esmalt tuleb leida, mitu korda on süsihappegaas vesinikust raskem. Normaalsel tingimustel kaalub 1 liiter süsihappegaasi 1,97 g, kuna 1 liiter vesinikku kaalub samadel tingimustel 0,089 g. Siit leiame, et süsihappegaas on

$$\frac{1,97}{0,089} = 22 \text{ korda}$$

vesinikust raskem.

Seega oleks süsihappegaasi tihedus vesiniku suhtes:

$$d_H = \frac{1,97}{0,089} = 22.$$

Et süsihappegaas on 22 korda vesinikust raskem, siis peab ka iga süsihappegaasi molekul olema 22 korda vesiniku molekulist raskem. Kuna vesiniku molekulkaal on 2 h.-ü., siis süsihappegaasi molekulkaal on

$$2 \cdot 22 = 44 \text{ h.-ü.}$$

Lühikujul võib eespool toodu avaldada järgmiselt:

$$\begin{aligned} \text{gaasi tihedus vesiniku suhtes} &= \frac{\text{gaasi ruumala kaal}}{\text{vesiniku sama suure ruumala kaal}} = \\ &= \frac{n \text{ molekuli gaasi kaal}}{n \text{ molekuli vesiniku kaal}} = \frac{\text{gaasi molekulkaal (M)}}{\text{vesiniku molekulkaal (2)}}. \end{aligned}$$

Üldjuhul saame:

$$d_H = \frac{M}{2}$$

Selle valemi alusel saab määrata gaasi molekulkaalu, teades tema tihedust vesiniku suhtes:

$$M = 2d_H$$

M — gaasi molekulkaal

$d_H$  — gaasi tihedus vesiniku suhtes

Gaasilise aine molekulkaal on võrdne gaasi kahekordse tihedusega vesiniku suhtes.

### III meetod. Gaasi molekulkaalu määramine gaasi tiheduse järgi õhu suhtes.

Praktikas määratakse tihtipeale gaasilise aine molekulkaal lähtudes tema tihedusest õhu suhtes. Kuna õhk on mitme gaasi segu, võime rääkida ainult nn. õhu keskmisest molekulkaalust. Õhu keskmist molekulkaalu võib määrata näiteks teades õhu tihedust vesiniku suhtes. Sel juhul saame õhu keskmiseks molekulkaaluks 29 h.-ü.

Tähistades uuritava gaasi tiheduse õhu suhtes tähega D, saame gaasi molekulkaalu arvutamiseks järgmise valemi:

$$M = 29 D$$

#### Kordamisküsimusi.

1. Kuidas määratakse gaasilise aine molekulkaalu tiheduse järgi?
2. Kuidas määratakse gaasi molekulkaalu tiheduse järgi vesiniku suhtes?
3. Kuidas määratakse gaasi molekulkaalu tiheduse järgi õhu suhtes?
4. Milline on järgmiste gaasiliste ainete tihedus vesiniku suhtes: lämmastikul, klooril, argoonil, väävelvesinikul, ammoniaagil, kloorvesinikul, veeaurul?
5. Kui suur on gaasi molekulkaal, kui ta tihedus vesiniku suhtes on:  
1)  $d_H = 20$ , 2)  $d_H = 29$ ?
6. Kui suur on gaasi molekulkaal, kui ta tihedus õhu suhtes on 1)  $D = 1,5$ ; 2)  $D = 2,2$ ?
7. Millised alljärgnevatest gaasidest on õhust kergemad ja millised raskemad: CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>?

### § 7. Gaasilise aine molekulvalemi tuletamine.

Varasemast keemiakursusest teame, et mitmesuguste ainete molekulid erinevad üksteisest keemilise koostise poolest, s. t. et molekulid koosnevad erinevate keemiliste elementide aatomitest.

Samuti teame, et ühesuguse kvalitatiivse koostisega ained võivad omada erinevat kvantitatiivset koostist. Vaatleme näiteks väävlisapendit (SO<sub>2</sub>) ja väävelhappe anhütriidi (SO<sub>3</sub>). Mõlemad koosnevad väävlist ja hapnikust, kuid hapniku aatomite arv on molekulides erinev.

Aine protsentuaalse või kaalulise koostise leidmiseks kasutatakse kvantitatiivset analüüsi. Teades ühendi kvantitatiivset koostist, võib leida aine lihtsaima valemi, s. t. leida arvuilise vahekorra, millises on üksikud aatomid aine molekulis. Sellist vahekorda saab leida matemaatiliste arvutusmeetoditega.

**Näide 1.** Ülesanne. Mitu aatomit on lämmastiku molekulis, kui üks liiter lämmastikku kaalub 1,25 g?

Lahendus:

Leiame lämmastiku molekulkaalu:

$$M = 22,4 \text{ d}$$

$$M = 22,4 \cdot 1,25 = 28 \text{ h.-ü.}$$

Kuna lämmastiku aatomkaal on 14, siis koosneb lämmastiku molekul kahest aatomist:

$$28 : 14 = 2$$

ning lämmastiku molekuli valem on —  $N_2$ .

Vastus: Lämmastiku molekul koosneb kahest aatomist.

**Näide 2.** Ülesanne. Metaani koostisse kuulub 75% süsinikku ja 25% vesinikku. Metaani tihedus vesiniku suhtes ( $d_H$ ) on 8. Leida gaasi keemiline valem.

Lahendus:

1) Leiame gaasi molekulkaalu:

$$M = 2 d_H$$

$$M = 2 \cdot 8 = 16 \text{ h.-ü.}$$

2) leiame süsiniku hulga gaasi molekulis:

16 h.-ü. moodustavad 100% ainet

x h.-ü. moodustab 75% süsinikku

$$x = \frac{16 \cdot 75}{100} = 12 \text{ h.-ü. süsinikku.}$$

Kuna süsiniku aatomkaal on 12 h.-ü., siis antud gaasi molekulis sisaldub üks aatom süsinikku.

3) Leiame vesiniku hulga gaasi ühes molekulis:

Kuna molekulkaal on 16 h.-ü. ja gaasi ühes molekulis sisaldub 12 h.-ü. süsinikku, on vesiniku kogus järelilikult:

$$16 - 12 = 4 \text{ h.-ü.}$$

Et vesiniku aatomkaal on 1 h.-ü., on vesiniku aatomeid gaasi molekulis:

$$4 : 1 = 4 \text{ aatomit.}$$

Seega gaasi molekuli lihtsaim valem oleks  $CH_4$ .

Vastus: Metaani valem on  $CH_4$ .

**Näide 3.** Ülesanne. Leida molekuli valem gaasil, mis sisaldab 80% C ja 20% H ja mille tihedus vesiniku suhtes ( $d_H$ ) on 15.

Lahendus:

Leiame, mitu gramm-aatomit iga elementi leidub 100 g aines:

$$\frac{8}{12} = 6,67 \text{ g-aatomit C, } \quad \frac{20}{1} = 20 \text{ g-aatomit H.}$$

Järelikult tuleb iga C g-aatomi kohta:

$$\frac{20}{6,67} \text{ ehk } 3 \text{ g-aatomit H.}$$

Aine lihtsaim valem oleks  $\text{CH}_3$ . Valemi  $M = 2 d_H$  põhjal leiame, et selle gaasi molekulaal on:

$$M = 2 \cdot 15 = 30.$$

Seega ei ole antud gaasi molekuli valemiks mitte  $\text{CH}_3$ , vaid  $\text{C}_2\text{H}_6$ , sest  $12 \cdot 2 + 1 \cdot 6 = 30$ .

Vastus: Gaasi valem on  $\text{C}_2\text{H}_6$  (etaan).

#### Kordamisküsimusi.

1. Mille poolest erinevad üksteisest erinevate ainete molekulid?
2. Milles on erinevus aine kvalitatiivse ja kvantitatiivse koostise vahel?
3. Kas viinpiiritus ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) erineb äädikhappest ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) kvalitatiivse või kvantitatiivse koostise poolest?

### § 8. Avogadro seaduse kasutamine keemiliste reaktsioonide puhul, millest võtavad osa gaasilised ained.

Avogadro seadus võimaldab teha mitmesuguseid arvutusi, lähtudes aine molekuli valemist ja keemilisest reaktsioonist, kui aga reaktsiooni lähteainete või saaduste hulgas esinevad gaasilised ained või aurud. Selgituseks vaatleme mõningaid näiteid.

**1. Ruumala arvutamine.** Teades aine keemilist valemit, võib leida mitte ainult aine gramm-molekuli kaalu, vaid gaasilise aine puhul ka tema ruumala. Nende andmete alusel võib lahendada järgmisi tüüpülesandeid:

1) Teatud kindla koguse gaasilise aine poolt täidetud ruumala arvutamine.

**Näide.** Ülesanne. Kui suur on 22 g süsihappegaasi ruumala normaalsetel tingimustel?

Lahendus.

1) Kirjutame süsihappegaasi valemi ning leiame tema molekulaalu ( $M_{\text{CO}_2}$ ), gramm-molekuli kaalu ( $G_{\text{CO}_2}$ ) ja gramm-molekuli ruumala ( $V_{\text{CO}_2}$ ).

valem — CO<sub>2</sub>

$$M_{\text{CO}_2} = 12 + (16 \cdot 2) = 44 \text{ h.-ü.}$$

$$G_{\text{CO}_2} = 44 \text{ g}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 22,4 \text{ l}$$

2) kuna

44 g CO<sub>2</sub> võtab enda alla 22,4 l, siis

22 g CO<sub>2</sub> võtab enda alla x l,

$$\text{siit } \frac{44}{22} = \frac{22,4}{x},$$

$$x = \frac{22 \cdot 22,4}{44} = 11,2 \text{ l.}$$

Vastus: 22 g süsihappegaasi ruumala normaalsetel tingimustel on 11,2 l.

2) Teatud kindla ruumala gaasilise aine kaalu leidmine.

**Näide.** Ülesanne. Mitu grammi kaalub normaalsetel tingimustel 1 l väävlisgaasi?

1) Arvutame analoogiliselt eelmise ülesandega:

valem — SO<sub>2</sub>

$$M_{\text{SO}_2} = 32 + (16 \cdot 2) = 64 \text{ h.-ü.}$$

$$G_{\text{SO}_2} = 64 \text{ g}$$

$$V_{\text{SO}_2} = 22,4 \text{ l}$$

2) kuna

22,4 l SO<sub>2</sub> kaalub 64 g, siis

1 l SO<sub>2</sub> kaalub x g,

$$\text{siit } \frac{22,4}{1} = \frac{64}{x} \text{ ja}$$

$$x = \frac{64 \cdot 1}{22,4} = 2,85 \text{ g.}$$

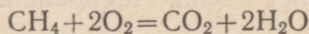
Vastus: 1 liiter väävlisgaasi kaalub normaalsetel tingimustel 2,85 g.

2. Gaasilise aine ruumala arvutamine keemilise reaktsiooni alusel. Vaatleme gaasiliste ainete vahel kulgevaid keemilisi reaktsioone.

**Näide 1.** Ülesanne. Mitu liitrit hapnikku kulub 5 l metaani (CH<sub>4</sub>) põlemiseks ja kui palju tekib seejuures süsihappegaasi?

Lahendus.

1) Kirjutame metaani põlemisreaktsiooni võrrandi:

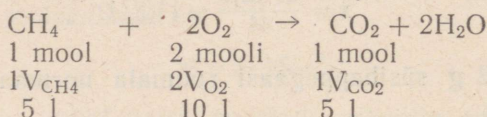


## 2) Arutlus.

Reaktsiooni võrrandist nähtub, et 1 mool metaani reageerib kahe mooli hapnikuga, moodustades 1 mooli süsihappegaasi. Kuna kõikide gaaside moolide ruumalad on ühesuured, järelikult reageeris üks mahuosa metaani kahe mahuosa hapnikuga, andes ühe mahuosa süsihappegaasi.

Seega reaktsiooni võrrandis gaasiliste ainete valemite ees olevad koefitsiendid näitavad reageerivate gaaside mahulist vahekorda.

3) Eelneva arutluse alusel võime kirjutada:



Vastus: 5 l metaani põlemiseks kulub 10 l hapnikku, seejuures tekib 5 l süsihappegaasi.

**Näide 2.** Ülesanne. Mitu liitrit hapnikku võib saada 490 g Berthollet' soola lagundamisel?

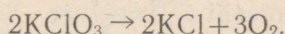
Lahendus.

1) Leiame Berthollet' soola molekulaalu ja arvutame, mitu mooli nimetatud soola on 490 g:

$$M_{\text{KClO}_3} = 39 + 35,5 + (3 \cdot 16) = 122,5 \text{ h.-ü.}$$

$$490 \text{ g KClO}_3 \text{ on } \frac{490}{122,5} = 4 \text{ mooli.}$$

2) Kirjutame Berthollet' soola lagunemisreaktsiooni:



3) Kuna võrrandist nähtub, et

2 mooli  $\text{KClO}_3$  annab 3 mooli  $\text{O}_2$ , siis

4 mooli  $\text{KClO}_3$  annab  $x$  mooli  $\text{O}_2$ .

$$\text{sellest } \frac{2}{4} = \frac{3}{x} \text{ ja}$$

$$x = \frac{4 \cdot 3}{2} = 6 \text{ mooli hapnikku.}$$

Et ühe mooli maht on 22,4 l, siis

$$6 \cdot 22,4 = 134,4 \text{ l.}$$

Vastus: Berthollet' soola lagundamisel saadakse 134,4 l hapnikku.

### Kordamisküsimusi.

1. Kui palju kaalub normaalsetel tingimustel 1 liiter a) lämmastikku, b) ammoniaaki, c) süsihappegaasi, d) hapnikku, e) süsinikmonooksüüdi, f) kloori, g) lämmastikoksüüdi?
  2. Mitu liitrit vesinikku (normaalsetel tingimustel) tekib 100 g tsingi reageerimisel väävelhappega?
  3. Mitu liitrit hapnikku kulub 100 l väävlisgaasi hapendamiseks?
  4. Mitu kuupmeetrit hapnikku kulub 1 m<sup>3</sup> gaasisegu põletamiseks, mis koosneb 50% vesinikust ja 50% süsinikmonooksüüdist (mahu järgi)?
-

## II peatükk.

### ORGAANILISED AINED.

#### § 1. Sissejuhatus.

1. **Orgaanilised ja anorgaanilised ained.** Teadlased märkasid juba ammu, et elutust loodusest pärinevad ained (metallid, soolad jne.) on välismõjutustele (soojendamisele, hapendamisele jne.) rohkem vastupidavad kui taimsetest ja loomsetest organismidest pärit olevad ained. Nii näiteks valgud muutuvad oluliselt soojendamisel (praadimisel), suhkrut sisaldavad vedelikud lähevad käärima jne., mineraalained aga on palju vastupidavamad.

Paljude sajandite vältel ei õnnestunud õpetlastel kunstlikult valmistada selliseid aineid, mis pärinevad kas taimsetest või loomsetest organismidest. Selle tulemusena hakati aineid rangelt eristama üksteisest olenevalt nende päritolust: kas elutust või elavast loodusest.

Kujunes arvamus, et elavast loodusest pärinevaid aineid (tähtlis, suhkur, valgud, rasvad jne.) võivad produtseerida ainult elusad organismid.

Seepärast neid aineid hakati nimetama orgaanilisteks aineteks vastupidiselt anorgaanilistele ainetele (mineraalainetele), mida saadakse elutust loodusest. Sellise jaotuse esitas esmakordselt Upsala Ülikooli professor T. O. Bergman 1780. aastal.

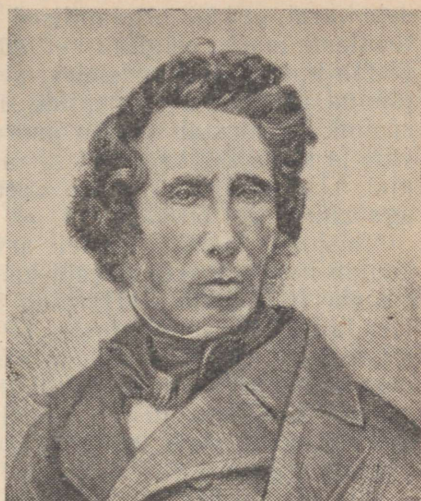
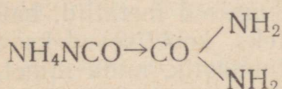
Samal ajal valitses loodusteadlaste hulgas arvamus, et elav loodus erineb elutust loodusest vaid nn. «elujõu» — *vis vitalis* poolest. Sellisel idealistlikul seisukohal oli isegi tuntud rootsi keemik Berzelius. Berzelius kirjutas oma keemiaõpikus 1827. aastal, et orgaanilise aine moodustamiseks on vajalik «organismi elujõud» — jõud, mille olemust me ei suuda mõista.

Selline õpetus keemias ja loodusteaduses kandis nimetust vitalism (ladinakeelsest terminist *vis vitalis* — elujõud). Vitalismi tõttu jäi orgaanilisi aineid uuriv keemiaharu, nn. orgaaniline keemia kauaks ummikusse.

Hilisemad uurimused näitasid, et vitalistlik õpetus on väär.

Juba 1824. aastal Berzeliuse õpilane Wöhler (loe: vööler) sünteesis oblikhapet ( $H_2C_2O_4$ ), mida varem saadi ainult taimedest.

1828. aastal järgnes Wöhleri teine suur avastus. Ta näitas, et anorgaanilise aine ammoooniumtsüanaadi ( $NH_4NCO$ ) vesilahuse soojendamisel moodustub karbamiid ehk kusiaine  $CO(NH_2)_2$



F. Wöhler (1800—1882).

Karbamiid on loomse organismi lämmastiku ühendite lagunemise lõppsaaduseks.

Need Wöhleri poolt teostatud orgaaniliste ainete sünteesid ei leidnud kohe tunnustust ja temale vaidlesid veel kaua vastu paljud väljapaistvad teadlased. Ja kui nad hiljem faktide mõjul pidid seda tunnustamagi, väitsid nad siiski, et karbamiid on organismi heiteprodukt, seepärast on sellise orgaanilise aine valmistamine võimalik.

Saksa keemik Kolbe sünteesis 1845. aastal tüüpilise orgaanilise aine — äädikhappe ( $CH_3COOH$ ), kasutades lähteainetena anorgaanilisi aineid — sütt, väävlit, kloori ja vett. Veidi hiljem sünteesiti rida teisi orgaanilisi aineid, mida varem saadi ainult taimedest (viinhape, sidrunhape, õunhape jt.).

1854. aastal prantsuse keemik Berthelot (loe: bertlo) sünteesis terve rea orgaanilisi ühendeid — piirituse, sipelghappe ja isegi ühe rasvade klassi kuuluva ühendi.

1861. aastal sünteesis vene keemik Butlerov esmakordselt suhkrut. Suhkrud aga etendavad tähtsat osa taimsetes ja loomsetes organismides toimuvates elutegevusprotsessides.

Orgaanilise sünteesi võidukäik andis vitalismile hoobi hoobi järel ning lõpuks oli õpetus «elujõust» faktide mõjul ümber lükatud. Selgus, et orgaaniliste ühendite valmistamiseks pole vaja mingit muud «jõudu» peale füüsikaliste ja keemiliste mõjutuste. Laboratoorsetes tingimustes saab valmistada nii anorgaanilisi kui ka orgaanilisi ühendeid. Seega kehtivad orgaaniliste ainete tekkimise kohta samad seadused, mis kõikide teiste ainete puhul. Järelikult puudub terav piir anorgaaniliste ja orgaaniliste ainete vahel.

**2. Orgaaniliste ainete mitmekesisus.** Orgaaniliste ühendite koostise määramisel selgitas juba Lavoisier (loe: lavuazjee) kat-

sete varal, et kõik orgaanilised ained sisaldavad süsinikku. Teiste teadlaste poolt selgitati, et süsinikku sisaldavate ühendite arv ületab tunduvalt Mendelejevi perioodilisuse süsteemis olevate ülejäänud keemiliste elementide ühendite hulga. Järelikult element süsinik moodustab tohutu suure arvu ühendeid. Looduses leiduvate ja kunstlikult saadud süsiniku ühendite arv ulatub käesoleval ajal üle miljoni, teiste keemiliste elementide ühendite arv on aga ainult ligi 50 000.

Süsiniku ühendite suurele arvule ja mitmekesisusele vaatamata kuulub nende koostisse vaid väike arv keemilisi elemente, nimelt: süsinik (C), vesinik (H) ning hapnik (O), harvemini lämmastik (N) ja veel harvemini fosfor (P) ning väävel (S). Peale loetletud elementide võivad süsinikku sisaldavate ühendite koostisse kuuluda veel teised elemendid, näiteks mitmesugused metallid, halogeenid jt. Orgaaniliste ühendite põhilisteks koostisosadeks on aga ikkagi süsinik, vesinik, hapnik ja lämmastik, mida nimetatakse orgaanogeenideks.

Süsinikku sisaldavaid aineid nimetatakse orgaanilisteks aineteks, et eristada neid süsinikku mittesisaldavatest ühenditest, mida nimetatakse mineraalseteks ehk anorgaanilisteks aineteks. Kuid mõned lihtsad süsiniku üendid, nagu süsinikoksüüd (CO), süsinikdioksüüd (CO<sub>2</sub>) ja süsihappe soolad, näiteks sooda (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ning lubjakivi (CaCO<sub>3</sub>), loetakse anorgaaniliste ainete hulka. Nimetus «orgaanilised ained» viitab süsiniku ühendite tihedale seosele loomade ja taimede organismidega, sest selliseid aineid, nagu rasva, õli, tärklist, valku jt. võib saada loomade ja taimede organismidest.

Kõikidel orgaanilistel ainetel on rida iseloomustavaid erisusi.

1. Orgaaniliste ainete hulgas leidub väga keeruka koostisega aineid, näiteks rasvu, mille molekulidesse kuulub üle 170 süsiniku, vesiniku ja hapniku aatomi; või valgud, mille molekulide koostises leidub enam kui 30 000 süsiniku, vesiniku, hapniku ja lämmastiku aatomit. See on tingitud süsiniku kui elemendi erilistest omadustest, nimelt: moodustada ühendeid, mille molekulides sisaldub praktiliselt suur arv süsiniku aatomeid.

2. Orgaanilisi aineid iseloomustab nende omadus alluda soojendamisel sügavatele muutustele, mille tulemusena tekivad uute omadustega uued ained. Nii saadakse puidu või kivisöe kuumutamisel ilma õhu juurdepääsuta suur hulk uusi aineid.

3. **Ajalooline ülevaade orgaanilise sünteesi edust.** Olgugi et orgaaniline keemia on noor teadus, ulatuvad tema juured kaugele minevikku. Esimene ja ainuke hape, millist vanal ajal tunti, oli äädikhape, mida saadi veini hapendamisel. Vanad roomlased tundsid äädikhappe mitmeid soolasid, samuti ka tärpentini valmistamist vaigust. Vanad egiptlased oskasid juba õlut pruulida, piirituse ajamine tekkis aga hiljem, arvatavasti XI sajandil Itaalias.

Magusaineid tarvitab inimkond ürgajast saadik. Kiviajal tarvitati metsmesilaste mett, hiljem mitmesuguseid troopikamaade taimemahlasid. Möödunud sajandil aga ehitati esimesed tehased suhkru tootmiseks suhkrupeedi mahlast. Käesoleval ajal aga saab puitu mineraalhapete toimel suhkruks muuta.

Möödunud sajandi lõpul sünteesiti ka magusaine — sahariin, mis on enam kui 400 korda magusam suhkrust.

1856. aastal inglise teadlane W. H. Perkins, uurides kivisöetõrva derivaate, sai esimese sünteetilise värvaine (mauveiini). Seega murdi looduslike värvainete monopol, sest kuni selle ajani saadi värvaineid ainult loomadest (košenillitaid, purpurteod) või taimedest (indigo<sup>1</sup>).

Käesoleval sajandil selgitati suhkrute, valkude, alkaloidide, vitamiinide, hormoonide ja teiste tähtsate looduslike ühendite molekuli ehitus.

Orgaanilise sünteesi baasil on tekkinud rida uusi tööstusalasid, nagu sünteetilise kautšuki, kunstsiidi, plastmasside, sünteetiliste lõhna-ainete, ravimite ja vedelkütuste tootmine.

Orgaaniline keemia on vahetult seotud bioloogilise keemiaga, mis käsitleb valgu sünteesi, fermente, leivaküpsetamist, alkoholset käärimist, sileerimist, kapsaste ja kurkide hapendamist, tee, keefiri, kumõssi ja juustu tootmist, naha tehnoloogiat jne.

**4. Orgaaniliste ainete tähtsus.** Orgaanilised ained etendavad tähtsat osa organismide elutegevusprotsessides ja leiavad laialdast praktilist kasutamist rahvamajanduses. Orgaanilistel ainetel on esmajärguline tähtsus meie igapäevases elus. Toiduks tarvitame me põhiliselt orgaanilisi aineid. Riidekangad ja nahk, millest on valmistatud meie rõivad ja jalatsid, on samuti orgaanilise päritoluga. Orgaanilised ained — puit, turvas, põlevkivi, kivisüsi ja nafta leiavad kasutamist nii kütteenaina kui ka lähtetoorainena keemiatööstuses.

Orgaaniliste ainete rohkuse ja mõningate iseärasuste tõttu käsitletaksegi neid keemia eriharus — orgaanilises keemias.

Orgaaniline keemia on loonud suure hulga uusi ühendeid, milliseid looduses ei esinegi. Orgaaniliste ühendite tootmine ja töötlemine on juhtival kohal kaasaegses keemiatööstuses nii toodangu mahu kui ka sortimendi osas. Siia kuulub sünteetiliste mootorkütuste, värvainete, ravimite, lõhkeainete, mürkkemikaalide, kunstkiudainete, plastmasside, sünteetilise kautšuki, fotoreaktiivide, lõhnaainete ja paljude teiste ainete tootmine.

---

<sup>1</sup> Indigo toodi Euroopasse alles 14. sajandil Marco Polo poolt.

### Kordamisküsimusi.

1. Kui palju kaalub, normaalsetel tingimustel 1 liiter a) lämmastikku, b) ammoniaaki, c) süsihappegaasi, d) hapnikku, e) süsinikmonooksüüdi, f) kloori, g) lämmastikoksüüdi?
  2. Mitu liitrit vesinikku (normaalsetel tingimustel) tekib 100 g tsingi reageerimisel väävelhappega?
  3. Mitu liitrit hapnikku kulub 100 l väävlisgaasi hapendamiseks?
  4. Mitu kuupmeetrit hapnikku kulub 1 m<sup>3</sup> gaasisegu põletamiseks, mis koosneb 50% vesinikust ja 50% süsinikmonooksüüdist (mahu järgi)?
-

### III peatükk.

## KÜLLASTATUD SÜSIVESINIKUD.

### § 1. Sissejuhatus.

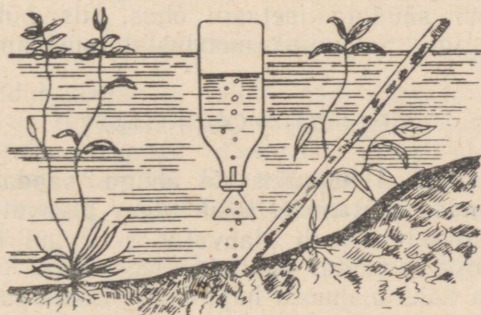
Orgaanilised ained jaotatakse vastavalt nende omadustele ja molekuli ehitusele mitmesugustesse ühendi-tüüpidesse.

Kõige lihtsamad on sellised orgaanilised ühendid, mis koosnevad ainult kahest elemendist — süsinikust ja vesinikust, sellist tüüpi ühendeid nimetatakse süsivesinikeks.

Tutvume lihtsaima süsivesinikuga — metaaniga.

### § 2. Metaan.

**1. Metaan looduses.** Metaan ( $\text{CH}_4$ ) on looduslike gaaside peakoostisosa. Teda leidub looduslikes gaasides 90—97%. Metaan tekib soodes taimse ja loomse päritoluga ainete lagunemisel



Joonis. 6. Soogaasi kogumine.

ilma õhu juurdepääsuta. Seepärast võib sageli soodes märgata metaani eraldumist gaasimullikeste näol. Esmakordselt leiti metaani soos ja seepärast nimetatakse teda sageli soogaasiks.

Metaan tekib ka orgaaniliste ainete aeglasel lagunemisel kivi-söekihtides. Sel teel eraldub teda suurtes kogustes kaevanduskäikudesse, millest tuleneb ka ta nimetus — kaevandus-gaas.

Suurtes kogustes leidub metaani maakoos koos naftaga. Nafta puuraukude rajamisel tungib ta sageli koos naftaga suure rõhu all maa seest välja.

Sageli eraldub metaan iseenesest maapinna lõhedest ja pragudest, sellist gaasi nimetatakse looduslikuks gaasiks.

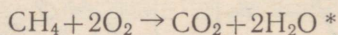
Looduslike gaaside varud Nõukogude Liidus pole täpselt kindlaks tehtud, kuid neid varusid hinnatakse sadadele miljarditele kuupmeetritele. Tähtsaimad loodusliku gaasi leiukohad asuvad Bakuus, Groznõis, Dagestanis, Krasno-Tšarjas, Ukraina NSV-s Melitopoli, Harkovi ja Dašava rajoonis, Volga keskja alamjooksul, Kesk-Aasias, Obi alamjooksul (Berezevo rajoon). Komi ANSV-s jm. Ka meil Eesti NSV-s asub üks loodusliku gaasi allikas Keri saarel. Sealset looduslikku gaasi kasutati käesoleva sajandi algul tuletorni valgustamiseks.

**2. Metaani omadused.** Metaan (CH<sub>4</sub>) on lihtsaim süsivesinik. Ta on värvitu ja lõhnatu, vees vähe lahustuv gaas. Õhust on metaan ligi kaks korda kergem.

Tavalistel tingimustel on metaan võrdlemisi vastupidav mitmesugustele keemilistele mõjutustele ja reaktiividele. Seepärast on metaanile iseloomulikuks omaduseks keemiline inertsus.

Metaan ei astu ühinemis- ega liitumisreaktsioonidesse. Harilikul temperatuuril ei reageeri metaan hapnikuga, temasse ei toimi kontsentreeritud happed, leelised ega paljud hapendajad.

Kõrgemal temperatuuril on metaan aga keemiliselt aktiivsem. Nii näiteks, kui süüdata metaani õhus, siis põleb ta vaevalt märgatava leegiga. Seejuures moodustub süsihappegaas ja veeaur:



Metaani segamisel hapniku või õhuga saadakse plahvatav gaasisegu, viimase süütamisel tekib tugev plahvatus.

Eriti intensiivselt toimub plahvatus sel juhul, kui metaani ja hapniku vahekord on vastav reaktsioonivõrrandile (s. t. üks mahuosa metaani ja kaks mahuosa hapnikku). Lähteainete teistsuguse vahekorra puhul on plahvatus nõrgem.

Selline plahvatav gaasisegu (metaanist ja õhuhapnikust) võib tekkida mõnikord kivisöe kaevanduskäikudes, kui neid halvasti ventileeritakse. Niisugustes kaevandustes võib toimuda gaasi-

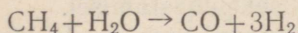
---

\* Märkus: Reaktsioonide kirjutamisel orgaanilises keemias võrdusmärk võrrandis asendatakse tavaliselt noolekesega.

segu hiigeljõuline plahvatus, millega võivad kaasuda inimohvrid ja suured materiaalsed kahjud šahtide purunemise näol.

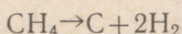
Plahvatuste vältimiseks kasutatakse kaevandustes erilist kaevurilampi (joonis 7). See on õlilamp, milles leek on ümbritsetud tiheda vaskvõrguga. Võimaliku plahvatuse korral lambi sisemuses juhib hea soojusjuhtivuse ja suure soojusmahtuvusega vaskvõrk soojuse kiiresti suurele pinnale, millega välditakse lambi välisosade kuumenemist ja seega plahvatuse kandumist väljapoole lampi. Käesoleval ajal püütakse kõigis kaevandustes üle minna elektrivalgustusele ja tugevale ventilatsioonile.

Toimides kõrge temperatuuri juures (800—1000° C) veeauruga metaanis, moodustub vesigaasile lähedane gaasisegu:



Tööstuslikes tingimustes eraldatakse sellest gaasisegust vesinik. Vesinikku tarvitatakse ammoniaagi sünteesil jm.

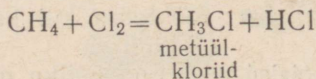
Elektri kaarleegis laguneb metaan süsinikuks ja vesinikuks:



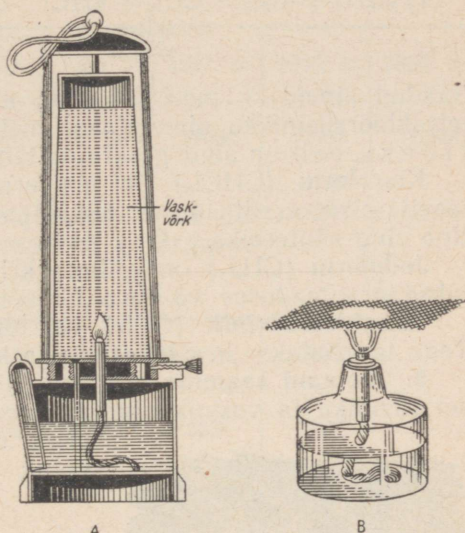
Süsinik eraldub seejuures tahma näol ning leiab kasutamist kummitööstuses ja tüpograafiliste värvide valmistamisel.

Metaan astub kergesti asendusreaktsioonidesse, kusjuures metaani vesiniku aatomid asenduvad kergesti teiste elementide aatomitega, näiteks halogeenide — kloori, broomi ja joodi aatomitega.

Kloori toimel metaanisse hajunud päikesevalguses saadakse metüülkloriid ja kloorvesinik:

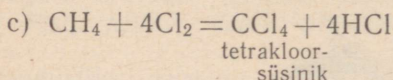
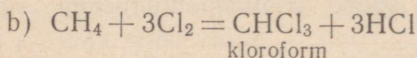
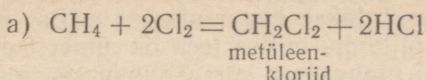


Selle reaktsiooni olemus on selles, et metaani molekulis kloori aatom asendab vesiniku aatomi, kloori molekuli teine aatom ühineb aga asendatud vesiniku aatomiga kloorvesinikuks.



Joonis 7. Kaevurilamp. A — lamp lõikes; B — leek ei läbi võrku.

Sõltuvalt reaktsiooni tingimustest võivad asenduda üks või mitu vesiniku aatomit, näiteks:



Saadud aineid — metüülkloriidi, metüleenkloriidi, kloroformi ja tetrakloorsüsinikku nimetatakse metaani halogeenderivaatideks. Neil on suur praktiline tähtsus.

**Kloroform** ( $\text{CHCl}_3$ ) on temperatuuril  $61^\circ$  keev vedelik. Teda tarvitatakse arstiteaduses uimastusvahendina ja keemias lahustina ning sünteesiks.

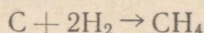
**Jodoform** ( $\text{CHI}_3$ ) on kollane kristalliline aine. Teda tarvatakse arstiteaduses väiksemate haavade raviks antiseptikumina.

**Tetrakloorsüsinik** ( $\text{CCl}_4$ ) on temperatuuril  $76^\circ$  keev vedelik. Teda tarvitatakse hea lahustina ja keemilisel puhastamisel.

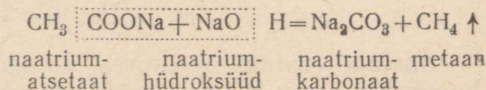
**3. Metaani saamine ja kasutamine.** Metaani võib saada ottsel süsiniku ja vesiniku ühinemisreaktsioonil kõrge temperatuuri ( $1200^\circ\text{C}$ ) juures katalüsaatori osavõtul:



Joonis 8. Tulekumardajad.



Laboratooriumis võib saada metaani naatriumatsetaadi ja naatriumhüdroksüüdi segu kuumutamisel:



Keemiatööstuse praktiliste vajaduste rahuldamiseks kasutatakse aga looduslikke gaase või siis metaani sisaldavaid koksiahjugaase. Niisugused gaasid leiavad kasutamist kui hinnatav küttematerjal nii tööstuses kui ka igapäevases majapidamises.

Loodusliku gaasi kütteväärtus on umbes  $1100 \text{ kcal/m}^3$  gaasi kohta.

Juba vanast ajast tuntakse loodusliku gaasi maa seest väljatuleku kohti, kus põlesid nn. «igavesed tulukesed». Nende «igaveste jumalike tulukestega» oli seotud palju legende, mis olid väga levinud toliaegse rahva hulgas. Selle baa-

sil tekkis isegi teatud usund, mille pooldajaid nimetati tulekummardajateks. Bakuu linna lähedal Surahhanõs, kus asus loodusliku gaasi allikas, ehitati juba sajandeid tagasi «püha tule» kirik. See kirik eksisteeris kuni meie päevini.

Revolutsioonielsel Venemaal oli loodusliku gaasi kasutamine äärmiselt piiratud, seda esines ainult nafta leiukohtades.

Nõukogude võimu päevil aga loodi võimas gaasitööstus. Loodusliku gaasi tootmise kasvu iseloomustavad ilmekalt järgmised arvud (gaasi toodang on antud milj. m<sup>3</sup>-tes):

Tabel 2

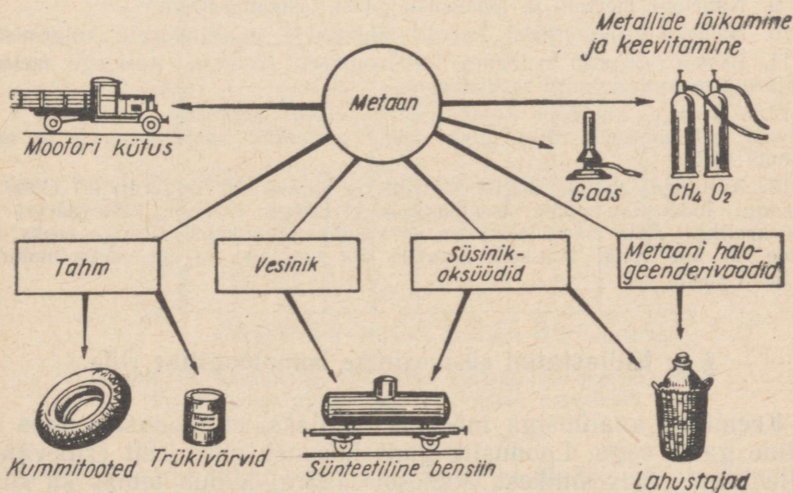
| 1913. a. | 1928. a. | 1940. a. | 1945.a. | 1956. a. | 1957. a. | 1960. a. | 1965. a. |
|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| —        | 304      | 3219     | 3278    | 12069    | 21000    | 40000    | 150000   |

Sõjajärgsete viisaastakute jooksul rajati Eesti NSV-s põlev-kiirgaasi tootmine. Tootmistempo on alljärgnev:

Tabel 3

| 1940. a. | 1945. a. | 1956. a. | 1960. a. | 1965. a. |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1,7      | 1,0      | 405,2    | 430,0    | 510,0    |

(toodang milj. m<sup>3</sup>-tes)



Joonis 9. Metaani kasutamine.

Käesoleval ajal on loodusliku gaasi kasutamine väga laiaulatuslik. Teda kasutatakse nii tööstuses kui ka koduses majapidamises valgustuseks ja kütteks ning ka mootorikütusena. Väga tähtis on loodusliku gaasi ja metaani keemiline töötlemine.

Loodusliku gaasi baasil töötavad paljud ettevõtted ja tehased, mis asuvad gaasi allikate läheduses. Samuti on loodud ka gaasitorustiku süsteem, mille kaudu looduslikku gaasi juhitakse suurtesse tööstuskeskustesse.

Käesoleval seitseaastakul rajatakse võimas gaasitööstus Volga- maale, Põhja-Kaukaasiasse ja Kesk-Aasiasse (Usbeki NSV). Usbeki NSV varustab odava gaasiga tähtsat tööstuskeskust Uraali. Selleks ehitatakse võimsad gaasitorujuhtmed Gazlist Tšeljabinskisse (1800 km) ja Sverdlovskisse (2100 km).

Seitseaastaku lõpuks ehitatakse umbes 2600 km magistraal- ja harujuhtmeid. Gasifitseeritakse umbes 200 linna ja sadu töölisasulaid.

### Kordamisküsimusi.

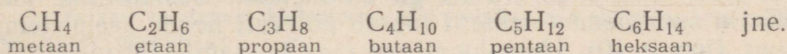
1. Missuguseid aineid nimetatakse süsivesinikeks?
2. Kus ja millistes tingimustes tekib looduses metaan?
3. Näidake geograafilisel kaardil loodusliku gaasi tähtsamad leiukohad.
4. Millised on metaani füüsikalised omadused?
5. Millised on metaani keemilised omadused?
6. Missugused reaktsioonid võivad toimuda metaaniga?
7. Kirjutage kloroformi, jodoformi ja tetrakloorisüsiniku valemid. Milleks tarvitatakse neid aineid?
8. Kuidas saadakse metaani laboratooriumis?
9. Nimetage metaani ja loodusliku gaasi kasutamisalasid.
10. Näidake geograafilisel kaardil tähtsamate gaasijuhtmete kulgemistee.
11. Broom reageerib metaaniga analoogiliselt klooriga. Koostage metaani järkjärgulise bromeerimise reaktsioonid.
12. Arvutage, kui suur kogus (ruumalaliselt) hapnikku on vajalik 1 m<sup>3</sup> metaani põletamiseks. Mitu liitrit tekib seejuures süsihappegaasi ja mitu grammi vett?
13. Arvutage, milline kogus kivisütt on vajalik 40 miljardi m<sup>3</sup> (1960. a. toodang) loodusliku gaasi asendamiseks kivisõega (kivisõe kütteväärtus on 7000 kcal/kg). Mitu rongi koosseisu on vajalik selle kivisõe hulga veoks, kui teame, et ühe rongi koosseis koosneb 100 vagunist ja iga vagun mahutab 50 tonni sütt?

### § 3. Küllastatud süsivesinike homoloogiline rida.

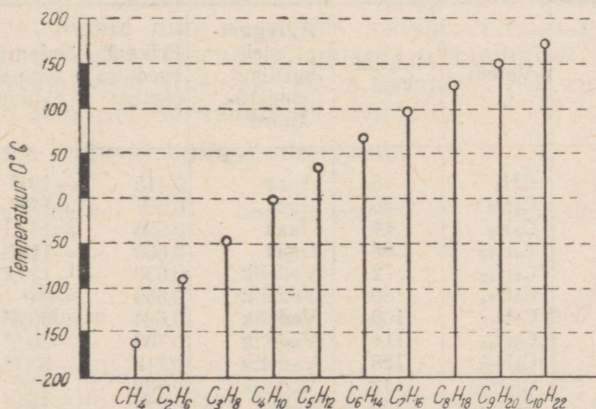
Keemilise analüüsiga määrati kindlaks, et looduslik gaas on mitme gaasi segu. Looduslik gaas koosneb peamiselt erinevatest küllastatud süsivesinikest. Vähesel määral leidub temas ka süsihappegaasi, lämmastikku ja inertgaase. Loodusliku gaasi peakoostisosaks on aga metaan, nagu nähtub ka tabelist 4.

| Nimetus       | Keemiline valem           | Protsentuaalne sisaldus (mahu järgi) |
|---------------|---------------------------|--------------------------------------|
| metaan        | $\text{CH}_4$             | 93,2                                 |
| etaan         | $\text{C}_2\text{H}_6$    | 0,7                                  |
| propaan       | $\text{C}_3\text{H}_8$    | 0,6                                  |
| butaan        | $\text{C}_4\text{H}_{10}$ | 0,6                                  |
| pentaan       | $\text{C}_5\text{H}_{12}$ | 0,5                                  |
| lämmastik jt. | $\text{N}_2$ jt.          | 4,4                                  |

Nagu selgub, on looduslikus gaasis rida süsivesinikke, mis omadustelt sarnanevad metaaniga. Järjestades niisuguste süsivesinike valemid süsiniku aatomite arvu suurenemise korras, nähtub, et iga järgnev süsivesinik erineb eelnevast rühma  $-\text{CH}_2-$  võrra; rühma  $-\text{CH}_2-$  liitmisel mingi reas asetseva süsivesiniku valemiga saame temale järgneva süsivesiniku valemi:



Kõigil neil süsivesinikel, samuti kui metaanilgi, puudub kalduvus astuda liitumisreaktsioonidesse. Nad on keemiliselt väga püsivad ühendid ega lagune hapete ning leeliste toimel. Reageerimisel halogeenidega saadakse süsivesinike halogenderivaadid.



Joonis 10. Normaalse ehitusega küllastatud süsivesinike keemistemperatuuri sõltuvus nende koostisest.

Selliseid omadustelt väga sarnaseid ja üksteisest ainult molekulide koostiselt ühe või mitme  $-\text{CH}_2-$  rühma võrra erinevaid ühendeid nimetatakse homologideks. Aatomite rühma

—CH<sub>2</sub>— nimetatakse homoloogiliseks vaheks. Homoloogide rühm moodustab homoloogilise rea.

Käsitatud süsivesinikud kuuluvad küllastatud süsivesinike homoloogilisse ritta. Neid nimetatakse ka parafiinideks. Sõna «parafiin» tähendab tõlkes «liiga vähe sugulust». Ühe ja sama homoloogilise rea liikmete koostist võib väljendada üldvalemiga. Küllastatud süsivesinike üldvalemiks on C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>. See valem näitab, et küllastatud süsivesiniku molekulis olevate vesiniku aatomite arvu leidmiseks tuleb süsiniku aatomite arvu korrutada kahega ja korrutisega liita kaks.

Üldvalemis C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> tähe n asendamisel arvuga 1 saame metaani valemi CH<sub>4</sub>, tähe n asendamisel arvuga 2 saame etaani valemi C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> jne.

Tabelist «Küllastatud süsivesinike füüsikalised omadused» (vt. allpool) nähtub, et ainete füüsikalised omadused on kindlas sõltuvuses molekulaalust. Nii on väikese molekulaaluga süsivesinikud (metaan, etaan, propaan ja butaan) gaasid. Kõige madalama keemistemperatuuriga on metaan. Süsivesinike molekulaalu suurenemise määral tõuseb pidevalt nende keemistemperatuur (joonis 10). Homoloogilises reas butaanile järgnevad liikmed pentaanist (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>) kuni pentadekaanini (C<sub>15</sub>H<sub>32</sub>) on harilikul temperatuuril vedelikud, heksadekaan (C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>) ja temale järgnevad süsivesinikud on aga tahked ained.

Tabel 5

Küllastatud süsivesinike füüsikalised omadused.

| Nimetus      | Valem                            | Molekulkaal | Agregaatolek harilikul temperatuuril | Erikaal (vedelas olekus) | Sulamistemperatuur | Keemistemperatuur |
|--------------|----------------------------------|-------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|
| Metaan       | CH <sub>4</sub>                  | 16          | Gaas                                 | 0,415                    | —184°              | —161,5°           |
| Etaan        | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>    | 30          | Gaas                                 | 0,561                    | —172°              | —88,6°            |
| Propaan      | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>    | 44          | Gaas                                 | 0,585                    | —187,1°            | —42,2°            |
| Butaan       | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>   | 58          | Gaas                                 | 0,600                    | —135°              | —0,6°             |
| Pentaan      | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>   | 72          | Vedelik                              | 0,630                    | —129,7°            | +36,3°            |
| Heksaan      | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>   | 86          | Vedelik                              | 0,659                    | —94°               | +69°              |
| Heptaan      | C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>   | 100         | Vedelik                              | 0,684                    | —90,6°             | +98,4°            |
| Oktaan       | C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>   | 114         | Vedelik                              | 0,703                    | —56,5°             | +125,7°           |
| Nonaan       | C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>   | 128         | Vedelik                              | 0,718                    | —53,7°             | +150,5°           |
| Dekaan       | C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>  | 142         | Vedelik                              | 0,730                    | —29,7°             | +174°             |
| Heksadekaan  | C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>  | 226         | Tahke aine                           | 0,774                    | +18,5°             | +287,5°           |
| Heksakontaan | C <sub>60</sub> H <sub>122</sub> | 842         | Tahke aine                           | —                        | +99°               | +250°             |
| Heptakontaan | C <sub>70</sub> H <sub>142</sub> | 982         | Tahke aine                           | —                        | +105°              | —                 |

Küllastatud süsivesinike erikaal suureneb pidevalt molekulaalu kasvades, kuid isegi kõige raskemal ei küüni ta ühenni, s. t. kõik küllastatud süsivesinikud on veest kergemad.

Küllastatud süsivesinike homoloogilise rea näite varal nägime, kuidas terve rida omadustelt (erikaal, agregaatolek, sulamis- ja keemistemperatuur) erinevaid aineid tekib elementide süsiniku ja vesiniku sisalduse lihtsal ja alati ühesugusel suurenemisel aatomite rühma  $-\text{CH}_2-$  võrra. Küllastatud süsivesinike homoloogiline rida on kujukaks näiteks looduse põhiseadusest — kvantiteedi üleminekust kvaliteediks ja vastupidi.

Engels kirjutas, et «seadus kvantitatiivsete muutuste üleminekust kvalitatiivseiks pühitses oma suurimat triumfi keemias». Keemia edusammud võimaldasid Engelsil öelda, et keemiat «võib nimetada teaduseks kehade kvalitatiivseist muutustest, mis toimuvad kvantitatiivse koosseisu muutumise mõjul».

#### Kordamisküsimusi.

1. Millest koosneb looduslik gaas?
2. Milliseid aineid nimetatakse homoloogideks?
3. Selgitage homoloogilise rea mõiste.
4. Kirjutage küllastatud süsivesinike üldine valem.
5. Kuidas muutuvad küllastatud süsivesinike homoloogilise rea liikmete füüsikalised omadused?
6. Kirjutage butaani põlemisreaktsioon ja arvutage: a) mitu liitrit hapnikku kulub ühe mooli butaani põlemiseks, b) mitu liitrit süsihappegaasi tekib sel juhul.

#### § 4. Radikaal.

On teada, et küllastatud süsivesinikega toimuvad hõlpsasti asendusreaktsioonid ning seejuures tekivad mitmesugused süsivesinike derivaadid (asendussaadused). Toimimisel halogeenidega süsivesinikesse (metaan, etaan, propaan jt.) moodustuvad küllastatud süsivesinike halogeenderivaadid.

Vaatleme metaani halogeenderivaate:

$\text{CH}_3\text{Cl}$   
metüülkloriid

$\text{CH}_3\text{Br}$   
metüülbromiid

$\text{CH}_3\text{J}$   
metüüljodiid

Etaani puhul:

$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$   
etüülkloriid

$\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$   
etüülbromiid

$\text{C}_2\text{H}_5\text{J}$   
etüüljodiid

Vaadeldes ülalkirjeldatud ühendite keemilisi valemmeid, näeme, et ainete molekuli koostisse kuuluvad ühesugused aatomigrupid. Nii näiteks metaani derivaatide puhul on selleks ühevalentne rühmitus  $\text{CH}_3-$ ; etaani derivaatidel  $\text{C}_2\text{H}_5-$ .

Niisuguseid molekuli koostisse kuuluvaid süsivesinike rühmitusi ( $\text{CH}_3-$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5-$ ) nimetatakse süsivesinike radikaalideks. Järelikult, et saada süsivesiniku radikaali, tuleb süsivesiniku molekulist ära võtta üks või enam vesiniku aatomit.

Radikaalid on aatomite rühmitused, millel on vaba valents.

Radikaaliks nimetatakse aatomite rühma, mis vabade valentside olemasolu tõttu ei saa iseseisvalt eksisteerida ja seega tervikuna kuulub orgaanilise aine molekuli koostisse.

Süsivesinike radikaalid ei saa pikemat aega eksisteerida iseseisvalt. Kui keemilise reaktsiooni käigus tekib vaba radikaal, siis ühineb ta kiiresti teise radikaaliga või aatomiga, moodustades neutraalse molekuli.

Süsivesinike radikaalid võivad olla ühe-, kahe- ja kolmevalentsed.

Küllastatud süsivesinike radikaalide nimetused tuletatakse järgmise juhise kohaselt: küllastatud süsivesiniku molekulist ühe vesiniku aatomi kõrvaldamisel tekkinud radikaali nimetuse saamiseks asendatakse süsivesiniku nimetuse lõpp «-aan», mis on küllastatud süsivesinike nimetuse tunnuseks, uue lõpuga «-üül», näiteks:

Tabel 6

| Süsivesinik $C_nH_{2n+2}$               | Radikaal $C_nH_{2n+1}$                    |
|---|---|
| CH <sub>4</sub> — metaan                | CH <sub>3</sub> — — metüül                |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> — etaan   | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> — — etüül   |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> — propaan | C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> — — propüül |
| C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> — butaan | C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> — — butüül  |
| jne.                                    | jne.                                      |

Erandi moodustab pentaani (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>) radikaal, mida nimetatakse amüülks (C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>—).

#### Kordamisküsimusi.

1. Selgitage radikaali mõiste.
2. Kuidas moodustuvad radikaalid?
3. Kas radikaalid saavad eksisteerida vabalt?
4. Nimetage metaani homoloogilise rea liikmete radikaalide nimetused ja kirjutage nende valemid.

#### § 5. Isomeeria.

Süsivesinike keemilise koostise ja omaduste vaatlemisel võib tähele panna, et leidub sama koostisega, kuid erinevate omadustega süsivesinikke.

Nii näiteks on süsivesinikel butaanil ja isobutaanil ühesugune keemiline koostis, mis avaldub valemiga C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, kuid nende füüsikalised omadused (erikaal, sulamis- ja keemistemperatuur) on erinevad. Näiteks:

## Butaani ja isobutaani omadused.

| Nimetus   | Valem       | Molekulkaal | Agregaatolek harilikul temperatuuril | Erikaalvedelas olekus | Sulamis-temperatuur | Keemistemperatuur |
|-----------|-------------|-------------|--------------------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|
| Butaan    | $C_4H_{10}$ | 58          | gaas                                 | 0,600                 | $-135^\circ$        | $-0,6^\circ$      |
| Isobutaan | $C_4H_{10}$ | 58          | gaas                                 | 0,603                 | $-145^\circ$        | $-10^\circ$       |

Nähtust, et ainetel on ühesuguse kvalitatiivse ja kvantitatiivse koostise korral erinevad omadused, nimetatakse isomeeriaks, ning selliseid aineid — isomeerideks. Kaua aega ei suutnud õpetlased seletada seda keemilist nähtust.

Suur vene teadlane Lomonossov selgitas juba XVIII sajandi keskpaiku täpselt ja selgelt molekulide isomeeria olemuse. Uurides ainete molekulide ühtsust ja ebahühtsust, jõudis ta õigele arusaamisele molekuli ehitusest; ta tähendas, et molekulid on omadustelt ainult siis ühesugused, kui nad koosnevad ühesugustest aatomitest ja kui viimastel on ühesugune paigutus, ning vastupidi: molekulid on omadustelt isesugused, kui neil on isesugune aatomite paigutus. Seega väitis Lomonossov, et ühesuguse koostisega ainete kvalitatiivsed lahkuminekid sõltuvad nende ainete molekulide sisemisest ehitusest. Lomonossov nägi esimesena keemia ajaloos ette isomeeriat, tegi kindlaks isomeersete molekulide olemasolu vajaduse ja andis neile atomistliku seletuse.

Hiljem püüdsid teised õpetlased katsete varal tõestada isomeerianähtuse esinemist; et nad ei tunnustanud aga molekuli struktuuri, siis ei suutnud nad seletada ka isomeerianähtust. Alles suur vene teadlane Butlerov, uuendades Lomonossovi atomistlik-molekulaarset õpetust aine ehitusest ja arendades Lomonossovi tähelepänuvääraseid ideid, avastas 1861. a. isomeerianähtuse saladuse.

A. M. Butlerovi eksperimentaalsete tööde ja tema poolt loodud orgaaniliste ainete ehituse teooria alusel selgitati lõplikult isomeerianähtus.

Isomeeria on nähtus, mis seisneb selles, et ühesuguse kvalitatiivse ja kvantitatiivse koostisega ainetel on erinev molekuli ehitus ning seetõttu ka erinevad füüsikalised ja keemilised omadused. Isomeerid on ühesuguse koostisega, kuid erineva molekuli ehitusega ained.

## Kordamisküsimusi.

1. Selgitage isomerismi mõiste.
2. Tooge näiteid isomeeride kohta.
3. Kuidas seletada isomeerianähtust?

## § 6. Orgaaniliste ühendite ehituse teooria.

Õpetus molekuli ehitusest ning aatomite ühinemise järjekor-  
rast, sõltuvalt nende valentsist, tekkis möödunud sajandi 60. aast-  
tatel. Õpetust aatomite vastastikusest seosest molekulis nimeta-  
takse aine ehituse teooriaks.

Selle teooria töötas välja kuulus vene keemik Butlerov.

Aine ehituse teooria põhialused seisnevad järgmises:

**1. Aatomid on molekulides seostatud üksteisega kindlas jär-  
jestuses.** Kui molekule moodustavad aatomid oleksid kaootilises  
liikumises, siis poleks võimalik seletada isomeerianähtust, sest  
ühesuguse kvalitatiivse ja kvantitatiivse koostisega molekulide  
erinevusi võib seletada ainult nende erineva ehitusega.  
Kaootiline liikumine teeb võimatuks igasuguse kujutluse mingist  
ehitusest.

**2. Aatomite ühinemine üksteisega molekuliks toimub vasta-  
valt nende valentsile.** Enamikus ühendites on süsinik nelja-  
valentne. Struktuurvalemite koostamise üks põhireegleid seisneb  
selles, et molekuli moodustavate kõikide aatomite valentsid pea-  
vad olema kulutatud aatomite seostamiseks üksteisega. Vabade  
valentsidega osakesed ei saa kaua vabas olekus püsida.

**3. Aine omadused sõltuvad molekuli koostisest ja ehitusest.**  
Seega, lähtudes aine omadustest, võib teha järeldusi tema mole-  
kuli ehituse kohta ja, vastupidi, teades molekuli ehitust, võib teha  
järeldusi aine keemiliste omaduste kohta.

Nagu näha, haaravad Butlerovi aine ehituse teooria põhialu-  
sed molekuli ehituse teooriat ja aine omaduste sõltuvust tema ehi-  
tusest. Nimetatud teooria on Lomonosovi poolt üldsuunas antud  
molekulaarse teooria jätkuks ja edasiseks käsitlemiseks. Butlerovi  
teene seisneb selles, et ta uuendas Lomonosovi õpetust ja oma  
teoreetiliste ning eksperimentaalsete töödega viis seda edasi. Uuen-  
danud ja välja töötanud molekuli ehituse teooria, pidas Butlerov  
leppimatut võitlust uue teooria tunnustamise eest teaduses juba  
1858. a. alates. Eriti terav oli tema võitlus välismaa teaduse esin-  
dajatega, kes esmalt ei tunnustanud Butlerovi teooriat ja siis,  
olles sunnitud seda tegema, ei tunnistanud tema prioriteeti.

Aine ehituse teooria väljatöötamise ajast alates toimus orgaa-  
nilise keemia areng tunduvalt kiiremini kui selle eelneval  
perioodil.

### Akadeemik Butlerov

Aleksandr Mihhailovitš Butlerov sündis 1828. a. Tšistopoli linnas Kaasani  
kubernangus. Pärast Kaasani gümnaasiumi lõpetamist siirdus kuuteistkümn-  
aastane Butlerov edasi õppima Kaasani ülikooli. Ülikoolis õppides avaldasid  
noorele Butlerovile suurt mõju tolle aja silmapaistvamate keemikute prof.  
K. Klaus'i ja prof. N. Zinini loengud. Lõpetanud 1849. a. edukalt ülikooli, jäe-  
takse Butlerov õppejõuna ülikooli juurde, kus kaitseb magistri väitekirja.

1854. a. kaitseb ta edukalt doktori väitekirja ja valitakse Kaasani ülikooli professoriks. 1868. a. valitakse Butlerov Peterburi ülikooli keemia professoriks. 1874. a. valitakse ta akadeemikuks.

Butlerov oli üheks väljapaistvamaks teoreetikuks ja hiilgavamaks eksperimentaatoriks keemia alal. Ta andis orgaanilise keemia arengule õige teadusliku suuna. Butlerovi surematuks teaduslikuks teeneks on mitmete orgaanilise keemia põhiliste seaduste väljatöötamine.

Kuni Butlerovini ei osatud näha orgaaniliste ühendite omavahelist seost ega süstematiseerida neid. Sellest kaosest leidis väljapääsu Butlerov oma orgaaniliste ainete ehituse teooriaga, mis leidis tunnustust kogu teadusliku maailma poolt.

Butlerov avastas rea tähtsaid uusi keemilisi ühendeid. Nende rohkearvuliste avastuste hulka kuulub näiteks suhkrute klassi kuuluvate ainete süntees, millel oli erakordselt suur teaduslik ja praktiline tähtsus. Butlerovi suureks teeneks on ka see, et ta lõi keemias Kaasani koolkonna, mille mõju levis mitte ainult Venemaa teaduslikele keskustele, vaid ka välismaistele.

Mendelejev iseloomustas 1864. a. Butlerovi tööd järgmistes sõnadega: «Butlerov on üks silmapaistvamaist vene teadlastest. Ta on venelane nii oma teadusliku hariduse kui ka oma tööde originaalsuse poolest. Meie kuulsal akadeemiku N. N. Zinini õpilasena sai ta keemikuks mitte võõrsil, vaid Kaasanis, kus jätkab iseseisva keemia koolkonna arendamist. Aleksandr Mihhailoviitši teaduslike tööde suund ei kujuta endast tema eelkäijate ideede jätkamist ja edasiarendamist, vaid kuulub peamiselt temale endale. Keemias on olemas Butlerovi koolkond, Butlerovi suund.» Sellele hiilgavale iseloomustusele võib lisada veel seda, et «Butlerovi suund» keemias on säilitanud kogu oma teadusliku jõu kuni tänaseni. Selles seisnebki Butlerovi kui suure vene teadlase geeniusejõud.



A. M. Butlerov (1828—1886).

### Kordamisküsimusi.

1. Milles seisneb orgaaniliste ainete ehituse teooria olemus?
2. Missuguste vene teadlaste teeneks on aine ehituse teooria loomine ja arendamine?

## § 7. Küllastatud süsivesinike molekulide ehitus.

Lähtudes orgaaniliste ainete ehituse teooria põhilistest seisukohtadest võib väljendada graafiliselt või struktuurvalt üksikute orgaaniliste ühendite molekuli ehitust.

Et näidata aatomite seostatust orgaanilise aine molekulis, kasutatakse struktuurvalemeid. Tuleb aga mees pidada, et struktuurvalem ei peegelda tegelikku ruumilist aatomite paigutust molekulis, vaid ainult järjekorda.

Kuna süsiniku aatom on neljavalentne, siis võib ta ühineda nelja vesiniku aatomiga.

Eespool vaadeldud metaani rea süsivesinike puhul kõik süsiniku

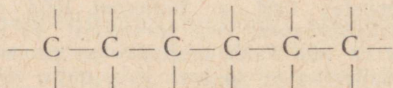
valentsid on täielikult kaetud. Seega need süsiniku aatomid ei saa täiendavalt liita juurde ühtegi aatomit; on võimalik ainult süsiniku aatomi juures olevate vesiniku aatomite asendamine näiteks halogeeni aatomitega. Liitumisvõimaluste puudumise tõttu metaani ja tema rea homolooge nimetatakse küllastatud süsivesinikkudeks. Kõikide küllastatud süsivesinike üldtunnuseks on see, et süsiniku aatomid on omavahel ühendatud ühekordse ehk lihtseosega, süsiniku aatomi teised valentsid aga on küllastatud vesiniku aatomitega.

Küllastatud süsivesinikeks nimetatakse niisuguseid süsivesinikke, mille molekulides süsiniku aatomid on omavahel ühendatud ühekordse seosega.

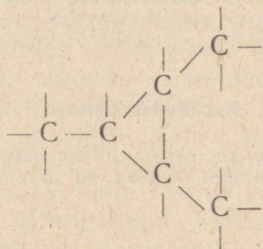
Süsivesinike molekuli koostisse kuulub tavaliselt mitu, sageli isegi suur hulk süsiniku aatomeid. Seejuures on süsiniku aatomid omavahel ühendatud, moodustades nagu skeleti, mida ümbritsevad vesiniku aatomid.

Süsiniku aatomite paigutusest moodustunud ahel võib olla kas sirgjooneline, hargnenud või siis suletud.

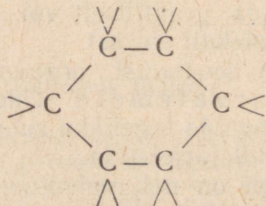
Selgituseks vaatleme kuuest süsiniku aatomist moodustunud ahelat:



sirgjooneline ahel süsiniku aatomitest



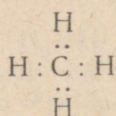
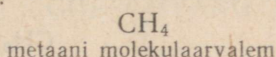
hargnenud süsinikuaatomite ahel



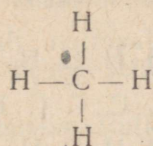
suletud ahel süsiniku aatomitest

1. **Metaani molekuli ehitus.** Ühendites on süsiniku aatom harilikult neljavalentne, omades aatomi välimisel elektronkihil 4 valentselektroni. Süsiniku aatom võib need elektronid ära anda, omandades seejuures positiivse valentsi; kuid võib ka liita 4 elektroni, omandades seejuures negatiivse valentsi. Kui süsiniku aatomid on seotud kas omavahel või siis vesiniku aatomitega, siis kumbki seostatud aatom annab ära võrdse arvu elektrone, kuid nii, et äraantavad elektronid ei jää väljapoole selle aatomi mõjupiirkonda, mis nad ära andis, ühtlasi jäävad nad aga ka teise aatomi mõjupiirkonda. Seega tekivad ühised elektronid, mis asuvad mõlema aatomi mõjupiirkonnas. Süsivesinike koostisse kuuluvate aatomite vahel tekibki sel viisil kovalentne keemiline seos.

Metaani puhul süsiniku aatom annab ära elektroni, samuti annab ka vesiniku aatom, ning tekkiv elektronpaar jääb mõlema aatomi mõjupiirkonda:



elektronvalem

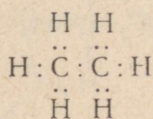
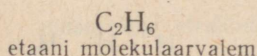


struktuurvalem

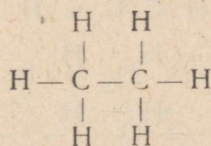
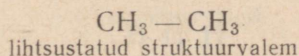
Metaani elektronvalemist nähtub, et süsiniku aatomi ümber asub kaheksa elektroni.

Võrreldes omavahel metaani elektron- ja struktuurvalemite märkame, et struktuurvalemis kasutatakse elektronpaaride tähistamiseks joonekesi. Iga jooneke tähistab ühte kovalentset seost.

2. **Etaani molekuli ehitus.** Etaani molekuli ehitust selgitame järgmiste skeemidega:



elektronvalem

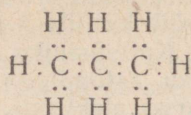


struktuurvalem

Teistsugust omavahelist seost kahe süsiniku aatomi ja kuue vesiniku aatomi vahel ei saa olla. Seega võib olla ainult üks aine koostisega  $\text{C}_2\text{H}_6$ .

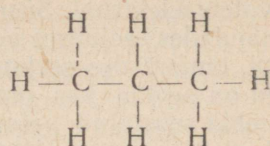
3. **Propaani molekuli ehitus.** Propaani molekuli ehitust selgitame järgmiste skeemidega:

$C_3H_8$   
propaani molekulaarvalem



elektronvalem

$CH_3 - CH_2 - CH_3$   
lihtsustatud struktuurvalem



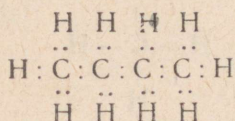
struktuurvalem

Teisi võimalusi aatomite omavaheliseks paigutamiseks proopaani molekulis ei ole.

**4. Butaani molekuli ehitus.** Butaani molekuli neli süsiniku aatomit ja kümme vesiniku aatomit võivad olla seostatud kahel viisil:

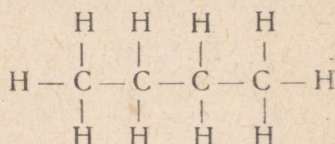
1) süsiniku aatomid asuvad kõik ühes sirges ahelas

$C_4H_{10}$   
butaani molekulaarvalem



elektronvalem

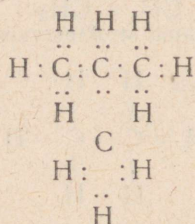
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$   
lihtsustatud struktuurvalem



struktuurvalem

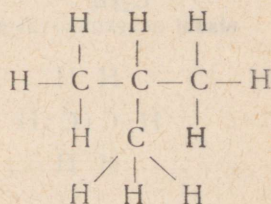
2) süsiniku aatomid on molekulis hargnenud

$C_4H_{10}$   
isobutaani molekulaarvalem



isobutaani elektronvalem

$CH_3 - CH - CH_3$   
|  
 $CH_3$   
isobutaani lihtsustatud struktuurvalem



isobutaani struktuurvalem

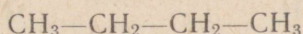
Esimesel juhul on butaani molekulis kõik neli süsiniku aatomit seostatud sirge ahela kujul; ahela keskel olevad süsiniku aatomid on ühendatud kahe tema kõrval asuva süsiniku aatomiga.

Teisel juhul isobutaani molekulis on keskmine süsiniku aatom

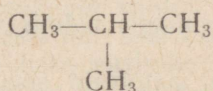
ühendatud kolme süsiniku aatomiga, mille tõttu saadakse hargnev süsiniku aatomitega ahel. Seega näitab aine ehituse teooria, et butaanil on võimalik kahe isomeerse molekuli olemasolu, mille mõlema keemiline koostis on  $C_4H_{10}$ .

Kui süsiniku aatomid on molekulis üksteisega ühendatud järjestikku, siis öeldakse, et nad moodustavad normaalse ahela. Niisuguseid ühendeid nimetatakse normaalseteks.

Näiteks normaalbutaan:



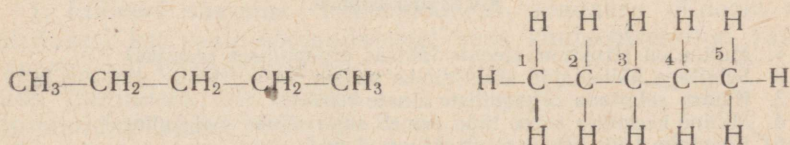
Kui mingi ühendi molekulis on süsiniku aatomite ahel hargnenud, siis tähistatakse seda ühendi nimetusele silbi iso- ette kirjutamisega. Niisuguseid ühendeid nimetatakse isoühenditeks. Näiteks isobutaan:



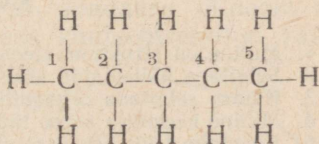
XIX sajandi keskel tunti keemias ainult normaalbutaani. 1867. aastal valmistas Butlerov isobutaani ja tõestas selle ühendi molekuli struktuurvalemi.

**5. Pentaani molekuli ehitus.** Samuti ennustas Butlerov, et pentaanil koostisega  $C_5H_{12}$  võib olla kolm isomeerset süsivesinikku:

1) normaalpentaan:

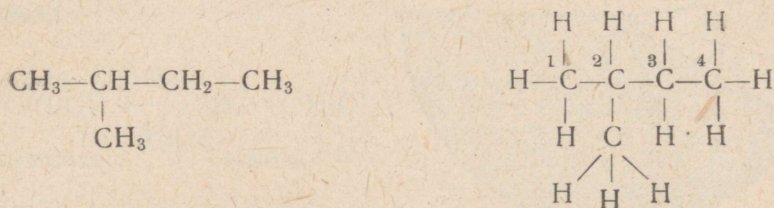


lihtsustatud struktuurvalem

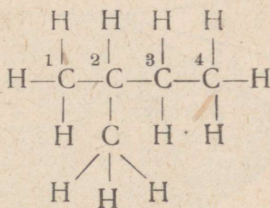


struktuurvalem

2) isopentaan (metüülbutaan):

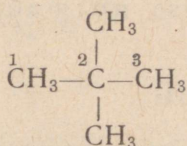


lihtsustatud struktuurvalem

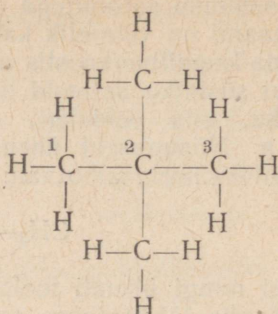


struktuurvalem

### 3) isopentaan (dimetüülpropan):



lihtsustatud struktuurvalem



struktuurvalem

Hiljem õnnestuski keemikuil valmistada pentaani kõik kolm isomeeri.

Mida rohkem süsiniku aatomeid sisaldub süsivesiniku molekulis, seda suurem võib olla tema isomeeride arv. Näiteks süsivesinikul valemiga  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  võib olla 5 isomeeri, süsivesinikul seitsme süsiniku aatomiga molekulis võib olla 9 isomeeri, kaheksa süsiniku aatomiga — 18 isomeeri, neljateistkümne süsiniku aatomiga — 1855 isomeeri jne.

Küllastatud süsivesinike rea kõrgemate liikmete kõiki isomeere pole kaugeltki veel saadud. Kuid tuleb märkida, et seni pole saadud selliseid isomeere, mille ehitust poleks võidud ette näha.

#### Kordamisküsimusi.

1. Milline on struktuurvalemite tähtsus orgaanilises keemias?
2. Selgitage küllastatud süsivesinike mõiste.
3. Kuidas selgitada orgaaniliste ainete rohkust?
4. Milline keemilise seose tüüp esineb süsivesinike molekulides?
5. Kirjutage kõik heksaani struktuurvalemid.

## IV peatükk.

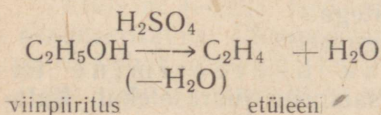
### KÜLLASTUMATA SÜSIVESINIKUD.

Küllastumata süsivesinikeks nimetatakse selliseid süsivesinikke, mille molekuli koostisse kuulub vähem vesiniku aatomeid kui oli vastavas küllastatud süsivesiniku molekulis. Näiteks etaani molekuli kuulub kaks süsiniku aatomit ja kuus vesiniku aatomit ( $C_2H_6$ ) — etaan on küllastatud ühend; ühend aga, mille koostisse kuulub kaks süsiniku aatomit ja neli vesiniku aatomit ( $C_2H_4$ ), on küllastumata süsivesinik, kuna siin vesiniku aatomite arv on väiksem.

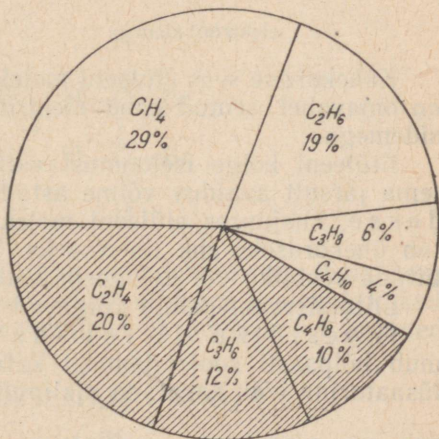
Käsitleme küllastumata süsivesinike lihtsamaid esindajaid etüleeni ja atsetüleeni.

#### § 1. Etüleen.

**1. Etüleeni saamine.** Laboratoorselt saadakse etüleeni viinpiiritusest kas selle soojendamisel koos kontsentreeritud väävelhappega või viinpiirituse aurude juhtimisel üle kuuma alumiiniumoksüüdi, mis toimib sel juhul katalüsaatorina. Mõlemal juhul eraldub viinpiirituse molekulist üks vee molekul ja saadakse etüleen järgmise võrrandi kohaselt:

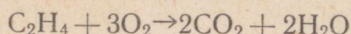


Tööstuses saadakse etüleeni nafta krakkgaasidest (joonis 11).



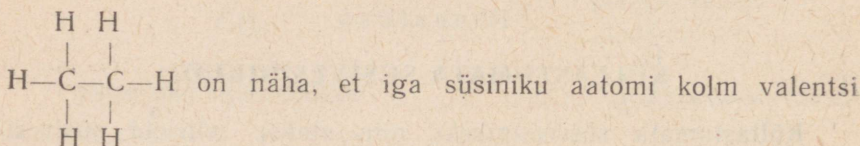
Joonis 11. Nafta krakkgaaside keskmine koostis.

2. **Etüleeni omadused.** Etüleen on värvusetu, nõrga iseloomuliku lõhnaga gaas. Ta on vees vähe lahustuv. Põleb heleda valge leegiga, moodustades süsihappegaasi ja veeauru:



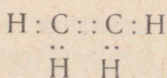
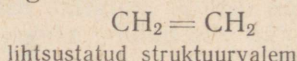
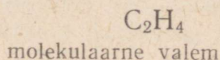
Etüleeni segu hapnikuga või õhuga annab süütamisel tugeva plahvatuse.

Etüleeni valemi  $\text{C}_2\text{H}_4$  võrdlemisel etaani valemiga  $\text{C}_2\text{H}_6$  nähtub, et etüleeni molekulis leidub kaks vesiniku aatomit vähem kui etaani molekulis. Etaani molekuli struktuurvalemist

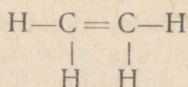


on küllastatud kolme vesiniku aatomiga, neljas valents aga teise süsiniku aatomi ühe valentsiga. Et etüleeni molekulis on vesinikku aga kahe aatomi võrra vähem kui etaani molekulis, siis peab etüleeni molekulis leiduma kaks vaba valentsi. On aga teada, et vabade valentsidega ühendeid looduses ei leidu, seega peavad etüleeni süsiniku aatomite vabad valentsid teineteist küllastama, s. t. etüleeni molekulis on süsiniku aatomid seostatud kahekordse ehk kaksikseosega.

Etüleeni molekuli struktuur on järgmine:



elektronvalem



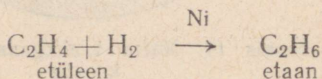
struktuurvalem

Kahekordne seos etüleeni molekulis osutab, et süsiniku aatomid on omavahel seotud kahe elektronpaariga, s. t. kahe kovalentse sidemega.

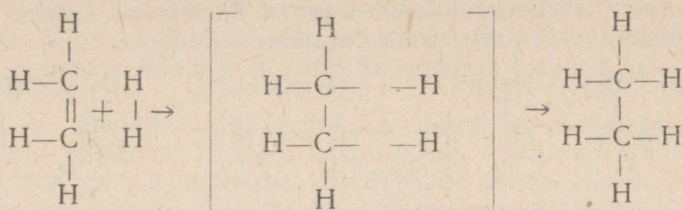
Etüleeni kõige iseloomustavamaks keemiliseks omaduseks on tema järsult avalduv võime astuda liitumisreaktsioonidesse, kusjuures etüleeni molekulis kaksikseos katkeb ja muutub ühekordseks ehk lihtseoseks. Seejuures etüleeni molekul võib liituda vesiniku või halogeeni aatomitega.

Liitumisreaktsioonid kulgevad järgmiselt:

1) vesiniku liitumine ehk hüdreerimine toimub hõlpsasti soojendamisel katalüsaatorite juuresolekul. Katalüsaatorina võib kasutada niklipulbrit.



Vesiniku toimel etüleenisse katkeb kaksikseos süsiniku aatomite vahel ja vabanenud süsiniku valentsid küllastuvad vesiniku aatomitega. Seda võib kujutada struktuurvalemite abil:

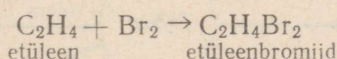


Sellist vesinikuga küllastamise protsessi nimetatakse hüdreerimiseks. Seega hüdreerimiseks nimetatakse sellist keemilist reaktsiooni, mille puhul toimub vesiniku liitumine aine molekuliga.

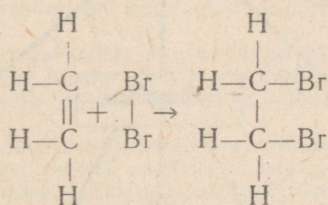
Hüdrogeniseerimis- ehk hüdreerimisreaktsioonid omavad väga suurt tehnilist tähtsust.

2) Halogeenide liitumine. Etüleeni molekulile liitub kergesti kloor, siis broom, joodiga toimub liitumisreaktsioon aga raskemini. Küllastumata süsivesinike reaktsiooni broomiga või broomveega kasutatakse selleks, et kindlaks teha, kas antud aine kuulub küllastatud või küllastumata süsivesinike hulka, s. t. kas ta sisaldab molekulis kahekordset sidet. Kui juhtida etüleeni läbi punakaspruuni värvusega broomvee, siis broomvee värvus kaob (toimub lahuse valastumine) ning moodustub magusalõhnaline ühinemisprodukt etüleenbromiid —  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$ .

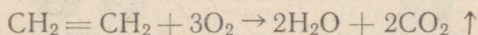
Broomi liitumisreaktsiooni etüleeniga võib selgitada järgmiste võrranditega:



või

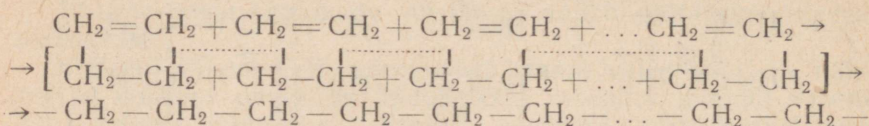


Etüleeni teiseks iseloomustavaks omaduseks on tema kerge oksüdeeritavus. Oksüdeerimisel katkeb etüleeni molekul kaksikseose kohal ja ta võib küllalt energilisel oksüdeerimisel laguneda isegi süsihappegaasiks ja veeks:



Etüleeni kolmandaks iseloomustavaks omaduseks on tema molekulide omavaheline liitumine, s. t. võime üksteisega ühineda.

Nimetatud reaktsioon toimub eritingimustes: temperatuuril ligikaudu 200°C ja kõrge rõhu juures — ligikaudu 1000 at; seejuures etüleenil molekulide kaksikseosed purustatakse ja tekkinud vabade valentsidega molekulid liituvad üksteisega uuteks pikka-eks molekulideks, millel juba kaksikseos puudub:

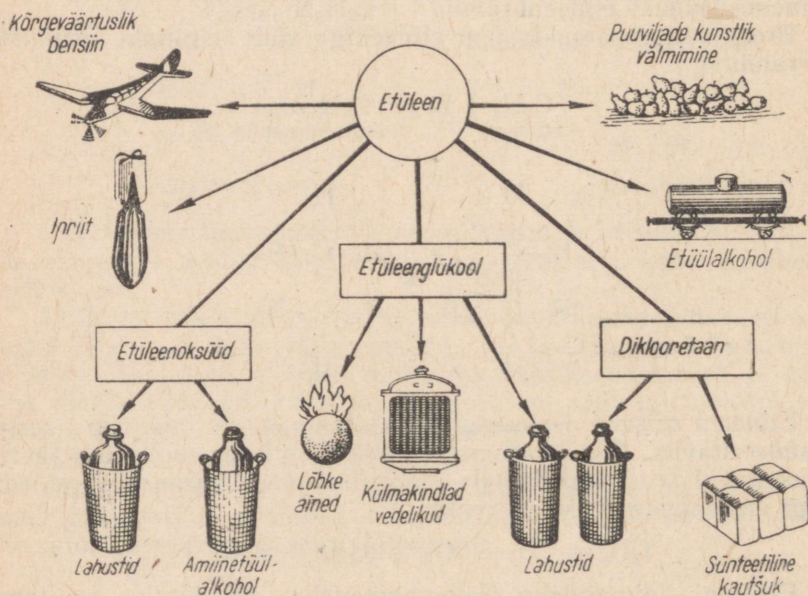


Tekkinud molekulide otstes olevad vabad valentsid võivad näiteks küllastuda vesiniku aatomitega, mis tekivad etüleenist. Selle tõttu saadakse gaasilise aine asemel tahke aine, mida nimetatakse polüetüleeniks ehk lihtsalt polüteeniks.

Polüteenil on tähelepanuväärsed dielektrilised omadused. Ta on elektrisolaatoriks, olles seega asendamatuks aineks raadioseadmete, elektrijuhtmete ja kaablite valmistamisel.

Polüteeni tekkimine on polümerisatsiooni reaktsiooni näiteks.

Polümerisatsiooniks nimetatakse ühe ja sama aine mitme molekuli liitumist üksteisega, mille tagajärjel tekib sama elementaarse koostisega, kuid mitmekordse molekulaaluga uue aine molekul.



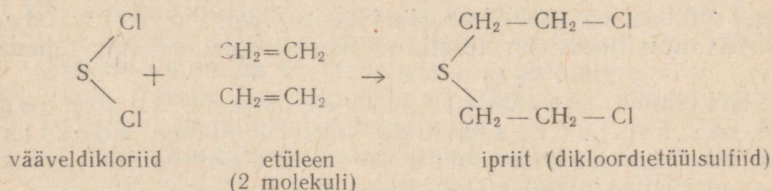
Joonis 12. Etüleenil kasutamine.

Etüleenil vesiniku aatomite asendamisel fluori aatomitega saadakse etüleentetrafluoriid  $\text{CF}_2 = \text{CF}_2$ , mille polümeriseerumise saaduseks on tefloon. Tefloon on aine, milles on säilinud polüteeni elektrit isoleerivad omadused, kuid millel on parem soojuskindlus ja hea süttimiskindlus. Tefloonil on mitu erakordset keemilist omadust: temasse ei toimi happed ega leelised, ta ei lahustu isegi kuningvee toimel. Seetõttu, et tefloon ületab keemiliste omaduste poolest isegi kulla ja plaatina, nimetatakse teda väärismetalliks. Teflooni kasutatakse laialdaselt tehnikas.

**3. Etüleenil kasutamine.** Suhteliselt kättesaadava ja odava aina tarvitatakse etüleenil mitmesugusteks otstarveteks. Peamiselt kasutatakse teda lähteainena mitmesuguste sünteetiliste orgaaniliste ainete saamisel. Nii saadakse etüleenist etüülalkoholi (viinipiiritust), lahusteid, mitmesuguseid pooltooteid lõhkeainete edasiseks sünteesiks, arstimeid, plastmasse, sünteetilist kautšukit ja ipriiti (joonis 12). Etüleenil võib kasutada ka gaaskeevitusel atsetüleenil asemel ja samuti valmimata viljade valmimise kiirendajana, sest õhus, mis sisaldab veidi etüleenil, valmivad sidrunid, tomatid jt. tunduvalt kiiremini.

Ipriit. Etüleenil kasutatakse väga mürgise keemilise relva — ipriidi valmistamiseks.

Ipriiti saab valmistada etüleenil toimel vääveldikloriidilahusesse:



Ipriit ehk sinepigaas on puhastamata olekus tumepruun vedelik iseloomuliku lõhnaga, mis meenutab sinepit, küüslauku või põletatud kummit. Tema keemistemperatuur on  $217^\circ$ .

Ipriit kuulub püsivate keemiliste relvade hulka. Maa peale valatuna aurustub ta aeglaselt, segunedes seejuures õhuga. Ipriidiga immutatud maapind säilitab mürgist toimet mitu päeva, külma ja vaigse ilma puhul isegi mitu nädalat.

Ipriit toimib väga tugevasti inimese organismisse. Ipriidiaurud ei toimi üksnes limanahasse, nagu enamik sõjaliseks otstarbeks kasutatavaid mürkaineid, vaid kogu keha nahasse. Ipriidiaurud läbivad riidet. Nahale sattunud ipriidauru väikesest kogusest muutub nahk esmalt punaseks, seejärel hakkab tumenema ning kattub villidega, mille lõhkemisel tekivad raskesti paranevad haavad.

Ipriit mõjub hävitavalt ka silmadele ja hingamiselunditele.

Kaitse on raskendatud, sest gaasitorbik kaitseb ainult hingamiselundeid ja silmi, kaitsta aga tuleb kogu keha. Parimaks kaitseks on riietumine spetsiaalsesse, värnitsaga läbiimmutatud või kummeeritud ülikonda. Ipriidiga mürgistatud maa-alade degaseerimiseks kasutatakse peamiselt kloorlupja, mis ipriiti oksüdeerides muudab ta inimesele kahjutuks ühendiks.

Ipriit võeti esmakordselt tarvitusele sõjagaasina Esimeses maailmasõjas 1917. a., kus sakslased kasutasid teda Belgias Ypres'i linna juures; sellest on tuletatud ka tema nimetus.

## Kordamisküsimusi.

1. Kuidas saadakse etüleen?
2. Millised on etüleeni füüsilised omadused?
3. Millised on etüleeni keemilised omadused?
4. Milles seisnevad etüleeni erinevad omadused võrreldes etaaniga? Selgitage erinevust näidetega.
5. Mida mõista hüdreerimise all?
6. Kuidas vabastada metaani etüleeni lisanditest?
7. Millisel viisil võib eraldada etaani etüleenist?
8. Arvutage ühe liitri etüleeni kaal, etüleeni tihedus vesiniku ja õhu suhtes.
9. Mitu liitrit hapnikku kulub 10 liitri etüleeni põlemiseks? Kui palju tekib seejuures põlemisprodukte?

## § 2. Etüleenirea süsivesinikud.

(Olefiinid)



Tuntakse süsivesinikke, mis nii omaduste kui ka ehituse poolest on sarnased etüleeniga. Niisuguseid süsivesinikke nimetatakse etüleenirea süsivesinikeks või olefiinideks (nimetus «olefiinid» on tuletatud sõnast «oleum», mis tähendab «õli»).

Olefiinid moodustavad etüleeni homoloogilise rea, kusjuures nende molekulide koostisse kuulub üks kahekordne side. Etüleenirea süsivesinikele vastavad süsivesinikud metaanireas.

Võrdleme etüleenirea süsivesinike nimetusi ja valemeid metaanirea süsivesinikega:

Tabel 8

| Etüleenirea süsivesinikud<br>$C_nH_{2n}$ |                           | Metaanirea süsivesinikud<br>$C_nH_{2n+2}$ |                             |
|--|---------------------------|---|-----------------------------|
| Nimetus                                  | Valem                     | Nimetus                                   | Valem                       |
| Etüleen                                  | $CH_2 = CH_2$             | Etaan                                     | $CH_3 - CH_3$               |
| Propüleen                                | $CH_3 - CH = CH_2$        | Propaan                                   | $CH_3 - CH_2 - CH_3$        |
| Butüleen                                 | $CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$ | Butaan                                    | $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$ |

Etüleenirea süsivesinikud sisaldavad võrreldes vastavate metaanirea süsivesinikega vesinikku kahe aatomi võrra vähem.

Seega on etüleenirea süsivesinike üldvalem  $C_nH_{2n}$ .

Oma füüsiliste omaduste poolest on etüleenirea liikmed sarnased metaanireaga.

Etüleenirea süsivesinike füüsikalised omadused.

| Nimetus   | Valem       | Agregaatolek<br>harilikul<br>temperatuuril | Sulamis-<br>tempera-<br>tuur | Keemis-<br>tempera-<br>tuur | Erikaal |
|-----------|-------------|--|------------------------------|-----------------------------|---------|
| Etüleen   | $C_2H_4$    | gaas                                       | -169,2                       | -103,8                      | 0,570   |
| Propüleen | $C_3H_6$    | gaas                                       | -185,2                       | -47,7                       | 0,610   |
| Butüleen  | $C_4H_8$    | gaas                                       | -185,3                       | -6,3                        | 0,630   |
| Amüleen   | $C_5H_{10}$ | vedelik                                    | -165,2                       | +30,1                       | 0,641   |
| Heksüleen | $C_6H_{12}$ | vedelik                                    | -139,8                       | +63,5                       | 0,673   |
| Heptüleen | $C_7H_{14}$ | vedelik                                    | -119                         | +93,6                       | 0,697   |

Tabelist selgub, et kolm esimest etüleenirea liiget on tavalistel tingimustel gaasid, alates amüleenist — vedelikud ning alates  $C_{19}H_{38}$  — tahked ained.

Olefiinide kõige iseloomustavamaks omaduseks on nende liitumine ehk ühinemine halogeenidega ja vesinikuga. Eriti kergesti liituvad nad halogeenidega. Broomi või broomvee lisamisel küllastumata süsivesinikule toimub silmapilkselt liitumisreaktsioon, mida on võimalik avastada broomvee või broomi värvuse valastamise abil või broomi lõhna kadumisega. Seega broom on kaksikseose reaktiiviks. Iga olefiini molekul võib liituda kahe halogeeni aatomiga või kahe vesiniku aatomiga.

Olefiinide teiseks huvitavaks omaduseks on nende oksüdeeritavus, s. t. ühinemine hapnikuga.

Et olefiinidel korduvad etüleeni iseloomustavad omadused, siis peab nende molekulides esinema üks kaksikseos.

Olefiinide kolmandaks iseloomustavaks omaduseks on nende molekulide omavaheline liitumine. Nii annab süsivesinik butüleen ( $C_4H_8$ ) näiteks süsivesinikke  $C_8H_{16}$ ,  $C_{12}H_{24}$  jt.

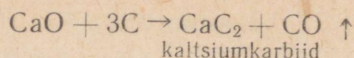
Kuna etüleenirea süsivesinikud on keemiliselt võrdlemisi aktiivsed, siis kasutatakse neid sünteetiliste vedelkütuste (bensiinide), glütseriini, sünteetilise kautšuki jne. valmistamisel.

#### Kordamisküsimusi.

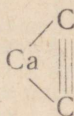
1. Kirjutage olefiinide üldvalem ja nimetage nende ühiseid omadusi.
2. Joonistage butüleeni molekuli elektron-skeem.
3. Võrrelge omavahel metaanirea ja etüleenirea süsivesinike omadusi. Milles seisneb sarnasus ja milles erinevus?

### § 3. Atsetüleen.

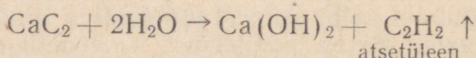
**1. Atsetüleeni saamine.** Laboratoorseks ning tehniliseks otstarbeks saadakse atsetüleeni tavaliselt kaltsiumkarbiidist. Kaltsiumkarbiidi saadakse kustutamata lubja ja koksi segu kuumutamisel elektriühjus:



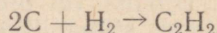
Kaltsiumkarbiid saadakse sel juhul tumedavärvuselise tahke kristalse aina. Tema struktuurvalem on:



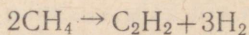
Kaltsiumkarbiid reageerib energiliselt veega, moodustades atsetüleen ja kustutatud lubja:



Atsetüleeni võib saada ka otsesel sünteesil süsinikust ja vesinikust elektrikaares:



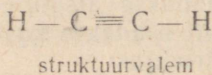
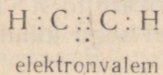
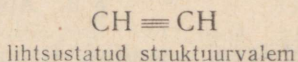
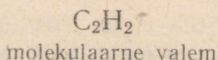
Atsetüleen tekib veel metaani lagundamisel kõrge temperatuuri juures elektrikaares:



Viimast saamisviisi kasutatakse ka tööstuslikult.

**2. Atsetüleeni omadused.** Atsetüleen on värvusetu mürgine gaas; puhtal atsetüleenil on nõrk eetrit meenutav lõhn. Kaltsiumkarbiidist saadud gaas on aga ebameeldiva lõhnaga, kuna ta sisaldab lisandina veidi väävelvesinikku ( $\text{H}_2\text{S}$ ), fosforvesinikku ( $\text{PH}_3$ ) ja arseenivesinikku ( $\text{AsH}_3$ ). Atsetüleen lahustub võrdlemisi hästi vees. Tavalisel temperatuuril lahustub ühes mahuosas vees niisama suur kogus atsetüleeni.

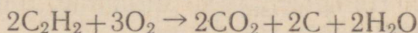
Atsetüleen on veel enam küllastumatuks süsivesinikuks kui etüleen. Atsetüleeni valemi  $\text{C}_2\text{H}_2$  võrdlemisel temale vastava küllastatud süsivesiniku etaani valemiga  $\text{C}_2\text{H}_6$  võib tähele panna, et atsetüleeni molekulis on neli vesiniku aatomit vähem kui etaani molekulis. Võttes aga arvesse, et molekulis ei saa esineda vabu valentse, peab atsetüleeni molekulis süsiniku aatomite vahel olema kolmekordne ehk kolmikseos. Seega on atsetüleenil järgmine struktuurvalem:



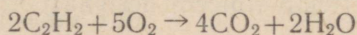
Kolmekordne side atsetüleenis molekulis osutab, et süsiniku aatomitel on ühised kolm elektronpaari, s. t. nad on seotud kolme kovalentse sidemega.

Et atsetüleenis leidub süsinikku protsendiliselt rohkem kui etüleenis, siis põleb ta õhus ka heledama, kuid tugevasti tahmava leegiga. Hapnikus põleb atsetüleen aga pimestavalt heleda leegiga, mida põhjustab süsiniku täielik põlemine.

1) Atsetüleenis mittetäielik põlemine:



2) Atsetüleenis täielik põlemine:



Atsetüleen annab õhuga segatult tugevasti plahvatava segu. Kokkusurutud atsetüleen plahvatab täiesti tühistel põhjustel.

Atsetüleen, kuuludes küllastumata süsivesinike hulka, on kergesti hapenduv oksüdeerijate toimel. Juhtides atsetüleenis läbi kaaliumpermanganaadi ( $KMnO_4$ ) lilla lahuse, muutub lahus värvi- tuks. See on seletatav sellega, et kaaliumpermanganaat ( $KMnO_4$ ) annab lagunedes kergesti ära hapniku, mis oksüdeeribki atsetüleenis.

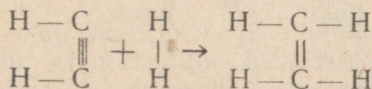
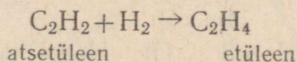
Atsetüleen kui küllastumata süsivesinik, mille molekulis leidub kolmekordne seos, astub kergesti liitumisreaktsioonidesse.

Toome näiteid:

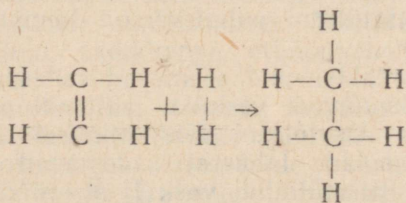
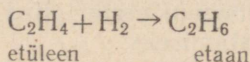
1) Vesiniku liitumine atsetüleenis molekuliga toimub nikkelkatalüsaatori juuresolekul.

Ühinemisreaktsioon kulgeb kahes staadiumis:

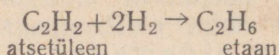
I staadium: etüleenis moodustumine atsetüleenis.



II staadium: etaanis moodustumine etüleenis.



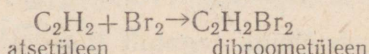
Summaarselt:



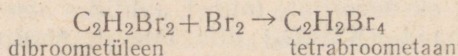
Seega atsetüleeni üks molekul võib liituda nelja vesiniku aatomiga.

2) Halogeenide liitumine toimub kolmekordse sideme katkemisega. Juhtides atsetüleeni läbi broomvee moodustub tetrabroometaan. Halogeenidega liitumine toimub samuti kui vesiniku liituminegi kahes staadiumis:

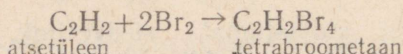
I staadium (tekib etüleeni derivaat):



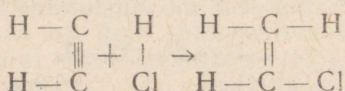
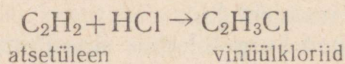
II staadium (tekib etaani derivaat):



Summaarselt:



3) Halogeenvesinike liitumine toimub katalüsaatorite osavõtul. Kasutades kloorvesinikku moodustub vinüülkloriid:



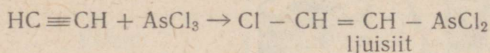
Vinüülkloriid ehk kloorvinüül —  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$  on gaas. Nagu valemist nähtub, kuulub vinüülkloriid küllastumata ühendite hulka. Valguse ja soojuse toimel vinüülkloriid polümeriseerub, moodustades kõrgmolekulaarse ühendi — vinüülkloriidi polümeeri ehk polüvinüülkloriidi. Polüvinüülkloriidi kasutatakse elektriisolatsiooni materjalina, laknaha imitatsiooni, plastmasside jm. valmistamiseks.

Eespool vaadeldud reaktsioonid olid kõik liitumisreaktsioonid, kuid atsetüleeni puhul võivad toimuda ka asendusreaktsioonid.

Asendusreaktsioonid seisnevad selles, et atsetüleeni molekuli koostisse kuuluvad vesiniku aatomid on asendatavad metalli aatomitega. Atsetüleeni läbijuhtimisel ammoniakaalsest vase- või hõbedasoolade lahusest sadestuvad tugevasti plahvatavad ühendid — atsetüliidid: vask(I)-atsetüliid ( $\text{Cu}_2\text{C}_2$ ) ja hõbeatse-

tüliid ( $\text{Ag}_2\text{C}_2$ ). Ka kaltsiumkarbiidi võib vaadelda atsetüliidina.

Atsetüleeni reageerimisel arseenkloriidiga ( $\text{AsCl}_3$ ) alumiiniumkloriidi kui katalüsaatori juuresolekul moodustub ljuisiit:

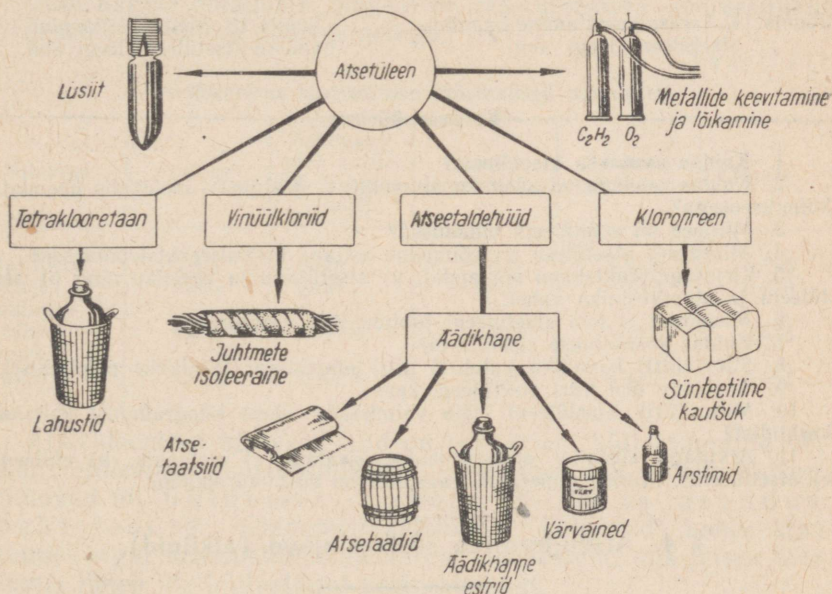


Ljuisiiti kasutati sõjagaasina Esimeses maailmasõjas.

Ljuisiit on raske, õline, tugevasti ärritava, geraaniumi lehti meenutava lõhnaga vedelik. Ta on tugeva toimega nahamürk.

**3. Atsetüleeni kasutamine.** Atsetüleeni kasutatakse tema lihtsa ja odava saamisviisi ning tema omaduste tõttu laialdaselt rahvamajanduses (joonis 13).

Suurtes kogustes tarvitatakse atsetüleeni metallide keevitamiseks ja lõikamiseks. Selleks kasutatakse hapniku-atsetüleeni leeki, mille temperatuur on väga kõrge — ligi  $3000^\circ$ .

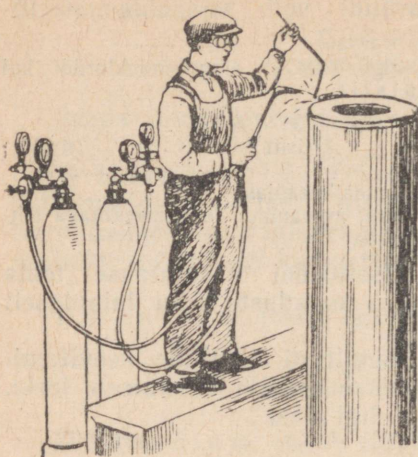


Joonis 13. Atsetüleeni kasutamine.

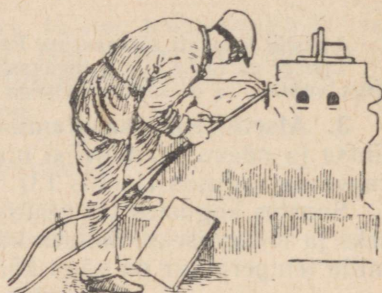
Suurtes kogustes kasutatakse atsetüleeni kui toorainet keemiatööstuses orgaaniliste ainete sünteesimisel. Atsetüleeni tarvatakse sünteetilise kautšuki, äädikhappe, etüülalkoholi, plastmasside jne. valmistamiseks.

Atsetüleen omab narkootilist toimet, seepärast kasutatakse teda narkoosiks kirurgiliste operatsioonide juures.

Atsetüleeni transportimiseks kasutatakse terasballoone, mis sisaldavad atsetüleeni lahustatuna atsetoonis rõhu all.



Joonis 14. Teraske keevitamine hapniku-atsetüleeni leegi abil.

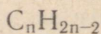


Joonis 15. Metalli lõikamine hapniku-atsetüleeni leegi abil.

#### Kordamisküsimusi.

1. Kuidas saadakse atsetüleeni?
2. Kuidas seletada, et süsiniku aatomid on atsetüleeni molekulis ühendatud kolmikseosega?
3. Millised on atsetüleeni omadused?
4. Mispärast atsetüleen on võimeline astuma liitumisreaktsioonidesse?
5. Kirjutage reaktsiooni võrrandid: a) atsetüleeni ja vesiniku ning b) atsetüleeni ja kloorvesiniku vahel.
6. Mispärast ei tohi atsetüleeni juhtida läbi vasktorude?
7. Kuidas kasutatakse atsetüleeni?
8. Mitu liitrit hapnikku kulub 5 liitri atsetüleeni täielikuks põletamiseks?
9. Arvutage ühe liitri atsetüleeni kaal.
10. Mitu liitrit atsetüleeni võib valmistada ühest kilogrammist kaltsiumkarbiidist?
11. Arvutage süsiniku protsentuaalne sisaldus a) metaanis, b) etüleenis, c) atsetüleenis. Milline nimetatud gaasidest on süsinikurikkaim?

#### § 4. Atsetüleenirea süsivesinikud (alkiinid).



Tuntakse mitmeid selliseid süsivesinikke, mis oma molekuli ehituse kui ka omaduste poolest on sarnased atsetüleeniga. Nii-suguseid süsivesinikke nimetatakse atsetüleenirea süsivesinikeks ehk alkiinideks.

Alkiinid on atsetüleeni homoloogilise rea liikmed ning nende molekulis esineb üks kolmekordne seos. Atsetüleenirea süsivesinikele vastavad etüleenirea süsivesinikud, nagu nähtub järgnevast tabelist.

| Atsetüleenirea süsivesinikud<br>$C_nH_{2n-2}$ |                             | Etüleenirea süsivesinikud<br>$C_nH_{2n}$ |                           |
|---|-----------------------------|--|---------------------------|
| Nimetus                                       | Valem                       | Nimetus                                  | Valem                     |
| Atsetüleen<br>(etiin)                         | $HC \equiv CH$              | Etüleen<br>(eteen)                       | $CH_2 = CH_2$             |
| Allüleen<br>(propiin)                         | $CH_3 - C \equiv CH$        | Propüleen<br>(propeen)                   | $CH_3 - CH = CH_2$        |
| Butiin  | $CH_3 - CH_2 - C \equiv CH$ | Butüleen<br>(buteen)                     | $CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$ |

Atsetüleenirea süsivesinikud sisaldavad võrreldes vastavate etüleenirea süsivesinikega vesinikku kahe aatomi võrra vähem. Seega on atsetüleenirea süsivesinike üldvalem  $C_nH_{2n-2}$ .

Füüsikaliste omaduste poolest on atsetüleenirea süsivesinikud sarnased etüleenirea süsivesinikega.

Tabel 11

## Atsetüleenirea süsivesinike füüsikalised omadused.

| Nimetus         | Valem    | Agregaat-olek harilikul temperatuuril | Keemistemperatuur | Sulamistemperatuur | Erikaal |
|-----------------|----------|---------------------------------------|-------------------|--------------------|---------|
| Atsetüleen      | $C_2H_2$ | gaas                                  | -81,6             | -83,6              | 0,565   |
| Allüleen        | $C_3H_4$ | gaas                                  | -102,7            | -23,3              | 0,670   |
| Etüülatsüleen   | $C_4H_6$ | vedelik                               | -122,5            | +8,5               | 0,678   |
| Propüülatsüleen | $C_5H_8$ | vedelik                               | -98,0             | +39,7              | 0,691   |

Atsetüleenirea süsivesinikud on veel enam küllastumatud võrreldes etüleenirea süsivesinikega. Atsetüleenirea süsivesinikega toimuvad nii ühinemis-, hapendus- kui ka asendusreaktsioonid. Ühinemisreaktsioonid kulgevad kahes staadiumis: algul moodustub etüleenirea süsivesinik, mis teises staadiumis läheb üle küllastatud süsivesinikuks.

## Kordamisküsimusi.

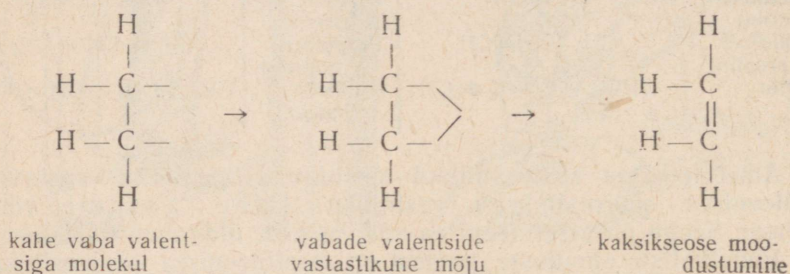
1. Andke atsetüleenirea süsivesinike mõiste. Millised on alkiinide omadused?
2. Võrrelge olefiinide ja alkiinide omadusi. Milles seisneb nende omavahealine sarnasus ja milles erinevus?

## § 5. Küllastumata ühendid.

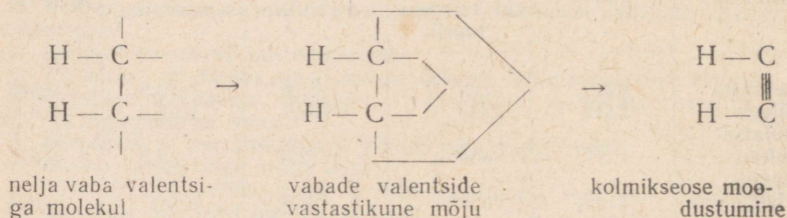
Eelmites paragrahvides me tutvusime etüleenirea ja atsetüleenirea süsivesinikega. Seejuures märkasime, et nendes ridadele kuuluvatel süsivesinikel kõik süsiniku aatomid ei olnud täie-

likult küllastatud vesiniku aatomitega, s. t. osa süsiniku aatomi valentse jäi küllastamata. Need küllastamata valentsid kaetakse vastastikku, nii tekib aga süsiniku aatomite vahele kahe- või kolmekordne keemiline seos.

Kui kahe süsiniku aatomi küllastamiseks aine molekulis kulub kaks vesiniku aatomit, siis sel juhul on süsiniku aatomite vahel kahekordne seos. Näiteks etüleen (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) puhul:



Kui kahe süsiniku aatomi küllastamiseks kulub aga neli vesiniku aatomit, siis on süsiniku aatomite vahel kolm sidet, s. t. kolmekordne seos. Vaatleme atsetüleen:



Süsivesinikke, mille molekulide koostises esinevad kahe- või kolmekordsed keemilised seosed, nimetatakse küllastumata süsivesinikeks.

Tundmaõpitud küllastumata süsivesinike omaduste ja valemitel põhjal võib neid süsivesinikke määratleda järgmiselt:

küllastumata süsivesinikeks nimetatakse selliseid süsivesinikke, mille molekulides süsiniku aatomid on ühendatud omavahel kaksik- või kolmikseosega.

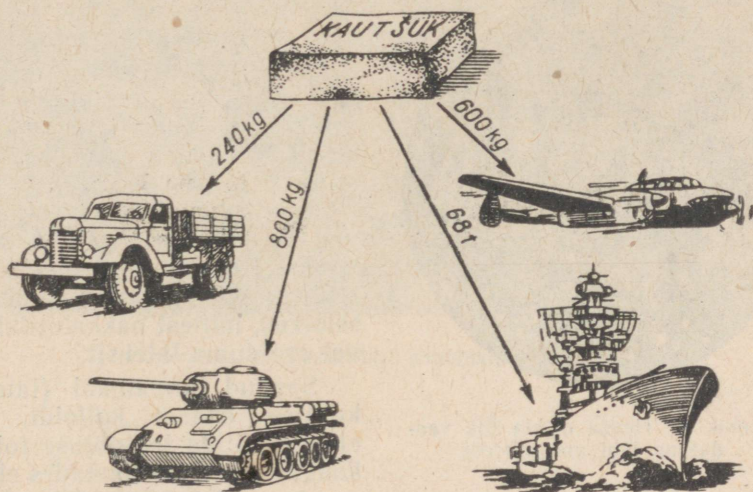
#### Kordamisküsimusi.

1. Kuidas seletada paljude süsivesinike molekulides esinevate kaksik- ja kolmikseoste olemasolu?
2. Selgitage küllastumata süsivesinike mõiste. Andke näiteid küllastumata süsivesinike kohta.

## § 6. Kautšuk ja kummi.

1. Kautšuki ja kummi tähtsus. Mitmete troopika päritoluga taimede mahlast saadakse venivat ning amorfset massi — kautšukit. Kautšuki füüsikalise-keemilisel töötlemisel saadakse kummit.

Kummitoodetel on käesoleval ajal eriti suur tähtsus. Ei leidu peaaegu ühtki rahvamajandus- või tööstusharu, kus ei kasutataks



Joonis 16. Kautšuki kogus, mis on vajalik auto, lennuki, tanki ja laeva valmistamiseks.

kummit. Autokummid, ülekanerihmad, transportlindid, torujuhtmed, mitmesuguste seadmete ja aparatuuride osad ja voodrid, isolatsioonimaterjalid, laboratooriumis kasutatavad torud ja korgid on kõik valmistatud kummi baasil. Kalossid, kummeeritud riidest jalatsid ja riitusesemed, laste kummist mänguasjad jm. on leidnud laia kasutuse meie igapäevases elus.

Käesoleval ajal toodetakse kuni mõnikümmend tuhat erinevat kummitoodet. Üksikud tööstusharud tarbivad väga suurtes kogustes kummit (vt. joonis 16).

Kummi suure tähtsuse ja laia kasutusala tõttu on kummitootmine üheks tähtsamaks keemiatööstuse haruks. Kummitoodete põhitooraineks on kas looduslik või sünteetiline kautšuk.

2. Looduslik kautšuk. Esimesed teated looduslikust kautšukist saabusid Euroopasse XV sajandi lõpul, peale Ameerika avastamist C. Kolumbuse poolt. Kolumbuse reisikaaslased nägid Ameerikas, kuidas indiaanlased mängisid mingitest tumedast ainest palliga — see oligi kautšuk. Sõna «kautšuk» tähendab indiaani

keeles «puu pisarad» (kaa — puu, o-tšu — nutma). Täpsemalt aga saadi kautšuki omadustest teada alles XVIII sajandi keskel. Ning XIX sajandi algul hakati Euroopas ka praktiliselt kasutama kautšukit. Kummitööstus tekkis 1839. aastal, kui avastati kautšukist kummi valmistamise viis.

Käesoleval ajal saadakse looduslikku kautšukit peamiselt troopilise kautšukipuu — *Hevea brasiliensis*'e mahlast, nn. lateksist. Kautšukipuid kasvatatakse spetsiaalsetes istandikes, mis asuvad Lõuna-Ameerikas, Aafrikas ja Edela-Aasias.

Hevea mahl meenutab välselt piima. Temas leiduvad väikesed kolloidsed kautšukiosakesed (vt. joonist 17).

Kautšukipuu koore all asuvad kanalikesed, milles asub lateks. Lateksi kogumiseks lõigatakse kautšukipuu koorde siseselõiked, millest hakkab tilkhaaval eralduma lateksit.

Saadud heveamahl (lateks) kujutab endast kolloidi, mis elektrolüütide ja soojuse toimel koaguleerub, moodustades elastse aine — kautšuki. Käesoleval



Joonis 17. Hevea mahla tilk vaadatuna läbi mikroskoobi.

ajal tuntakse palju lõunamaa päritoluga taimeliike, mis sisaldavad kautšukit. Nõukogude Liidu lõunaosas — Kesk-Aasias, Kaukaasias ja Krimmis leidub kautšukit sisaldavaid taimi, nagu hondrilla, tausagõss, koksagõss, krõmsagõss jt.

**3. Loodusliku kautšuki omadused ja koostis.** Looduslik ehk naturaalne kautšuk on temperatuuri mõjutuste suhtes ebapüsiv. Külmas muutub kautšuk hapraks, kuumas aga pehmeks ja kleepuvaks. Need kautšuki omadused piirasid kautšuki kasutuselevõtmist. Teadlased otsisid teid nende puuduste kõrvaldamiseks. Kuid alles möödunud sajandi esimesel poolel avastati meetod, mille abil saab looduslikku kautšukit muuta püsivaks, elastseks ja vastupidavaks materjaliks. Kautšuki kuumutamisel väävliga kaotab kautšuk oma kleepuvuse, muutub vastupidavaks, peale venitamist tõmbub kergesti kokku ja on püsiv temperatuuri muutuste suhtes. Saadud produkti nimetati kummiks; toorkautšuki kummiks muundumise protsessi väävliga kuumutamisel nimetatakse vulkaniseerimiseks. Kummi vulkaniseerimisel toimuvad keerukad füüsikalise-keemilised protsessid, kusjuures väävli aatomid ühinevad kautšuki üksikute molekulidega, liites viimaseid omavahel.

Käesoleval ajal saadakse loodusliku kautšuki töötlemisel väävliga kõrgemal temperatuuril või väävelsüsinikus ( $CS_2$ ) lahustatud



Joonis 18. Sisselõiked kautšukipuudes.



Joonis 19. Hondrilla sisaldab kuni 9% kautšukit.



Joonis 20. Tausagõssi juurtes on kuni 40% kautšukit.



Joonis 21. Koksagõssi juurtes leidub 12% kautšukit.

väävelmonokloriidiga ( $S_2Cl_2$ ) narilikul temperatuuril vulkaniseeritud kautšuk ehk kummi.

Kautšukit, mis sisaldab üle 32% väävlit, nimetatakse kõvakummiks ehk eboniidiks.

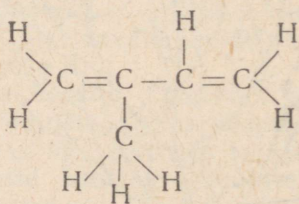
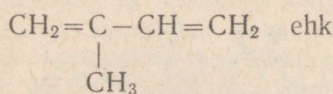
Kautšukist kummi valmistamisel hakati peale väävli lisama ka mitmesuguseid teisi aineid: tahma — vastupidavuse tõstmiseks, värvaineid — värvimiseks, kriiti — toodete odavamiseks jne.

Kummil on palju hinnatavaid omadusi. Ta on elastne, mehhaaniliste mõjutuste suhtes vastupidav, kannatab deformatsioone, ei juhi elektrivoolu, ei lase läbi vett ega gaase jne.

Kautšuki koostist uuriti juba XIX sajandi esimesel poolel, mil selgitati, et kautšuk koosneb süsinikust ja vesinikust ning et kautšuki molekul on hiiglasuur.

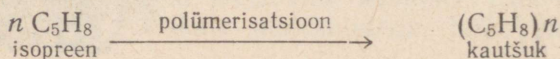
Analüüsi andmeil on looduslik kautšuk küllastumata süsivesinik, milles leiduva süsiniku ja vesiniku sisalduse suhe avaldub järgmise lihtsaima valemiga:  $C_5H_8$ .

Selline koostis on küllastumata süsivesinikul isopreenil ( $C_5H_8$ ), mille struktuurvalem on:

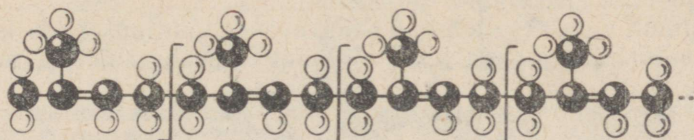
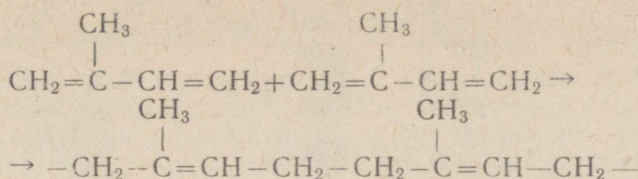


Tehti kindlaks, et kautšuki molekul koosneb üksteisega pikaks ahelaks liitunud isopreeni ( $C_5H_8$ ) molekulidest.

Heveast saadud toorkautšuki molekul koosneb umbes 2500 isopreeni molekulist. Seega oleks kautšuki keskmine molekulkaal umbes 170 000. Seni pole suudetud täpselt kindlaks teha kautšuki molekulis leiduvate isopreeni molekulide arvu, seepärast kautšuki moodustumist isopreenist või, teisiti väljendades, isopreeni polümeerisatsiooni kautšukiks võib kujutada järgmiselt:



Isopreeni polümeerisatsiooni võib struktuurselt ette kujutada järgmiselt:



Joonis 22. Kautšuki molekul (joonisel on süsiniku aatomid kujutatud mustade ringikestega, vesiniku aatomid aga valgetega. Sulgudega on eraldatud üksikud isopreeni molekulid).

Seega isopreeni polümerisatsioonil toimub kaksikseose ümberpaiknemine.

Isopreeni polümerisatsiooni reaktsioon toimub valguse, soojuste, rõhu ja eriti katalüsaatorite mõjutusel.

Isopreeni struktuuri kindlaksmääramine, samuti ka ta polümerisatsiooni selgitamine aitas luua teaduslikke aluseid sünteetilise kautšuki tootmiseks.

Loodusliku kautšuki ehituse kindlaks teinud, hakkasid keemikud üritama kunstliku kautšuki saamist süsivesinike polümeriseerimise teel.

Esimesena õnnestus see Butlerovi õpilasel vene keemikul I. L. Kondakovil 1900. aastal. Kondakov avastas, et vedel süsivesinik koostisega  $\text{C}_6\text{H}_{10}$ , nn. dimetüülbutadien, võib pikemaajal säilitamisel või soojendamisel muutuda kautšukiks.

Esimese maailmasõja ajal toodeti Saksamaal Kondakovi avastust kasutades tööstuslikus ulatuses kunstlikku kautšukit. Kuna saadud kautšuk oli aga omadustelt halb ja tema tootmine kulukas, siis lõpetati tema tootmine peale sõja lõppu 1918. aastal.

NSV Liidus puudusid kautšukipuude istandused. Rahvamajandus vajab aga kautšukit üha suuremal määral. Osaliselt suudeti kautšuki vajadust rahuldada meie maal kasvatatavatest kautšukitaimedest saadava kautšuki abil. Kuid sellest oli vähe. Vältimatu oli kunstliku kautšuki tööstusliku saamisviisi leiutamine.

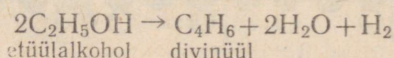
1926. aastal kuulutas Nõukogude valitsus välja rahvusvahelise konkursi parimale sünteetilise kautšuki tööstusliku valmistamise menetlusele. Konkursist võtsid osa ka nõukogude keemikud — akadeemik A. I. Favorski õpilased. Töötati välja mitmed sünteetilise kautšuki tootmise menetlused. Vastu võeti neist aga ainult kaks.

Parima lahenduse sünteetilise kautšuki probleemile andis aka-

dėemik S. V. Lebedev, kes koos kaastõolistega töötas 1928. aastal välja otstarbeka meetodi.

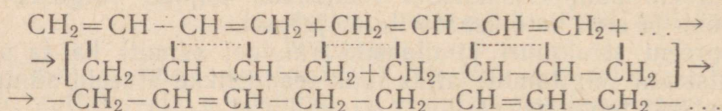
Juba 1909. aastal keemik Lebedev avastas, et gaasiline aine divinüül annab suurepäraselt kautšukit. Kautšuki tööstuslikuks tootmiseks oli tarvis odavat toorainet, divinüül oli aga väga kallis. Lebedevil ja tema kaastõotajatel õnnestus avastada tööstuslik viis divinüüli valmistamiseks suhteliselt odavast toorainest, nimelt etüülalkoholist ehk viinpiiritusest.

Divinüüli saadakse etüülalkoholi aurude juhtimisel üle kuuma katalüsaatori; seejuures tekib divinüül (ehk butadien), vesi ja vesinik:



Gaasiline aine divinüül muutub kergesti vedelikuks. Metallilise naatriumi kui katalüsaatori juuresolekul polümeriseerub divinüül kautšukitaoliseks massiks (buna).

Divinüüli polümeriseerumist võib kujutada järgmiselt:



Juba 1930. aastal lasti käiku esimene katsetehas kunstliku kautšuki tootmiseks Lebedevi meetodil. 1932. aastal lasti käiku esmakordselt maailmas suurtööstuslikus mastaabis sünteetilise kautšuki tehas. Käesoleval ajal toodetakse sel viisil sajad tuhanded tonnid sünteetilist kautšukit, ja mitte ainult meil, Nõukogude Liidus, vaid ka välismaal.

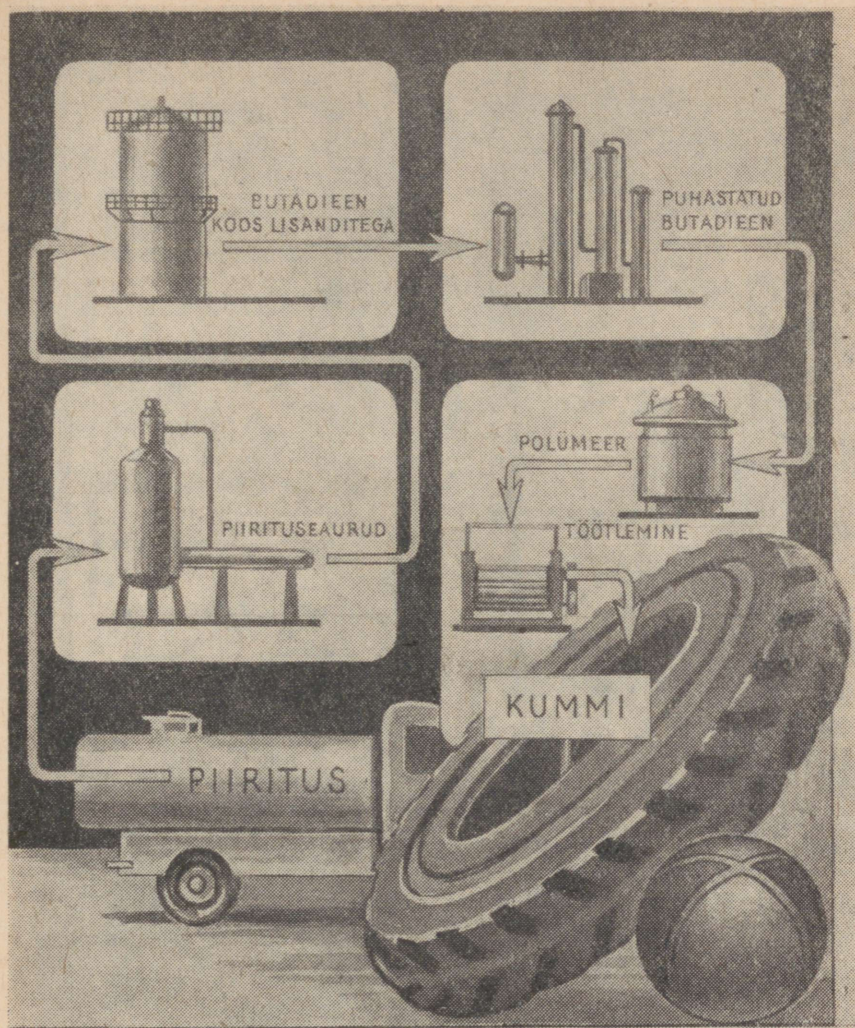
Sünteetilise kautšuki tooraine ei ole aga mitte ainult teraviljast või kartulist saadud etüülalkohol, vaid ka saepurust ja puidujäätmest toodetud alkohol.

Nõukogude õpetlane, professor B. V. Bõzov töötas välja teise vastuvõetava sünteetilise kautšuki tootmise menetluse. Bõzov ja tema kaastõolised kasutasid aga lähteainena naftaprodukte.

Bõzovi meetodit täiendas akadeemik N. D. Zelinski.

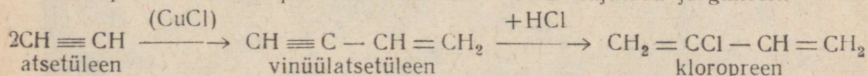
Ameerika Ühendriikides hiljuti loodud kunstliku kautšuki tootus rajaneb sellele divinüüli (butadieni) saamisviisile.

Lebedevi töödega on tihedalt seotud tema õpetaja A. J. Favorski tööd, kes esimesena maailmas töötas välja praktiliselt kasutatava isopreeni sünteesi. Favorski tööde alusel töötasid nõukogude keemikud välja meetodi kautšuki saamiseks atsetüleenist. Selle sünteesi olemus seisneb järgmisel viisil: atsetüleen muutub vask(I)kloriidi toimel nn. vinüülatsetüleeniks, mis kergesti liitub kloorvesinikuga ja moodustab kloropreeni.



Joonis 23. Sünteelise kautšuki saamine S. V. Lebedevi menetsusel.

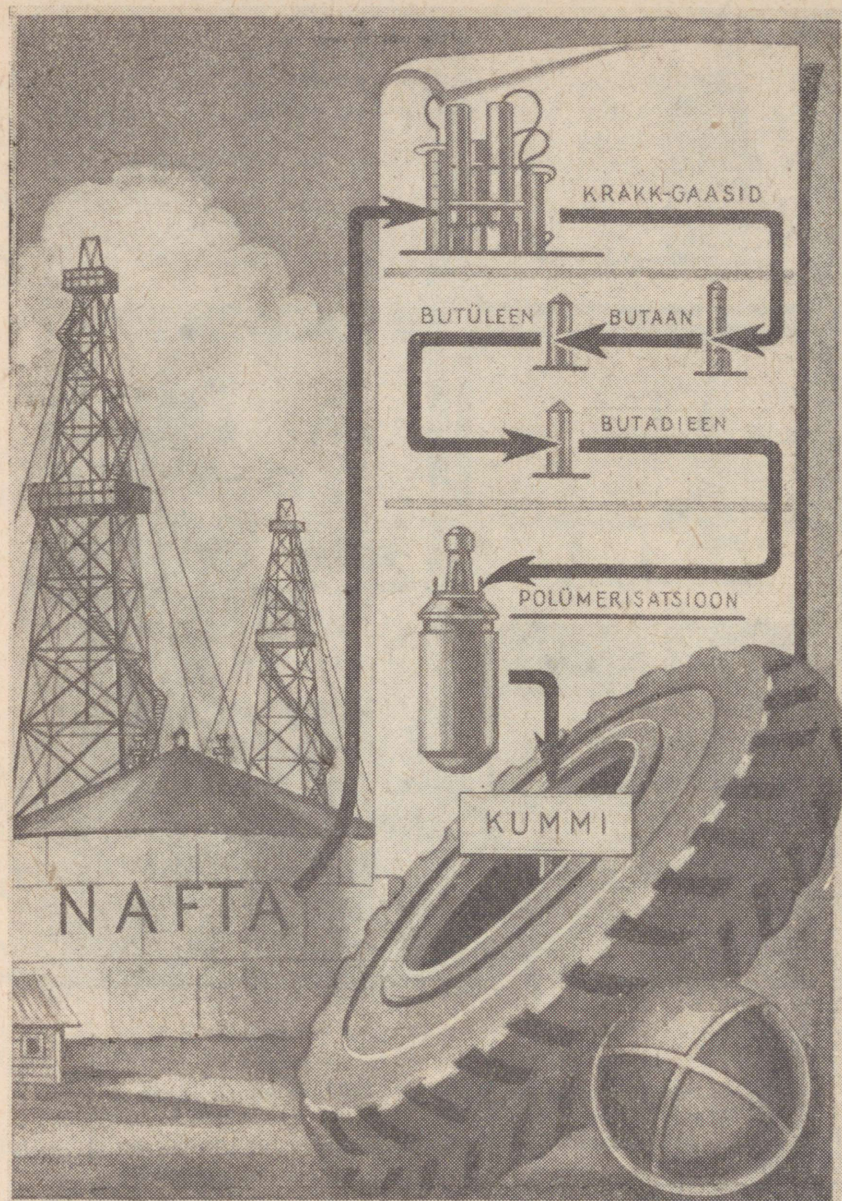
Kloropreeni saamise protsessi võib lihtsustatult kujutada järgmiselt:



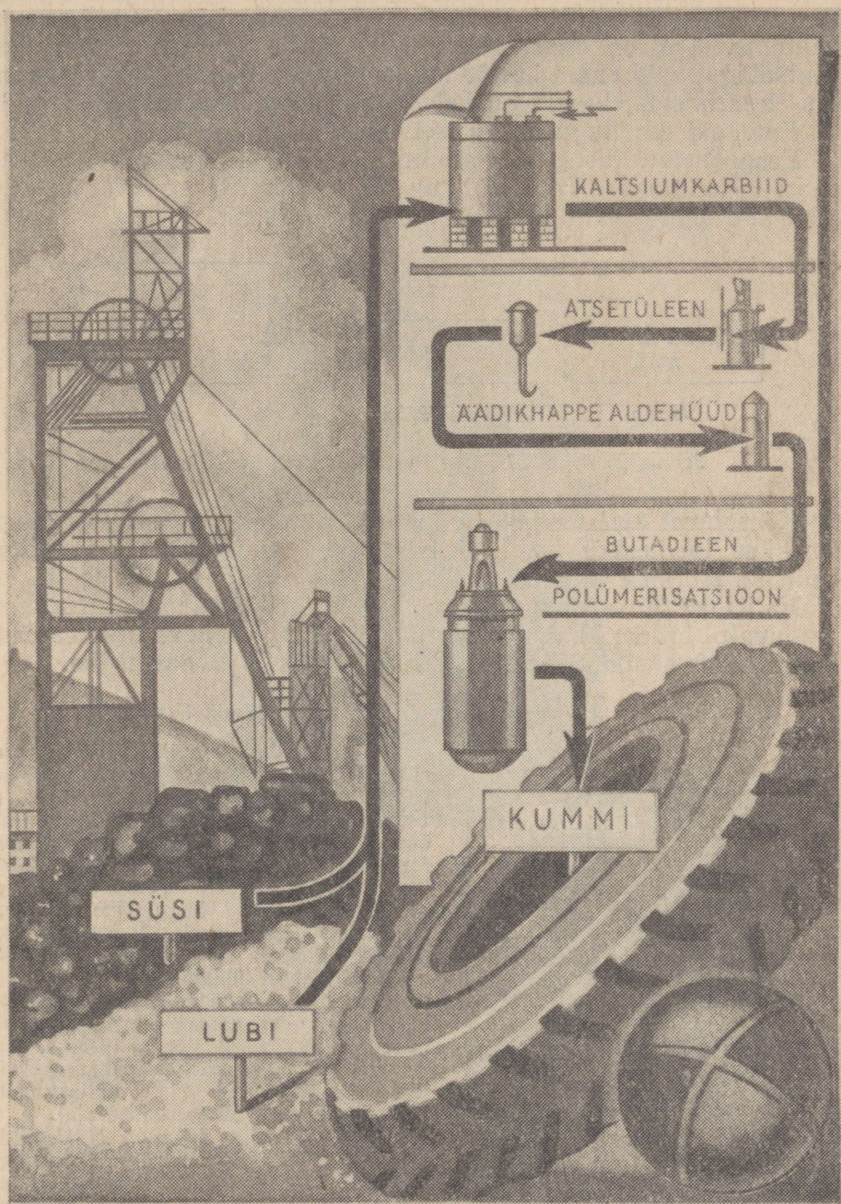
Kloropreeni polümeriseerumise saaduseks on suurepärase omadustega kloropreenikautšuk  $(\text{C}_4\text{H}_5\text{Cl})_x$ .

Käesoleval seitseaastakul suureneb sünteelise kautšuki tootmine 3,7 korda.

Senini kasutati kautšuki valmistamiseks toiduainetest (kartulid, teravili) saadud piiritust. Seitseaastaku lõpul kasutatakse aga



Joonis 24: Sünteetilise kautšuki tootmise skeem naftaproduktidest B. V. Bözovi meetodil.

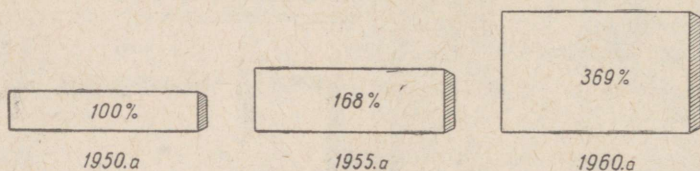


Joonis 25. Sünteetilise kautšuki saamine atsefüleenist (sõe ja lubja baasil).

kautšuki tootmiseks ainult sünteetiliselt saadud piiritust. Kautšuki tootmise tooraineteks saavad naftatöötlusgaasid ja looduslik gaas. Uue kautšuki liigina juurutatakse seitseaastakul isopreen-kautšuki tootmine. See on oma omadustelt täiesti sarnane loodusliku kautšukiga, kuid enam kui 20 korda odavam looduslikust. Suurem osa ehitatavaid tehaseid hakkab tootma isopreenkautšukit.

Kautšuki toodangu kasvu iseloomustab joonis 26.

Eespool me tutvusime ainult sünteetilise kautšuki saamise paari menetlusega. Tegelikult on välja töötatud aga väga palju erinevaid sünteetilise kautšuki tootmismeetodeid.



Joonis 26. Kautšuki toodangu kasv Nõukogude Liidus.

Käesoleval ajal toodetakse kunstlikku kautšukit paljudes maa-des, kus loodusliku kautšuki istandused puuduvad. Sünteetilise kautšuki tootmise alused loodi aga nõukogude õpetlaste poolt.

Välismaal hakati kunstlikku kautšukit suurtööstuslikult tootma tunduvalt hiljem kui Nõukogude Liidus, näiteks Saksamaal 1936.—1938. aastal, Ameerika Ühendriikides 1942. aastal jne.

#### Akadeemik Favorski.



A. J. Favorski (1860—1945).

Aleksei Jevgrafovitsš Favorski sündis 1860. a. Nižni Novgorodi kubermangus (nüüdne Gorki oblast). 1878. a. astus Favorski Peterburi ülikooli, kus õppejõududeks olid Mendelejev, Butlerov, Menšutkin ja teised kuulsad vene tead-lased. Pärast ülikooli lõpetamist 1882. a. pühendas Favorski kogu oma elu tea-duslikule-pedagoogilisele tegevusele orgaanilise keemia alal, mis mõõdis pea-miselt Peterburi ülikoolis.

Favorski teadusliku loomingu õitseng algas aga alles pärast Suurt Sotsialist-likku Oktoobrirevolutsiooni. 1918. a. ala-tes sooritas Favorski rea põhjanevaid töid atsetüleeni ja teiste küllastumata süsivesinike polümeriseerumise alal.

1929. a. valiti Favorski NSV Liidu Teaduste Akadeemia liikmeks. Ta organi-seeris orgaanilise sünteesi laboratooriumi, millest kasvas välja Teaduste Akade-mia Orgaanilise Keemia Instituut, kus ta koos noorte nõukogude teadlastega lahendas rahvamajanduse aktuaalseid probleeme. Nõukogude Liidu edu kunst-liku kautšuki, plastmasside, orgaanilise

klaasi ja teiste sünteetiliste ainete valmistamisel sai võimalikuks ainult Favorski ja tema silmapaistvate õpilaste Lebedevi ning Bõzovi tööde tõttu.

Favorskit on autasustatud nelja Lenini ordeni ja Tööpunalipu ordeniga ning 1945. a. anti temale sotsialistliku töö kangelase nimetus.

Favorski oli ülemaailmse kuulsusega teadlane. Ta oli paljude välismaiste teaduslike seltside auliikmeks.

### Akadeemik Lebedev.



S. V. Lebedev (1874—1934).

Sergei Vassiljevitsš Lebedev sündis 1874. a. Lublinis. 1895. a. astus Lebedev Peterburi ülikooli. Osavõtu eest üliõpilaste rahutustest areteeriti Lebedev 1899. a. ja saadeti Peterburist välja. Alles aasta pärast õnnestus tal tagasi pöörduda ja ülikool lõpetada.

1908. a. alates tegeles Lebedev küllastumata süsivesinike, eriti isobutüleeni polümeriseerumise uurimisega, mille kallal ta töötas kuni surmani.

1913. a. alates töötas ta keemia professorina Peterburi kõrgemates õppeasutustes.

Alles pärast Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni said täiel määral avalduda Lebedevi suured organisatoorsed ja teaduslikud võimed. 1925. a. organiseeris ta Leningradis nafta uurimise spetsiaalse laboratooriumi.

1932. a. valiti Lebedev NSV Liidu Teaduste Akadeemia tegevliikmeks. Tööde eest kunstliku kautšuki valmistamise alal autasustati Lebedevi Lenini ordeniga.

1934. aastal suri Lebedev oma loovate jõudude täies õitsengus. Tema nimi jääb igaveseks püsima maailma ja vene keemia ajalukku.

## Professor B. V. Bõzov.

Boriss Vassiljevitš Bõzov õppis Peterburi Ülikoolis ja lõpetas viimase 1903. aastal. Alates 1918. aastast töötas B. V. Bõzov Leningradi Polütehnilise Instituudi professorina. Hiljem töötas ta Pedagoogilises ja Keemilise Tehnoloogia Instituudis. Prof. Bõzov oli tol ajal suurimaks eriteadlaseks kautšuki ja kummi alal. Tema osavõtul ja juhendamisel teostati laiahaardelisi ja süstemaatilisi uurimusi kummitööstuse valdkonnas. Ta oli pioneeriks sünteetilise kautšuki tootmisel naftast.



B. V. Bõzov (1880—1934).

Prof. Bõzovi sulest on ilmunud silmapaistvad kirjutised kautšuki vulkaniseerimise teooria alalt. Ta avastas aktiivsed katalüsaatorid küllastumata süsivesinike polümeriseerimiseks.

Prof. Bõzov võttis aktiivselt osa Teadusliku Füüsikalise-Keemilise Ühingu tööst.

### Kordamisküsimusi.

1. Milline on kautšuki rahvamajanduslik tähtsus?
  2. Mida kujutab endast looduslik kautšuk ja kuidas teda toodetakse?
  3. Millised on kautšuki omadused?
  4. Kuidas saadakse kummit? Milline on kummi koostis ja omadused?
  5. Milline süsivesinik kuulub naturaalse kautšuki koostisse? Milline on selle süsivesiniku ehitus?
  6. Kujutage skemaatiliselt struktuurvalemite abil isopreeni polümerisatsioon kautšukiks.
  7. Milliseid sünteetilise kautšuki saamise meetodeid tunnete?
-

## V peatükk.

### NAFTA.

#### § 1. Nafta leidumine looduses.

Nafta on looduses väga levinud, teda leidub peaaegu kõikides maakera osades. Suurimad nafta leiukohad asuvad Nõukogude Liidus, Ameerika Ühendriikides, Iraanis, Indoneesias, Rumeenias jm. Nõukogude Liidu tähtsamad naftarajoonid on: Apšeroni poolsaar (Bakuu lähedal), Groznõi linna ümbrus, Musta mere piirkond (Maikop), Sahhalini saar, Kaspia mere põhjarannik, Kesk-Aasia leiukohad (Usbeki ja Turkmeeni liiduvabariik), Uhta, nn. «Teine Bakuu» (Volga ja Uraali vahel) jm.

Geoloogilise luurega tehti juba 1937. aastal kindlaks, et Nõukogude Liit on naftavarude poolest maailmas esikohal.

#### Kordamisküsimusi.

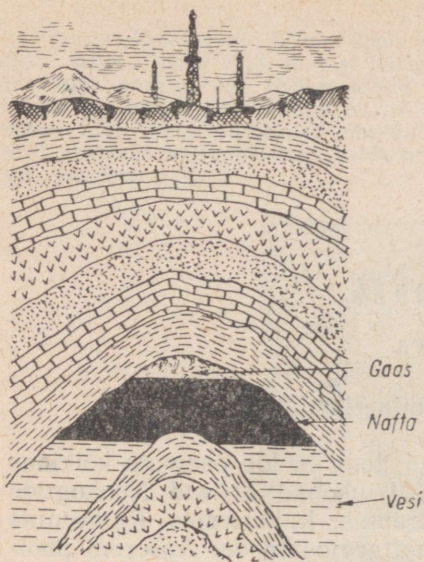
1. Näidake kaardil tähtsamad nafta leiukohtade rajoonid NSV Liidus.
2. Mitmendal kohal on Nõukogude Liit naftavarude poolest maailmas?

#### § 2. Nafta tootmine.

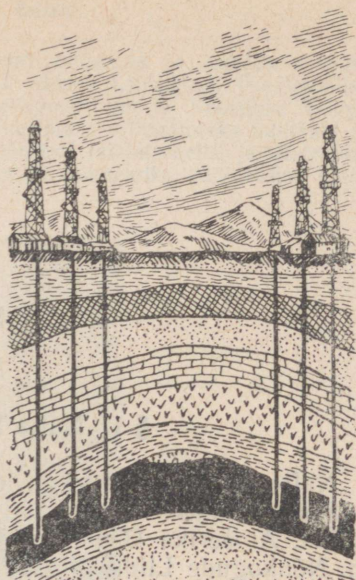
Nafta paikneb maakoores mitmesugustel sügavustel, kus nafta taga on läbi immutatud urbsed kivimid (liivakivi, lubjakivi). Nafta koguneb sellistesse maakoore kurdudesse, kust ta ei saa laiali valguda. Tavaliselt on sellised nafta kogunemispaidad seal, kus maakoore kihtide kumerused moodustavad kuplikesi. Naftat sisaldavate kihtide all ja peal asuvad harilikult tihedad savikihid, mis ei lase naftat ja gaase läbi tungida.

Naftas on tavaliselt lahustunud madalamad gaasilised süsivesinikud (metaan, etaan jt.) ja vesi. Vastavalt erikaalule koguneb naftat sisaldavas kihis allapoole vesi, selle peal on nafta ja viimase kohal asuvad gaasilised komponendid (joonis 27).

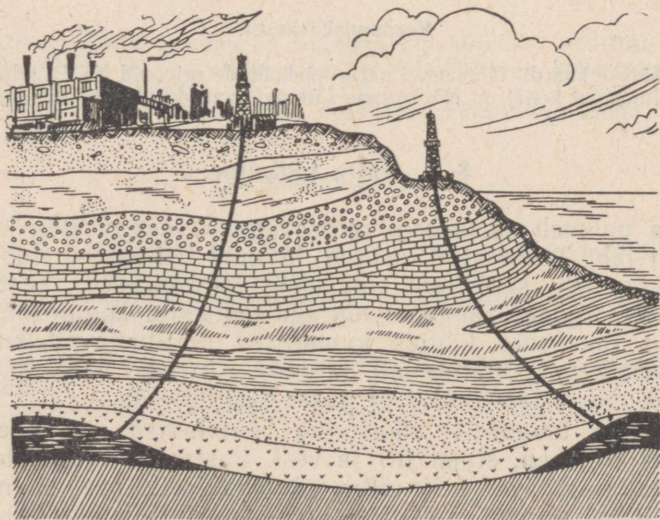
Naftat toodetakse juba ammu. Algul kogusid inimesed vaid seda naftat, mis oli loomulikult teel tunginud maapinna lohkudesse ja pragudesse. Hiljem hakati rajama kaevusid, mis



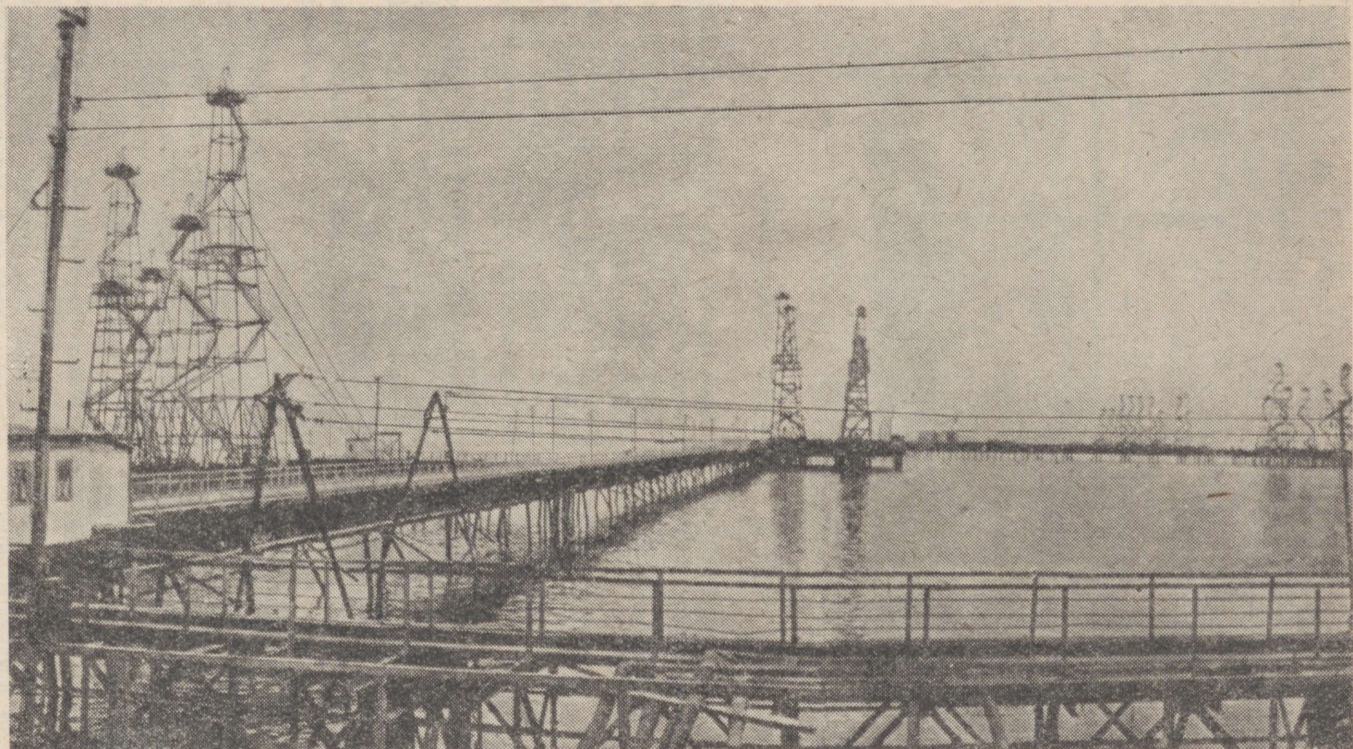
Joonis 27. Nafta leiukoha geoloogiline läbilõige.



Joonis 28. Naftapuuraugude paiknemine.

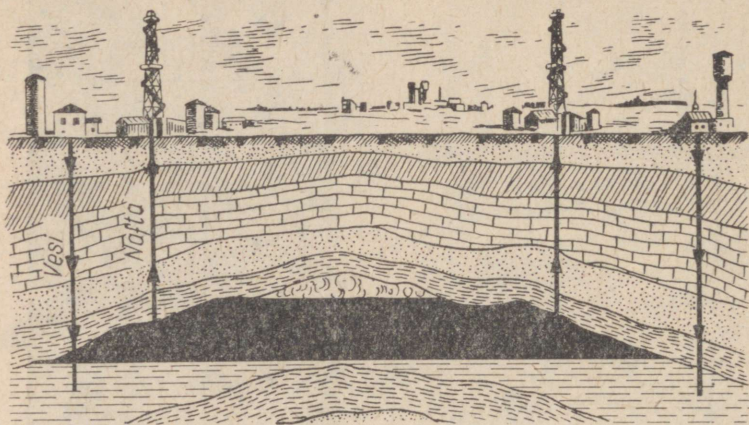


Joonis 29. Kõverdatud puuraugud.



Joonis 30. Kaldast eemal asuvad naftapuurtornid.

ulatusid kuni naftalademeteeni. See viis oli aga raske ja ka ohtlik, kuna sageli juhtusid plahvatused ja tulekahjud, millega kaasnesid inimohvid.



Joonis 31. Vesi tekitab naftakihis rõhu.

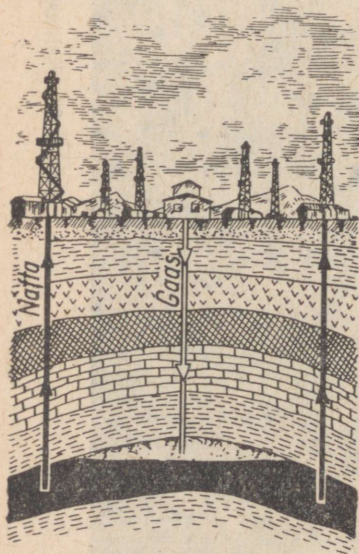
XIX sajandi keskpaiku hakati nafta tootmiseks kasutama nafta puuraukude rajamist. Esimene puurauk tehti 1848. aastal F. A. Semjonovi poolt Bakuu rajoonis. Sellest peale algas puurimistehnika areng. Käesoleval ajal toodetakse naftat sel meetodil isegi suurtest sügavustest. Harilikult rajatakse selleks vertikaalsed puuraukud, mis paiknevad üksteisele võrdlemisi lähedal.

Mõnikord asuvad aga naftalademed linnade, hoonete ja merepõhja all, sel juhul rajatakse kõverdatud puuraukud.

Kui naftalademed paiknevad mere põhja all, siis rajatakse puuraukud kaldast eemale.

Kui nafta on maakoore kihtide ja gaaside tugeva surve all, siis paiskub ta iseenesest tugeva joana maapinnale. Kui aga nafta rõhu all ei asu, siis pumbatakse naftakihti vett ja sel teel tekitatakse rõhk.

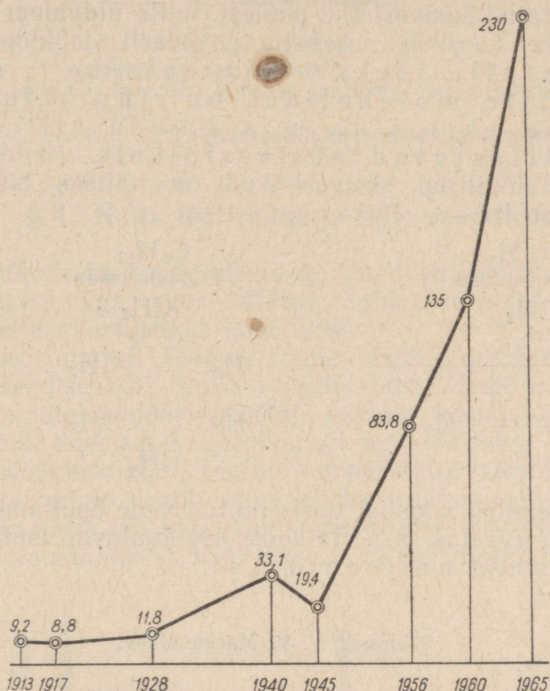
Kui naftakihis on gaaside surve liiga väike, siis juhitakse sinna suruõhku või gaase, suurendatakse niiviisi rõhku ja nafta paiskub maapinnale.



Joonis 32. Nafta tungimine maapinnale gaaside või suruõhu kasutamise tõttu.

Nõukogude Liidu rahvamajanduse võimas kasv tingis ka naftatootmise kasvu.

Tsaristlikul Venemaal saadi mehhaniseeritud tootmisviisil ainult 5,9% kogu toodetud naftast, NSV Liidus on naftatootmine aga mehhaniseeritud kuni 98%.



Joonis 33. Naftatoodangu kasv Nõukogude Liidus (milj. tonnides).

Nõukogude võimu päevil kasvas naftatootmine grandioosselt. Naftatoodangu poolest on Nõukogude Liit teisel kohal maailmas ja esimesel kohal Euroopas.

#### Kordamisküsimusi.

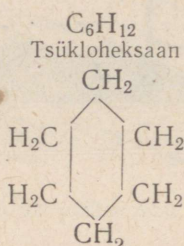
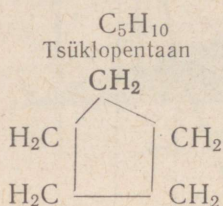
1. Jutustage nafta paiknemisest maakooses.
  2. Kuidas toodetakse naftat?
  3. Millistel juhtudel kasutatakse kõverdatud puurauke?
  4. Milliste jõudude tõttu paiskub nafta puuraukudest joana?
  5. Mispärast mõnikord puuraukudest nafta iseenesest välja ei voola?
- Mida kasutatakse sel juhul nafta kättesaamiseks?
6. Millised on naftatootmise edusammud Nõukogude Liidus?

### § 3. Nafta omadused ja koostis.

Nafta on viskoosne õlikas vedelik. Tal on iseloomulik ning ebameeldiv lõhn. Naftal on helekollane kuni punakaspruun värvus. Mõningad naftaliigid on koguni musta värvusega.

Nafta on harilikult veest kergem vedelik, ta erikaal kõigub 0,7 kuni 0,95 g/cm<sup>3</sup> vahel. Üksikuil juhtudel leidub naftat erikaaluga 1,0 g/cm<sup>3</sup> ja isegi raskemat.

Keemiliselt koostiselt on nafta mitmesuguste süsivesinike segu. Groznõi, Suruhhana, Fergana ja Lääne-Ukraina nafta on väga rikas küllastatud süsivesinike poolest, mille üldvalem on C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>. Bakuu nafta koosneb seevastu peamiselt tsükloparafiinidest. Tsükloparafiinideks nimetatakse süsivesinikke, mille molekulidel on ringikujuline ehk tsükliline ehitus ja mis omadustelt on lähedased küllastatud süsivesinikele. Nende üldvalem on C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>. Tsüklilised süsivesinikud on näiteks tsüklopentaan, tsükloheksaan jt.:



Nafta keemilist koostist uuris tuntud vene õpetlane V. V. Markovnikov. Ta avastas, et nafta koosseisu kuuluvad tsükloparafiinid ning nimetas neid nafteenideks.

#### Professor V. V. Markovnikov.



V. V. Markovnikov (1839—1904).

Vladimir Vassiljevitsš Markovnikov on A. M. Butlerovi välja-paistev õpilane.

Markovnikov sündis Nižni Novgorodi (nüüd Gorki) lähedal asuvas Tšernoretsi külas. Peale kesk-kooli lõpetamist 1856. aastal astus ta Kaasani ülikooli õigusteadus-konda. Samal ajal käis ta Butlerovi orgaanilise keemia loengutel ja töötas viimase juhatusel laboratooriumis. Peale ülikooli lõpetamist jäi ta tööle laborandina Butlerovi keemialaboratooriumisse.

1862. aastal hakkas ta ülikoo-lis pidama loenguid anorgaanilises ja analüütilises keemias.

1865. aastal kaitses keemia ma-gistri väitekirja ning neli aastat hiljem, 1869. aastal doktori väitekirja teoreetilise keemia alal. Samal aastal valiti ta keemia professoriks. Alates 1873. aastast kuni surmani töötas ta Moskva üli-kooli professorina. Markovnikov

arendas hiilgavalt edasi Butlerovi teooriat orgaaniliste ainete ehitusest. Ta avastas keemiliste reaktsioonide kulgemise mitmed seaduspärasused, nn. Markovnikovi reeglid.

Markovnikov töötas edukalt nafta keemilise koostise uurimisel. Ta oli huvitatud naftatööstuse arendamisest Venemaal.

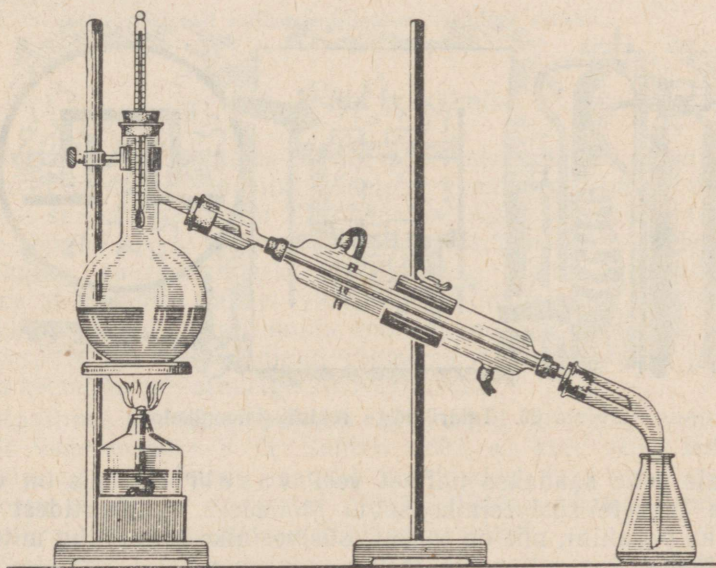
#### Kordamisküsimusi.

1. Millised on nafta füüsikalised omandused?
2. Milline on nafta keemiline koostis?
3. Kas võib nafta keemilist koostist avaldada ühe molekulaarse valemiga? Andke motiveeritud vastus.
4. Millised on prof. V. V. Markovnikovi teened nafta uurimise alal?

### § 4. Nafta töötlemine ja selle saadused.

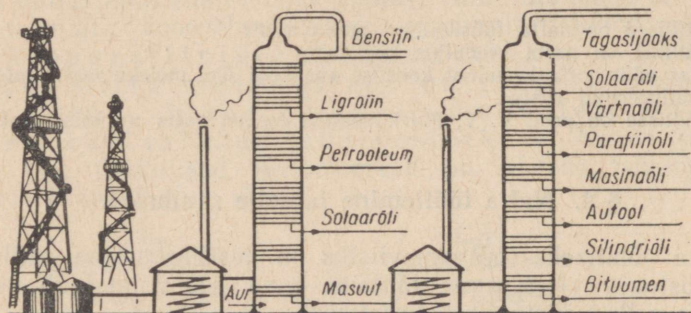
Nafta põhiliseks töötlemisviisiks on destilleerimine, millel on naftatööstuses väga suur tähtsus, kuna see võimaldab naftast eraldada selle väärtuslikke koostisosi.

Laboratooriumides teostub nafta destilleerimine joonisel 34 kujutatud seadise abil. Nafta soojendamisel destilleeruvad algul, s. t. madalamatel temperatuuridel, madala keemistemperatuuriga süsivesinikud, edasisel soojendamisel aga kõrgema keemistemperatuuriga süsivesinikud. Teatud temperatuurivahemikega teostatud nafta järguline destilleerimine ehk fraktsioneerimine võimaldab määrata nafta üksikute fraktsioonide sisaldust võetud proovis. Nafta iseloomustamiseks kogutakse tavaliselt ühte kogujasse kõik



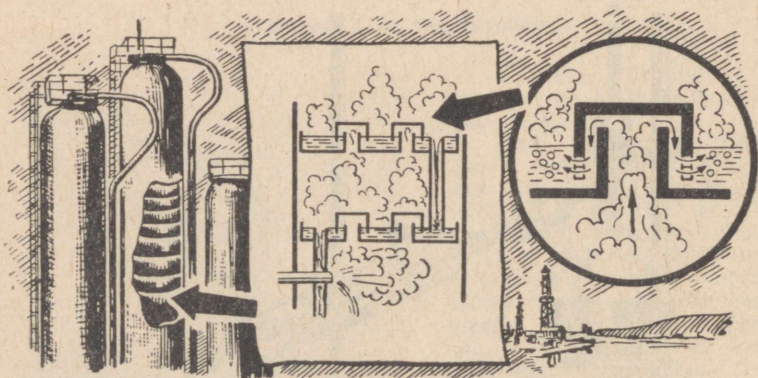
Joonis 34. Seadis nafta fraktsioneerimiseks.

süivesinikud, mis keevad temperatuurini kuni  $150^{\circ}$ , ja teise, mis keevad  $150-300^{\circ}$  piires. Esimene fraktsioon sisaldab süivesinikke  $C_5H_{12}$  kuni  $C_9H_{20}$  ja tema üldnimeks on bensiin. Teise fraktsiooni üldnimeks on petrooleum. Sageli fraktsioneeritakse esimest ja teist fraktsiooni veel allosadeks (joonis 35).



Joonis 35. Pidevalt töötava nafta lahutamisseadme skeem.

Naftajääki pärast bensiini ja petrooleumi üledestilleerimist nimetatakse masuudiks. Masuudi destilleerimisel vähendatud rõhu all saadakse määrdeõlid, näiteks värtnaõli, masinaõli, silindriõli jt. Jääki pärast määrdeõlide eraldamist masuudist nimetatakse gudrooniks ja sellest valmistatakse kunstlikku asfalti.



Joonis 36. Taldrikutega rektifikatsioonikolonn.

Peale selle saadakse naftast veel vaseliini, mis on vedelate ja tahkete süivesinike segu. Mõnedest naftasortidest saadakse ka parafiini, mis on tahkete süivesinike segu, ning mitmeid teisi aineid.

Kaasajal kasutatakse tööstuses nafta destilleerimiseks pidevalt

töötavaid seadmeid. Seadme juurde kuulub kaks toruahju, milles toimub nafta eelsoojendamine. Nafta lahutamise üksikuteks komponentideks toimub rektifikatsioonikolonnis.

Toruahjus nafta soojendatakse 300—325° C. Selle temperatuuri juures enamik nafta koosseisu kuuluvatest ainetest aurustub. Nafta aurud koos mitteaurustunud osaga juhitakse ahjust rektifikatsioonikolonni. Rektifikatsioonikolonni on varustatud riulitega. Riulitel on avased torukestega, viimased on omakorda varustatud kuplikestega. Niisuguseid riuleid nimetatakse taldrikuteks.

Nafta aurud juhitakse kolonni, kus nad tõusevad ülespoole läbi taldrikutes olevate avade. Seejuures aurud pidevalt jahtuvad ning olenevalt keemistemperatuurist osaliselt kondenseeruvad taldrikutel.

Taldrikutel olev kondensaat voolab torude kaudu järgmisele taldrikule. Teatud taldrikutelt võetakse produktsiooni (vt. joonist 36). Lenduvamate süsivesinike aurustumise soodustamiseks juhitakse rektifikatsioonikolonni ülekuumendatud auru.

Kolonni alumisse ossa koguneb masuut, mis läheb edasisele töötlemisele. Temast eraldatakse mitmesuguseid õlisid jm. aineid.

#### Kordamisküsimusi.

1. Mispärast pole naftal konstantset keemistemperatuuri?
2. Millised on need tähtsamad produktid, mis saadakse naftast destilleerimisel?
3. Kas võib lugeda bensiini, petrooleumi ja masuuti keemiliseks ühendeiks? Motiveerige vastus.
4. Selgitage lühidalt nafta destillatsiooniseadme skeemi.

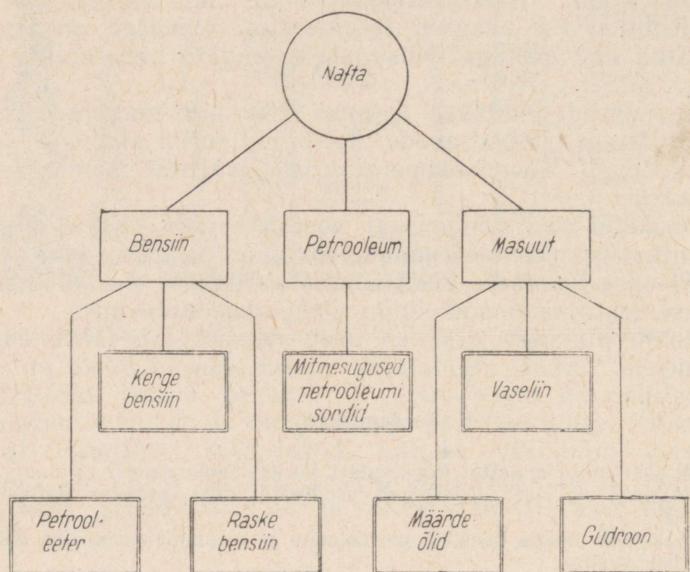
### § 5. Nafta krakkimine.

Naftas leidub suhteliselt vähe süsivesinikke, mis keemistemperatuurilt vastaksid bensiini nõuetele. Fraktsioneerimisel õnnestub naftast saada ainult kuni 20% bensiini. Autotranspordi ja lennunduse hoogne areng suurendas tunduvalt bensiini vajadust. Bensiinihulga suurendamiseks töödeldakse nafta mitmeid fraktsioone ja masuuti erilisel viisil, mida nimetatakse krakkimiseks. Krakkimisel lagunevad suure molekulkaaluga ja kõrge keemistemperatuuriga süsivesinikud väiksema molekulkaaluga ja madalama keemistemperatuuriga süsivesinikeks.

Maailmas esimese patendi täiustatud krakkimismenetlusele võttis vene insener V. G. Suhhov 1891. a., kuid enne teda olid katsetanud petrooleumi saamist krakkimisel juba vene insenerid Ragozin (1879) ja Aleksejev (1885). 1913. a. hakati Ameerikas nafta krakkimisel kasutama Sühhovi avastust.

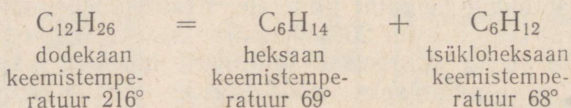
Krakkimisel kuumutatakse naftat või selle esialgsel fraktsioneerimisel järelejäanud masuuti tugevasti (kuni 600°-ni) ilma

õhu juurdepääsuta, mõnikord ka katalüsaatorite juuresolekul. Neis tingimustes katkevad süsivesinike molekulide pikad ahelad ja tekivad väiksema süsiniku aatomite arvuga molekulid. Krakkimise tulemusena saadakse palju madalama keemistemperatuuriga süsivesinike segu:



Joonis 37. Nafta fraktsioneerimise saadused.

Näiteks võib süsivesinik dodekaan ( $C_{12}H_{26}$ ) laguneda heksaaniks ( $C_6H_{14}$ ) ja tsükloheksaaniks ( $C_6H_{12}$ ):



Krakkimise kasutuselevõtmisega tõusis bensiini üldine saagis naftast kuni 80%.

#### Kordamisküsimusi.

1. Mida mõistetakse nafta krakkimise all? Milline on selle tähtsus?
2. Kirjutage süsivesinike  $C_{16}H_{34}$  ja  $C_{18}H_{38}$  krakkimisreaktsioonide võrrandid.
3. Kes töötab esimesena välja nafta krakkimise menetluse?

## § 6. Sünteetiline vedelkütus.

Seoses nafta piiratud varudega kerkis teadlaste ette kunstliku vedelkütuse saamise probleem (joonis 38).

Tänapäeval on see probleem lahendatud. Vedelkütust saab sünteesida järgmiste menetluste abil:

1) tolmpeen kivisöepulber segatakse raudkatalüsaatoriga ja mineraalõliga pastaks. Saadud pasta hüdrogeniseeritakse autoklaavis temperatuuril  $500^{\circ}\text{C}$  ja rõhul 200 kuni 700 at. Sel menetlusel saadakse kahest tonnist kivisööst enam kui üks tonn bensiini;

2) kivisööst ja veest valmistatakse esmalt vesigaas, s. t.  $\text{H}_2$  ja  $\text{CO}$  segu. Vesinikuga rikastatud vesigaasi juhtimisel kõrgemal temperatuuril, kuid tavalisel rõhul üle katalüsaatori saadakse küllastatud süsivesinike segu;

3) põlevkivi (samuti ka pruunsöe) utmisel saadud gaas ja tõrv sisaldavad toorbensiini. Utmiseks nimetatakse tahke kütuse kuumutamist temperatuuril 500 kuni  $1000^{\circ}\text{C}$  ilma õhu juurdepääsuta. Utmisgaasist eraldatakse bensiin. Samuti saadakse bensiini, kütte- ja määrideõlisid tõrva destilleerimisel.

Sõjajärgse viisaastaku jooksul arenes laialdaselt kivisöe ümber töötamine vedelkütuseks. Ehitati uusi söe hüdrogeniseerimise ja bensiini sünteesimise vabrikuid.

### Kordamisküsimusi.

1. Kuidas saadakse sünteetilist vedelkütust?
2. Missugune tähtsus on sünteetisel vedelkütusel rahvamajanduses?

## § 7. Tähtsamad naftasaadused ja nende kasutamine.

Nafta on üheks tähtsamaks loodusvaraks. Naftat ja naftasaadusi kasutatakse toorainena keemiatööstuses.

Nafta baasil toodetakse mitmeid väga tähtsaid ühendeid:

1) Bensiin on sisepõlemismootori parim kütus. Bensiini kasutatakse ka lahustina (näiteks kummitööstuses).

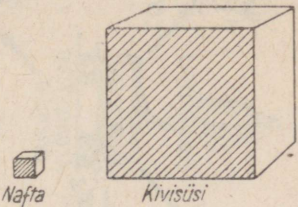
2) Petrooleum on kasutusel traktorimootorite kütteinena ja petrooleumilampides valgustuseks.

3) Solaarõlid leiavad kasutamist diiselmootori kütusena.

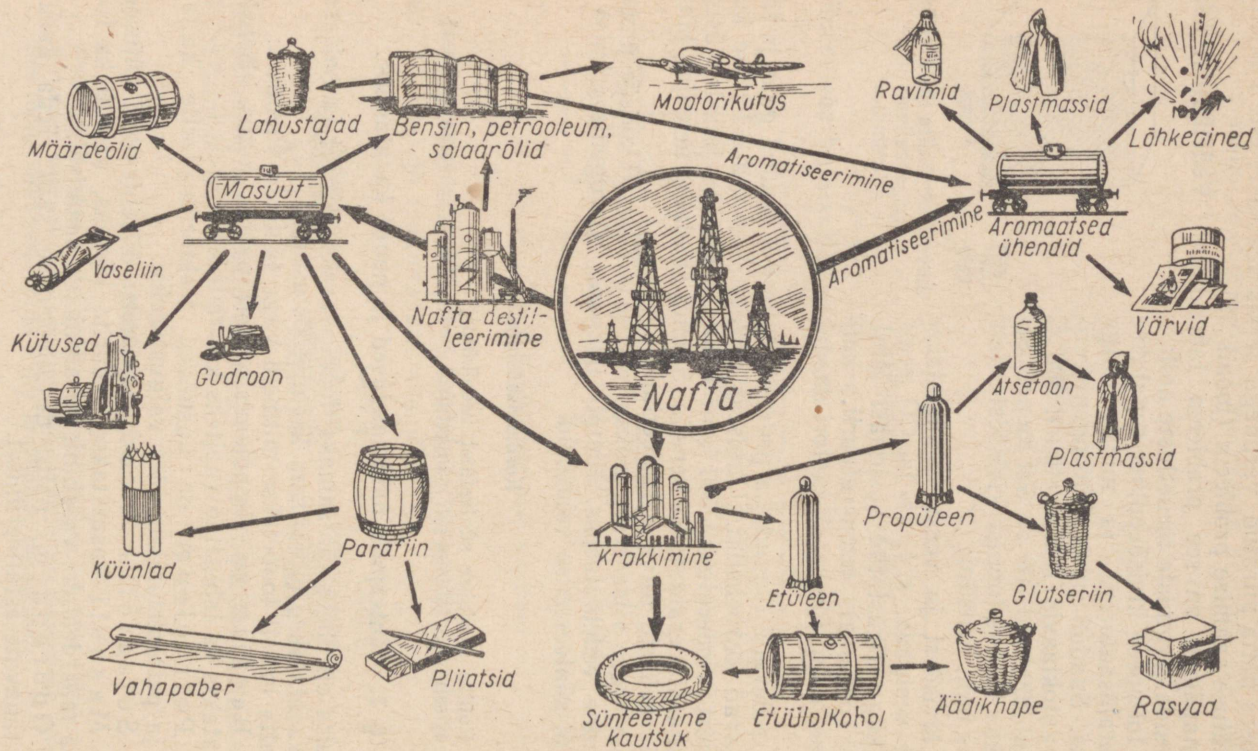
4) Masuuti kasutatakse vedurite kütteks, samuti ka toorainena määrideõlide, vaseliini, parafiini jm. saamisel.

5) Gudroon on nafta destilleerimise jääk. Teda kasutatakse tänavate asfalteerimisel.

Peale selle saadakse naftasaadustest suur hulk mitmesuguseid väärtuslikke aineid, nagu nähtub järgmisest skeemist.



Joonis 38. Nafta ja kivisöe-varud maailmas diagrammina.



Joonis 39. Nafta töötlemise tähtsamad saadused.

### Kordamisküsimusi.

1. Mispärast on nafta tähtsaks tooraineks keemiatööstuses?
  2. Nimetage, millised on tähtsamad naftaproduktid ja kus neid kasutatakse.
  3. D. I. Mendelejev võitles nafta kasutamise vastu kütusena. Ta ütles: «Kütta võib ka assignaatidega (paberrahadega).» Põhjendage Mendelejevi seisukohta.
-

## VI peatükk.

### AROMAATSED SÜSIVESINIKUD.

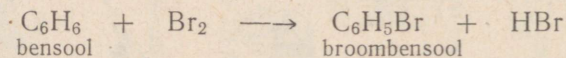
Aromaatsed ühendid on oma nimetuse saanud omapärase lõhna ehk aroomi järgi. Nimetus «aromaatsed ühendid» pärineb varasemast ajast, siia hulka loeti niisuguseid ühendeid, mida saadi looduslikest lõhnavatest ainetest. Hiljem selgitati, et aromaatsed ühendid meenutavad oma struktuurilt tsükloparafiine, s. t. nende molekulis süsiniku aatomid on omavahel seotud ja moodustavad suletud ahela.

Lihtsaimaks aromaatsete ühendite esindajaks on tsüklikiline süsivesinik — bensool. Praegusel ajal ühtib aromaatsed ühendi mõiste bensoolirea ühendi mõistega. Paljud bensoolirea ühendid ei oma aga aromaatsed lõhna.

#### § 1. Bensool ja tema omadused.

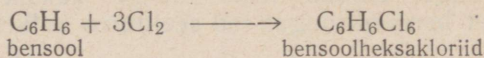
Bensool ( $C_6H_6$ ) on iseloomuliku lõhnaga värvusetu vedelik, mis keeb temperatuuril  $80^\circ$  ja mille erikaal on 0,878. Ta ei lahustu vees, süttib kergesti ja põleb valgustava, kuid tahmava leegiga. Jahutamisel hangub bensool temperatuuril  $5,5^\circ$  kristalliliseks massiks.

Bensooli valemist  $C_6H_6$  nähtub, et ta on küllastumata süsivesinik, sest kuue süsiniku aatomiga küllastatud süsivesiniku molekulile vastab valem  $C_6H_{14}$ . Bensool on väga püsiv ja oksüdeerumisele vastupidav ühend. Nendelt omadustelt erineb bensool järsult küllastumata süsivesinikest. Teiselt poolt reageerib bensool kergesti klooriga või broomiga katalüsaatori juuresolekul, kusjuures toimub asendusreaktsioon, mitte aga liitumisreaktsioon:



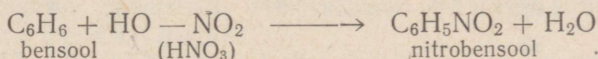
Kuid ebaõige oleks toodud reaktsiooni põhjal arvata, et keemiliste omaduste poolest sarnaneb bensool küllastatud süsivesinikega. Sest teatud tingimustes võib ta avaldada ka küllastumata ühendi omadusi ja astuda liitumisreaktsiooni. Näiteks kui juhtida kloori-

aure päikesevalguse käes keevasse bensooli, siis liitub bensooliga kuus kloori aatomit. Kuus, mitte aga kaheksa, nagu oleks võinud valemi  $C_6H_{14}$  põhjal oodata. Liitumisreaktsiooni võrrand:



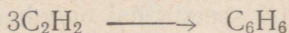
Seega mõnede omaduste poolest sarnaneb bensool küllastatud süsivesinikega ja samuti ka küllastumata süsivesinikega, kuid erineb mõnedelt omadustelt nii ühtedest kui ka teistest.

Kontsentreeritud lämmastikhappe toimel bensoolisse kontsentreeritud väävelhappe kui vett siduva aine juuresolekul asendub üks või mitu bensooli vesiniku aatomit rühmaga  $NO_2$ , mida nimetatakse nitrorühmaks, ja reaktsiooni ennast nitreerimiseks:



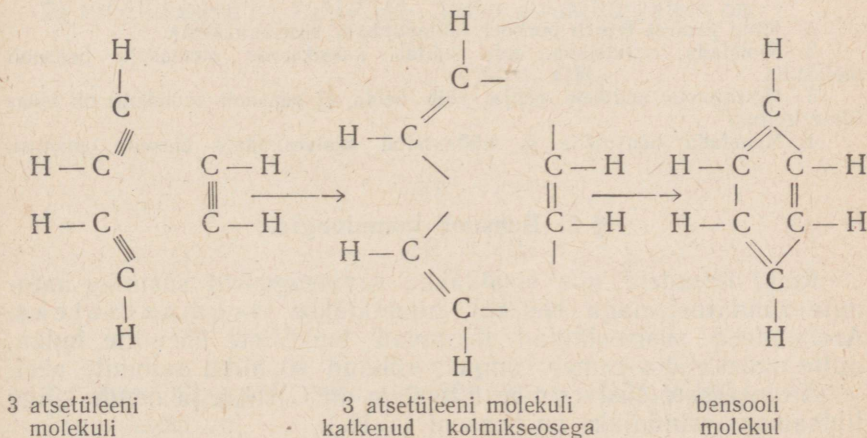
Nitreerimine on bensooli iseloomulikke reaktsioone.

Bensooli struktuurvalemi tuletamise aluseks on bensooli sünteesi reaktsioon. Bensooli on kunstlikult võimalik saada atsetüleenist. Atsetüleeni juhtimisel üle soojendatud aktiveeritud söe ühineb kolm atsetüleeni molekuli üksteisega üheks bensooli molekuliks:



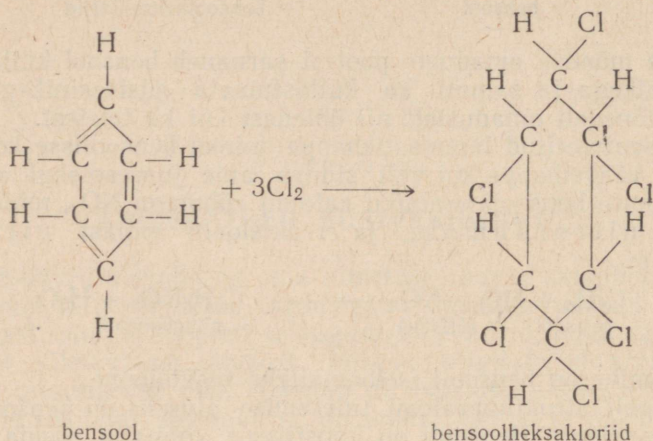
Selle bensooli saamisviisi leiutajaks oli akadeemik Zelinski.

Atsetüleeni muutumist bensooliks võib kujutada järgmiselt: atsetüleeni molekulis katkeb üks süsiniku aatomite vahelisest kolmest seosest, seetõttu tekib igal molekulil kaks vaba seost, mille tulemusena kõik kolm molekuli ühinevad üksteisega üheks bensooli molekuliks:



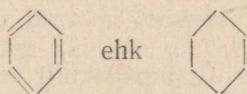
Selline struktuurvalem omistatakse bensoolile.

Toodud struktuurvalem võimaldab kergesti seletada, mispärast bensooli molekul liitub ainult kuue kloori aatomiga. Kloori liitumine bensooliga toimub tema kolme kaksikseose katkemise arvel, ilma et bensoolirõngas ise seejuures katkeks:



Et bensool kaksikseostele vaatamata ei avalda paljusid küllastumata süsivesinike omadusi, siis omistatakse bensooli kuueliikmelisele rõngale erilisi spetsiifilisi omadusi.

Lihtsustamise mõttes kujutatakse bensooli molekuli leppeliselt kuusnurgana, näitamata süsiniku ja vesiniku aatomeid:



#### Kordamisküsimusi.

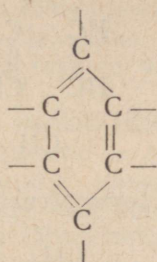
1. Mille poolest erineb bensool küllastumata süsivesinikest?
2. Nimetada reaktsioon, mis näitab kaksikseose olemasolu bensooli molekulis.
3. Missuguste andmete põhjal võib öelda, et bensooli molekulil on tsükliline ehitus?
4. Nimetada bensoolile ja küllastatud süsivesinikele ühiseid omadusi.

## § 2. Bensooli homoloogid.

Kõiki ühendeid, mis sisaldavad samasuguseid süsiniku aatomite rühmitusi nagu bensool, nimetatakse aromaatseteks. Aromaatsed süsivesinikud kuuluvad tsükliliste ühendite hulka, mille molekulides esineb rõngaks suletud süsiniku aatomite ahel.

Aromaatsete süsivesinike üldvalem on  $C_nH_{2n-6}$  ja nende kõige lihtsamaks esindajaks on bensool ( $C_6H_6$ ).

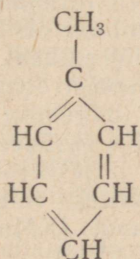
Aromaatsete süsivesinike struktuurseks tunnuseks on kuuest liht- ja kaksikseosega vaheldumisi ühendatud süsiniku aatomist moodustatud rõngas:



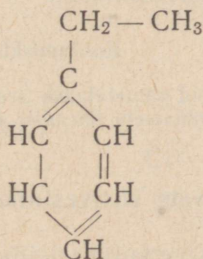
Sellist aatomite rühmitust nimetatakse benseenituumaks ehk benseenirõngaks.

Aromaatsete süsivesinike hulka kuuluvad peale benseeni ka tema homoloogid, näiteks:

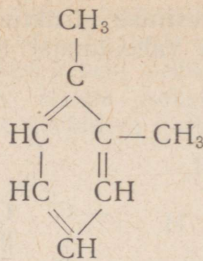
1) metüülbenseen ehk toluol —  $C_6H_5CH_3$ . Tema struktuurvalem on:



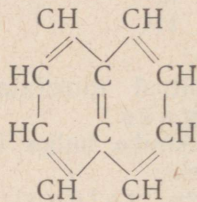
2) etüülbenseen —  $C_6H_5C_2H_5$ . Tema struktuurvalem on:



3) dimetüülbenseen ehk ksüolool —  $C_6H_4(CH_3)_2$ . Tema struktuurvalem on:



4) naftaliin —  $\text{C}_{10}\text{H}_8$ . Tema struktuurvalem on:



Nimetatud bensooli homologide molekulid koosnevad kõik bensoolirõngast, millega on liitunud lahtine ahel (viimast nimetatakse külghelaks), ja milleks on küllastatud süsivesinik. Toluolis on külghelaks metüülradikaal.

Keemiliste omaduste poolest bensooli homologid sarnanevad bensooliga, astuvad aga kergemini asendusreaktsioonidesse kui liitumisreaktsioonidesse. Ka oksüdeeruvad nad bensoolist kergemini; seejuures esimeses järjekorras oksüdeerub külghel, bensoolituum aga ei muutu. Näiteks valastavad toluool ja ksülool kergesti kaaliumpermanganaadi ( $\text{KMnO}_4$ ) lahust, mis on väävelhappega hapustatud.

Aromaatsed süsivesinikud astuvad kergesti asendusreaktsioonidesse lämmastikhappega (nitreerimine) ja väävelhappega (sulfureerimine). Nendelt omadustelt erinevad nad nii küllastatud kui ka küllastumata süsivesinikest.

#### Kordamisküsimusi.

1. Milliseid ühendeid nimetatakse aromaatsseteks süsivesinikeks?
2. Millised on aromaatssete ühendite iseloomulikud omadused?

### § 3. Aromaatssete süsivesinike saamine ja kasutamine.

Aromaatsed süsivesinikke leidub loodusliku päritoluga aines — naftas. Eriti rikas on aromaatssete ühendite poolest Uraali nafta.

Käesoleval ajal on peamiseks aromaatssete ühendite saamise allikaks aga kivisöetõrv. Kivisöetõrv tekib kivisöe utmisel või kuivdestillatsioonil.

Aromaatsed süsivesinikud omavad väga suurt tööstuslikku kui ka rahvamajanduslikku tähtsust. Allpool vaatleme tähtsamaid aromaatsete ühendite esindajaid.

Bensooli kasutatakse lähteainena värvainete ja lõhkeainete valmistamisel. Ta on heaks lahustiks mitmesugustele vaikudele, seepärast kasutatakse teda lakkide valmistamisel. Ta on väga mürgine.

Toluoli tarvitatakse samuti lõhke- ja värvainete valmistamisel ning sünteetilise magusaine — sahhariini tootmisel.

Naftaliin on lähteaineks värvainetele ja plastmassidele. Igapäevases elus kasutatakse teda koide tõrjevahendina.

Aromaatsed ühendid on lähteaineks mitmesuguste ravimpreparaatide (aspiriin, püramidoon jt.), sünteetiliste lõhnaainete, mürkemikaalide, värvainete jm. valmistamisel.

#### Kordamisküsimusi.

1. Millest toodetakse tööstuslikult aromaatsed ühendeid?
2. Kus ja milleks kasutatakse aromaatsed ühendeid?

#### § 4. Mürkemikaalid.

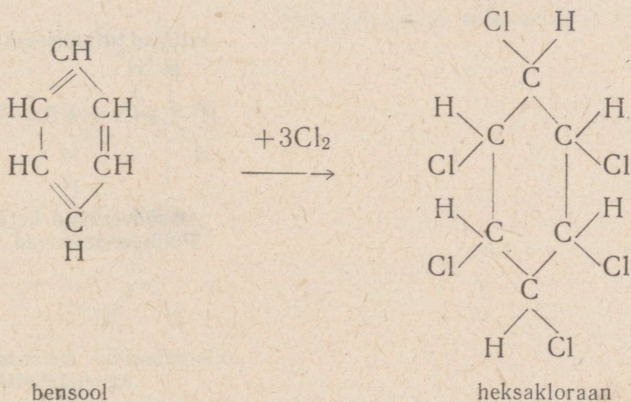
Mürkemikaalid on keemilised ühendid, mida kasutatakse võitluses taimekahjuritega, seega on nad taimekahjurite tõrjevahendid. Neid kasutatakse nii putukate, umbrohu kui ka taimehaiguste puhul. Vastavalt toimele jaotatakse mürkemikaalid mitmesse rühma. Neist on tähtsamad:

- 1) insektisiidid ja 2) fungisiidid.

Insektisiidid on kahjulike putukate tõrje- ja hävitamisvahendid.

Fungisiidid on seenhaiguste vastu võitlemise vahendid.

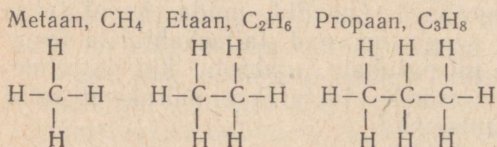
Üheks tähtsamaks mürkemikaaliks on heksaklooraan ehk heksakloortsükloheksaan —  $C_6H_6Cl_6$ . Heksaklooraani saadakse bensooli kloreerimisel valguse toimet.



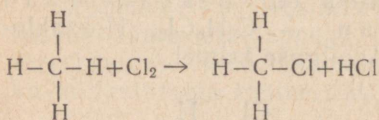
Süsivesinikud ( $C_xH_y$ )

Lahtise ahelaga süsivesinikud

Küllastatud süsivesinikud  $C_nH_{2n+2}$

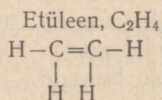


Ei astu liitumisreaktsioonidesse.  
Tavalistes tingimustes ei oksüdeeru.  
Vesinik on asendatav halogeenidega:

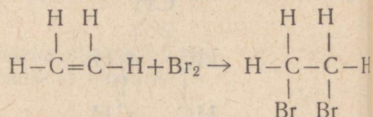


Küllastumata süsivesinikud

Etüleenirea süsivesinikud  
 $C_nH_{2n}$

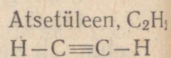


Astuvad liitumisreaktsioonidesse.



Oksüdeeruvad kergesti.  
Polümeriseeruvad.

Atsetüleenirea süsivesinikud  
 $C_nH_{2n-2}$

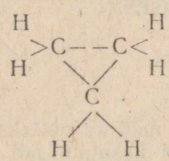


Tsüklilised ehk ringahelaga süsivesinikud

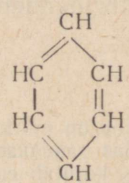
Tsükloparafiinid  $C_nH_{2n}$

Aromaatsed süsivesinikud  $C_nH_{2n-6}$

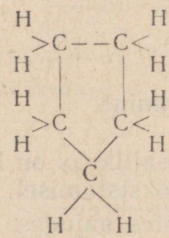
Tsüklopropan



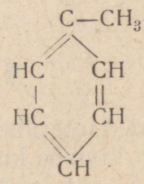
Bensool



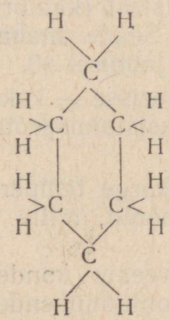
Tsüklopentaan



Toluool



Tsükloheksaan



Nitreeruvad ja sulfureeruvad kergesti.

Omadustelt sarnased küllastumata süsivesinikega.

Heksaklooraan avaldab mõjuvat toimet kahjulike putukate ja parasiitide hävitamisel. Käesoleval ajal kasutatakse laialt mürikkemikaalina keerukat orgaanilist ühendit — DDT — dusti. Viimases leidub peale mürikkemikaali veel talki või kaoliini. DDT on lõhnata ja ei ärrita inimese nahka. Preparaat omab toksilist toimet erinevatesse putukaliikidesse, nagu täid, lutikad, kärbsed ja tara-kanid.

Kasutamist leiavad järgmised preparaadid:

1) DDT-pulbrid, sisaldusega kuni 10% DDT; kasutatakse tofmutamiseks.

2) DDT-pulbrid, sisaldusega kuni 90% DDT. Sellest valmistatakse veesuspensiooni ja kasutatakse piserdamiseks.

Nimetatud mürikkemikaalidel on palju hinnatavaid omadusi:

- 1) kõrge toksilisus (mürgisus) putukate suhtes;
- 2) toksiliste omaduste pikaajaline säilimine;
- 3) vastupidavus füüsikalistele mõjutustele (temperatuurile);
- 4) ei ole mürgised enamikule taimedele, loomadele ja inimesele.

Praegusel ajal toodetakse tööstuslikult mitmesuguseid taimekahjurite tõrjevahendeid väga suures ulatuses.

#### Kordamisküsimusi.

1. Milline on mürikkemikaalide tähtsus ja kus neid kasutatakse?
2. Kuidas saadakse heksaklooraani ja kus teda kasutatakse?
3. Mida kujutab endast DDT?
4. Millised on mürikkemikaalide omadused?

### § 5. Koksikeemiline tootmine.

Aromaatsete ühendite peamiseks saamisallikaks on kivisöetõrv, mis tekib kivisöe kuivdestillatsioonil ehk koksistamisel.

Kivisöe kuivdestillatsioon toimub erilistes ahjudes. Kaasaegne koksiahi on valmistatud tulekindlatest tellistest (kambri kõrgus — 4 m, pikkus — 14 m ja laius — 0,4 m). Söade mahutab umbes 15 tonni sütt. Koksiahju skeem on toodud joonisel 40.

Kivisüsi viiakse erilisse kinnisesse kambrisse — koksiahju ning kuumutatakse umbes 1000° C piirides. Koksistamisprotsess kestab ligikaudu 14 tundi.

Kivisöe kuivdestillatsioonil (utmisel) kõrge temperatuuri juures kulgevad mitmed keemilised reaktsioonid, mille tulemusena moodustub koks ja toorgaas.

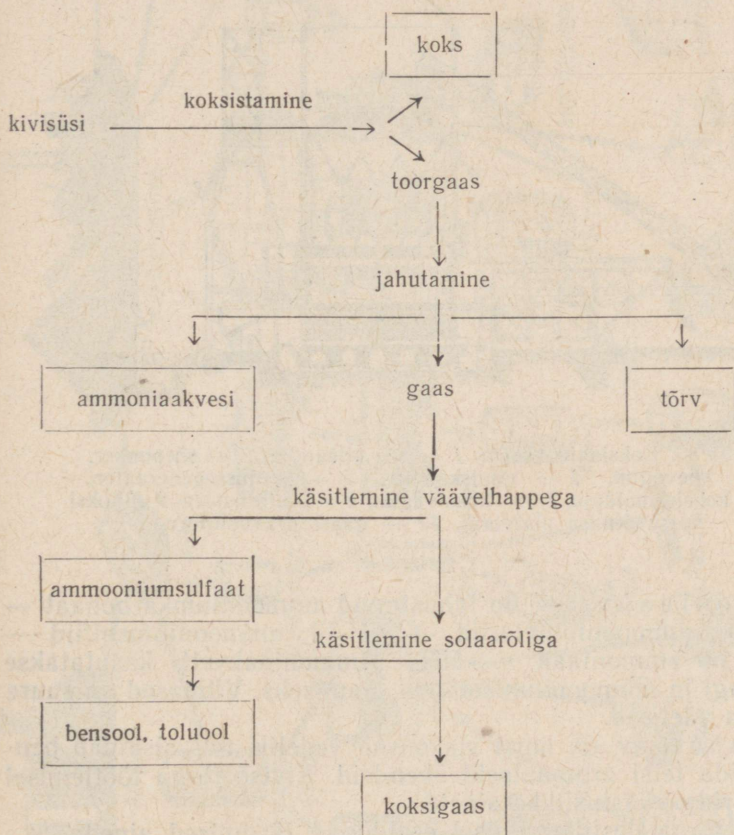
Toorgaasi jahutamisel eraldub tõrv, veeaur kondenseerub ja lahustab toorgaasis olevaid aineid (ammooniumiühendeid). Vastuvõtjasse kondenseeruvad ained kihistuvad. Alumise kihi moodustab tõrv, selle peal on veekiht. Veekiht sisaldab ammooniumhüdrosüüdi ja ammooniumisooli (ammooniumkarbonaat, ammo-

niumsulfiid jt.). Kuigi toorgaasist on tõrv ja veeaur eraldatud, sisaldab see gaas veel palju ammoniaaki ja kergesti keevaid aromaatsed ühendeid, peamiselt bensooli.

Ammoniaagi eraldamiseks juhitakse gaas läbi väävelhappe. Ammoniaagi ja väävelhappe vastastikusel reageerimisel moodustub ammooniumsulfaat, mida kasutatakse põlluväetisena.

Aromaatsete ühendite (bensool, toluool jt.) eraldamiseks käsitletakse jahtunud toorgaasi solaarõliga. Viimane lahustab gaasis olevad aromaatsed ühendid ja toorgaas puhastub temas leiduvatest lisanditest. Solaarõli kuumutamisel aromaatsed ühendid eralduvad, saadavat solaarõli kasutatakse aga uuesti koksigaasi puhastamisel.

Koksistamisprotsessi iseloomustab järgmine skeem:

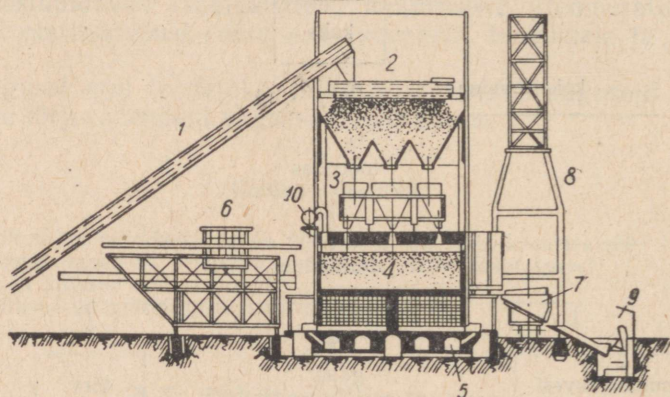


Kivisöe koksistamisel saadakse põhisaadustena: 1) koksigaas, 2) ammoniaakvesi, 3) kivisöetõrv ja 4) koks.

Saadud produktid on rahvamajanduslikult väga suure tähtsusega.

Koksigaas on mitmete gaaside segu. Koksigaas jahutatakse ja puhastatakse temas leiduvatest vedelatest ja tahketest lisanditest. Seejuures saadava gaasi koostis on antud joonisel 42.

Nagu joonisest selgub, kuulub koksigaasi koosseisu palju põlevaid komponente (vesinik, metaan, süsinikmono-oksüüd), seepärast kasutatakse teda tööstuses energeetilise kütusena (klaasisulatamisel, martäänahjudes jm.) kui ka majapidamisgaasina. Koksigaasi koosseisu kuuluvat vesinikku võib kasutada ka ammoniaagi sünteesiks.



Joonis 40. Koksiahju skeem: 1 — söe etteandja, 2 — söepunker, 3 — söevagun, 4 — utmiskamber, 5 — soojusregeneraator, 6 — koksieemaldaja, 7 — koksivagun, 8 — kustutustorn, 9 — koksi vastuvõtmise platvorm, 10 — gaasi äravoolutoru.

Ammoniaakvees on lahustunud ammooniumkarbonaat —  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , ammooniumkloriid —  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , ammooniumsulfiid —  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  ja ammoniaak —  $\text{NH}_3$ . Ammoniaakvett kasutatakse ammoniaagi ja ammooniumisoolade saamiseks. Viimased on suure tähtsusega väetised.

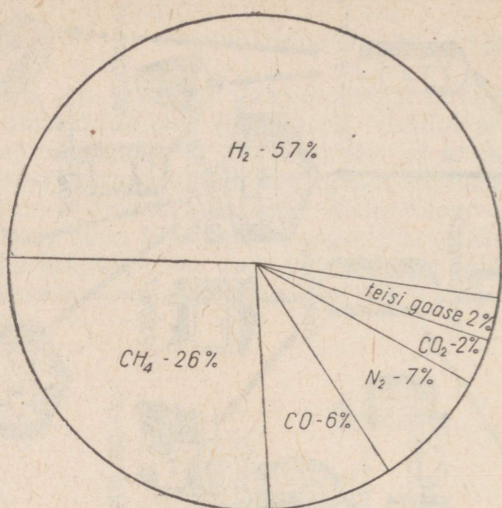
Kivisöetõrv on must viskoosne vedelik, mis sisaldab bensooli ja rida teisi aromaateid ühendeid. Kivisöetõrva töötlemisel saadakse rida väärtuslikke aineid.

Kivisöetõrva destilleerimisel eralduvad järgmised ained:

1) kerge-õli, mis keeb temperatuuril kuni  $150^\circ$ ; temast saadakse bensooli ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), toluooli ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ ) ja ksüooli [ $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$ ];

2) kesk- ehk karboolõli, mis keeb  $150\text{--}220^\circ$  piires;





Joonis 42. Koksigaasi keskmine koostis.

temast saadakse fenooli (karboolhapet —  $C_6H_5OH$ ), kresooli ( $C_6H_4CH_3OH$ ) ja naftaliini ( $C_{10}H_8$ );

3) raske- ehk kreosootõli, mis keeb  $230-270^\circ$  piires; teda kasutatakse puidu immutamiseks;

4) antratsseenõli, mis keeb  $270-360^\circ$  piires.

Kivisöetõrva destillatsiooni jääk on pigi, mida kasutatakse lakkide valmistamiseks, puidu ja papi immutamiseks jne.

Koks on mustjashall kõva tihe aine. Põleb peaaegu leegita. Kõrge kütteväärtuse tõttu kasutatakse teda metallide sulatamiseks.

#### Kordamisküsimusi.

1. Millistel tingimustel toimub kivisöe koksistamine?
2. Missugused on koksistamise põhiproduktid?
3. Mida nimetatakse koksigaasiks, milline on ta koostis ja kus teda kasutatakse?
4. Milline on ammoniaakvee koostis ja kus teda kasutatakse?
5. Mida kujutab endast kivisöetõrv ja millised on temast saadavad tähtsamad produktid?
6. Iseloomustage koksi. Kus teda kasutatakse?

## VII peatükk.

### PÕLEVKIVI JA TA TÖÖTLEMINE.

#### § 1. Põlevkivi.

Eesti NSV tähtsamaks loodusvaraks on põlevkivi. Põlevkivikihid asuvad Kirde-Eestis maapinnale väga lähedal, mistõttu ka esimesed teated neist on väga vanad.

Rahvasuu pajatab, et keegi Järve küla talunik ehitanud endale sauna, kasutades ahju ehitamiseks sama küla paemurrust võetud pruunikat paasi. Sauna kütmisel aga ahjukivid süttisid ning kogu saun põles maha. Räägitakse veel, et põlevkivi avastatud hoopis karjaste poolt, kes teinud põllult kogutud pruunidest kividest tuleaseme, mis hiljem koos hagudega ära põles. Sellest tuleneski nimetus — põlevkivi.

Kohalike elanike tähelepanekud kandusid pikkamööda ka kirjandusse ning möödunud sajandil hakati põlevkivi teaduslikult uurima.

Meie vabariigis leidub põlevkivilademeid Rakverest kuni Narvani. Põlevkivi leidub rikkalikult ka Nõukogude Liidu teistes osades, nagu Leningradi oblastis (Narva jõest ida suunas kuni Volhovini), Volga ja tema harujõgede basseinides, Siberis (Irkutski oblastis ja Krasnojarski kraisis) ja Gruusia NSV-s. Ulatuslikud on põlevkivileiukohad ka meie kodumaa põhjaosas — Komi ANSV-s ja Arhangelski oblastis.

Rajatagustest riikidest omavad põlevkivileiukohti Inglismaa, Prantsusmaa ja Saksamaa. Väärtuslikumaid põlevkivilademeid leidub Hispaanias, Balkani riikides, Itaalias ja Ameerika mandril. Viimasel ajal on avastatud suuri ja rikkaid põlevkivileiukohti Hiina RV-s.

Esimene põlevkivikaevandus tekkis juba Esimese maailmasõja päevil praeguse Kohtla-Järve linna alale, kuna põlevkivikihid asusid siin üsna maapinna lähedal, mis võimaldas kaevandada põlevkivi lahtiselt. Esimene kaevandus oligi väike karjäär, kus põlevkivi kaevandati käsitsi ja veeti hobustega raudteejaama.

Eesti kodanlus koos välismaa kapitalistidega organiseeris siin Riigi Põlevkivitööstuse. Põlevkivikaevanduses toimusid kõik tööd alates põlevkivi lahtimurdmisest kuni selle transpordini, inimjõul: kaevurite poolt põlevkiviga täidetud vagonettidest koos-

nevaid ronge vedasid hobused. Alles kodanluse võimu lõppaastail hakati suuremaid kaevandusi mehhaniseerima.

Nõukogude võimu ajal on kaevandused täielikult mehhaniseeritud ja elektrifitseeritud. Ohutustehnilised abinõud kindlustavad töötajate tervise kaitse.



Joonis 43. Põlevkivikaevanduses.

Põlevkivi tootmises on Eesti NSV nii absoluutse toodangu poolest kui ka toodangu hulgalt iga elaniku kohta Nõukogude Liidus esikohal.

1957. a. tõsis põlevkivi tootmine Eesti NSV-s 8,3 miljoni tonnini. Niisuguse tootmistaseme puhul võib põlevkivi kaevandada veel ümmarguselt 1000 aastat.

Seitse aastaku jooksul suureneb vabariigi põlevkivitoodang 1,8 korda, mistõttu 1965. a. kaevandatakse Eestis ligikaudu 14 tonni põlevkivi ühe elaniku kohta; ümber arvestatult söetoodangule tähendab see, et Eestis hakatakse seitse aastaku lõpul tootma iga elaniku kohta rohkem põlevkivi kui toodetakse sütt Ameerika Ühendriikides.

Eesti põlevkivi kuulub vanimate kütuste valdkonda. Ta on tekkinud üle 400 miljoni aasta tagasi, kui meie praeguse territooriumi kohal laius meri. Põlevkivi tekkimisest võtsid osa nii vees vabalt hõljuvad mikroorganismid kui ka veekogu põhjas elunevad loomad ja taimed. Mere põhja sadestus elusorganismide jääk, mis eelnevalt oli oluliselt lagunenu. Niisugune ladestunud muda, mis oli rikas orgaanilise aine sisaldusest, tihenes ja moodustaski miljonite aastate vältel põlevkivi ladestuse.

Põlevkivi kasutatakse energeetilisteks vajadusteks — soojus- ning elektrienergia tootmisel ja majapidamisgaasi, õli jt. keemiatööstuse produktide saamiseks.

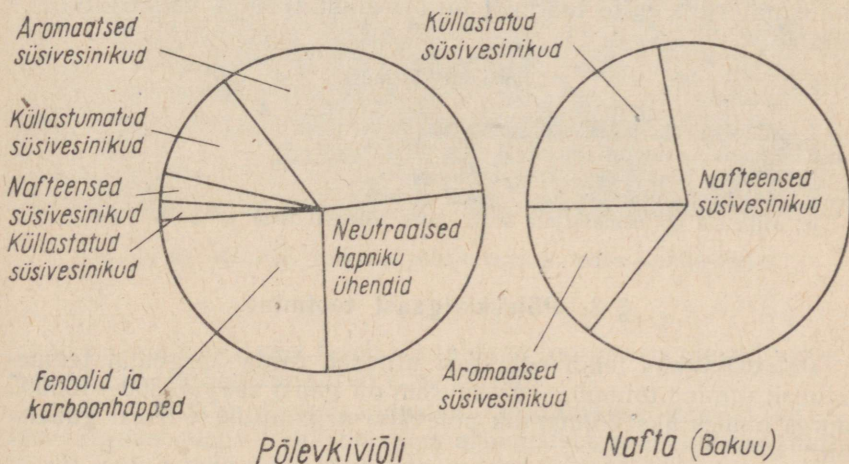
### Kordamisküsimusi.

1. Jutustage põlevkivi leiduvusest looduses.
2. Näidake kaardil tähtsamad põlevkivi leiukohad.
3. Kuidas tekkis põlevkivi?
4. Millised on põlevkivitööstuse arenguperspektiivid meie vabariigis?

## § 2. Põlevkivi utmine.

Põlevkiviõli tootmiseks lagundatakse põlevkivi 500°C juures ilma õhu juurdepääsuta, seejuures põlevkivi orgaaniline osa — kerogeen laguneb. Niisugust protsessi nimetatakse utmiseks. Utmisel saadakse põlevkiviõli, -gaas ja -koks. Utmist võib teostada kolmel eri viisil. Ühel juhul juhitakse põlevkivist läbi kuuma gaasi, selliselt töötavad uttegeneraatorid ja tunnelahjud. Teisel juhul köetakse väljastpoolt suurt metalltrumlit — retorti, milles asub põlevkivi. Viimaseks mooduseks on käesoleval ajal katsetatav meetod — utmine tahke soojuskandjaga, mida käsitleme allpool.

Põlevkivi termilisel töötlemisel saadakse rohkem õli ja gaasi kui ükskõik millise teise tahke kütuse puhul, pealegi sisaldab põlevkiviõli selliseid ühendite rühmi, nagu fenoolid ja küllastumata süsivesinikud, milliseid naftas ei leidu. Nimetatud rühmad kujutavad aga endast põhiliselt moodsa keemiatööstuse baasi ja nende saamiseks naftaproduktidest või looduslikust gaasist on vaja viimaseid allutada reale lisaoperatsioonidele, mis tõstavad saaduste omahinda.



Joonis 44. Põlevkiviõli ja nafta keemiline koostis.

Põlevkivi töötlemisel saadakse rida toorõlisid, mis erinevad üksteisest erikaalu ja keemispüüride poolest, ning praktikas nimetatakse neid raske-, kesk- ja kerge-õliks.

Raske-õli kasutatakse kütteõlina, samuti toodetakse sellest bituumenit, mida kasutatakse teekatte ja katusepapi valmistamisel.

Kesk- ja kerge-õli on tooraineks mootorikütuste — bensiini ja diiselõli saamisel.

Võrreldes naftaga sisaldab põlevkiviõli peaaegu kümme korda rohkem hapnikku. Ligi kolmandik põlevkiviõlist lahustub leelistes, selleks on fenoolid ja karboonhapped.

Fenoolide sisalduse tõttu võib põlevkiviõli kasutada immutusõlina, immutatud puit säilib rõskes mullas kuni 30 aastat, s. o. 6—7 korda kauem kui immutamata. Fenoolide olemasolu tõttu saab põlevkiviõlist valmistada värnitsa aseinat — kukersooli, samuti ka põlevkivikarbolineumi — viljapuid ja marjapõõsaid taimekahjurite vastu kaitsvat vahendit. Fenoolid on lähteaineks ka plastmasside tootmisel.

Põlevkiviõlide töötlemisel väävelhappega saadakse sünteetilisi pesemisvahendeid, mis oma omadustelt ületavad tavalisi sepe. Sünteetilised pesemisvahendid on kasutatavad ka karedas vees ning isegi merevees pesemiseks.

Põlevkivi utmise jäägiks on põlevkivituhk ja -koks. Tavaline põlevkivituhk on nõrk sideaine, ent sellest valmistatakse siiski tsementi — kukermiiti. Kui tõsta põlevkivi põletamise temperatuuri ja lisada veidi lubjakivi, saadakse põlevkivituhast täisväärtuslik portland-tsement.

Põlevkivikoksi põletamisel kuni mineraalosa vedeldumiseni saadud massi juhtimisel läbi peente avade saadakse peened kiud — šlakkvatt. Šlakkvatt on kerge ja hästi soojapidav ehitusmaterjal, mille tootmist hiljuti alustati meie vabariigis.

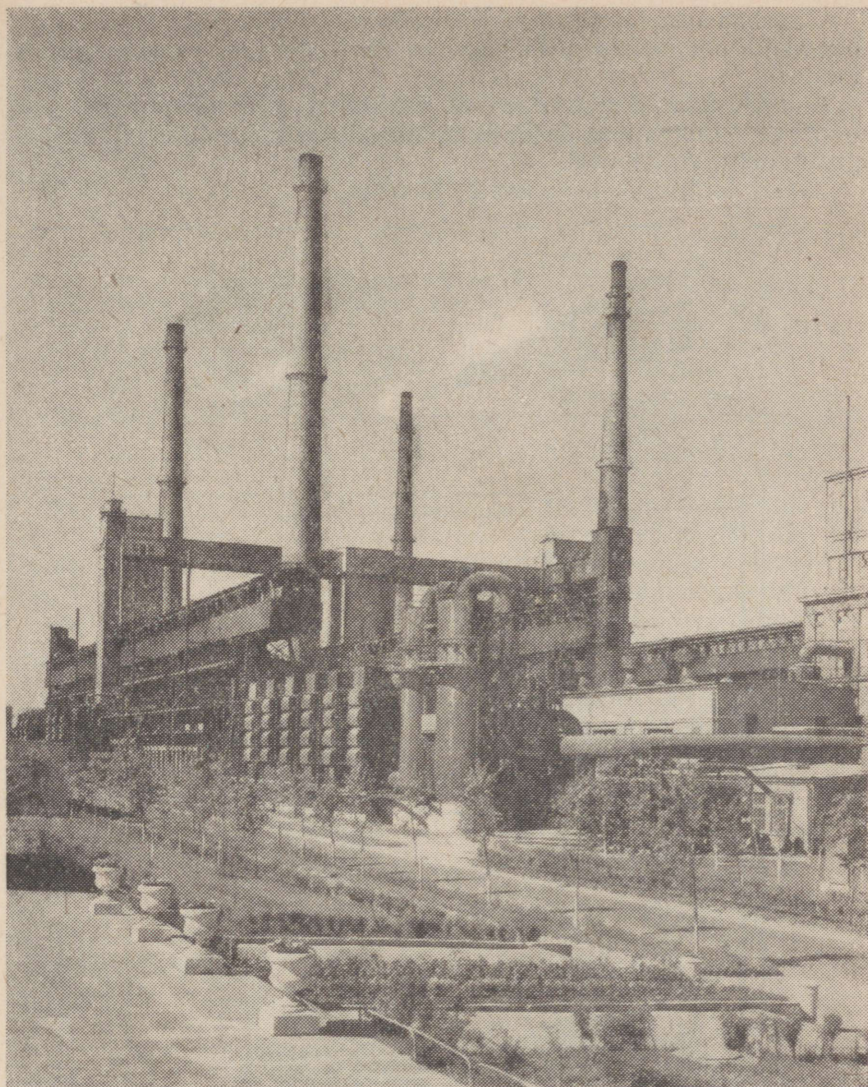
#### Kordamisküsimusi.

1. Mida mõista põlevkivi utmise all?
2. Kuidas kasutada utmisjääke?
3. Milleks kasutatakse rasket õli?
4. Milleks kasutatakse kesk- ja kerge-õli?
5. Milliseid ehitusmaterjale saab toota põlevkivituha ja -koksi baasil?

### § 3. Põlevkivigaasi tootmine.

Põlevkivigaas tekib põlevkivi utmisel. Mida kõrgemal temperatuuril utmine toimub, seda suurem on gaasi saagis. 800—1000°C juures umbes üks kolmandik põlevkivi orgaanilisest osast gaasistub.

Majapidamisgaasi saadakse põlevkivi lagundamisel kamberahjudes. Niiviisi saadud gaasis leidub aga kahjulikke lisandeid.



Joonis 45. Maailma esimene põlevkivigaasi tehas Kohtla-Järvel.

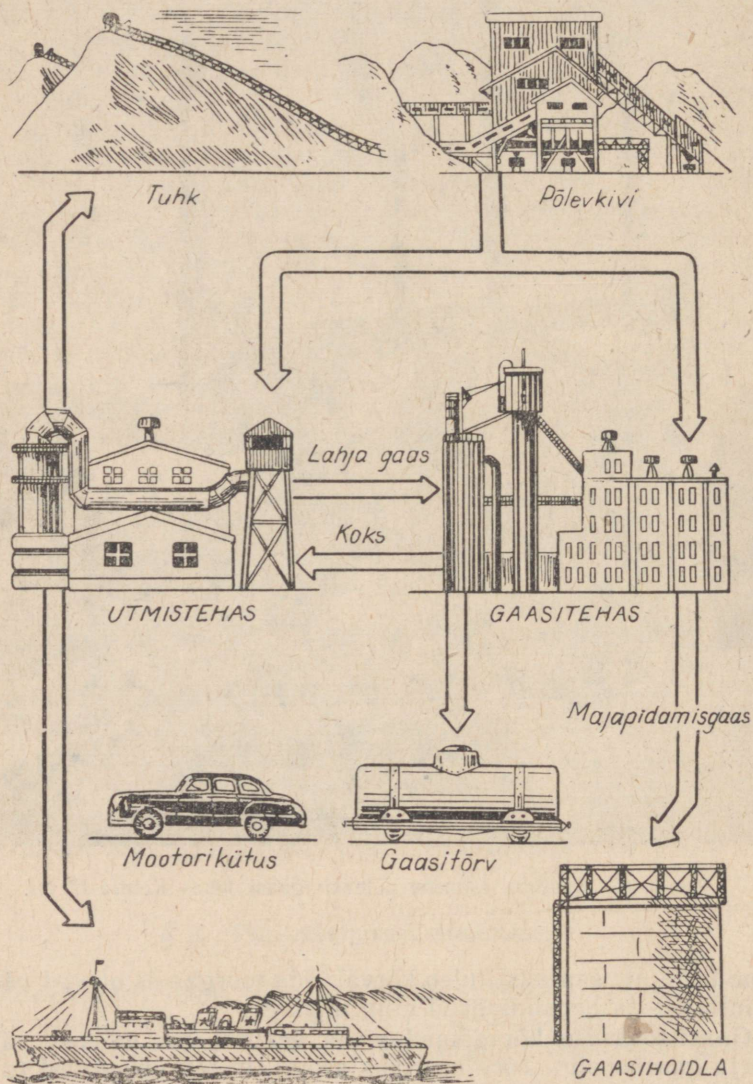
Enne tarbijale saatmist tuleb kõrvaldada toorgaasis olevad väävelvesinik, õli- ja bensiiniaurud ning niiskus.

Gaasi tootmise kõrvalsaadustena eraldatakse gaasist väävel, tõrv ja gaasbensiin. Tõrv on rikas aromaatsetest ühenditest (naftaliin jt.) ning teda võib kasutada puidu immutamiseks ja katuse-tõrva valmistamiseks.

Gaasbensiin sisaldab palju bensooli, toluooli jt. aroomaatseid ühendeid, mis on heaks lähteaineks värvainete ja ravimite valmistamisel.

Põlevkivigaasi puhastamisel eraldatud väävliühenditest saab toota vees lahustuvat kolloidväävlit, mida kasutatakse taimehaiguste vastu võitlemisel.

Gaasi tootmisel moodustab Eesti NSV osatähtsus 1,4% NSV



Joonis 46. Utmistehase-gaasitehase produktsiooni skeem.

Liidu gaasi üldtoodangust. Kuid arvestatuna iga elaniku kohta on Eesti NSV gaasi tootmises teiste liiduvabariikide hulgas esikohal.

Põlevkivigaasi osas annab Eesti NSV põlevkivitööstus pea-aegu 70% selle gaasiliigi toodangust NSV Liidus.

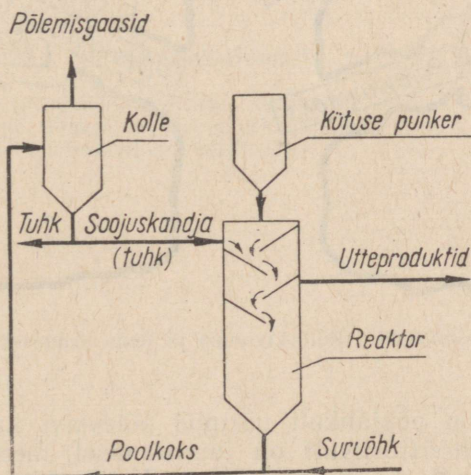
#### Kordamisküsimusi.

1. Millised lisandid tuleb põlevkivigaasist kõrvaldada majapidamisgaasi tootmisel?
2. Kuidas kasutatakse kamberahjude tõrva?
3. Kuidas kasutatakse gaasbenssiini?

#### § 4. Põlevkivi kompleksne kasutamine.

Eespool nägime, et põlevkivi on mitmekülgsete omadustega loodusvara, ta on heaks tooraineks paljudele igapäevases elus kasutatavatele ainetele.

Käesoleval ajal toimub põlevkivi termiline töötlemine üldjoontes järgmiselt: põlevkivi utmisel generaatorites ( $500^{\circ}\text{C}$ ) saadakse põlevkiviõli ja gaas. Saadud gaas on madala kütteväärtusega ja teda pole otstarbekas kasutada majapidamisgaasina. Nii-sugust gaasi kasutatakse gaasitehases kamberahjude kütteks, kus gaasi põletamisel tekkiva kõrge temperatuuri ( $1000^{\circ}\text{C}$ ) juures põlevkivi laguneb, seejuures saadakse suure kütteväärtusega toorgaas, mida peale puhastamist kasutatakse majapidamisgaasina. Selle näite põhjal selgub, et utmistehase väheväärtusliku gaasi kasutamine küttegaasina gaasitehases muudab põlevkivi ärakasutamise terviklikumaks (vt. joonis 46).



Joonis 47. Tahke soojuskandjaga põlevkivi termilise töötlemise skeem.



Menetlus põlevkivi termiliseks töötlemiseks tahke soojuskandja abil seisneb selles, et põlevkivi lagundamiseks vajalik soojus juhitakse reaktorisse töödeldava kütuse kuuma tuha abil.

Protsessi käik on lühidalt järgmine (joonis 47): kuni 800—850°C kuumutatud põlevkivituhk segatakse reaktoris peenpõlevkiviga, mille tulemusel see soojeneb vajaliku temperatuurini. Seejuures tekkivad õliaurud kondenseeritakse ja gaas puhastatakse, oma soojuse ära andnud tuhk ja koksiks muutunud põlevkivi aga juhitakse küttekoldesse, milles koksi orgaaniline osa ära põleb. Koksi põlemisel eralduva soojuse arvel kuumeneb tuhk uuesti nõutava temperatuurini ja suunatakse jällegi reaktorisse, nii et protsess kulgeb katkestamatult.

Sel meetodil saab ära kasutada peenpõlevkivi, mille kasutamine varem oli piiratud; protsess kestab vaid mõni minut praeguse mitme tunni asemel. Saadavas õlis on rohkem fenoole ja aroomaatseid süsivesinikke ja põlevkivituhka saab kasutada tsemendi tootmiseks. Utmisgaas on aga heaks lähteaineks sünteetilise ammoniaagi ja küllastumata ühendite saamisel. Sünteetilise ammoniaagi baasil saab toota meie vabariigis lämmastikväetisi, küllastumata ühendite (etüleen, propüleen) alusel aga kelmelisi ja kiudmaterjale (pakkimismaterjalid, galanteriitooted, tehiskiud).

Meie põlevkivibassein oma tagavarade suuruse ja põlevkivi omaduste poolest lubab luua keemia suurtööstust, kusjuures peamiste sihtproduktidena võivad esineda orgaanilise sünteesi produktid, nagu fenoolformaldehüüdvaigud, polüetüleen, polüpropüleen, polüamiid (kaproon) ja vastavad sünteetilised kiud, samuti sünteetilised pesemisvahendid, lämmastikväetised ja rida teisi keemiatööstuse saadusi.

Põlevkivist toodetavaid aineid iseloomustab nn. põlevkivipuu (joonis 48).

#### Kordamisküsimusi.

1. Mida mõista põlevkivi kompleksse kasutamise all?
  2. Kuidas toimub utmine tahke soojuskandjaga?
  3. Iseloomustada «põlevkivipuu» saadusi.
-

## VIII peatükk.

### ALKOHOLID. FENOOLID.

Eelmistes peatükkides me tutvusime niisuguste, orgaaniliste ühenditega, mis koosnevad ainult süsinikust ja vesinikust.

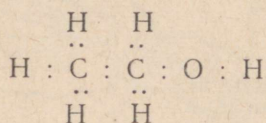
Tuntakse aga ka selliseid orgaanilisi aineid, kus peale süsiniku ja vesiniku on veel hapnik. Niisuguste ühendite hulka kuuluvad alkoholid ja fenoolid.

#### § 1. Etüülalkohol.

**1. Etüülalkoholi omadused.** Etüülalkohol  $C_2H_5OH$  ehk viinpiiritus on värvusetu, omapärase lõhnaga vedelik, erikaaluga 0,8. Ta keeb temperatuuril  $78,3^\circ C$  ja hangub temperatuuril  $-114^\circ C$ . Ta seguneb veega igas vahekorras. Puhast etüülalkoholi nimetatakse «rektifikaadiks», ta sisaldab 96% alkoholi ja 4% vett. Etüülalkoholis lahustuvad paljud orgaanilised ained. Katsete abil on kindlaks tehtud etüülalkoholi koostis ja molekuli ehitus.

Molekuli struktuuri võib kujutada järgmiselt:

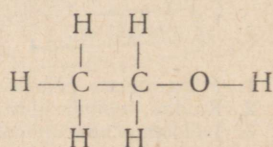
$C_2H_5OH$   
molekulaarne valem



elektronvalem

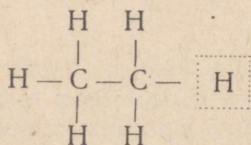
ehk

$CH_3 - CH_2 - OH$   
lihtsustatud struktuurvalem

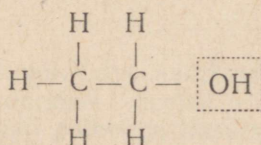


täielik struktuurvalem

Kui kõrvutame etüülalkoholi ja etaani molekulide valemid, siis näeme, et etüülalkoholi võib vaadelda kui küllastatud süsivesiniku — etaani derivaati, milles üks vesiniku aatom on asendatud hüdroksüülrühmaga — OH:



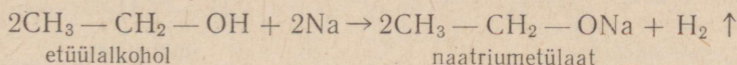
etaan



etüülalkohol

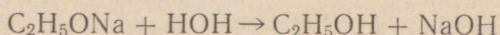
Etüülalkohol on neutraalne aine, ta ei muuda indikaatorite — lakmuse ja fenoolftaleiini värvust.

Etüülalkoholi keemilised omadused sõltuvad temas olevast hüdroksüülrühmast. Näiteks reageerib etüülalkohol metallilise naatriumiga, kusjuures eraldub vesinik ja tekib tahke aine — naatriumetülaat:



Etüülalkoholi molekuli kõikidest vesiniku aatomitest asendub naatriumiga ainult üks, ja nimelt see, mis on seotud hapniku aatomiga hüdroksüülilis.

Naatriumetülaat  $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$  on ebapüsiv aine, vee toimel ta laguneb etüülalkoholiks ja leeliseks:

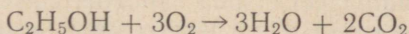


Etüülalkoholi molekulis võib hüdroksüülrühma asendada halogeenvesinikhapete toimel halogeenidega:



Sarnasel viisil võivad reageerida etüülalkoholiga ka teised happed.

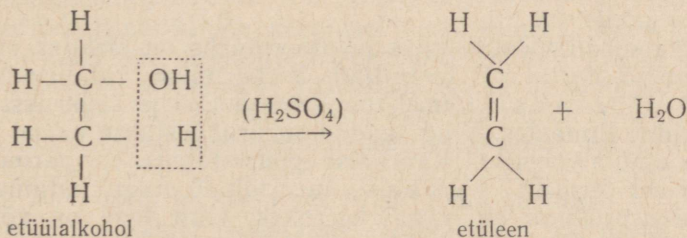
Etüülalkohol on kergesti süttiv aine. Ta põleb nõrga sinaka leegiga süsihappegaasiks ja veeauruks:



Soojendades etüülalkoholi koos kontsentreeritud väävelhappega, toimub alkoholi dehüdratiseerimine, s. t. vee eraldumine.

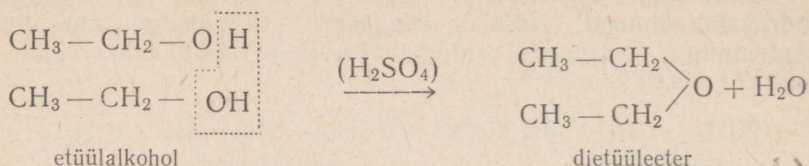
Alkoholi dehüdratatsioon võib kulgeda mitmeti olenevalt temperatuurist:

1) Igast alkoholi molekulist eraldub üks vee molekul.



Seejuures moodustub küllastumata süsivesinik — etüleen ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ).

2) Iga kahe molekuli alkoholi kohta moodustub üks molekul vett. Ühest alkoholi molekulist eraldub hüdroksüülrühm ja teisest vesinik.



Käesoleval juhtumil dehüdratiseerumise tulemusena saadakse dietylüleeter.

Eetrid on orgaanilised ained, mis koosnevad kahest teineteisega hapniku aatomi kaudu ühendatud süsivesiniku radikaalist.

**Dietylüleeter**  $[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}]$ , mida tavaliselt nimetatakse lihtsalt eetriks, on kergesti lenduv, värvuseta ja iseloomuliku lõhnaga vedelik, mis keeb juba temperatuuril  $34,6^\circ$ . Ohuga segatuna annavad eetriaurud tugevasti plahvatava segu, mis süttib kergesti isegi sädemest. Seepärast peab eetrit lahtisest leegist alati eemal hoidma.

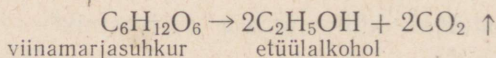
Eeter on tunduvalt mürgisem alkoholist. Eetriaurude sissehingamine tekitab sügavat narkoosi.

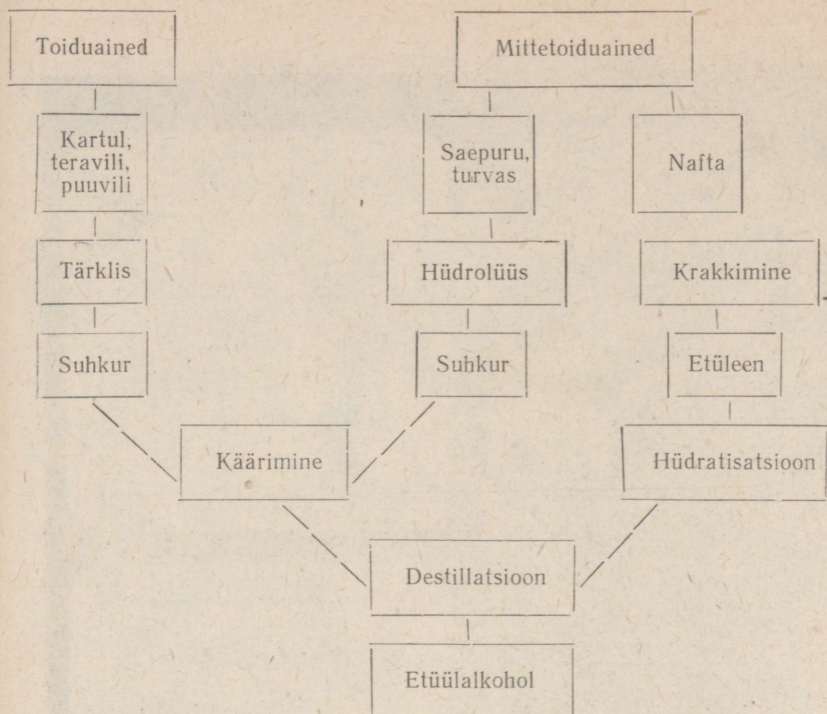
Eeter leiab laialdast kasutamist arstiteaduses uinutina ning külmutina ja laboratoorses praktikas suurepärase lahustina. Eetri kasutamine tööstuses on piiratud tema väga suure tulekardetavuse tõttu.

**2. Etüülalkoholi tööstuslik saamine.** Juba kauges minevikus leidis inimene katselisel teel, et viinamarja mahlas sisalduvad suhkrained võivad muutuda käärimise tulemusel aineks, mis joobnustab. See aine eraldati puhtal kujul XI sajandil ja nimetati piirituseks (ladinakeelse sõna «spiritus vini» järgi, mis tähendab tõlkes «viina vaim»). Oma lenduvuse ja kerge süttivuse tõttu nimetati teda veel alkoholiks (araabiakeelse sõna järgi, mis tähendab lenduvust).

Tööstuslikus ulatuses toodetakse etüülalkoholi käesoleval ajal väga suurtes kogustes. Etüülalkoholi aastatoodang ulatub miljonitesse tonnidesse. Toorainena kasutatakse kas toiduaineid (teravili, kartul, puuvili, marjad) või siis toiduks mittekasutatavaid aineid (puidujäätmed, nafta jne.). Etüülalkoholi tootmisest annab ülevaate joonis 49.

Etüülalkoholi tööstuslikuks põhitooraineiks on tärglist sisalduvad ühendid kartul või teraviljad. Biokeemilise katalüsaatori — ferment *diastasi* toimel muudetakse tärglis suhkruks. Diastasi leidub linnastes. Ning saadud suhkrul lastakse pärmil toimel käärida etüülalkoholiks. Käärimise põhjustajaks on pärmiseente ensüüm ehk ferment *sümaas*, mis toimib nagu katalüsaator. Käärimise protsess on väga keerukas, kuid teda on võimalik lihtsustatud kujul avaldada järgmise võrrandi abil:





Joonis 49. Etüülalkoholi saamine.

Sellest võrrandist nähtub, et peale etüülalkoholi tekib käärimisel veel süsihappegaas. Viimase eraldumise lakkamine lahusest viitab käärimisprotsessi lõppemisele.

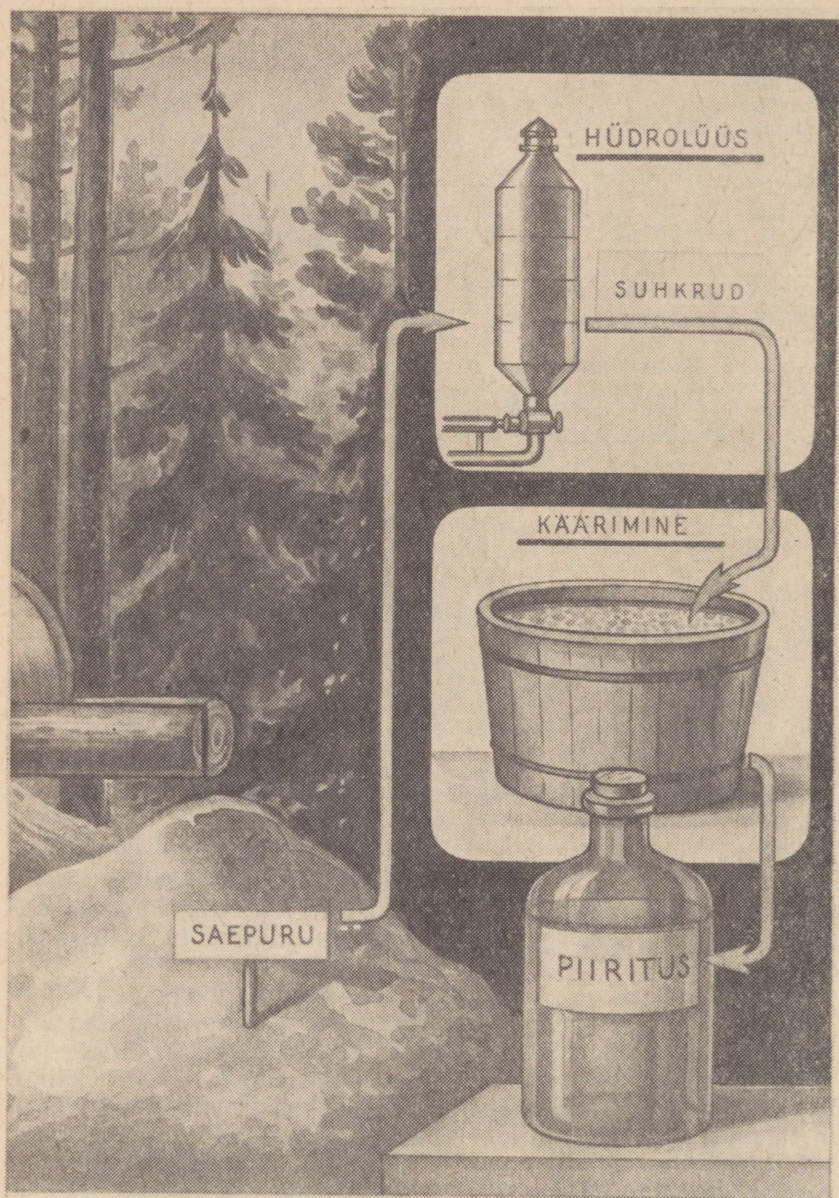
Kuna rahvamajanduses vajati üha enam ja enam etüülalkoholi, tuli kartul ja teraviljad asendada odavama ainega. Nüüd saadaksegi enamus tehnilisteks vajadusteks minevat etüülalkoholi puidutöötlemise jääkidest: saepurust, laastudest ja tselluloosi tootmise jääkidest.

Puidutöötlemisjääkide keetmisel koos mineraalhapetega rõhu all muutuvad nad keemiliselt suhkruks. Toimub puidu hüdrolüüs. Suhkru alkohoolsel käärimisel saadakse etüülpiiritus.

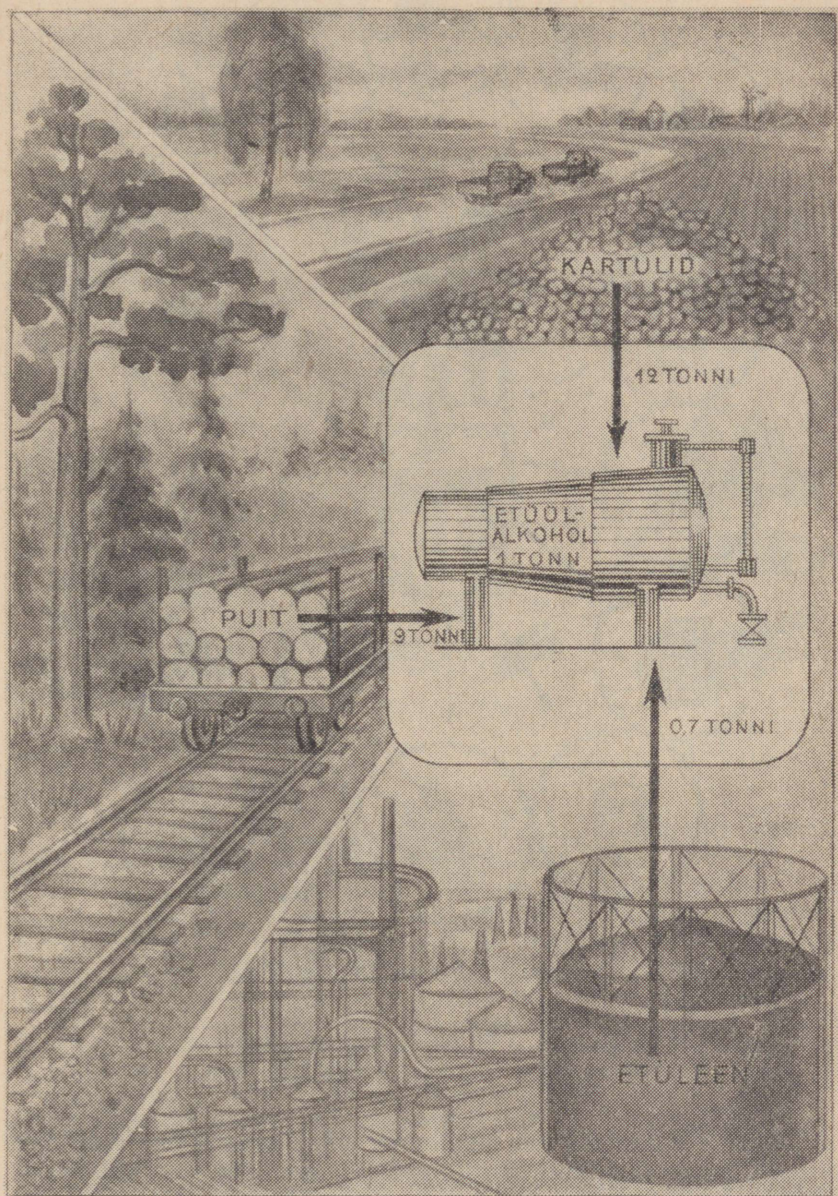
Nõukogude Liidus lasti esimesed hüdrolüüsi tehased käiku 1938. aastal. Rahvamajanduslikust seisukohast oli sellel väga suur tähtsus, sest iga miljoni liitri etüülalkoholi tootmiseks on vajalik 3000 tonni teravilja või 10 000 tonni kartuleid.

Suurtööstuslikult toodetakse etüülalkoholi ka naftast. Nafta krakkgaasides leidub kaalu järgi kuni 20% etüleeni ( $C_2H_4$ ).

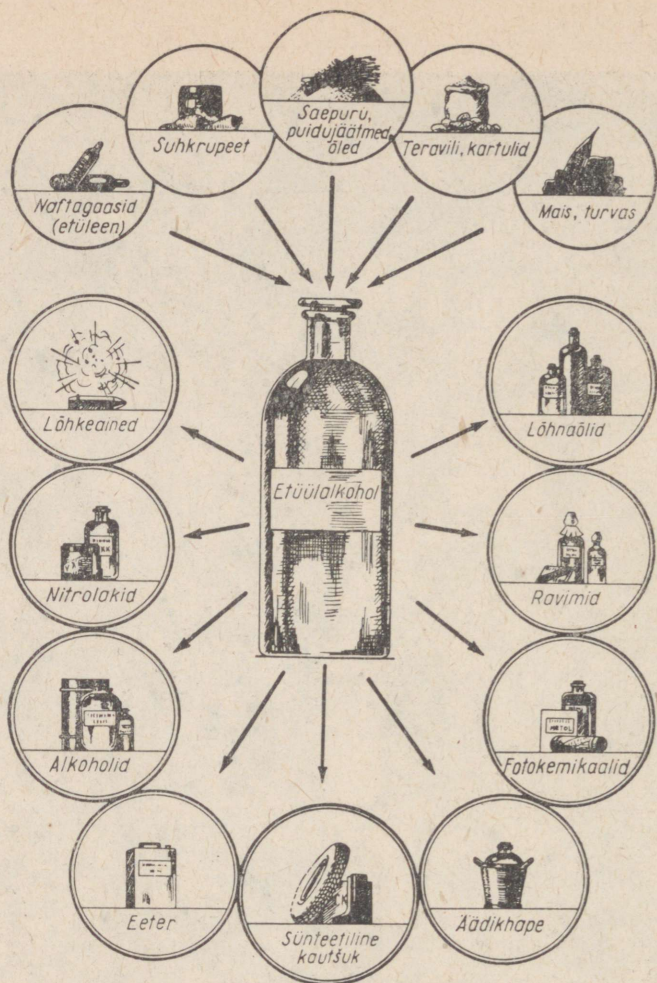
Etüleeni hüdratiseerimisel (s. t. veega liitmisel) katalüsaatori juuresolekul kõrge temperatuuri ja rõhu juures saadakse etüülalkohol. Selle reaktsiooni avastas 1873. aastal Butlerov.



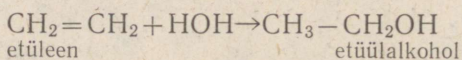
Joonis 50. Alkoholi saamine puidu hüdrolüüsil.



Joonis 51. Kartuli, puidu ja etüleeni kulu 1 tonni etüülalkoholi tootmiseks.

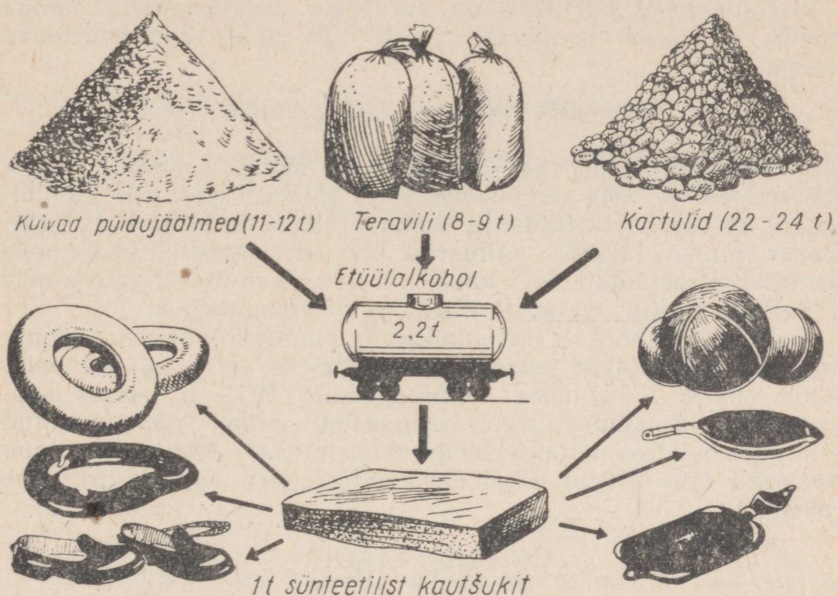


Joonis 52. Etüülalkoholi saamine ja kasutamine.



Lähematel aastatel läheb meie maa tehnilisi vajadusi rahuldav piiritusetööstus täielikult üle mittetoiduaineliste toorainete — puidujääkide ja naftagaaside kasutamisele. See eesmärk püstitati juba NLKP XX kongressi direktiivides, mille kohaselt meie tööstus peab saavutama tehnilisteks eesmärkideks minevate toiduainete asendamise sünteetilise toorainega, et 1961. aastast alates lõpetada toiduainete kulutamine nendeks eesmärkideks.

3. Etüülalkoholi kasutamine. Etüülalkohol leiab laialdast kasutamist. Teda tarvitatakse lahustina lakitööstuses ja parfümeeria-tööstuses ning äädikhappe, eetri, jodoformi, mõnede värvainete, suitsuta püssirohu, farmatseutiliste preparaatide ja paljude teiste ainete saamiseks.



Joonis 53. Tooraine kulu 1 tonni kautšuki saamiseks.

Etüülalkoholi kasutatakse NSV Liidus sünteetilise kautšuki saamiseks akadeemik Lebedevi meetodil.

Etüülalkohol kuulub ka alkoholiliste jookide koostisse. Tehniliseks otstarbeks kasutatav denaturaat on tehniline etüülalkohol, millele on lisandatud puhastamata puupiiritust, mürkaineid ja ka värvaineid, et teda eraldada puhtast viinpiiritusest.

#### Kordamisküsimusi.

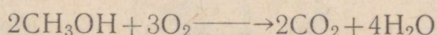
1. Millised on etüülalkoholi füüsikalised omadused?
2. Millised on etüülalkoholi keemilised omadused?
3. Selgitage alkoholi dehüdratatsiooni nähe.
4. Millised ained moodustuvad alkoholi dehüdratiseerimisel?
5. Selgitage eetri mõiste.
6. Mitu liitrit vesinikku tekib, kui toimida metallilise naatriumiga 59 g etüülalkoholisse?
7. Mitu liitrit õhku kulub 1 mooli etüülalkoholi põlemiseks? Kui palju tekib seejuures süsihappegaasi?
8. Nimetage etüülalkoholi tootmise tööstuslikud toorained.
9. Kuidas saadakse toiduainetest etüülalkoholi?

10. Millised etüülalkoholi tööstusliku tootmise menetlused on levinumad ja mispärast?

11. Milleks kasutatakse etüülalkoholi?

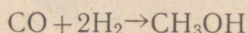
## § 2. Metüülalkohol.

Metüülalkohol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) on värvusetu, iseloomuliku lõhnaga vedelik, mis keeb temperatuuril  $65^\circ$ . Ta põleb mittehələnduva leegiga:



Metüülalkohol on väga mürgine: ta mõjub peamiselt nägemisnärvidele ja võib põhjustada isegi pimedaksjäämist. Metüülalkohol on heaks rasvade ja vaikude lahustiks ning teda kasutatakse tehnikas lakkide, polituuride jne. valmistamisel. Peale selle kasutatakse metüülalkoholi aniliinvärvide, desinfitseerivate ainete (näiteks formaliin) valmistamiseks ja põletusainena.

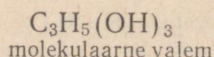
Tööstuses saadakse metüülalkoholi puidu kuivdestillatsioonil, seepärast nimetatakse teda ka puupiirituseks. 100 kaaluosa puitu annab umbes 1 kaaluosa metüülalkoholi. 1924. a. alates saadakse teda ka sünteetiliselt vesigaasist, millele on lisandatud vesinikku. Selleks juhatakse temperatuurini  $300\text{--}400^\circ$  soojendatud gaasisegu  $150\text{--}250$  at rõhul üle katalüsaatori. Toimub järgmine reaktsioon:



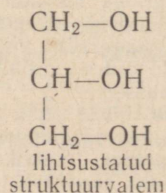
## § 3. Glütseriin.

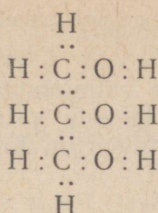
Glütseriin [ $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ ] on magusamaitseline, siirupitaoline värvitu vedelik, erikaaluga 1,26. Tema keemistemperatuur on  $290^\circ$ . Glütseriin seguneb veega igas vahekorras ja on väga hügrokoopiline.

Glütseriini molekuli ehitust tõestavad järgmised asjaolud: 1) kolme hüdroksüüli olemasolu glütseriini molekulis kinnitab kolme vesiniku aatomi asendatavus metalliga; 2) et glütseriin lagunemata keeb, siis võib ühe süsiniku aatomi küljes olla ainult üks hüdroksüül. Seega on kolme süsiniku aatomit sisaldaval glütseriini molekulil järgmine struktuurvalem:

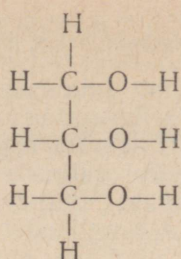


ehk



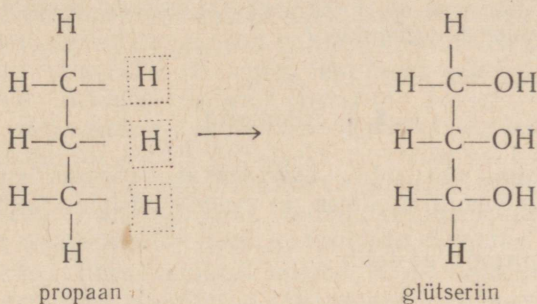


elektronvalem

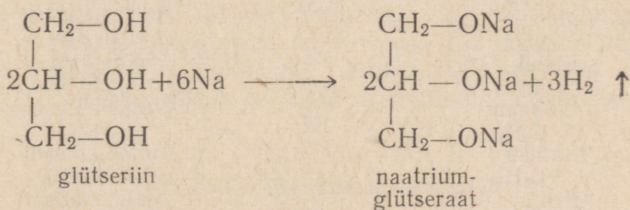


struktuurvalem

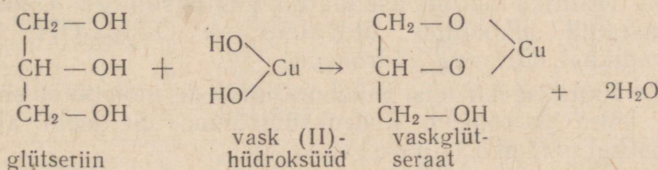
Glütseriini struktuurvalemist selgub, et teda võib vaadelda kui propaani  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  derivaati, mille kolm vesiniku aatomit on asendatud hüdroksüülrühmadega.



Glütseriin, nagu teisedki alkoholid, reageerib leelismetallidega, näiteks metallilise naatriumiga, moodustades glütseraate (mis sarnanevad alkoholaatidega):



Kuid samal ajal võib glütseriini keemilistes omadustes märgata teatud erinevusi võrreldes üheaatomiliste alkoholidega, mis on tingitud suurest hüdroksüülide arvust tema molekulis. See iseärasus avaldub vesiniku aatomite suurema liikuvusega hüdroksüülis, mistõttu glütseriin, nagu happedki, reageerib mõnede raskete metallide hüdroksüüdidega:



See reaktsioon näitab, et glütseriinil on teatud ulatuses happelised omadused, mis väljenduvad tugevamini kui üheaatomilistel alkoholidel.

Glütseriin leiab laialdast kasutamist värvide valmistamisel, arstiteaduses, parfümeerias, nn. mittekülmuvate lahuste valmistamisel jne. Eriti suurtes kogustes kasutatakse glütseriini lõhkeaine nitroglütseriini valmistamisel.

Tehnikas saadakse glütseriini peamiselt rasvadest. Peale selle tekib teda teatud tingimustel suhkru alkoholoolisel käärimisel. Viimastel aastatel saadakse glütseriini ka sünteetiliselt, kasutades lähteainena nafta krakkgaasides leiduvat propüleenit ( $C_3H_6$ ).

#### Kordamisküsimusi.

1. Kirjutada glütseriini valem.
2. Nimetage glütseriini omadused, mille poolest ta erineb alkoholist.
3. Milleks kasutatakse glütseriini?

#### § 4. Alkoholid.

Alkohole võib vaadelda süsivesinike derivaatidena, millede molekulides üks vesiniku aatom on asendatud hüdroksüülrühmaga ( $-OH$ ).

Toome mõningaid näiteid:

Tabel 14

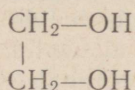
| Süsivesinikud | Alkoholid      |
|---------------|----------------|
| $CH_4$        | $CH_3OH$       |
| Metaan        | Metüülalkohol  |
| $C_2H_6$      | $C_2H_5OH$     |
| Etaan         | Etüülalkohol   |
| $C_3H_8$      | $C_3H_7OH$     |
| Propaan       | Propüülalkohol |
| $C_4H_{10}$   | $C_4H_9OH$     |
| Butaan        | Butüülalkohol  |
| $C_5H_{12}$   | $C_5H_{11OH}$  |
| Pentaan       | Amüülalkohol   |

Nimetatud alkoholid on kõik ühealuselised küllastatud alkoholid. Ühealuselisteks nimetatakse neid seepärast, et nendes on ainult üks vesiniku aatom asendatud hüdroksüüliga. Ühealuseliste küllastatud alkoholide üldvalem on  $C_nH_{2n+1}OH$ , kus  $C_nH_{2n+1}$  on radikaal,  $OH$  aga hüdroksüül.

Peale selle tuntakse ka teisi alkohole, millede molekulid sisaldavad kaks, kolm ja rohkem hüdroksüülrühma. Selliseid alkohole nimetatakse mitmealuselisteks.

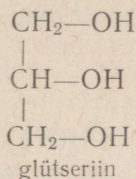
Mitmealuselised alkoholid on süsivesinike derivaadid, milles vesiniku aatomid on asendatud hüdroksüülrühmaga. Näiteks:

Kahealuseline alkohol



etüleenglükool

Kolmealuseline alkohol



Alkoholide omaduste tundmaõppimisel veendusime, et nende omadused sõltuvad molekulide ehitusest. Näiteks sõltuvad alkohole iseloomustavad omadused nende molekulides olevast hüdroksüülrühmast. *Molekuli koosseisu kuuluvat aatomit või aatomite rühma, mis määrab antud ühendite klassi iseloomustavad omadused, nimetatakse selle klassi funktsionaalseks rühmaks.* Alkoholide funktsionaalseks rühmaks on hüdroksüülrühm.

*Alkoholideks nimetatakse orgaanilisi aineid, mille molekulid sisaldavad süsivesiniku radikaaliga seostatud hüdroksüülrühma, mis on alkoholide funktsionaalseks rühmaks.*

Küllastatud ühealuselised alkoholid on oma agregaatolekult tavalistel tingimustel vedelad või tahked. Väiksema molekulaaruga on vedelikud ja suurema molekulaaruga tahked ained. Alkoholide keemistemperatuurid, võrreldes süsivesinike keemistemperatuuridega, on suhteliselt kõrged, seejuures molekulaalu suurenemisega keemistemperatuur tõuseb. Kõik alkoholid on veest kergemad, s. t. nende erikaal on vähem kui 1 g/cm<sup>3</sup>. Väikese molekulaaruga alkoholid lahustuvad hästi vees (igasuguses vahekorras) ja teistes vedelikes, molekulaalu suurenemisega aga lahustuvus väheneb. Kõrgemad alkoholid vees praktiliselt ei lahustu.

Tabel 15

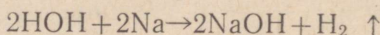
Alkoholide füüsikalised omadused.

| Nimetus        | Valem                              | Sulamis-<br>temperatuur<br>°C | Keemis-<br>temperatuur<br>°C | Erikaal |
|----------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------|
| Metüülalkohol  | CH <sub>3</sub> OH                 | −97                           | +65                          | 0,812   |
| Etüülalkohol   | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH   | −114                          | +78                          | 0,806   |
| Propüülalkohol | C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH   | −127                          | +97                          | 0,817   |
| Butüülalkohol  | C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH   | −80                           | +117                         | 0,823   |
| Amüülalkohol   | C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH  | −78,5                         | +138                         | 0,829   |
| Heksüülalkohol | C <sub>6</sub> H <sub>13</sub> OH  | −51                           | +156                         | 0,820   |
| Tsetüülalkohol | C <sub>16</sub> H <sub>33</sub> OH | +50                           | +190                         | 0,818   |

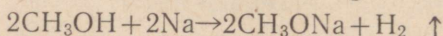
Madalamad alkoholid omavad n.-ö. «viina lõhna», keskmise molekulkaaluga alkoholidel on ebameeldiv lõhn, kõrgemad aga on lõhnata.

Alkoholid nagu vesigi on neutraalsed ained. Nad ei muuda indikaatorite värvust. Nende keemilised omadused sõltuvad neis olevatest hüdroksüülrühmadest. Seepärast paljud alkoholide reaktsioonid sarnanevad vee reaktsioonidega. Näiteks alkoholid, nagu vesigi, reageerivad leelismetallidega, kusjuures eraldub vesinik.

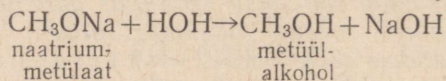
Naatriumi reageerimine veega:



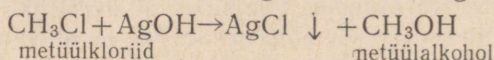
Naatriumi reageerimine metüülalkoholiga:



Leelismetallide reageerimisel alkoholidega tekivad tahked ained, mida nimetatakse alkoholaatideks. Alkoholaadid on ebapüsivad ained, mis vees lagunevad alkoholiks ja leeliseks:

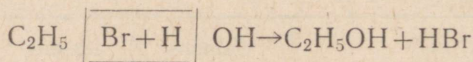


Alkohole pole võimalik saada süsivesiniku molekuli ühe vesiniku aatomi vahetul asendamisel hüdroksüüliga. Alkoholide üheks üldisemaks saamisviisiks on küllastatud süsivesinike halogeenderivaatide reageerimine värskest valmistatud hõbehüdroksüüdiga. Selle reaktsiooni olemus seisneb selles, et hõbe ühineb halogeeninga, süsivesinik-radikaal aga hüdroksüüliga:

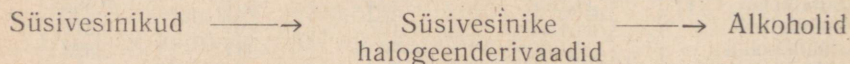


Nimetatud reaktsioon ei ole aga alkoholide tavaliseks saamisviisiks, vaid seda kasutatakse ainult alkoholide valemi kindlakstegemisel.

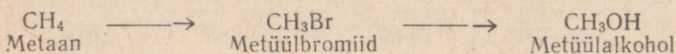
Sageli kasutatakse alkoholide saamiseks vee toimet (leelise juuresolekul) küllastatud süsivesinike halogeenderivaatidesse. Sel viisil võib näiteks etüülbromiidist saada etüülalkoholi:

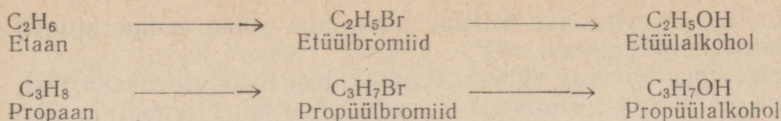


Reaktsioonist nähtub küllastatud süsivesinike seos alkoholidega. Üldiselt on küllastatud süsivesinike, nende halogeenderivaatide ja alkoholide vahel geneetiline seos:



Näiteks:





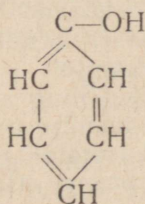
### Kordamisküsimusi.

1. Mida kujutavad endast alkoholid?
2. Missuguseid aineid nimetatakse ühe-, kahe- ja kolmealuselisteks alkoholideks?
3. Mida nimetatakse funktsionaalseks rühmaks?
4. Missuguseid orgaanilisi aineid nimetatakse alkoholideks?
5. Nimetage alkoholide üldisi omadusi.
6. Mis tekib alkoholide reageerimisel leelismetallidega?
7. Mis tekib vee toimel alkoholaatidesse?
8. Nimetage alkoholide üldisi saamisviise.
9. Lähtudes propaanist saage propüülalkohol. Kirjutage reaktsioonide võrrandid.

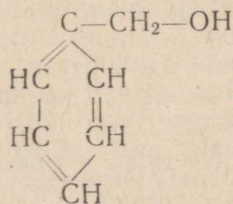
### § 5. Fenoolid.

*Fenoolideks nimetatakse aromaatsete süsivesinike derivaate, milles üks või mitu vesiniku aatomit bensoolituumas on asendatud hüdroksüülrühmaga.*

Omaduste poolest erinevad fenoolid tunduvalt sellistest aromaatsetest ühenditest, mis sisaldavad hüdroksüüli külghelas. Viimased sarnanevad omadustelt alkoholidega ja nimetatakse seetõttu aromaatseteks alkoholideks.

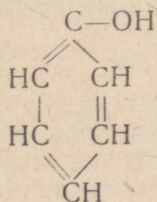


fenool (hüdroksüül on tuumas)

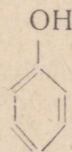


bensüülalkohol (hüdroksüül on külghelas)

Lihtsaim fenoolide esindaja on fenool ehk karboolhape ( $C_6H_5OH$ ), mille struktuurvalem on



ehk

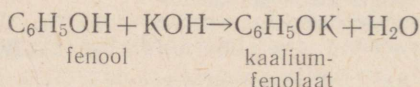


Fenool on värvitu kristalliline aine, mis sulab temperatuuril 41° ja keeb temperatuuril 181°.

Fenool lahustub vees vähesel määral. Kui fenoolile lisada vett, siis tekib kaks kihti: alumine — vees lahustunud fenool ja ülemine — fenoolis lahustunud vesi. Soojendamisel suureneb fenooli ja vee vastastikune lahustuvus; 68°-st kõrgemal temperatuuril lahustuvad nad teineteises igas vahekorras.

Keemilistelt omadustelt erineb fenool alkoholidest ja on lähedasem hapetele. Alkoholid annavad alkoholaate ainult vaba metalli toimel nendesse, fenoolides aga võib hüdroksüülis olev vesinik asenduda metalliga nii vaba metalli kui ka leeliste toimel. Seejuures saadavaid ühendeid nimetatakse fenolaatideks.

Leeliste toimel fenoolisse saadakse vees lahustuv fenolaat:



Et fenool on nõrkade happeliste omadustega, siis lagunevad tema soolad — fenolaadid — isegi sellise nõrga happe toimel, nagu on seda süsihape, kusjuures fenolaadist vabaneb uuesti fenool.

Fenooli saadakse kiviõletõrva kesk-õli fraktsioonist ja bensoolist. Fenooli leidub põlevkiviõlis.

Fenoolist valmistatakse rida väärtuslikke arstimeid (salitsüülhape, aspiriin, fenatsetiin, salool jt.) ning pikriinhapet, mida kasutatakse lõhkeainete saamiseks (meliniit jt.).

Suurtes kogustes kasutatakse fenooli plastmasside valmistamiseks; nii näiteks saadakse fenooli reageerimisel formaliiniga bakeliit ja karboliit. Need kunstvaigud leiavad laialdast kasutamist tehnikas mitmesuguste aparaatide ja nende osade, majatarvete, lambipesade, nõövide jne. valmistamisel.

Fenoolid tekivad ka liha ja kala suitsutamisel ning antiseptiliste omaduste tõttu kaitsevad neid aineid mädanemise eest.

Tugevate antiseptiliste omaduste tõttu kasutatakse fenooli (karboolhapet) arstiteaduses desinfitseeriva aina (tavaliselt 3% lahusega «karboli» nime all).

#### Kordamisküsimusi.

1. Missuguseid aineid nimetatakse fenoolideks?
  2. Kirjutada fenooli valem ja nimetada tema keemilisi omadusi.
  3. Missuguste omaduste poolest erinevad fenoolid alkoholidest?
  4. Mis tekib fenooli reageerimisel leelisega?
  5. Milleks kasutatakse fenooli?
-

## IX peatükk.

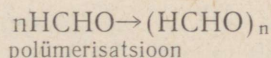
### ALDEHÜÜDID.

Teiseks hapnikku sisaldavate orgaaniliste ühendite klassiks on aldehyüdid. Aldehyüdid on alkoholide hapendussaadused. Aldehyüdide esindajatest tutvume formaldehyüdiga.

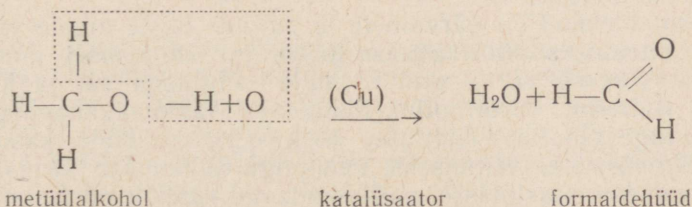
#### § 1. Formaldehyüd.

Formaldehyüd (HCHO) on terava lõhnatava lõhnaga gaas. Tema nimetus on tuletatud ladinakeelsest sõnast *formica*, mis tähendab «sipelgas», kuna ta edasisel oksüdeerimisel muutub sipelghappeks. Formaldehyüdi sünteesis esmakordselt Butlerov.

Formaldehyüd lahustub vees. Tema 30—40% vesilahust nimetatakse formaliiniks. Formaldehyüdi vesilahus ei ole püsiv, vaid polümeriseerub aegamööda. Soojendamisel läheb aga polümerisatsioon kiirelt ja tekib valge kristalliline aine, mida nimetatakse paraformaldehyüdiks (HCHO)<sub>n</sub>:



Formaldehyüdi saadakse metüülalkoholi oksüdeerimisel katalüsaatori juuresolekul:

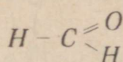
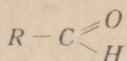


Sellest võrrandist nähtub, et metüülalkoholi oksüdeerimise olemus seisneb tema molekulist kahe vesiniku aatomi äravõtmises.

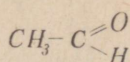
Formaldehyüdi struktuurivalem näitab, et hapniku aatom on ühendatud süsiniku aatomiga kaksikseose abil. Igal teistsugusel



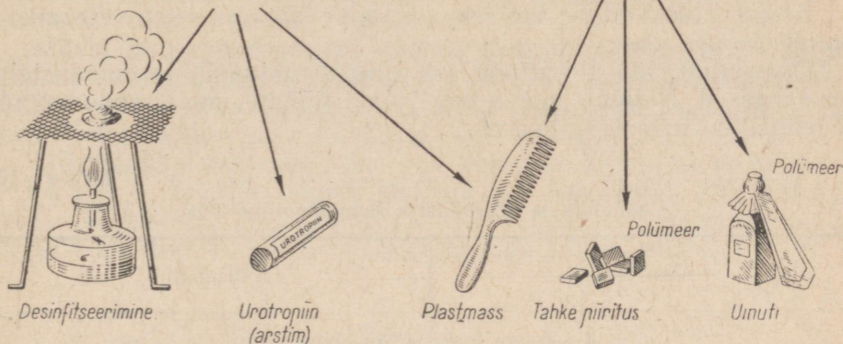
## ALDEHÜÜDID



Formaldehüüd



Atseetaldehüüd



Joonis 54. Formaldehüüdi ja atseetaldehüüdi peamine kasutamine.

hõõguva katalüsaatori (vask, hõbe, plaatina). Oksüdeerumisel vabaneb nii palju soojust, et sellest jätkub katalüsaatori hõõgvel hoidmiseks.

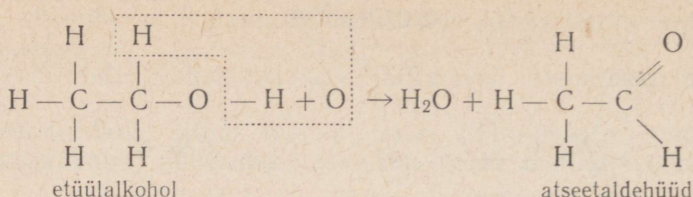
### Kordamisküsimusi.

1. Nimetage formaldehüüdi füüsikalisi omadusi.
2. Nimetage formaldehüüdi keemilisi omadusi.
3. Kuidas saadakse formaldehüüdi?
4. Milles seisneb «hõbepeegli reaktsiooni» olemus?
5. Kuidas saadakse formaldehüüdi tööstuses ja milleks teda kasutatakse?

## § 2. Aldehüüdid.

Kõikide alkoholide iseloomustavaks omaduseks on nende oksüdeeritavus. Oksüdeerumise all mõistetakse protsessi, mille puhul mingi aine liidab hapniku aatomeid või kaotab vesiniku aatomeid. Oksüdeerimine toimub kas õhuhapnikuga või oksüdeerijatega, s. t. ainetega, mille molekulid annavad kergesti ära hapniku aatomeid. Oksüdeerumisel kaotab alkoholi molekul kaks vesiniku aatomit ja nimelt hüdroksüüliga ühendatud süsiniku aatomi juurest, mille tulemusena tekib aldehüüdiks nimetatud aine.

Nii saadakse alkoholide oksüdeerimisel paljud aldehüüdid. Näiteks etüülalkoholi oksüdeerimisel saadakse atseetaldehüüd:



Seega aldehüüdide üldiseks saamisviisiks on vastavate alkoholidest hapendamine.

On tuntud rida aldehüüde, mis oma struktuurilt ja omadustelt on sarnased. Näitena toome mõned aldehüüdid, mis moodustavad aldehüüdide homoloogilise rea:

Tabel 16

Alkoholide ja aldehüüdide homoloogiline rida.

| Alkoholid                           | Aldehüüdid   |
|-------------------------------------|--|
| CH <sub>3</sub> — OH                | $  \begin{array}{c}  \text{O} \\  // \\  \text{H}-\text{C} \\  \backslash \\  \text{H}  \end{array}  $ Formaldehüüd                  |
| Metüülalkohol                       |  |
| C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> — OH  | $  \begin{array}{c}  \text{O} \\  // \\  \text{CH}_3-\text{C} \\  \backslash \\  \text{H}  \end{array}  $ Atseetaldehüüd             |
| Etüülalkohol                        |  |
| C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> — OH  | $  \begin{array}{c}  \text{O} \\  // \\  \text{C}_2\text{H}_5-\text{C} \\  \backslash \\  \text{H}  \end{array}  $ Propioonaldehüüd  |
| Propüülalkohol                      |  |
| C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> — OH  | $  \begin{array}{c}  \text{O} \\  // \\  \text{C}_3\text{H}_7-\text{C} \\  \backslash \\  \text{H}  \end{array}  $ Võialdehüüd       |
| Butüülalkohol                       |  |
| C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> — OH | $  \begin{array}{c}  \text{O} \\  // \\  \text{C}_4\text{H}_9-\text{C} \\  \backslash \\  \text{H}  \end{array}  $ Palderjanaldehüüd |
| Amüülalkohol                        |  |

Aldehüüdide struktuurvalemitest selgub, et kõik nad sisaldavad üht ja sama rühma  $-\text{C} \begin{array}{l} // \text{O} \\ \backslash \text{H} \end{array}$ , mis on aldehüüdide funktsionaalseks

rühmaks. Seega on aldehüüdidel järgmine üldvalem:  $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} // \text{O} \\ \backslash \text{H} \end{array}$

Aldehüüdideks nimetatakse orgaanilisi aineid, mille molekulis sisaldub funktsionaalne rühm  $\text{—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{H} \end{array}$ .

Nimetus «aldehüüd» on tuletatud ladinakeelsetest sõnadest «alkohol dehydrogenatus», mis tähendab «alkohol, millelt on vesinik ära võetud», sest aldehüüdi võib saada alkoholi molekulist kahe vesiniku aatomi eraldamisel.

Aldehüüdid moodustavad samuti homoloogilise rea, nii nagu eespool vaadeldud süsivesinikud ja alkoholid. Keemiliste omaduste poolest on nad ühesugused, füüsikalised omadused (agregaatolek, keemistemperatuur jne.) muutuvad aga korrapäraselt.

Aldehüüdide homoloogilise rea esimene liige on formaldehüüd —  $\text{HCHO}$ . Formaldehüüd on tavalistel tingimustel gaas. Järgmiseks rea liikmeks on vedelik — atseetaldehüüd ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ). Rea kõrgemad liikmed on aga tahked ained.

Tabel 17

Aldehüüdide füüsikalised omadused.

| Nimetus          | Valem   | Keemistemperatuur | Erikaal |
|------------------|---|-------------------|---------|
| Formaldehüüd     | $\text{H—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{H} \end{array}$                                   | —21               | 0,815   |
| Atseetaldehüüd   | $\text{CH}_3\text{—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{H} \end{array}$                         | +20,2             | 0,780   |
| Propioonaldehüüd | $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{H} \end{array}$             | +48,8             | 0,807   |
| Võialdehüüd      | $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{H} \end{array}$ | +75,7             | 0,817   |

Sellest järgneb, et aldehüüdide agregaatolek oleneb aldehüüdi molekulkaalust, täpsemalt, süsiniku aatomite arvust molekulis. Ka keemistemperatuur suureneb koos süsiniku aatomite arvu kasvuga. Aldehüüdid on veest kergemad.

Keemiliste omaduste poolest on aldehüüdid väga reaktsioonivõimelised ühendid. Neile on eriti iseloomulikud järgmised reaktsioonid:

1) ühinemisreaktsioonid: katalüsaatorite toimeel liidavad vesiniku, taandudes alkoholiks.

2) hapendumisreaktsioonid: hapendumisel liidavad hapniku, muutudes orgaaniliseks happeks.

#### Kordamisküsimusi.

1. Kirjutada metüül-, etüül-, propüül- ja butüülalkoholi oksüdeerimisreaktsioonide võrrandid.

2. Kirjutada aldehüüdide homologilise rea ühendite struktuurvalemid.

3. Nimetada aldehüüdide iseloomustavaid füüsikalisi ja keemilisi omadusi.

---

## X peatükk.

### KARBOONHAPPED.

Eelmistes peatükkides tutvusime hapnikku sisaldavate orgaaniliste ainete — alkoholide ja aldehüüdidega. Kolmandaks hapnikku sisaldavate ainete rühmaks on karboonhapped.

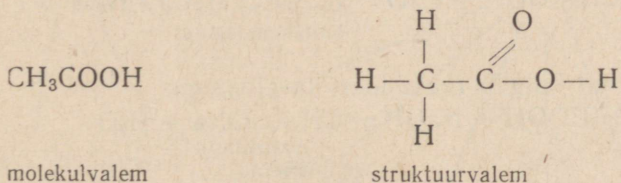
Karboonhapped on aldehüüdide hapendussaadused. Kõige tähtsamaks karboonhappeks on äädikhape. Äädikhapet kasutatakse laialdaselt nii tööstuses kui ka igapäevases majapidamises.

#### § 1. Äädikhape.

**1. Äädikhappe omadused.** Äädikhapet ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) tunti juba kauges minevikus veiniäädikana, mida saadi veini käärimisel. Looduses leidub teda mõnede taimede mahlas.

Puhas veevaba äädikhape on tavalisel temperatuuril ( $18-20^\circ$ ) värvitu, terava lämmatava lõhnaga vedelik, mis keeb  $118^\circ$  juures. Madalamate temperatuuride (alla  $+16,5^\circ$ ) juures on äädikhape kristallilisel kujul ja sarnaneb väliselt jääga. Sellist äädikhapet nimetatakse jää-äädikhappeks.

Äädikhappe molekuli ehitus on järgmine:

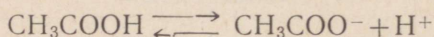


Äädikhappe omadused on tingitud tema molekuli ehitusest, peamiselt karboksüülrühma  $-\text{C} \begin{array}{l} // \text{O} \\ \backslash \text{OH} \end{array}$  ehk  $-\text{COOH}$  olemasolu tõttu molekulis. Valémist nähtub, et karboksüülrühma koostisse kuulub ka hüdroksüülrühm  $-\text{OH}$ . Sellest on tingitud

karboksüülrühma omadused, sest vesinik eraldub viimasest ker-  
gesti.

Äädikhappe vesilahus omabki happelist reaktsiooni: muudab  
sinise lakmuse punaseks ja on hapuka maitsega.

Äädikhape on elektrolüüt. Vesilahuses dissotsieerub ta iooni-  
deks:

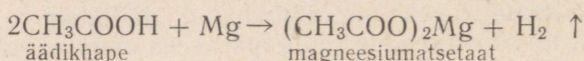


Kuid äädikhappe dissotsiatsiooniate on väike; ta on nõrk  
hape, tunduvalt nõrgem kui enamik mineraalhappeist.

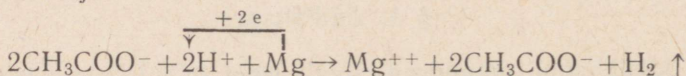
Dissotsiatsiooni võrrandist nähtub, et ainult üks vesinik eral-  
dub äädikhappe molekulist, seega on äädikhape ühealuse-  
line hape.

Äädikhape reageerib metallidega, alustega, hapenditega ja  
sooladega.

Reageerimisel metallidega eraldub vesinik ja moodustub sool:



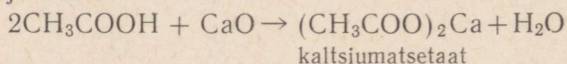
Ioonsel kujul:



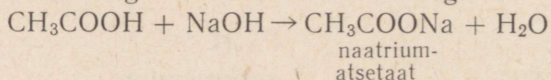
Metalli aatomid asendavad ainult hüdroksüülrühmadesse kuu-  
luvaid vesiniku aatomeid, mitte aga neid vesiniku aatomeid, mis  
on otseselt seotud süsinikuga.

Kuna äädikhape on nõrk hape, siis kulgeb vesiniku eraldumine  
metallide toimel aeglaselt.

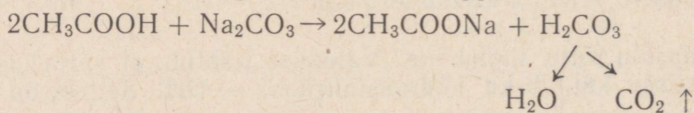
Äädikhappe reageerimisel aluseliste hapenditega moodustub  
vastav sool ja vesi:



Analoogiliselt kulgeb reaktsioon ka alustega:

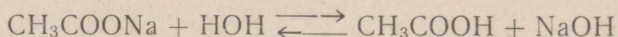


Äädikhappe reageerimisel sooladega tekivad äädikhappe soolad,  
seejuures tõrjutakse välja nõrgem või lenduvam hape. Näiteks  
reageerimisel karbonaatidega eraldub süsihappe anhüdriid:

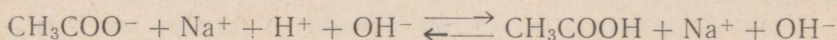


Äädikhappe sooli nimetatakse atsetaatideks.

Atsetaadid kui nõrga happe soolad on hüdrolüüsuvad, s. t. lõhustuvad osaliselt vee toimel:



Ioonsel kujul:



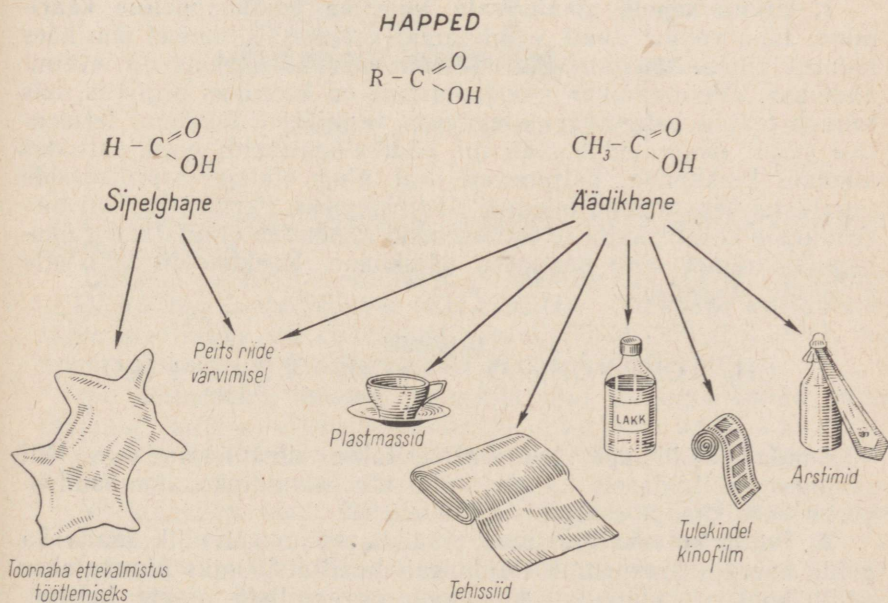
Atsetaatide hüdrolüüsi saab kindlaks teha indikaatoritega. Paljude atsetaatide hüdrolüüsil tekivad aluselised soolad.

**2. Äädikhappe kasutamine.** Äädikhape ja tema soolad leiavad laialdast kasutamist majapidamises ja tööstuses.

Keemiliselt puhast ja kontsentreeritud äädikhapet (umbes 80%-ne) kaubastatakse nn. «äädikaessentsi» nimetuse all. Lahjat äädikhapet kasutatakse maitseainena toidu valmistamisel ja toiduainete konserveerimisel (marineerimine).

Suures koguses vajatakse äädikhapet mitmetes keemiatööstuse harudes. Äädikhapet vajatakse parimate tehissiidi sortide, mitte-süttiva filmi, lõhnaainete, värvide (indigo), lakkide, ravimite (aspiriin) jne. valmistamiseks (joonis 55).

Äädikhappe soolad — atsetaadid leiavad samuti laialdast kasutamist tehnikas, põllumajanduses ja arstiteaduses. Nii kasutatakse



näiteks pliiatsetaati  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  ehk nn. «pliiisuhkrut» valge värvi valmistamisel. Pliiatsetaat on väga mürgine aine. Aluselist pliiatsetaati  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$  ehk  $\text{CH}_3\text{COOPb}(\text{OH})$  kasutatakse arstiteaduses ravimina ja valge värvi valmistamisel. Äädikhappe sooli — alumiinium-, raud- ja kroomatsetaate tarvitatakse riide värvimisel. Vaskatsetaati kasutatakse roheliste ja siniste maalrivärvide valmistamisel, viimased on aga mürgised.

Vaskatsetaadi ja vaskarseniti ühendit — «pariisi rohelist» — tarvitatakse põllumajanduses putukamürgina.

### Kordamisküsimusi.

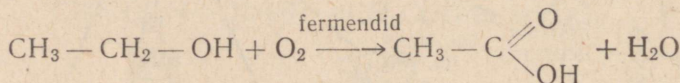
1. Millised on äädikhappe füüsikalised omadused?
2. Kirjutada äädikhappe struktuurvalem.
3. Nimeta äädikhappe keemilised omadused.
4. Millega võib tõestada, et äädikhape on nõrk hape?
5. Kirjutage mingi a) ühevalentse, b) kahevalentse ja c) kolmevalentse metalli reageerimisel äädikhappega tekkinud soola struktuurvalem.
6. Milleks kasutatakse äädikhapet?
7. Missugust tähtsust omavad atsetaadid?

## § 2. Äädikhappe tootmine.

Laialdase tarbimise tõttu toodetakse äädikhapet tööstuses suurtes kogustes.

Tähtsamad on järgmised tootmismeetodid:

**1. Etüülalkoholi sisaldavate vedelike äädikhappeline käärimine.** Juba vanasti teati, et viinamarjaveini säilitamisel õhu käes muutus viimane aegamööda maitselt hapukaks, tekkis nn. «veini-äädikas». «Veiniäädika» moodustumine on keerukas protsess, mis toimub teatud bakterite elutegevuse tagajärjel tekkinud fermentide mõjul. Õhus leidub alati nn. äädika-baktereid; need, sattudes alkoholi keskkonda, paljunevad seal ning elutegevusprotsesside tagajärjel hapendavad alkoholi äädikhappeks. Fermentide kui biokeemiliste katalüsaatorite juuresolekul hapendub etüülalkohol õhu hapniku toimel ning saadakse äädikhape. Reaktsiooni võib ette kujutada järgmiselt:

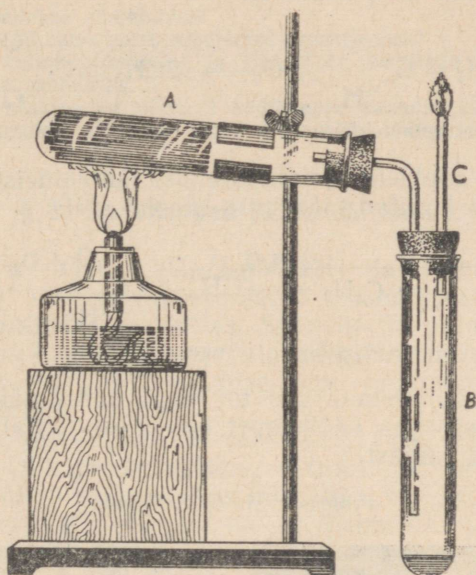


Saadud äädikhape kontsentreeritakse destilleerimisega. Nii saadakse küllaldaselt kange hape, mis suunatakse kaubandusvõrku «äädikhappe essentsi» nimetuse all.

**2. Puidu kuivdestillatsioon.** Äädikhapet on võimalik saada ka puidu kuivdestillatsioonil. Puidu kuivdestillatsiooniks nimetatakse puidu koostisse kuuluvate keerukate orgaaniliste ainete lagunemist kuumutamisel ilma õhu juurdepääsuta.

Laboratoorses tingimustes võib seda katset teostada joonisel 56 kujutatud seadise abil.

Puidu kuivdestillatsioonil tekivad põlevad gaasid, vedelad ained ja süsi. Saadud vedelad ained kihituvad õlitaoliseks aineks (tõrv, tõkat) ja tõrvaveeks. Tõrva ja tõrvavee koostis on muutuv ja sõltub puuliigist. Okaspuu tõrvast saadakse tärpentiini, mida kasutatakse lakkide valmistamisel hea vaikude lahustina.



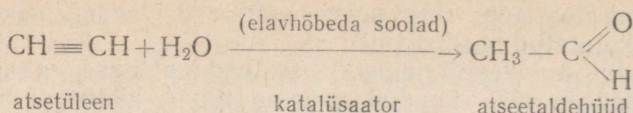
Joonis 56. Puidu kuivdestillatsioon.

Pöökpuu tõrvast saadakse kreosooti, mida kasutatakse antiseptilise aineana.

Lehtpuu tõrvaveest saadakse puupiiritust ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), atsetooni ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ) ja äädikhapet ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). Äädikhape eraldatakse tõrvaveest lubja abil kaltsiumatsetaadi [ $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ ] kujul, mis mineraalhapetega destilleerimisel annab äädikhappe.

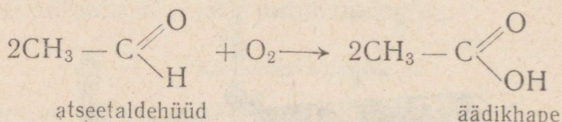
**3. Sünteetiline meetod.** Viimasel ajal on omandanud suure tähtsuse kolmas valmistamisviis — äädikhappe saamine atseetaldehüüdist. Vajalik atseetaldehüüd saadakse «Kutšerovi reaktsiooni» abil atsetüleenist.

Väljapaistev vene keemik M. G. Kutšerov tegi kindlaks, et atsetüleen liitub madalal temperatuuril elavhõbeda soolade juuresolekul (viimased toimivad katalüsaatorina) veega uueks aineks, mida nimetatakse atseetaldehüüdiks. Atsetüleeni reageerimist veega kujutab järgmine reaktsiooni võrrand:

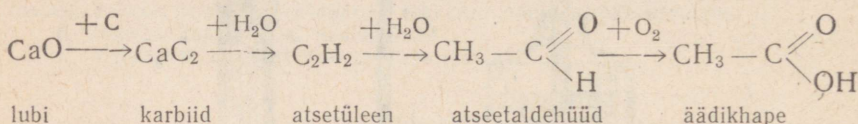


Seda tähtsat reaktsiooni nimetatakse «Kutšerovi reaktsiooniks».

Atseetaldehüüdi oksüdeerimisel õhuhapnikuga saadakse äädikhape järgmise võrrandi kohaselt:



Äädikhappe sünteetilist valmistamist lähteaineist kuni valmis-  
saadusteni võib kujutada järgmise skeemi abil:



Nimetatud valmistamisviis on väga suure tähtsusega, kuna võimaldab valmistada äädikhapet odavatest toorainetest — söest ja kustutamata lubjast.

#### Professor M. G. Kutšerov.



M. G. Kutšerov (1850—1911).

Mihhail Grigorjevitš Kutšerov sündis 1850. a. Lõpetanud Peterburi Põllumajanduse Instituudi 1871. a., töötas ta esmalt prof. N. N. Sokolovi keemialaboratooriumis ja hiljem erakorralise professorina Peterburi Põllumajanduse Instituudis. Seoses Kutšerovi osavõtuga üliõpilaste revolutsioonilise ringi tegevusest ja reaktsiooniliste õpetlaste pealekäämise ning politseirežiimi tõttu ei antud Kutšerovile, tema suurtele teaduslikele teenetele vaatamata, mingeid teaduslikke kraade ega kinnitatud teda korraliseks professoriks. Samadel põhjustel ei hinnanud bürokraatlik tsaariaegne Venemaa tema teaduslikke töid ega rakendanud tema silmapaistvaid avastusi.

Kutšerov oli üheks väljapaistvaks uurijaks orgaanilise sünteesi alal. Temale kuulub rida algupäraseid uurimusi küllastumata süsivesinike valdkonnas, eriti atsetüleenit tehnilisest kasutamisest lähteainena mitmesuguste toodete saamiseks. Oma erakordsele tähtsusele vaatamata ei kasutatud «Kutšerovi reaktsiooni» tsari-

aegsel Venemaal vajalikul määral tööstuslikuks otstarbeks. Kutšerovi teaduslikud avastused leidsid laialdast kasutamist aga välismaal ning võimaldasid rikastada välismaistel kapitalistidel.

Kodumaal hinnati Kutšerovi avastusi väärikalt alles pärast Suurt Oktoobri-revolutsiooni ning kasutatakse nüüd NSV Liidu keemiatööstuse arendamisel. Seega võlgneb ülemaailmne keemiatööstus orgaanilise sünteesi alal palju kuulsa vene keemiku Kutšerovi silmapaistvatele avastustele.

### Kordamisküsimusi.

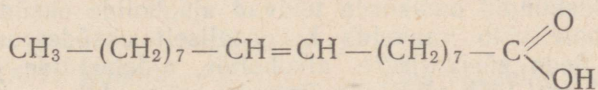
1. Kuidas saadakse äädikhapet?
2. Missugust tähtsust omab «Kutšerovi reaktsioon»?
3. Lähtudes kaltsiumoksiidist ja süsinikust, kirjutada reaktsioonide võrrandid äädikhappe saamiseks.
4. Kirjutada reaktsiooni võrrand äädikhappe saamise kohta etaanist, etüleenist ja atsetüleenist, võttes seejuures arvesse ka vahepealseidprodukte.

### § 3. Rasvhapped ja nende soolad.

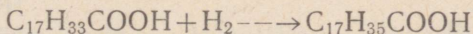
Palmitiinhape ( $C_{15}H_{31}COOH$ ) ja steariinhape ( $C_{17}H_{35}COOH$ ) on vees lahustumatud tahked ained, mis lahustuvad aga orgaanilistes lahustites. Steariin- ja palmitiinhape koos teiste kõrgemate hapetega moodustavad glütseriiniga [ $C_3H_5(OH)_3$ ] rasvu. Steariin- ja palmitiinhappe segu on steariin, millest valmistatakse küünlaid.

Rasvade koostisse kuulub veel õlihape, mille valem on  $C_{17}H_{33}COOH$ . Õlihape sulab temperatuuril  $14^\circ$  ja on seega toatemperatuuril õline vedelik, mis õhu käes kergesti oksüdeerudes muutub kollaseks. Nii õlihapet kui ka palmitiin- ja steariinhapet saadakse rasvadest. Õlihapet kasutatakse seepide ja plaatrite valmistamisel ning villa õlitamiseks enne ketramist.

Steariin- ja palmitiinhape on küllastatud ühendid, õlihape on aga küllastumata ühend, mis nähtub tema struktuurvalemist:



Kaksikseose tõttu võib õlihape liita kaks vesiniku aatomit ja muududa steariinhappeks:



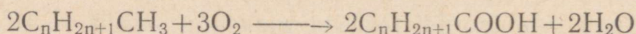
Õlihape, nagu kõik etüleenirea küllastumata süsivesinikud, liidab kergesti broomi ja oksüdeerub kergesti.

Eespool nimetatud happeid nimetatakse rasvhapeteks, sest nad kuuluvad loomsete ja taimsete rasvade koostisse. Käesoleval ajal saadakse rasvhappeid sünteetiliselt — naftast.

On teada, et suure molekulaaluga küllastumata süsivesinikud teatud tingimustel oksüdeeruvad paljuaatomilisteks küllastatud karboonhapeteks:

## Rasvade koostisse kuuluvad happed.

| Happe nimetus | Valem              | Struktuurvalem                         | Sulamistemperatuur        |
|---------------|--------------------|--|---------------------------|
| Palmitiinhape | $C_{15}H_{31}COOH$ | $CH_3(CH_2)_{14}COOH$                  | +63°                      |
| Steariinhape  | $C_{17}H_{35}COOH$ | $CH_3(CH_2)_{16}COOH$                  | +69°                      |
| Olihape       | $C_{17}H_{33}COOH$ | $CH_3(CH_2)_7CH=$<br>$=CH(CH_2)_7COOH$ | +14°                      |
| Linoolhape    | $C_{17}H_{31}COOH$ | sisaldab kaks kaksik-<br>seost         | temperatuuril 0°<br>vedel |
| Linoleenhape  | $C_{17}H_{29}COOH$ | sisaldab kolm kaksik-<br>seost         | „                         |



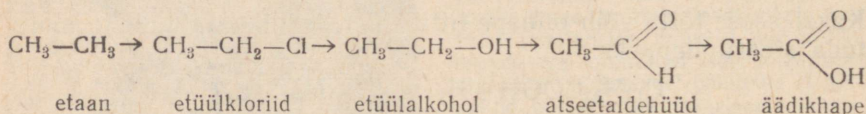
Need naftast saadud sünteetilised rasvhapped ei asenda küll täiel määral steariin-, palmitiin- ja teisi rasvhappeid, kuid nendest ja glütseriinist on võimalik sünteesida toiduks kõlblikke rasvu.

## Kordamisküsimusi.

1. Missuguseid orgaanilisi aineid nimetatakse rasvhapeteks?
2. Kirjutada palmitiin-, steariin- ja olihappe struktuurvalemid.
3. Millised on rasvhapete omadused?
4. Milleks kasutatakse rasvhappeid?

## § 4. Karboonhapped.

Nagu juba teada, tekivad aldehüüdide oksüdeerumisel karboonhapped. Aldehüüdid omakorda tekivad alkoholide oksüdeerumisel ning alkohole võib vaadelda kui osaliselt oksüdeerunud süsivesinikke. Seda süsivesinike, alkoholide, aldehüüdide ja hapete geneetilist seost võib selgitada järgmise näite abil:



Kirjutades üksteise kõrvale ritta ühe ja sama süsiniku aatomite arvuga küllastatud süsivesiniku, alkoholi, aldehüüdi ja happe molekuli valemid saame järgneva tabeli (vt. tabel 19).

Aldehüüdide oksüdeerumisel nende funktsionaalne rühm  $-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow H \end{array}$  muutub rühmaks  $-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow OH \end{array}$ , mida kujutatakse ka lihtsa-

Küllastatud süsivesinikud ja nende hapnikku sisaldavad derivaadid.

| Süsivesinikud                             | Alkoholid  | Aldehüüdid  | Happed   |
|---|--|---|--|
| CH <sub>4</sub><br>Metaan                 | CH <sub>3</sub> - OH<br>Metüülalkohol                | H - C $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{matrix}$<br>Formaldehüüd                                  | H - C $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$<br>Sipelghape                                |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub><br>Etaan    | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> - OH<br>Etüülalkohol   | CH <sub>3</sub> - C $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{matrix}$<br>Atseetaldehüüd                  | CH <sub>3</sub> - C $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$<br>Äädikhape                   |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub><br>Propaan  | C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> - OH<br>Propüülalkohol | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> - C $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{matrix}$<br>Propioonaldehüüd  | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> - C $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$<br>Propioonhape  |
| C <sub>4</sub> H <sub>10</sub><br>Butaan  | C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> - OH<br>Butüülalkohol  | C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> - C $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{matrix}$<br>Võialdehüüd       | C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> - C $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$<br>Võihape       |
| C <sub>5</sub> H <sub>12</sub><br>Pentaan | C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> - OH<br>Amüülalkohol  | C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> - C $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{matrix}$<br>Palderjanaldehüüd | C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> - C $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$<br>Palderjanhape |

malt: -COOH. Rühma  $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{matrix}$  võib vaadelda kui karbo-

nüüli  $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{matrix}$  ] ühendust hüdroksüüliga (-OH), siit

tuleneb ka selle rühma nimi karboksüül (esimene pool sõnast «karbonüül» on liidetud sõna «hüdroksüül» teise poolega).

Karboonhapped on orgaanilised ained, mille molekulid sisaldavad funktsionaalse rühmana karboksüüli  $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{matrix}$

Karboonhapete üldvalem on: R -  $\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{matrix}$

Hapete molekulis olev karboksüülrühm  $-\text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$  määrab

nende iseloomustavad omadused. Karboksüülrühmade arvu järgi orgaaniliste hapete molekulis jagatakse need ühe-, kahe-, kolme- ja mitmealuselisteks hapeteks.

Karboonhapped on värvuseta ained. Sipelghape ja mõned küllastumata ühealuselised happed on vedelikud, kõrgemad küllastatud happed on aga tahked ained. Hapete molekulaalu suurenemisel tõuseb ka nende keemis- ja sulamistemperatuur.

Karboonhapete lahustuvus vees on seotud nende molekulide ehitusega ja sõltub süsiniku aatomite arvust radikaalis ning karboksüülrühmade arvust. Mida rohkem on molekulis karboksüülrühmi, seda suurem on hapete lahustuvus vees; mida rohkem on süsinikuaatomeid radikaalis, seda väiksem on hapete lahustuvus vees. Ühealuselistest hapetest lahustuvad vees nende madalamad esindajad: sipelghape, äädikhape, propioonhape jt. Kõrgemad küllastatud happed, näiteks palmitiinhape ( $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ ) ja steariinhape ( $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ ), on vees lahustumatud. Mitmealuselised happed lahustuvad vees paremini kui sama süsiniku aatomite arvuga ühealuselised happed. Karboonhapetel on kõik hapete üldised omadused. Vees lahustuvate karboonhapete lahuste toime värvub lakmus punaseks.

Karboonhapped reageerivad metallidega, metallide oksüüdidega, alustega ja sooladega, tekitades karboonhapete soolasid.

Kõige tugevamaks karboonhappeks on sipelghape. Molekulaalu suurenemisega karboonhapete keemiline aktiivsus väheneb.

Küllastatud ühealuseliste karboonhapete homoloogilise rea liikmete omadusi iseloomustab tabel 20.

Tabel 20

Küllastatud ühealuseliste karboonhapete füüsikalised omadused.

| Nimetus       | Valem   | Sulamistemperatuur | Keemistemperatuur | Erikaal |
|---------------|---|--------------------|-------------------|---------|
| Sipelghape    | $\text{HCOOH}$  | +8,3               | 101               | 1,219   |
| Äädikhape     | $\text{CH}_3 - \text{COOH}$   | +16,5              | 118               | 1,052   |
| Propioonhape  | $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$<br>ehk<br>$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$               | -22                | 141               | 1,018   |
| Võihape       | $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$<br>ehk<br>$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ | -7,9               | 162               | 0,978   |
| Palderjanhape | $\text{C}_4\text{H}_9\text{COOH}$   | -58,5              | 185               | 0,956   |

### Kordamisküsimusi.

1. Milles avaldub küllastumata süsivesinike ja karboonhapete vaheline geneetiline seos?
  2. Mida nimetatakse karboonhapeteks?
  3. Millest oleneb karboonhapete aluselisisus?
  4. Nimetage karboonhapete üldisi omadusi.
  5. Missuguseid karboonhappeid nimetatakse küllastatud ja missuguseid küllastumata hapeteks?
-

## XI peatükk.

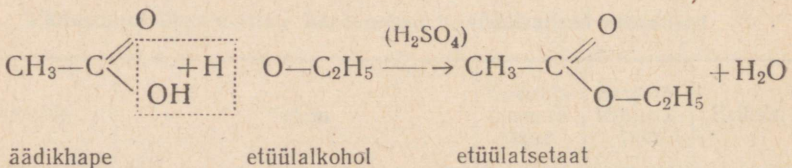
### ESTRID.

Eelnevates peatükkides nägime, et keemiliste reaktsioonide abil võib süsivesinikest saada palju erinevaid orgaanilisi ühendeid. Need on alkoholid, aldehüüdid ja happed. Peale selle tuntakse veel teisi hapnikku sisaldavaid orgaanilisi aineid, mis võivad tekkida alkoholide ja karboonhapete omavahelisel reageerimisel. Sellised ühendid on estrid.

#### § 1. Estrid.

1. **Estrite saamine ja nende struktuur.** Üheks kõikidele hapetele ühiseks iseloomulikuks omaduseks on nende reageerimine alkoholidega, mille juures eraldub vesi ja tekib uus aine, mida nimetatakse estriks.

Paljud estrid tekivad vahetult väävelhappe toimetel hapete ja alkoholide segusse. Nii saadakse väävelhappe toimetel etüülalkoholi ja äädikhappe segusse ester, mida nimetatakse etüülatsetaadiks ehk äädikhappe etüülestriks.



Need reaktsioonid toimuvad mitte ainult orgaaniliste hapetega, vaid ka mineraalhapetega.

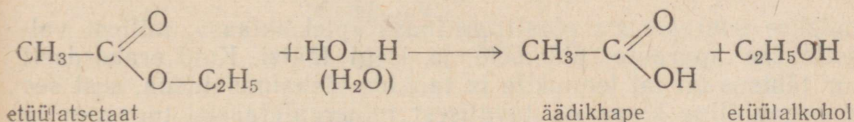
Kõiki neid reaktsioone nimetatakse esterifitseerimise reaktsioonideks.

Karboonhapete estrite üldvalem on  $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O}-\text{R}_1 \end{array}$  ehk  $\text{R}-\text{COO}-\text{R}_1$  (kus R ja  $\text{R}_1$  all mõistetakse süsivesiniku radikaale).

*Estriteks nimetatakse orgaanilisi aineid, mille molekulides süsivesiniku radikaal on ühendatud happejäägiga.*

Estrid erinevad ehituselt teistest orgaanilistest ühenditest selles, et alkoholi ja happe süsivesiniku ahelad on nendes ühendatud hapniku aatomi ja mitte süsiniku aatomi kaudu. Sellest erinevusest on tingitud ka estrite eriomadused.

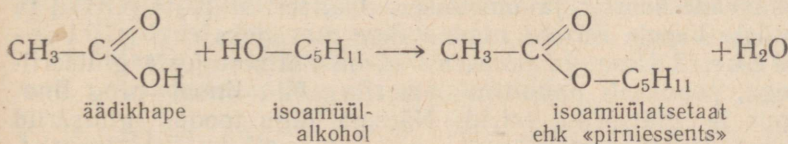
**2. Estrite omadused ja kasutamine.** Estrid on vähepeensused ühendid ja nende molekulid lagunevad radikaale ühendava hapniku aatomi kohast. Eriti kergesti lagunevad estrid vee toimel, sest ühe vee molekuli liitmisel muutuvad nad jälle happe ja alkoholi molekulideks. Seda esterifitseerimisele vastupidist protsessi nimetatakse seebistumiseks. Näiteks:



Nii esterifitseerimise kui ka seebistumise reaktsioonid toimuvad väga aeglaselt. Reaktsioonide kiirus suureneb aga tugevate hapete juuresolekul, mis toimivad katalüsaatorina. Ka leelised kiirendavad estrite seebistumist.

Paljudel karboonhapete estritel on meeldiv lõhn. Estreid leidub looduses sageli taimedes. Lillede meeldiv lõhn ja puuvilja ning marjade hea aroom on tingitud eeterlikest õlidest, mille üheks koostisosaks on estrid.

Kondiitritööstuses, parfümeerias, puuviljajookide tööstuses jne. kasutatavaid puuviljaessentsse ei toodeta ainult puuviljadest ja lilledest, vaid peamiselt kunstlikult alkoholidest ja hapetest. Näiteks:



Etüülatsetaati  $[\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \text{O}-\text{C}_2\text{H}_5 \end{array}]$  kasutatakse «tuuletäädika» nime all parfümeerias ja orgaaniliste ainete lahustina.

Isoamüülatsetaati  $[\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \text{O}-\text{C}_5\text{H}_{11} \end{array}]$  tuntakse «pirniessentsi» nime all ja kasutatakse laialdaselt tselluloidi lahustina.

Etüülbutüraat ehk võihappe-etüülester  $[\text{C}_3\text{H}_7-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \text{O}-\text{C}_2\text{H}_5 \end{array}]$  on tuntud «ananassiessentsi» nime all.

Metüülakrülaad ehk akrüülhappemetüülester

$$[\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}-\text{CH}_3 \end{array}]$$

on kergesti polümeriseeruv vedelik, mille polümeere kasutatakse läbipaistvate elastsete kilede valmistamiseks.

Metüülmetakrülaadi ehk metakrüülhappemetüülestri

$$[\text{CH}_2=\text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}]$$

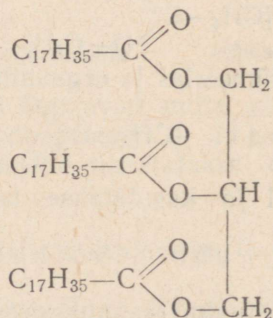
polümeriseerumisel saadakse suurepärase plastiline mass «pleksiklaas», millest valmistatakse aparate, pidemeid ja isegi läätsi. Kuid erakordselt suur tähtsus on tal lennukite ja tankide klaasimisainena, sest see nn. orgaaniline klaas on tavalisest mineraalklaasist tugevam ja kergem.

#### Kordamisküsimusi.

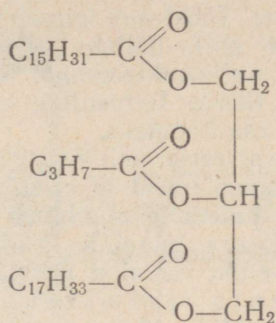
1. Missuguseid ühendeid nimetatakse estriteks?
2. Kuidas saadakse estreid?
3. Mida nimetatakse estrite seebistumiseks?
4. Milleks kasutatakse estreid?
5. Koostage reaktsiooni võrrandid: a) sipelghappemetüülestri saamiseks lähtudes metaanist, b) äädikhape etüülestri saamiseks lähtudes etaanist.

## § 2. Rasvad ehk glütseriidid.

1. Rasvade koostis ja omadused. Glütseriini  $[\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3]$  ja orgaaniliste hapete estreid nimetatakse rasvadeks ehk glütseriidideks. Looma- ja taimerasvad on mitmesuguste glütseriidide segu, peamiselt palmitiin-, steariin-, õli-, linool- ning linoleenhappe ja glütseriini estrid. Näitena olgu toodud glütseriid tristeariini struktuurvalem:



Glütseriidi koostisse võivad kuuluda ka erinevate hapete jäägid, näiteks sisaldab koorevõis olev glütseriid õli-, või- ja palmiinihappe jääke:



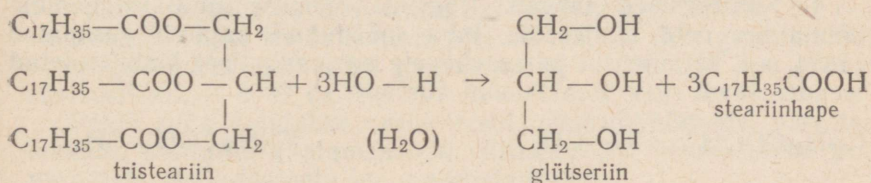
Glütseriidid tripalmiitiin ja tristeariin on tahked ained, glütseriid trioleiin on aga vedelik. Mida rohkem on rasvas tristeariini, seda kõvem ta on (looma- ja lambarasv). Pehmes rasvas (sea- ja hanerasv) leidub seevastu rohkem trioleiini.

Kõik rasvad on veest kergemad ja selles lahustumatud, kuid lahustuvad hästi orgaanilistes lahustites, nagu bensiin, eeter, tetrakloorüsünik ( $\text{CCl}_4$ ), väävelsüsünik ( $\text{CS}_2$ ) jt.

Kestval hoidmisel omandavad looduslikud rasvad valguse ja õhu toimel ebameeldiva mõrkja maitse ja lõhna, mis on tingitud rasvade koostisse kuuluvate küllastumata hapete oksüdeerimisest.

Looduslikele rasvadele omane spetsiifiline maitse, lõhn ja värvus on tingitud neis sisalduvaist lisandest. Nii on koorevõis peale glütseriidide veel valke, piimasuhkrut, piimhapet, soolasid ja teisi lisandeid, mis annavad temale aroomi, maitse ja värvuse.

**2. Rasvade seebistumine.** Rasvad, nagu kõik estrid, seebistuvad, s. t. lagunevad happeks ja alkoholiks:



Seebistumine toimub tavalistes tingimustes äärmiselt aeglaselt, kuid katalüsaatorite (happed ja leelised) juuresolekul suureneb reaktsiooni kiirus tunduvalt. Selliste katalüsaatorite hulka kuulub ka ferment lipaas, mida leidub inimeste ja loomade peensoolte mahlas ning mõnede taimede, näiteks riitsinuspuu ja verurmarohu seemnetes.

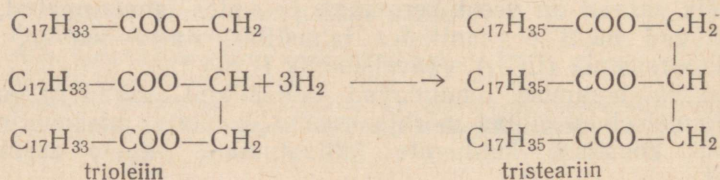
Seedimisprotsessis lagunevad rasvad peensooltes glütseriiniks

ja rasvhapeteks, mis kergesti läbivad soolte seinu. Seda protsessi kiirendab peensoolte mahlas olev ferment lipaas.

Seebistumisprotsessil on tehnikas väga suur tähtsus glütseriini ja steariini saamisel. Tööstuses toimub rasvade seebistumine ka kunstlike fermentide abil, näiteks «Petrovi kontakti» abil, mida saadakse mõnede naftafraktsioonide töötlemisel väävelhapp-ega, või lipaasi abil. Nende fermentide abil muudetakse 90% rasvast glütseriiniks ja rasvhapeteks.

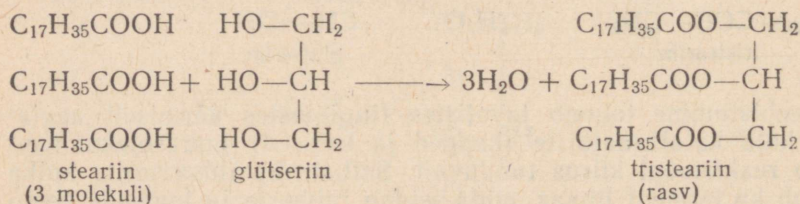
**3. Rasvade hüdrogeniseerimine.** Taimeõlid on küllastumata rasvhapete, näiteks õlihappe estrid ja ei kõlba steariini valmistamiseks. Katalüsaatorite juuresolekul ühineb küllastumata glütseriid aga kergesti vesinikuga, muutudes küllastatud glütseriidiks, s. t. tahheks rasvaks. Sellist vesiniku liitmist vedelaile rasvadele nimetatakse hüdrogeniseerimiseks.

Küllastumata glütseriidide hüdrogeniseerimine teostub spetsiaalsetes autoklaavides, mis täidetakse taimeõliga ja kus seda soojendatakse temperatuurini 190—220°. Autoklaavidesse lisatakse katalüsaatorina hästi peenestatud niklit ja pumbatakse sealt läbi kokkusurutud vesinikku (joonis 57). Protsessi tulemusena saadakse küllastatud glütseriid, näiteks:

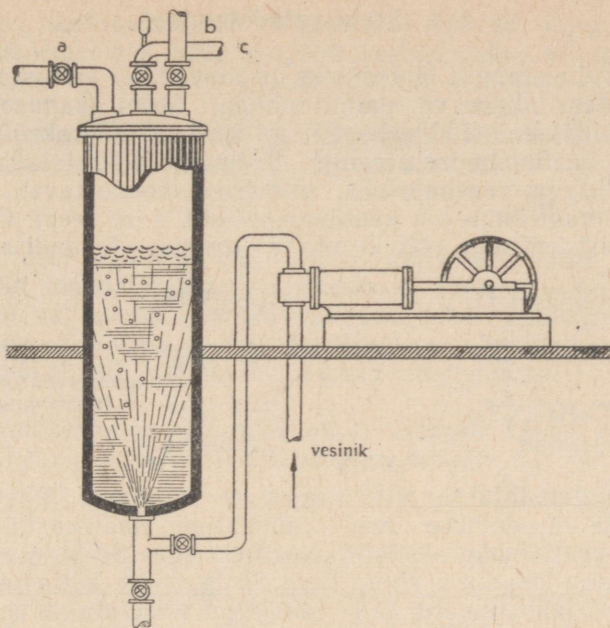


Taimeõlid ja samuti ka vedelad loomsed rasvad, nagu hülge-, delfiini- ja vaalarasv muutuvad hüdrogeniseerimisel koorevõi taolisteks ja neid nimetatakse *salomassiks*, *saloliiniks* jne. Sellistest hüdrogeniseeritud rasvadest saadakse steariini ja seepi, mõnedest sortidest aga ka toiduks kasutatavat rasva — margariini.

**4. Sünteetilised rasvad.** Rasvade olemuse kindlakstegemine võimaldas neid sünteesida juba möödunud sajandi keskpaiku (1854. a.). Glütseriini ja rasvhapete soojendamisel kinnijoodetud torudes saadi rasv. Reaktsiooni võrrand:



Suurest teoreetilisest tähtsusest hoolimata ei olnud rasva sünteesil tänapäevani mingit praktilist tähtsust sünteetilise rasva



Joonis 57. Rasvade hüdrosiseerimise seadis: *a* — õli sisselasketoru, *b* — katalüsaatori juurdelisamise toru, *c* — liigse vesiniku äravoolu toru. Vesinik pumbatakse autoklaavi alt.

kõrge hinna tõttu. Käesoleval ajal, kui naftast sünteesitakse rasvhappeid ja krakkgaasidest saadavast propüleenist ( $C_3H_6$ ) valmistatakse glütseriini, on olukord muutunud. Võib kindlalt öelda, et me seisame naftast valmistatud ja toiduks kõlbliku rasva sünteesi lävel.

**5. Rasvade tähtsus.** Rasvu kasutatakse peamiselt toiduainena. Võrreldes valkude ja süsivesikutega (suhkur ja tärklis) on rasval umbes kaks korda suurem põlemisväärtus (üks gramm rasva annab põlemisel 9500 cal, 1 gramm valku — 5500 cal ja 1 gramm süsivesikuid — 4000 cal).

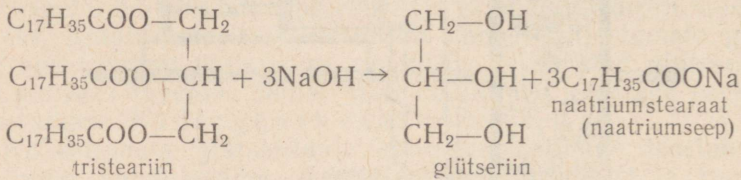
Peale selle vajatakse rasvu seebi, steariinküünalde, värnitsa, lakkide, arstimite (kalamaksaõli, riitsinusõli), kosmeetiliste preparaate, määrdeainete jne. valmistamiseks.

#### Kordamisküsimusi.

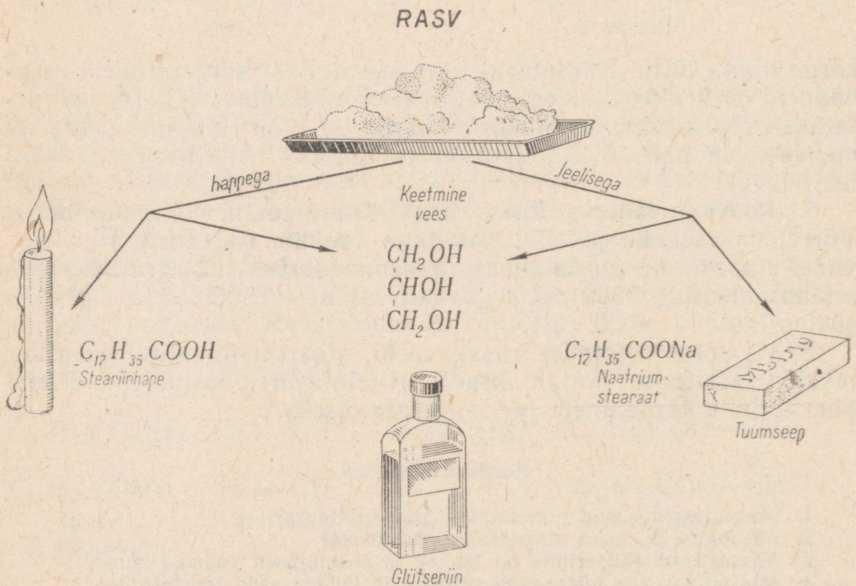
1. Missuguseid aineid nimetatakse glütseriidideks?
2. Missuguseid aineid nimetatakse rasvadeks?
3. Missugused glütseriidid on tahked ja missugused vedelad ained?
4. Mis on rasvade hüdrosiseerimine ja kuidas seda teostatakse?
5. Kuidas saadakse tööstuses glütseriini ja steariini?
6. Kuidas saadakse sünteetilist rasva?

### § 3. Seebi valmistamine.

Seebi valmistamise lähteaineks on rasvad või küllastatud rasvhapped (steariinhape või palmitiinhape). Seebi saamiseks rasvadest töödeldakse neid leelisega — naatriumhüdrosüüdiga või harvemini kaaliumhüdrosüüdiga. Seejuures lõhustatakse rasvad glütseriiniks ja rasvhapeteks, viimased moodustavad leelisega rasvhappe naatriumi- või kaaliumisoolasid, s. o. seepi. Glütseriidi reageerimist leelisega võib kujutada järgmise võrrandi abil:

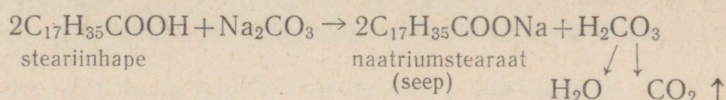


Seepi valmistatakse mitmesugustest rasvadest. Rasvade seebistamiseks keedetakse neid raudkatlas naatriumhüdrosüüdi (harvem kaaliumhüdrosüüdi) vesilahusega. Seebi eraldamiseks keedulahusest lisatakse sinna keedusoola, mille küllastatud lahuses on seep lahustumatu; seda toimingut nimetatakse seebi väljasoolumiseks. Seep kerkib lahuse pinnale ja tardub kõvaks seebimassiks, mida nimetatakse tuumseebiks (joonis 58).



Joonis 58. Rasvade töötlemine steariiniiks ja seebiks.

Mõnedes seebivabrikutes lõhustatakse rasvad algul glütseriini- ja rasvhapeteks ning seejärel seebistatakse viimaseid soodaga:



Sel menetlusel saadakse väga puhas glütseriin, kallis naatriumhüdroksüüd asendatakse aga odavama soodaga.

Tänapäeval saadakse seepi veel sünteetiliste rasvhapete töötlemisel leelise või soodaga. Sel menetlusel on rahvamajanduses suur tähtsus, kuna see võimaldab säästa toiduainena kasutatavaid rasvu.

Seebi tootmine ja tarbimine on Nõukogude Liidus väga suur. Tootmise kasvu iseloomustab alljärgnev tabel:

Tabel 21

Seebitoodang.

| Aastad                                     | 1913. a. | 1917. a. | 1928. a. | 1940. a. | 1945. a. | 1956. a. |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 40%-lise seebi toodang tuhandetes tonnides | 128      | 87       | 311      | 700      | 229      | 1266     |

Kordamisküsimusi.

1. Millest koosneb seep?
2. Kuidas saadakse seepi tööstuses?

## XII peatükk.

### SÜSIVESIKUD.

Süsivesikud kujutavad endast looduses väga levinud ja inimese elus väga tähtsat osa etendavaid aineid. Süsivesikud on näiteks viinamarjasuhkur, peedi- ehk roosuhkur, tärklis ja tselluloos.

Nimetus «süsivesikud» tekkis selle rühma esimeste tuntud esindajate analüüsi tulemuste põhjal. Selgus nimelt, et süsivesikud koosnevad süsinikust, vesinikust ja hapnikust, kusjuures vesiniku ja hapniku aatomite matemaatiline suhe on neis sama mis veeski, s. t. vesiniku kahe aatomi kohta tuleb üks aatom hapnikku. Sellest tekkiski nimetus «süsivesikud».

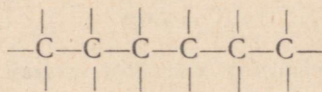
Süsivesikute koostist võib avaldada üldvalemiga  $C_mH_{2n}O_n$  ehk  $C_m(H_2O)_n$ . Hiljem leiti aga rida aineid, mis omaduste ja molekuli ehituse poolest kuuluvad küll süsivesikute hulka, kuid nende koostis ei vasta täpselt valemile  $C_mH_{2n}O_n$ . Sellest hoolimata on vana-nendud nimetus «süsivesikud» säilinud tänapäevani ja üldvalem  $C_mH_{2n}O_n$  on kehtiv selle rühma ühendite rõhuva enamiku kohta.

#### § 1. Glükoos.

Süsivesikutest käsitleme esimesena viinamarjasuhkrut. *Viinamarjasuhkur* ehk *glükoos* ( $C_6H_{12}O_6$ ) on magusa maitsega ja vees lahustuv valge kristalne aine. Viinamarjasuhkrut leidub looduses näiteks viinamarjade, õunte ja teiste magusate puuviljade mahlas, samuti kuulub ta mee koostisse, teda sisaldub seemnetes, lihas-tes jm.

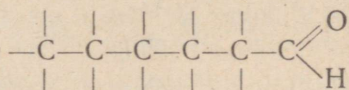
Glükoosi struktuur selgub paljude katseliselt kindlaks tehtud faktide põhjal, millest vaatleme järgmisi:

1. Glükoosi molekulis moodustavad süsiniku aatomid normaalse ehk hargnemata ahela:



2. Glükoos oksüdeerub kergesti: ta annab nn. hõbepeegli-reaktsiooni, mis on iseloomustav aldehüüdidele.

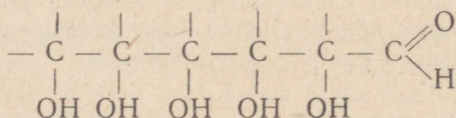
Oksüdeerimisel liidab glükoosi molekul ühe hapniku aatomi ja muutub happeks, mille molekulis on samuti kuus süsiniku aatomit nagu glükoosis. Et glükoosil avalduvad aldehüüdide omadused, siis peab tema molekul sisaldama aldehüüdrühma  $\text{—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{H} \end{array}$ , mis, omades üht vaba valentsi, võib asetseda ainult ahela lõpul:



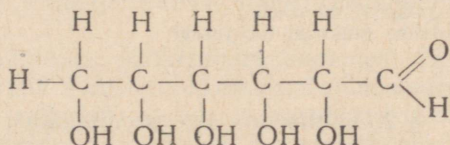
3. Glükoos moodustab hapetega estreid, näiteks võib ta anda estri koostisega  $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}(\text{OOCCH}_3)_5$ . Metallidega annab glükoos alkoholaate — nn. sahharate. Et glükoosil on rida omadusi, mis on omased alkoholidele, siis peab tema molekulis esinema ka hüdroksüülrühm. Teades glükoosi estrite koostist, on kerge leida tema molekuli koostisse kuuluvate hüdroksüülrühmade arvu.

Glükoosi estri  $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}(\text{OOCCH}_3)_5$  valemist nähtub, et glükoosi ühe molekuli kohta tuleb viis äädikhappe happejääki  $\left[ \frac{1}{(\text{CH}_3\text{COO})} \right]$  ning et selle estri seebistumisel saadakse glükoosi ühe molekuli kohta viis äädikhappe molekuli ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). Järelikult on glükoosi molekulis viis hüdroksüülrühma ja ta on seega viieaatomiline alkohol.

Süsiniku ühe aatomiga võib, nagu on reegel, ühineda ainult üks hüdroksüülrühm. Seetõttu peavad aatomid glükoosi molekulis olema seostatud omavahel järgmiselt:

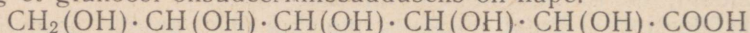


Küllastades süsiniku aatomite vabad valentsid vesiniku aatomitega, saame glükoosi struktuurvalemi:



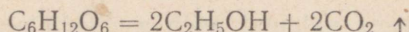
Glükoosi molekuli sellist ehitust kinnitab veel asjaolu, et glükoosi redutseerimisel saadakse normaalse ahelaga paljuaatomiline alkohol:

$\text{CH}_2(\text{OH}) \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CH}_2\text{OH}$   
ning et glükoosi oksüdeerimissaaduseks on hape:

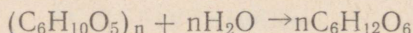


Seega on glükoosid samaaegselt nii alkoholid kui ka aldehüüdid, s. t. nad on aldehüüdalkoholid.

Glükoos on võimeline käärima, s. t. teatud mikroorganismide (pärmiseente, bakterite jt.) toimel laguneb ta alkoholiks ja süsihappegaasiks:



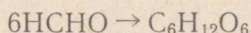
Tööstuses saadakse glükoosi tärglise ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ )<sub>n</sub> keetmisel lahjendatud väävelhappega rõhu all temperatuuril 150°:



Sõltuvalt keetmise tingimustest (kestusest) saadakse kas siirupit (32 kuni 40% glükoosi sisaldav kollakaspruun vedelik) või tehnilist glükoosi, mis sisaldab 65 kuni 99% glükoosi. Puhast glükoosi saadakse tehnilise glükoosi puhastamisel.

Glükoosi tarvitatakse kondiitritööstuses, tekstiilitööstuses ja redutseerijana mõnes teises tööstusharus. Arstiteaduses tarvitatakse glükoosilahust teatud haiguste puhul verre süstimiseks. Glükoosi tarvitatakse ka tablettide jm. valmistamisel.

Esimese kunstliku suhkru, koostisega  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , sünteesis formaldehüüdist lubjapiima juuresolekul 1861. aastal *A. M. Butlerov*. Selle sünteesiga ta näitas, et kuus formaldehüüdi molekuli võivad üksteisega liitudes muutuda suhkruaoliseks aineks, koostisega  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ :



Sellel sünteesil oli väga suur teaduslik tähtsus, sest ta aitas tundma õppida süsiniku assimileerimist taimede poolt ning võimaldas lõplikult purustada vitalistide vale teooria «elujüst», mis XIX sajandil valitses orgaanilises keemias.

#### Kordamisküsimusi.

1. Missuguse üldvalemiga on võimalik avaldada süsivesikute koostist?
2. Kirjutage glükoosi struktuurvalem.
3. Missuguste katsete abil võib tõestada glükoosi molekuli ehitust?
4. Kirjeldage glükoosi omadusi.
5. Kuidas saadakse glükoosi tööstuses?

## § 2. Sahharoos ehk peedisuhkur.

Peedisuhkrut tuntakse roosuhkru, sukroosi ja sahharoosi nime all. Nimetused «peedisuhkur» ja «roosuhkur» on tingitud vaid sellest, kas suhkru saamise lähteaineks oli suhkrupeedi või suhkru-roo mahl.

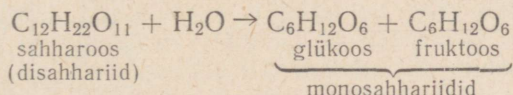
Sahharoos on taimeriigis väga levinud aine, koos glükoosiga leidub teda taimede lehtedes ja viljades. Suuremates kogustes leidus sahharoosi vahtras, palmides ja maisis.

Oma füüsikaliste omaduste poolest on sahharoos vees kergesti lahustuv magusa maitsega valge kristalne aine. Ta on glükoosist ligikaudu poolteist korda magusam.

Ettevaatlikul soojendamisel sulab sahharoos temperatuuril <sup>1</sup> 186° ning tardub jahtumisel nn. põletatud suhkruks.

Sahharoosi soojendamisel sulamistemperatuurist veidi kõrgemal temperatuuril värvub ta pruuniks ja muutub jahtumisel kibeda maitsega aineks, mida nimetatakse k a r a m e l l i k s .

Oma keemiliste omaduste tõttu on sahharoos võimeline reageerima veega, s. t. hüdrolüüsüma. Hüdrolüüsimisel lõhustub sahharoosi molekul pärast ühe vee molekuli liitmist kaheks monosahhariidi molekuliks, ja nimelt glükoosi ning selle isomeeri fruktoosi molekulideks:



Puhta veega hüdrolüüsüsub sahharoos väga aeglaselt (1500 aastat on tarvis selleks, et 50% antud sahharoosikogusest lõhustuks tavalisel temperatuuril monosahhariidideks). Sahharoosi hüdrolüüsumine kiireneb aga miljoneid kordi katalüsaatorite (lahjendatud hapete, eriti fermentide) toimel.

Suhkru valmistamine suhkruppeedist toimub järgmiselt. Esmalt lõigatakse suhkruppeedid vastava lõikemasina abil peenteks viiludeks, mis seejärel asetatakse spetsiaalsetesse raudnõudesse (difuusoritesse), kus kogu suhkur neist sooja vee abil välja uhitakse.

Saadud suhkrumahl on tumeda värvusega ja sisaldab peale sahharoosi veel palju kõrvalaineid. Lisandite kõrvaldamiseks lisatakse suhkrumahlale kustutatud lupja [Ca(OH)<sub>2</sub>], mille toimel kõrvalained sadestuvad helvestena, sahharoos aga jääb lahusesse. Lubja ülejäägi kõrvaldamiseks juhitakse suhkrumahlasse süsihappegaasi (CO<sub>2</sub>), mis kustutatud lubjaga reageerides annab vees lahustumatu kaltsiumkarbonaadi (CaCO<sub>3</sub>). Sadestuv kaltsiumkarbonaat võtab enesega kaasa suhkrulahuses olevad helbed ja muu hägu.

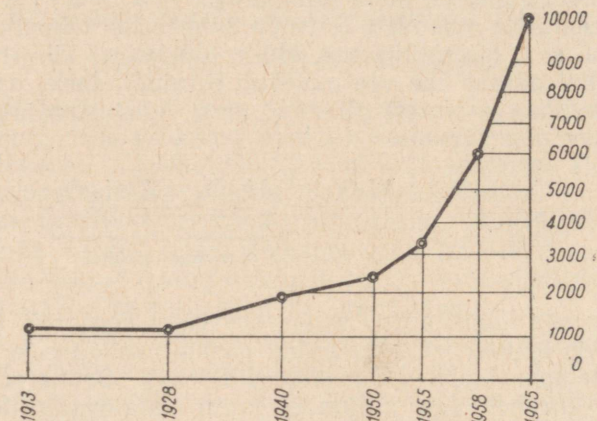
Seejärel eraldatakse suhkrumahl sademest filtreerimise teel, millele järgneb juba puhta suhkrumahla suhkrusiirupiks kontsentreerimine spetsiaalsetes vaakuum-aurutajates. Vaakuum-aurutajates keeb vedelik normaalsest keemistemperatuurist madalal temperatuuril ning neis pole karta suhkru põhjakõrbemist.

Suhkrusiirupi jahtumisel tekkinud suhkrukristallid eralda-

<sup>1</sup> Müügil olev suhkur sulab temperatuuril 160°.

takse siirupist separaatorite abil. Saadud toorsuhkur, mis sisaldab ligikaudu 97% sahharoosi, allutatakse teistkordsele puhastamisele — rafineerimisele.

Rafinaadi saamiseks soojendatakse toorsuhkru lahust kondiisõega, filtreeritakse ta seejärel ja aurutatakse uuesti. Sel viisil puhastatud ja kontsentreeritud suhkru siirup valatakse vormidesse, kus ta kristalliseerub. Tahkunud suhkur kuivatatakse vaakuumkambrites.



Joonis 59. Suhkru tootmine Nõukogude Liidus (tuhandetes tonnides).

Suhkur on suure tähtsusega toiduaine, sest inimese organism omastab seda kiiresti ja kergesti. Suhkrut tarvitatakse veel arstiteaduses pulbrite, siirupite ja mikstuuride valmistamisel.

Sahharoos on meil hästi tuntud ja väga laialdaselt tarvitatav suhkur, mida toodetakse väga suurtes kogustes. NSV Liidus valmistatakse suhkrut eranditult suhkrupeedist, mis sisaldab 16—20% sahharoosi (suhkruroos on teda 14—26%).

Suhkrutoodangu kasvu Nõukogude Liidus iseloomustab diagramm joonisel 59.

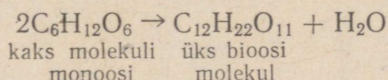
#### Kordamisküsimusi.

1. Kus esineb sahharoosi looduses?
2. Nimetada sahharoosi omadusi?
3. Kuidas saadakse tööstuses sahharoosi?

### § 3. Monosahhariidid ja polüsahhariidid.

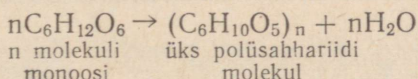
Viinamarjasuhkur ( $C_6H_{12}O_6$ ) on lihtsuhkrute ehk monosahhariidide (monooside) tähtsamaid esindajaid. Monosahhariide on väga palju. Tuntakse monosahhariide, mille molekulides on 4, 5 ja 6 süsiniku aatomit. Monosahhariidide molekulid võivad fermentide ja katalüsaatorite toimel liituda üksteisega suuremateks molekulideks, mispuhul muutuvad ka nende füüsikalised ja keemilised omadused.

Nii näiteks eraldub kahe monosahhariidi molekuli liitumisel üks molekul vett ja tekib uus süsivesik, nn. kaksiksuhkur ehk disahhariid (bioos):



Disahhariidide (biooside) näiteks on roo- ehk peedisuhkur (sahharoos), piimasuhkur (laktoos) ja mitmed teised ained.

Enam kui kahe monosahhariidi molekuli liitumisel ja vee molekulide eraldumisel tekivad juba keerukama koostisega süsivesikud, nn. polüsahhariidid (ka polüoosid):



Polüsahhariidide näiteks on tärklis, tselluloos ja mitmed teised ained.

Seega näeme, et süsivesikud jagunevad kolme suurde rühma:

- 1) monosahhariidid (monoosid) ehk lihtsuhkrud,
- 2) disahhariidid (bioosid) ehk kaksiksuhkrud,
- 3) polüsahhariidid (polüoosid).

Eesliide «mono-» tähendab kreeka keeles «üksik-», «ühe-», «bi-» tähendab ladina keeles «kaksik-», «kahekordne», «di-» tähendab kreeka keeles «kaksik-», «kaks», «polü-» tähendab kreeka keeles «palju-», «hulk-».

### § 4. Tärklis.

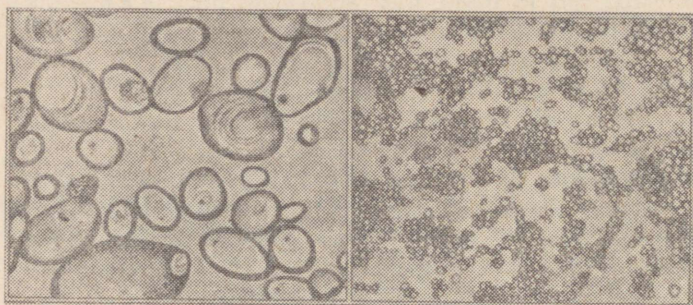
Tärklis kuulub polüsahhariidide hulka. Ta esineb taimerakkudes terakestena, millede kuju ja suurus sõltuvad taimeliigist. Nii näiteks on riisi tärkliseterad väga väikesed, kartuli tärkliseterad aga suured ja kihilise ehitusega (joonis 60). Mikroskoobi abil on võimalik määrata tärklise päritolu. Tärklis ladestub taimede seemnetes ja mugulates.

Kartulimugulad sisaldavad ligikaudu 20% tärklist, riisiterad 77%, nisuterad 64—65%. Ka rukki-, kaera-, maisi- ja teiste taimede terad sisaldavad tärklist.

Tärklis on vees lahustumatu valge pulber. Veega soojendamisel tärkliseterad punsuvad ja moodustavad klistri.

Tärklisele on iseloomulik ta omadus värvuda külmas olekus joodilahuse toimel siniseks. Tekkinud värvus kaob soojendamisel, ilmub aga uuesti jahtumisel.

Analüüsi andmete põhjal võib süsinikust, vesinikust ja hapnikust koosneva tärklise keemilist koostist avaldada valemiga  $C_6H_{10}O_5$ . Sellest valemist ei selgu aga veel tärklise molekuli ehitus ja molekulkaal. Paljude teadlaste kauaaegsete uurimiste põhjal on kindlaks tehtud, et tärklise molekulid koosnevad aatomite-



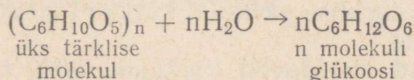
Joonis 60. Tärkliseterad: *a* — kartuli tärkliseterad, *b* — riisi tärkliseterad.

rühmadest  $C_6H_{10}O_5$ , mis omavahel on seostatud ahelateks. Samuti pole veel korda läinud määrata tärklise täpset molekulkaalu, kuid on teada, et see ulatub sadadesse tuhandetesse. Seetõttu võib tärklise lihtsustatud valemina kasutada järgmist:  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , kus täht «*n*» pärast sulgusid tähistab sulgudes oleva rühma suurt kordumiste arvu.

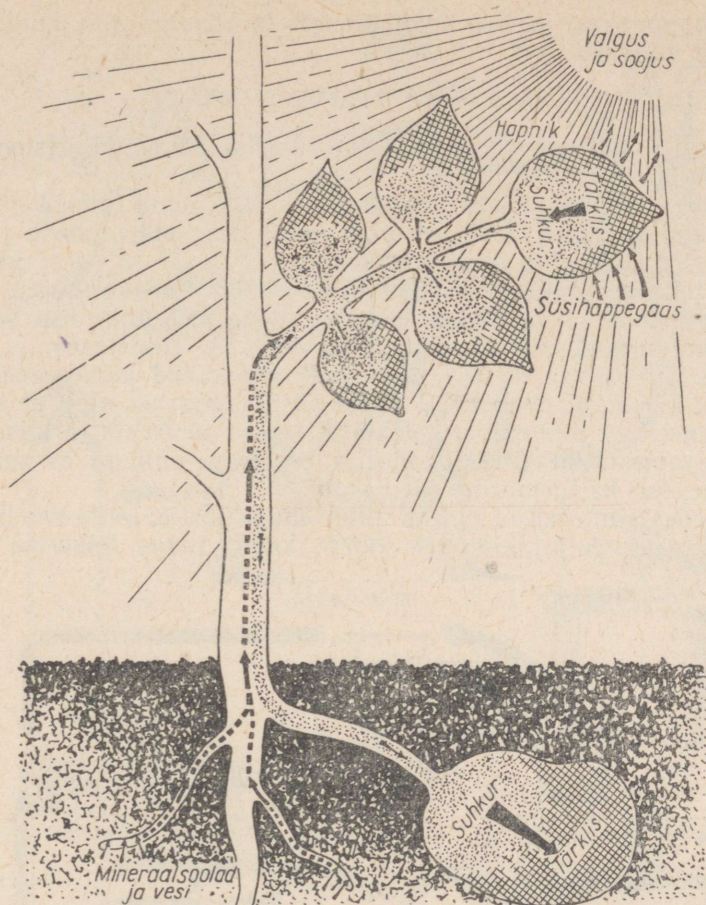
Tärklis, samuti nagu kõik liitsüsivesikud, hüdrolüüsib hapete või fermentide juuresolekul, liites seejuures vett. Hüdrolüüsil tekib vees lahustumatust tärklisest algul vees lahustuv tärklis. Seejärel tekivad ikka vähem ja vähem keerukad ained, nn. dekstriinid. Tärklise hüdrolüüsi lõppsaaduseks on glükoos. Seega toimub tärklise hüdrolüüs järk-järgult ja seda võib kujutada järgmise skeemi abil:

Tärklis → lahustuv tärklis → dekstriinid → glükoos.

Võttes arvesse ainult lähteaine — tärklise — ja lõppsaaduse — glükoosi, võib tärklise hüdrolüüsi avaldada järgmise reaktsiooni võrrandi abil:



Süsivesikute hüdrolüüsi avastas vene teadlane akadeemik



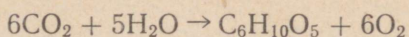
Joonis 61. Suhkru süntees ja tärklise ladestumine rohelistes taimedes.

K. S. Kirhgof (1811), kes tärklise soojendamisel väävelhappega sai glükoosi. Kirhgofi menetlus leidis kiiresti kasutamist tööstuses siirupi ja glükoosi valmistamisel.

Tärklis tekib taimede rohelistes lehtedes. Tema olemasolu võib avastada valguses kasvavates rohelistes lehtedes. Kui aga asetada taim pimedasse, siis teatud aja pärast kaob tärklis lehtedest.

Taimedes tärklise tekkimise küsimuse selgitamisega on tihti seotud orgaaniliste ainete süntees anorgaanilistest ainetest, sest taimelehtedes muunduvad anorgaanilised ained — süsihappegaas ja vesi — orgaaniliseks aineks — tärkliseks. See protsess teostub taimelehe rakkudes leiduvates klorofülliterakestes.

Süsihappegaasi ja vee muundumist tärgliseks võib kujutada järgmise võrrandi abil:



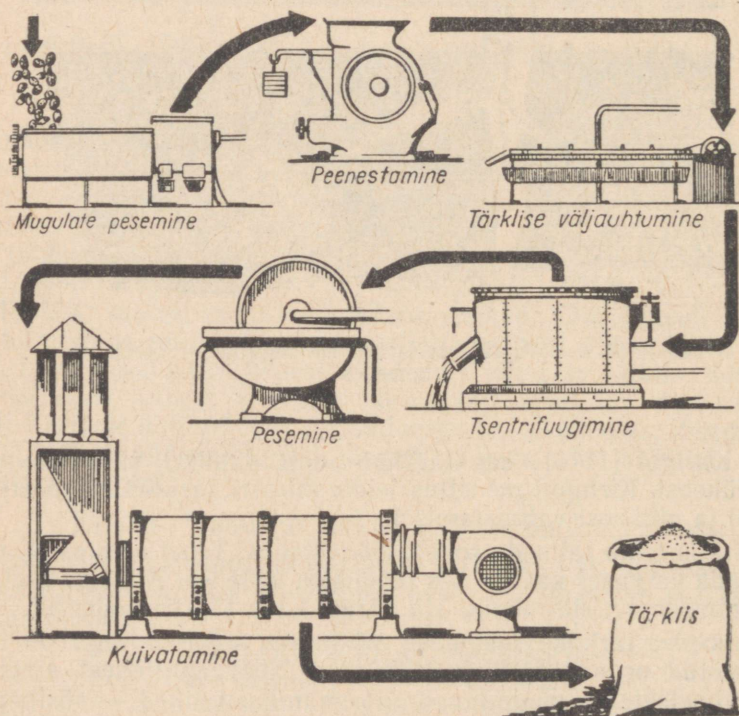
Nimetatud reaktsioon on vastupidine tärglise põlemisreaktsioonile ning on ühtlasi endotermiline.

Tärglise sünteesimiseks vajaliku energia saavad taimed päikeselt. Süsihappegaasi õhust adsorbeerimist roheliste taimede poolt ning orgaanilise aine tekkimist süsihappegaasist ja veest klorofüllil ja päikesevalguse abil nimetatakse fotosünteesiks.

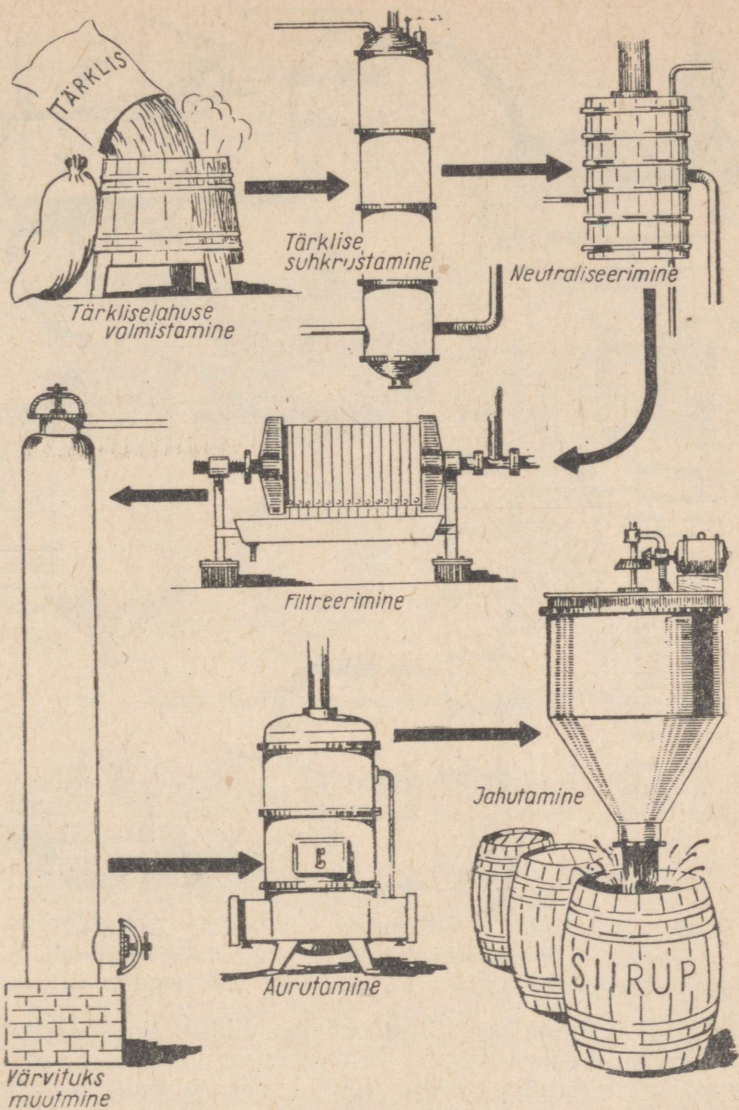
Fotosünteesi ja rohelistes lehtedes oleva klorofüllil osa selles protsessis uuris suur nõukogude teadlane K. A. Timirjazev.

K. A. Timirjazev tõestas, et taimed omastavad päikeseenergia mõjul ja klorofüllil olemasolul õhust süsihappegaasi ning et süsihappegaasist ja pinnaseveest tekib taimedes süsivesik tärglis. Nii oli lahti mõtestatud looduse suurim protsess, millega on seotud nii taime- kui ka loomariigi olemasolu.

Lehtedes sünteesitud tärglis allub hüdroolüüsile, mille saadused juhitakse taimede juhtkimpude soonte kaudu taime teistesse osa-



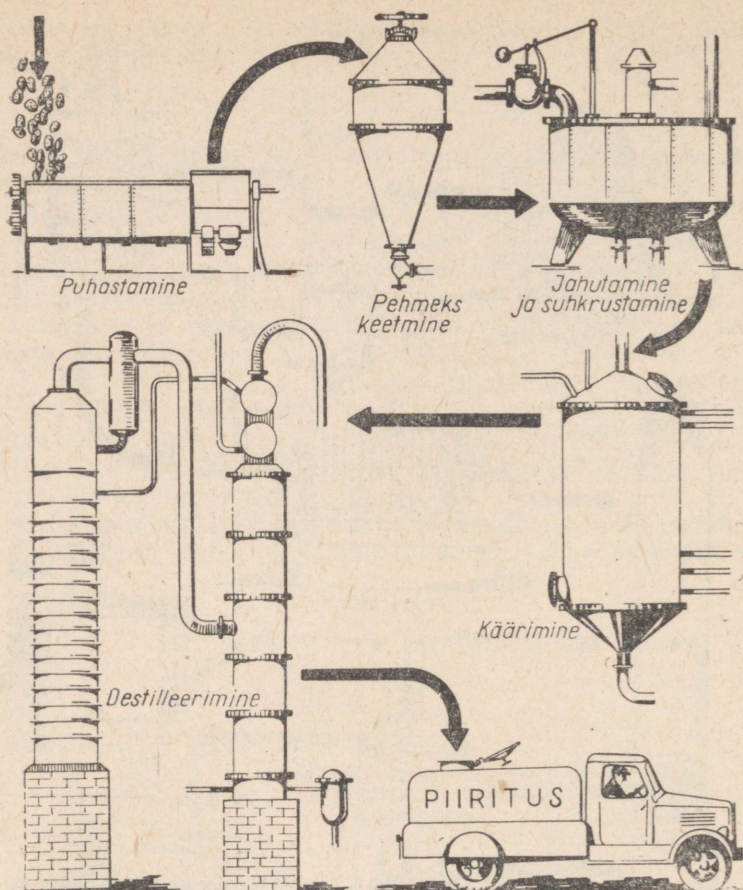
Joonis 62. Tärglise valmistamine kartulitest.



Joonis 63. Siirupivabriku skeem.

desse, kus neid kasutatakse kas uute rakkude ja kudede moodustamiseks vajalike ainetena või energia-allikana, või muudetakse uuesti tärkliseks, mis ladestub varuna taimede mugulates, juurtes, seemnetes ja teistes osades (joonis 61).

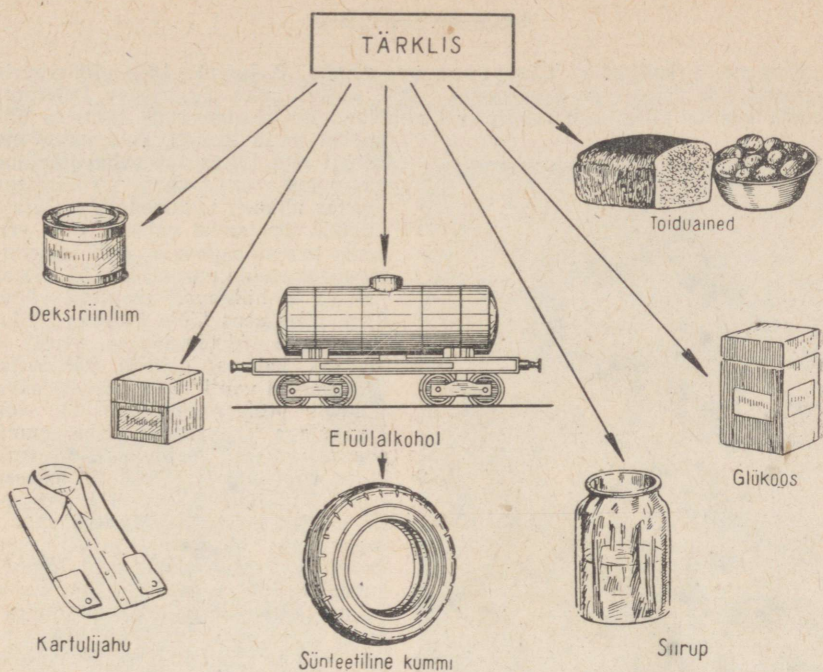
Tärklis on inimese tähtsamaid toiduaineid.



Joonis 64. Piiritusevabriku skeem (toormaterjaliks kartul).

Tärklise saamine kartulitest on väga lihtne (joonis 62). Hästi pestud kartulid peenestatakse mehhaanilise riivi abil. Saadud kartulimassist eraldatakse tärklis sõeltel veega uhtmise teel. Seejuures läheb külmas vees lahustumatu tärklis oma peensuse tõttu koos veega sõeltel läbi, tselluloos ja teised lahustumatud lisandid jäävad aga sõelale. Uhtmisel saadud nn. tärklisepiima lastakse seista anumates, kus tärklis põhja sadestub. Puhastatud ja kuivatatud tärklist nimetatakse tavaliselt kartulijahuks.

Glükoosi valmistamisel on lähteaineks tärklis (joonis 63). Selleks keedetakse tärklist mitu tundi koos lahjendatud väävelhappega autoklaavides. Hüdrolüüsi tõttu muutub tärklis osaliselt glükoosiks. Väävelhappe kõrvaldamiseks lisatakse lahusele kriiti ( $\text{CaCO}_3$ ), mis väävelhappega reageerides annab vees lahustumatu



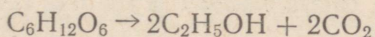
Joonis 65. Tärklise kasutamise skeem.

kaltsiumsulfaadi ( $\text{CaSO}_4$ ). Viimane eraldatakse filtreerimisel, mille järel lahus kontsentreeritakse. Saadakse veniv magus mass — tärklise- ehk kartulisiirup.

Peale glükoosi sisaldab siirup veel rohkesti dekstriine. Siirupit tarvitatakse keediste, kompvekkide, küpsiste ja teiste toiduainete valmistamisel ning mitmesugusteks tehnilisteks otstarveteks.

Tahke viinamarjasuhkru saamiseks viiakse tärklise hüdrolüüs lõpuni, seejuures saadakse enam glükoosi ja vähem dekstriine. Neutraliseeritud ja filtreeritud glükoosilahus kontsentreeritakse glükoosi kristallide eraldumiseni.

Tärklisest saadakse ka etüülalkoholi. Seejuures muudetakse tärklis algul glükoosiks ferment diastasi toimel, mis viiakse valmistatud segusse just selleks lisandatava linnase (kasvama-läinud odraterad) koostises. Seejärel muutub tekkinud glükoos ferment sümaasi toimel, mida toodavad teatud pärmiseened, etüülalkoholiks ja süsihappegaasiks:



Tärklisel on suur tähtsus rahvamajanduses. Teda kasutatakse paljude ainete valmistamisel (joonis 65).

Kliment Arkadjevitš Timirjazev sündis 3. juunil 1843 Peterburis progressiivsete vaadetega perekonnas. 1861. aastal astus Timirjazev Peterburi ülikooli, kus ta üliõpilaste rahutustest aktiivselt osa võttis, mille tõttu ta ülikoolist välja heideti, kuid mõne aja pärast aga lubati tal vabakuulajana loengutest osa võtta. Timirjazev lõpetas ülikooli kuldmedaliga. Pärast ülikooli lõpetamist valis ta oma erialaks taimefüsioloogia, eriti fotosünteesiprotsesside uurimise. 1872. aastal kaitses ta hiilgavalt magistri väitekirja ning asus tööle Moskva Põllumajanduse Akadeemiasse, kus ta peatselt kaitses doktori väitekirja.



K. A. Timirjazev (1843—1920).

1877. aastal valiti Timirjazev Moskva ülikooli professoriks, kus ta oma loengutega saavutas kohe suure populaarsuse. Tsaarivalitsus aga luges Timirjazevi mõju üliõpilastesse endale kahjulikuks, ja kui 1892. aastal suletud «rahutu» Moskva Põllumajanduse Akadeemia uuesti oma ukseid avas, siis Timirjazevit tagasi kutsutud professorite hulgas enam polnud. Reaktsioonilise haridusministri tegevuse tõttu oli ta 1911. aastal haigena sunnitud lahkuma ka Moskva ülikoolist. Sellest hoolimata ei katkestanud ta oma teaduslikku ega ajakirjanduslikku tööd.

Rõõmuga tervitas Timirjazev Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni, mis andis võimu tööliste ja talupoegade kätte. Kaks ja pool aastat, mis Timirjazev nõukogude võimu ajal elas, olid ta teadusliku tegevuse erilise tõusu aastateks. Haigusest hoolimata võttis Timirjazev saadikuna loovalt osa Moskva Nõukogu tööst. Ta pühendas kogu oma hiilgava publitsisti-talendi kodanluse kritiseerimisele ja uue võimu kindlustamisele. Timirjazevi tööd hindas kõrgelt V. I. Lenin, kes temale 1920. aastal saadetud kirjas ütles järgmist: «Suur tänu Teile Teie raamatu ja hea sõna eest. Ma olin otse vaimustuses, lugesdes Teie märkusi kodanluse vastu ja nõukogude võimu poolt.»

Timirjazev suri 28. aprillil 1920. Helge mälestus temast säilib kustumatult meie inimeste südameis.

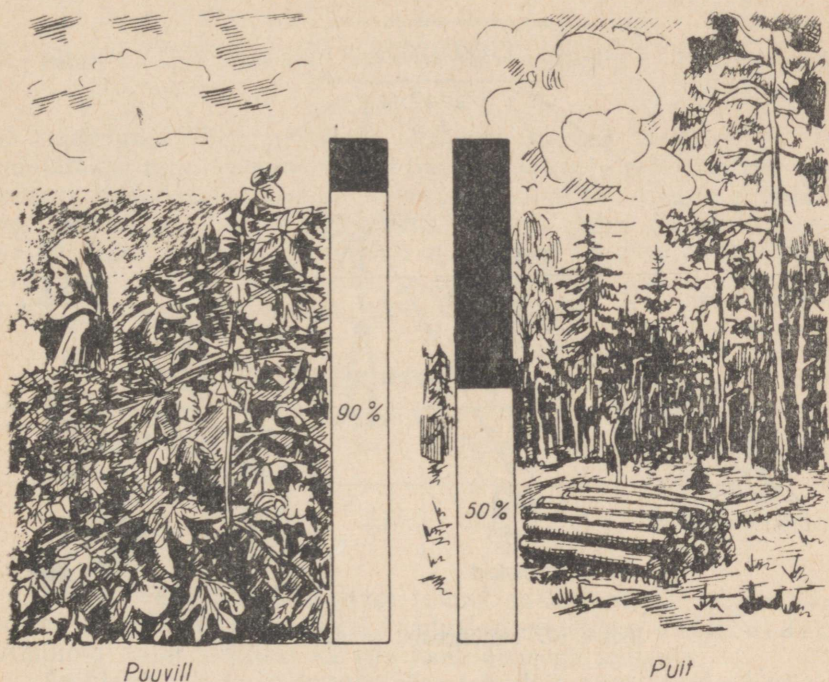
#### Kordamisküsimusi.

1. Kus esineb tärkelis looduses?
2. Millised on tärklise omadused?
3. Kuidas tekib tärkelis?
4. Missuguseid aineid võib saada tärklise hüdrolüüsil?
5. Andke fotosünteesi mõiste. Kes uuris fotosünteesi?
6. Kuidas saadakse tärklist tööstuses ja kus teda kasutatakse?

## § 5. Tselluloos.

1. **Tselluloos.** Tselluloos ehk kiudaine on taimeriigis väga levinud aine, millest koosnevad taimerakkude seinad (*cellula* — rakk).

Hügrokoopiline vatt, paber, puuvillased ja linsed kangad koosnevad peamiselt tselluloosist.



Joonis 66. Tselluloosi sisaldus puuvillas ja puidus.

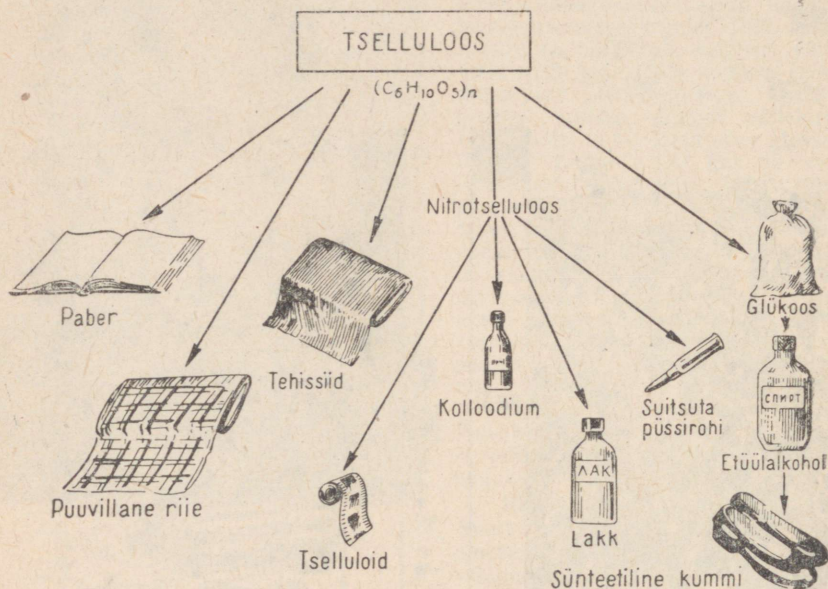
Looduses esineb tselluloosi kõige puhtamal kujul puuvillas, mis sisaldab 85—90% tselluloosi ja 6—8% vett. Okaspuude puitus on ligikaudu 50% tselluloosi, lehtpuudel veidi vähem.

Tselluloosi koostis avaldub sama valemiga mis tärgkliselgi —  $C_6H_{10}O_5$ . Nagu tärgklis, nii koosneb ka tselluloos aatomite rühmadest  $C_6H_{10}O_5$ , mis üksteisega on ühendatud järjestikku, moodustades seega väga pikki ahelaid või nn. niitmolekule, millede molekulaal on väga suur — 300 000 kuni 500 000 h.-ü. Samuti kui tärgklisel, avaldatakse ka tselluloosi koostis lihtsustatud valemi  $(C_6H_{10}O_5)_n$  ehk  $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$  abil. Viimases valemis avaldub katseliselt kindlaks tehtud fakt, et igas  $C_6H_{10}O_5$  rühmas on kolm hüdroksüülrühma.

Tselluloos ei lahustu vees, piirituses ega eetris ning on väga

püsiv lahjendatud hapete ja leeliste ning nõrkade oksüdeerijate toimele.

Tselluloos lahustub ainult vähestes lahustites; niisugusteks on: 1) vaskammoniaagilahus, mis saadakse vask(II)hüdroksüüdi  $[Cu(OH)_2]$  lahustumisel ammoniumhüdroksüüdis, 2) tsinkloriidi  $(ZnCl_2)$  ja mõne teise soola soolhappelised lahused ja 3) kontsentreeritud väävelhape.



Joonis 67. Tselluloosist saadavad tooted.

Harilikul temperatuuril ei mõju tselluloosisse lahjad happed ega leelised. Soojendamisel lahjade hapete toimel tselluloos hüdrolyüsib, kusjuures lõppsaaduseks on glükoos.

Kontsentreeritud lämmastikhappe ja väävelhappe segu toimel moodustub tselluloosi lämmastikhappe ester — nitrotselluloos.

Tselluloos omab rahvamajanduslikust seisukohast väga suurt tähtsust, kuna ta on lähteaineks paberi, kunstiidi, etüülalkoholi, lõhkeainete, riidekangaste jne. tootmisel (joonis 67).

Revolutsiooniaelses Venemaal oli tselluloosi- ja paberitööstus väga nõrgalt arenenud. Nõukogude võimu aastail aga on sel alal saavutatud suurt edu (tabel 22).

**2. Paberi tootmine.** Tänapäeval valmistatakse paberit tselluloosist, mida saadakse puidust kas sulfit- või sulfaatmenetlusel. Sulfitmenetlusel töödeldakse puitu kaltsiumvesiniksulfitilahusega  $[Ca(HSO_3)_2]$ , sulfaatmenetlusel aga naatriumhüdroksüüdi  $(NaOH)$

Tselluloosi ja paberi tootmise kasv Nõukogude Liidus  
(toodang tuhandetes tonnides)

| Aastad     | 1913. a. | 1917. a. | 1928. a. | 1940. a. | 1956. a. | 1965. a. |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Tselluloos | 41       | 26       | 86       | 529      | 1856     | 4800     |
| Paber      | 197      | 155      | 284      | 812      | 1993     | 3500     |

ja naatriumsulfiidiga ( $\text{Na}_2\text{S}$ ). Puidust saadud tselluloosist valmistatakse mitmesuguseid paberisorte. Odavate paberisortide saamiseks lisandatakse tselluloosile väiksemal või suuremal määral peenestatud puitu, nn. puitmassi. Selline paber on tselluloosist valmistatud paberist tunduvalt nõrgem ning muutub seismisel, eriti valguse käes, kollaseks ja hapraks. Parimad paberisordid, näiteks rahapaber, valmistatakse kaltsudest.

Tabel 23

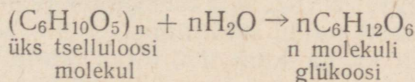
Paberitoodang Eesti NSV-s (tuhandetes tonnides).

| Aastad | 1940. a. | 1945. a. | 1950. a. | 1955. a. | 1956. a. | 1965. a. |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Paber  | 21,6     | 8,1      | 37,7     | 51,4     | 72,3     | 119,0    |

Külma väävelhappe kestval toimel tselluloosisse hüdrolüüsib viimane osaliselt. Hüdrolüüsi saadust nimetatakse amüloidiks. Amüloid nagu tärgliski värvub joodilahusega siniseks.

Amüloidi tekkimist kasutatakse tehnikas pärgamentpaberi valmistamiseks. Selleks asetatakse liimistamata paber mõneks sekundiks 80-protsendilisse väävelhappesse ning pestakse seejärel veega ja ammoniumhüdroksüüdilahusega. Paberi pinnal tekib amüloidikiht teeb paberi määrgamatuks.

**3. Tselluloosi hüdrolüüs ja etüülalkoholi saamine.** Sarnaselt tärglilisele hüdrolüüsib tselluloos veega keetmisel happe juuresolekul, mille tagajärjel tekib glükoos:

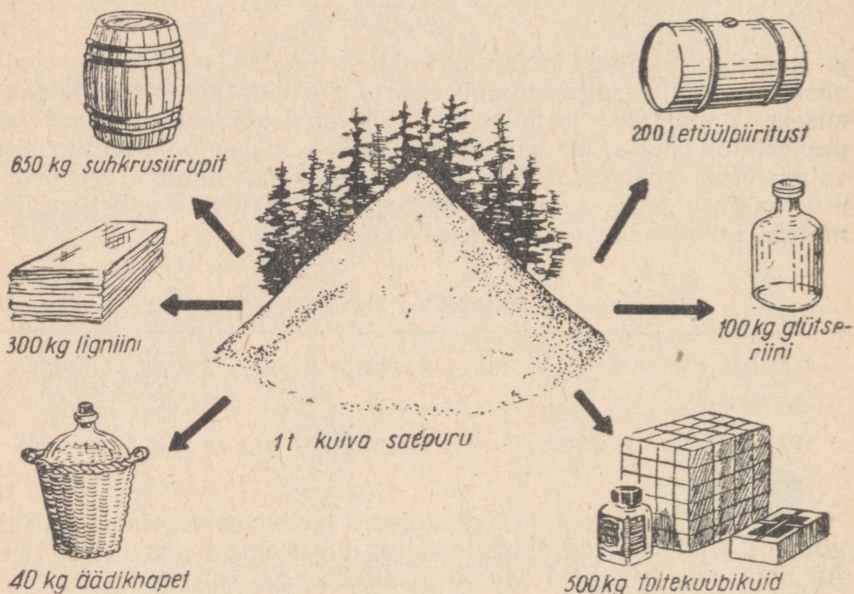


See reaktsioon teostub tänapäeval tööstuslikus ulatuses. Saadud glükoosi kasutatakse kas etüülalkoholi saamiseks või loomatoiduna.

Vaatleme nüüd menetlust, mille eesmärgiks on muuta puidus olev tselluloos täielikult glükoosiks ning viimasest saada etüül-

alkoholi. Puidu hüdrolüüsimiseks soojendatakse saepuru autoklaavis lahjendatud väävelhappega 10 at rõhul. Pärast puidu hüdrolüüsimist neutraliseeritakse väävelhape kaltsiumhüdrosüüdi-  $[Ca(OH)_2]$  lahusega ning tekkinud kaltsiumsulfaat ( $CaSO_4$ ) kõrvaldatakse filtreerimise abil. Saadud glükoosilahuse käärimissaaduseks ongi etüülalkohol (vt. joonist 50, lk. 108).

Glükoosi saadakse kõrvalsaadusena ka tselluloosi tootmisel. Puidu keetmisel kaltsiumvesiniksulfitilahusega  $[Ca(HSO_3)_2]$  saadakse nn. sulfit-tselluloos, mis keetmise ajal osaliselt hüdrolüüsub glükoosiks ja sel kujul läheb tselluloosi tootmisel järelejäävasse



Joonis 68. Puidu keemiline töötlemine.

lahusesse, nn. sulfitleelisesse. Viimasest saadakse (pärast puhastamist) glükoosi käärimisel etüülalkoholi. Sel menetlusel võib saada 50—70 liitrit etüülalkoholi ühe tonni õhukuiva tselluloosi kohta.

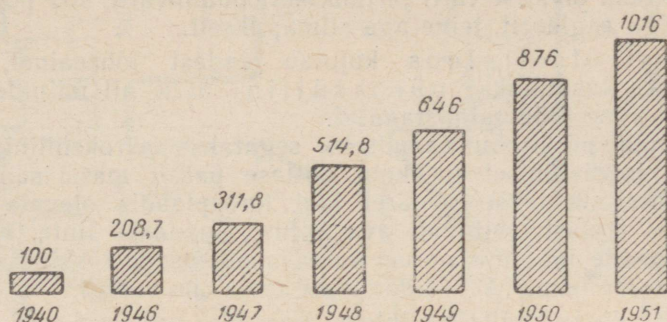
Hämmastavad on arvud, mis iseloomustavad etüülalkoholi ehk viinpiirituse saamist puidu hüdrolüüsimisel. Tonnist kuivast puidust on võimalik saada kuni 200 liitrit viinpiiritust, s. t. et üks tonn puitu asendab ühe tonni kartuleid või 300 kg teravilja.

Viimasel ajal hakatakse suhkruainete tootmises kasutama tselluloositööstuse jäätmeid. Teatavasti tekib ühe tonni tselluloosi tootmisel 10—12 tonni tootmisjääke. Uhes tonnisis tootmisjääkides leiduvast suhkrust võib saada aga 10 liitrit 96%-list etüülalkoholi.

Tselluloosi hüdrolüüs omab väga suurt rahvamajanduslikku

tähtsust. NSV Liidus toodetakse puidust viinpiiritust tööstuslikus ulatuses juba 1935. aastast alates. Selle tootmise kasvu iseloomustab alljärgnev joonis (joonis 69).

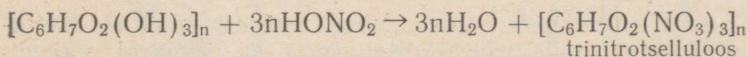
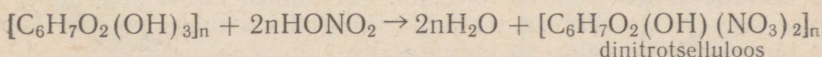
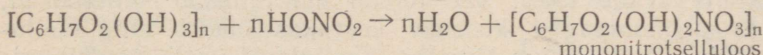
Vastavalt käesoleva seitseaastaku rahvamajanduse arendamise plaanile peab puidu baasil saadava etüülalkoholi tootmine suure-nema 1965. aastaks 23 korda võrreldes 1958. aasta toodanguga.



Joonis 69. Puidu töötlemisjääkidest saadud etüülalkoholi tootmise kasv (protsentides).

**4. Tselluloosi estrid.** Hüdroksüülrühmade olemasolu tselluloosi molekulis võimaldab saada tselluloosi eetreid ja estreid. Mõningad tselluloosi estrid on väga suure praktilise tähtsusega, nii näiteks tselluloosi lämmastik- ja äädikhappe estrid.

Tselluloosi lämmastikhappe estreid ehk tselluloosinitraate saadakse tselluloosi töötlemisel kontsentreeritud lämmastik- ja väävelhappe seguga (väävelhape toimib ka siin vett neelava ainenä). Sõltuvalt reaktsiooni tingimustest võib lämmastikhappe happejäägiga asendada kas üks, kaks või kõik kolm tselluloosi molekulis olevat hüdroksüülrühma. Reaktsiooni saadusi nimetatakse, sõltuvalt asendatud hüdroksüülrühmade arvust, mononitrotselluloosiks, dinitrotselluloosiks ja trinitrotselluloosiks; õigem on neid nimetada tselluloosi mononitraadiks, dinitraadiks ja trinitraadiks:



Mono- ja dinitrotselluloosi segu nimetatakse kolloksüliiniks ehk kolloodiumvatiks ja ta on suure praktilise tähtsusega. Kolloksüliini lahustumisel etüülalkoholi ja dietüleetri segus saadakse lahus, mida nimetatakse kolloodiumiks. Kolloodiumi kandmisel mingi eseme välispinnale jääb lahusti

aurumisel järele õhuke mono- ja dinitrotselluloosist kile. Viimast kasutatakse arstiteaduses väikeste haavade katmiseks, väikeste sidemete kinnitamiseks jne.

Kolloksüliinist, kamprist ja etüülalkoholist valmistatakse tselluloosi. Kolloksüliini kasutatakse ka lakkide, kilede jm. valmistamiseks. Kolloksüliin on väga tulekardetav. Kui üheaegselt süüdata tükk tavalist vatti ja tükk kolloodiumvatti, siis põleb esimene väga aeglaselt, teine aga silmapilkselt.

Trinitrotselluloos kujutab endast lõhkeainet, mida sõjanduses kasutatakse püroksüliini nime all miinide, pomide ja granaatide valmistamisel.

Suitsuta püsirohu saamiseks segatakse püroksüliini etüülalkoholi ja dietüleetriiga kuni ühtlase paksu massi saamiseni. Seda massi surutakse seejärel läbi terasplaadis olevate avade, kusjuures temast, sõltuvalt ava kujust, saadakse linte, vardaid, torukeid, niite jne., mis pärast vastava pikkusega tükkideks lõikamist hoitakse lahusti kõrvaldamiseks sooja õhu voolus.

Mono-, di- ja trinitrotselluloosi tekkimise protsessi uuris üksik-asjaliselt suur vene teadlane D. I. Mendelejev.

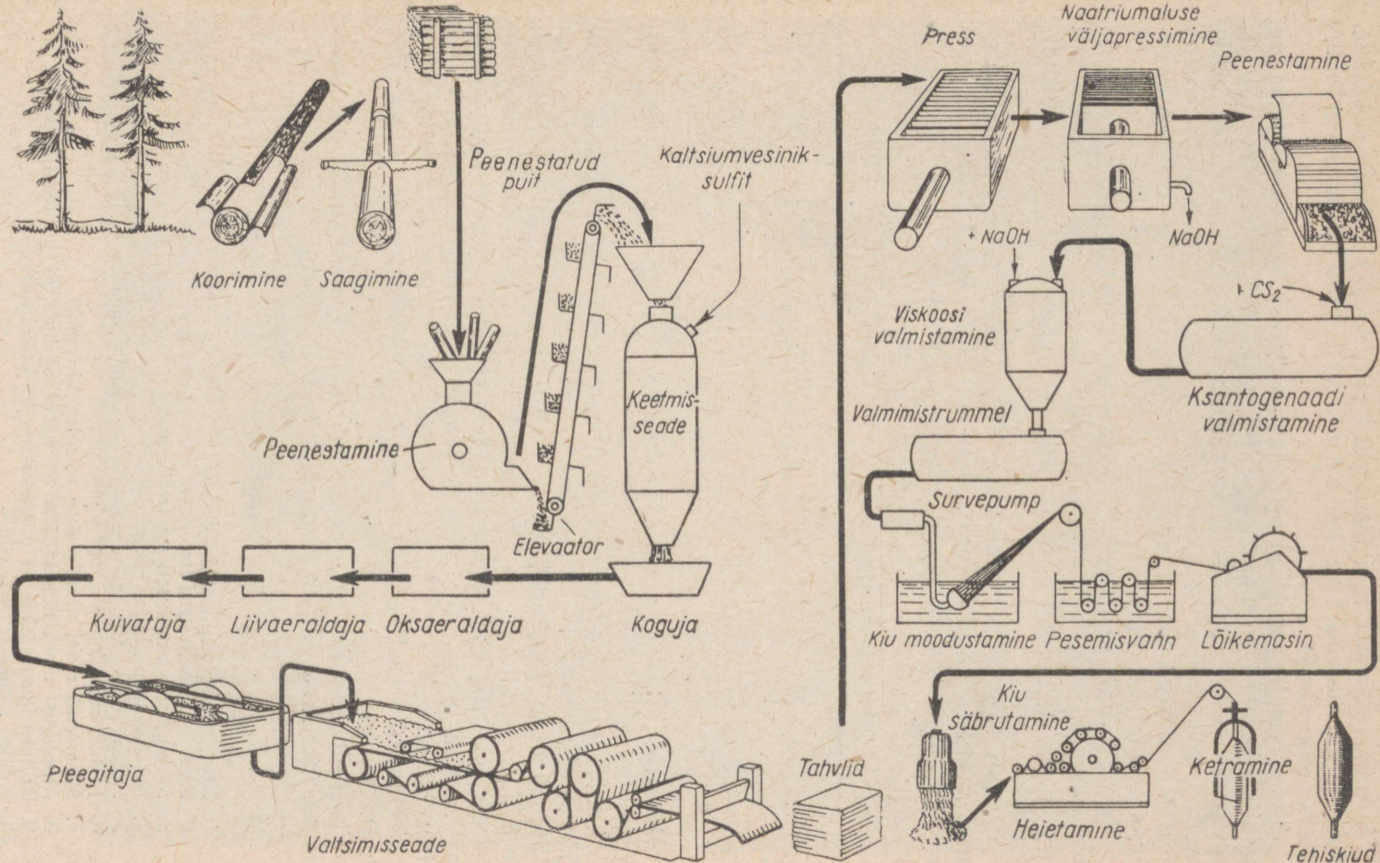
Tselluloosi äädikhappe estrit ehk atsetüültselluloosi saadakse äädikhappe anhüdriidi ( $\text{CH}_3\text{CO} > \text{O}$ ), äädikhappe ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ja katalüsaatori (väike kogus väävelhapet) segu toimel tselluloosisse. Samuti nagu nitrotselluloosi saamisel lämmastikhappe toimel, on ka siin võimalik saada mono-, di- ja triatsetüültselluloosi.

Kõige rohkem levinud on diatsetüültselluloos  $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})(\text{CH}_3\text{COO})_2]_n$ , mida kasutatakse tehisiidi, lakkide jt. ainete valmistamiseks.

**5. Tehisiid.** Tehisiid on tselluloosist valmistatud lõng, mis oma välimuselt meenutab looduslikku siidi. Tänapäeval kasutatakse tehisiidi saamiseks vaskammoniaak-, viskoos- ja atsetaatmenetlust.

Vaskammoniaakmenetluseel lahustatakse tselluloos vaskammoniaagi lahuses, mille järel saadud lahus surutakse läbi sõela peente avade vette. Vee toimel hüdrolyüsib tselluloosist, vasest ja ammoniaagist koosnev keerukas ühend ning tselluloos eraldub sellest läikiva lõngana. Tselluloosi vaskammoniaagilahuse joakestest tekkivad tselluloosilõngad keritakse poolile, kus nad järgnevalt pestakse ja kuivatatakse.

Viskoosmenetluseel töödeldakse puidust saadud tselluloosi esmalt naatriumhüdroksüüdilahusega ja seejärel väävelsüsinikuga ( $\text{CS}_2$ ). Tekkinud aine — ksantogenaadi lahustamisel lahjendatud naatriumhüdroksüüdilahuses saadakse sitke siidimass, nn. viskoos, mis surutakse läbi sõela avade väävelhappe või naatriumvesiniksulfaadilahusesse. Sadestusvannis oleva happe toimel muutuvad viskoosijoakesed puhtast tselluloosist koosnevateks lõngadeks (joonis 70).



Joonis 70. Tehiskiudaine tootmine.

Surudes viskoosi läbi kitsa pika pilu sadestusvanni, saadakse õhukesti läbipaistvaid tsellofaanlehti, mida kasutatakse toiduainete pakkimiseks.

Atsetaatometlusel lahustatakse kunstlikult saadud tselluloosi ester — diatsetüültselluloos  $[C_6H_7O_2(OH)(CH_3COO)_2]_n$  atsetoonis  $(CH_3-CO-CH_3)$  ja surutakse saadud lahus läbi sõela avade kuiva õhuga täidetud silindrisse, kus atsetoon aurustub ning lahuse joakesed muutuvad diatsetüültselluloosist koosnevateks tehissiidi lõngadeks.

Seega erineb atsetaatsiid keemia seisukohalt viskoossiidist ja vaskammoniaaksiidist selles, et ta kujutab endast tselluloosi estrit, kaks ülejäänud siidiliiki aga on puhas tselluloos (hüdraat-tselluloos).

Tehissiidi hakati valmistama NSV Liidus 1925. aastal. Järgnevatel viisaastakutel ehitati mitu uut tehissiidi vabrikut ja seoses sellega suurenes tehissiidi toodang tunduvalt.

Tabel 24

Tehissiidi toodangu kasv NSV Liidus (tuh. tonnides).

| Aastad    | 1913. a. | 1928. a. | 1940. a. | 1956. a. | 1960. a. |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Tehissiid | —        | 0,2      | 11,1     | 128,9    | 330,0    |

Käesoleval seitseaastakul suureneb sünteetilise kiudaine toodang kuni neli korda.

Tehissiiditööstus areneb palju kiiremini kui loodusliku siidi tööstus. Loodusliku siidi tootja — siidiuss — annab kogu oma elu jooksul kõigest pool grammi siidilõnga. Puuvilla saak sõltub ilmastikust. Puit aga on piiramatus koguses kergesti kättesaadav tooraine. Ühest kuupmeetrist puidust on võimalik valmistada niisama palju lõnga kui saadakse aastas puuvilla 0,5 hektarilt või villu 30 lambalt.

Tehissiidi alal etendas suurt osa nõukogude akadeemik P. P. Šorõgin.

Tselluloosi estritest saadakse peale tehiskiudude ka plastmasse, fotofilme ning igasuguseid lakke (nitrolakk jt.).

#### Kordamisküsimusi.

1. Kus esineb tselluloos looduses?
2. Kirjutada tselluloosi molekuli struktuurvalemit.
3. Missugused omadused on tselluloosil?
4. Milleks kasutatakse tselluloosi?
5. Missugust ainet saadakse tselluloosi hüdrolüüsist?
6. Kuidas saadakse puidust viinpiiritust?
7. Missugust ainet nimetatakse nitrotselluloosiks?
8. Missugust ainet nimetatakse a) püroksüliiniks, b) kolloksüliiniks?
9. Milleks kasutatakse a) püroksüliini, b) kolloksüliini?
10. Kuidas saadakse tehissiidi?



Joonis 71. Puidu töötlemissaadused.

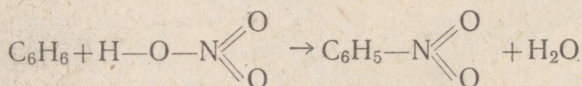
### XIII peatükk.

## LÄMMASTIKKU SISALDAVAD ORGAANILISED ÜHENDID.

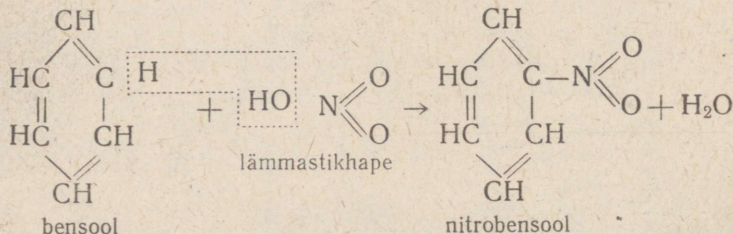
Eelmistes peatükkides tutvusime niisuguste orgaaniliste ühenditega, mis koosnesid ainult kolmest elemendist: süsinikust, vesinikust ja hapnikust. Tuntakse aga väga palju selliseid orgaanilisi aineid, mis sisaldavad lämmastikku. Tutvume tähtsamate lämmastikku sisaldavate orgaaniliste ühenditega — nitroühendite ja amiinidega.

### § 1. Nitroühendid.

Nitroühendeid võib saada lämmastikhappe toimet süsivesinikesse. Eriti kergesti annavad nitroühendeid aromaatsed süsivesinikud. Nende saamiseks toimitakse tavalisel temperatuuril aromaatsesse süsivesinikesse kange lämmastikhappe ja väevl-happe seguga. Näiteks lämmastikhappe reageerimisel bensooliga kulgeb järgmine reaktsioon:



mida on võimalik avaldada ka struktuursel kujul:



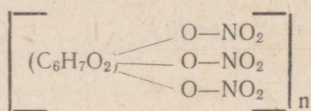
Selle reaktsiooni olemus seisneb selles, et bensooli vesiniku aatom ühineb lämmastikhappe hüdroksüülrühmaga vee molekuliks, vabanenud aatomite rühmitused  $\text{C}_6\text{H}_5-$  ja  $-\text{NO}_2$  aga liituvad nitrobensooli ( $\text{C}_6\text{H}_5-\text{NO}_2$ ) molekuliks. Et reaktsioonil tekki-

nud vesi kange lämmastikhappe toimet ei nõrgendaks, tuleb vesi kõrvaldada; selleks otstarbeks lisandataksegi kanget väävelhapet, mis seob tekkiva vee.

Kõikidele nitroühenditele on iseloomustav nende ühesugune ehitus, mis seisneb selles, et nitrorühm ( $-\text{NO}_2$ ) on vahetult seotud süsivesiniku radikaalidega.

Nitroühenditeks nimetatakse aineid, mis sisaldavad nitrorühma  $-\text{N} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{O} \end{array}$  ( $-\text{NO}_2$ ) ning milles lämmastiku aatom on vahetult seotud süsiniku aatomiga.

Nitroühendite hulka ei kuulu aga nitrotselluloos, sest temas sisalduva nitrorühma lämmastiku aatom on vahetult seotud hapniku aatomiga, mis ilmneb nitrotselluloosi struktuurvalemist:



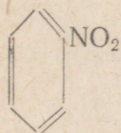
Sel põhjusel kuulub nitrotselluloos tselluloosi lämmastikhappe estrite hulka.

Reaktsiooni, mille abil saadakse nitroühendeid, nimetatakse nitreerimiseks.

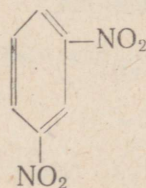
Aromaatsete süsivesinike nitreerimisel on võimalik viia süsivesiniku molekulisse üks, kaks või kolm nitrorühma ning sel viisil saada ühendeid, mille molekulides on üks, kaks või kolm nitrorühma ja mida seetõttu nimetatakse mono-, di- või trinitroühenditeks.

Mono-, di- või trinitroühendite tekkimine sõltub täiesti tingimustest, milles reaktsioon toimub. Tavaliselt kulgeb reaktsioon järk-järgult. Nii tekib näiteks bensooli nitreerimisel algul nitrobensool, siis dinitrobensool ning alles seejärel trinitrobensool.

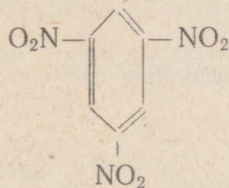
Sellised ühendid on järgmised:



nitrobensool



dinitrobensool



trinitrobensool

Aromaatsete süsivesinike nitroühendid on kas vedelikud või kollase värvusega kristalsed ained, mis ei lahustu ei vees ega hapete või leeliste lahustes. Paljud neist on lõhkeained.

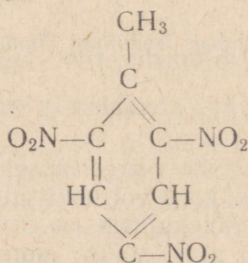
1. Kuidas saadakse nitroühendeid?
2. Missuguseid aineid nimetatakse nitroühenditeks?
3. Kirjutada mono-, di- ja trinitrobensooli struktuurvalemid.

## § 2. Tähtsamad nitroühendid.

1. Nitrobensool ( $C_6H_5NO_2$ ) on värvuseta vedelik, mis ei lahustu vees. Tehniline nitrobensool on kollase värvusega. Nitrobensool keeb temperatuuril  $211^\circ$ , tema aurud on mürgised. Nitrobensoolil on tugev mõrumandli lõhn, mille tõttu teda mõnikord tarvitatakse parfümeerias ka odava lõhnaainena «mirbani-õli» ehk «mirbaniessentsi» nime all.

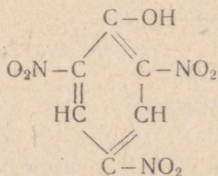
Nitrobensooli toodetakse suurtes kogustes ja tarvitatakse lähteainena aniliini valmistamisel. Viimasest saadakse omakorda värvaineid, lõhkeaineid ja muud.

2. Trinitrotoluool ehk trotüül  $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$ , millel on järgmine struktuurvalem:



Trotüüli saadakse toluooli ( $C_6H_5 \cdot CH_3$ ) nitreerimisel. Trotüül on kollase värvusega kristalne aine, mis sulab temperatuuril  $81^\circ$ . Ta on tugev lõhkeaine ja teda kasutatakse «tol» nime all mürskude ning pommide täitmiseks. Trotüül plahvatab ainult detonaatori mõjul. Põlemasüüdatud trotüül põleb tahmava leegiga, ta ei plahvata ja on üldse käsitsuskindel.

3. Trinitrofenool ehk pikriinhape  $C_6H_2(NO_2)_3OH$ , millel on järgmine struktuurvalem:



Trinitrofenooli saadakse fenooli ( $C_6H_5OH$ ) nitreerimisel. Trinitrofenool on kollane kristalne aine, mis sulab temperatuuril  $122^\circ$ . Ta on mõru maitsega ning

tugevate happeliste omadustega. Trinitrofenooli ehk pikriinhappe hüdroksüüli vesiniku aatom on asendatav metalli aatomiga, kusjuures saadakse pikriinhappe soolad, mida nimetatakse pikraatideks. Näiteks naatriumpikraat  $C_6H_2(NO_2)_3 \cdot ONa$ , pliiipikraat  $[C_6H_2(NO_2)_3O]_2Pb$ .

Pikriinhape on väga tugevajõuline lõhkeaine, mida tarvitatakse meliniidi, lüdiidi ehk rahvapärase nime «miinikollane» all suurtükimürskude täitmiseks. Pikriinhappe kui lõhkeaine suurimaks puuduseks on asjaolu, et ta soolad, eriti pliiipikraat, plahvatavad täiesti tühistel põhjustel; on küllalt üsna tühisest pliiipikraadi lisandist, et kogu meliniidimass plahvataks. Seepärast ei tohi tehastes, kus valmistatakse pikriinhapet, leiduda ühtegi pliiist eset, mürskude sisemus aga peab olema kaetud lakiga.

### Kordamisküsimusi.

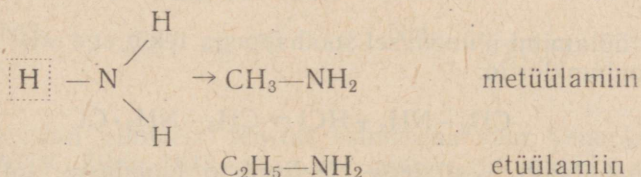
1. Kuidas saadakse nitrobensooli?
2. Nimetada nitrobensooli iseloomustavad omadused.
3. Kuidas saadakse trotüüli ja missugused on tema omadused?
4. Kirjutada trotüüli struktuurvalemi.

### § 3. Amiinid.

Amiinideks nimetatakse ammoniaagi derivaate, milles üks või mitu vesiniku aatomit on asendatud süsivesiniku radikaaliga.

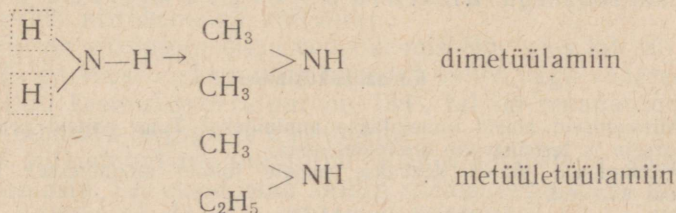
Sõltuvalt asendatud vesiniku aatomite arvust ammoniaagi molekulis eristatakse kolme amiinitüüpi:

1. Primaarsed amiinid:



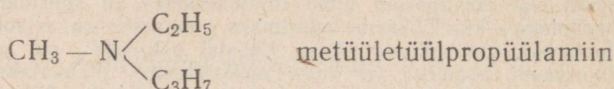
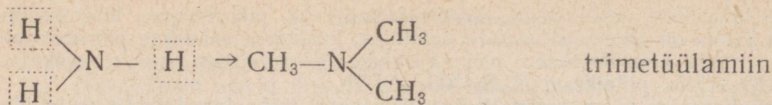
Ammoniaagi molekuli üks vesiniku aatomitest on asendatud süsivesiniku radikaaliga.

2. Sekundaarsed amiinid:



Kaks ammoniaagi molekuli koostisse kuuluvat vesiniku aatomit on asendatud süsivesiniku radikaalidega.

3. Tertsiaarsed amiinid:

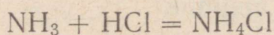


Kolm ammoniaagi molekuli vesiniku aatomit on asendatud süsivesiniku radikaalidega.

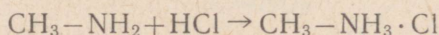
Amiinide funktsionaalseks rühmaks on amiinorühm —NH<sub>2</sub>.

Looduses leidub väga laialdaselt amiine, mille koostises on küllastatud süsivesinikke. Nii leidub näiteks trimetüülamiini [(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·N] maltsas ja viirpuu õites, teda sisaldub ka heeringasoolvees. Dimetüülamiin esineb samuti heeringasoolvees, peale selle tekib teda kala mädanemisel. Küllastatud amiinid tekivad valgu sügaval lagunemisel, niihästi normaalse elutegevuse puhul kui ka korjuse lagunemisel.

Oma keemiliste omaduste poolest sarnanevad amiinid väga ammoniaagiga. Nagu ammoniaak annab hapetega ammooniumsoolasid, nii moodustavad ka amiinid hapetega soolasid. Näiteks ammoniaagi ühinemisel soolhappega tekib ammooniumkloriid:



Metüülamiini ühinemisel soolhappega tekib aga sool — metüülammooniumkloriid:



Ammoniaagi vesilahuse leeliseliste omaduste tõttu värvub punane lakmus siniseks. Amiinide vesilahused, avaldades veel järsemalt leeliselisi omadusi, värvivad punase lakmuse samuti siniseks.

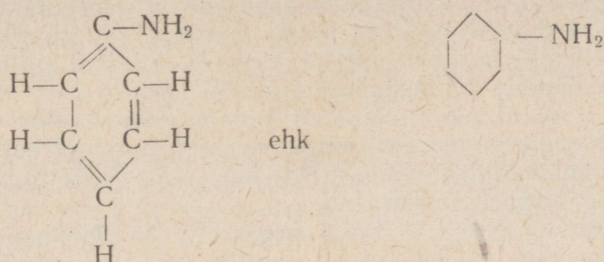
Eespool toodust järgneb, et amiinid on ammoniaagi derivaadid; teiste sõnadega: amiinid on orgaanilised alused.

#### Kordamisküsimusi.

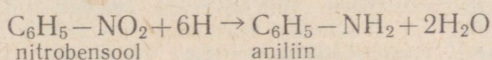
1. Missuguseid aineid nimetatakse amiinideks? Tuua näiteid primaarsete, sekundaarsete ja tertsiarsete amiinide kohta.
2. Missuguseid aineid saadakse hapete toimel amiinidesse? Kirjutada reaktsiooni võrrand.
3. Missugused omadused on amiinidel?

## § 4. Aniliin.

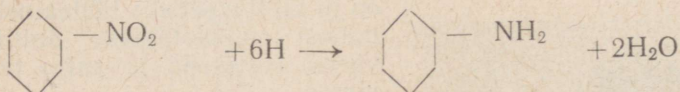
Lihtsaimaks aromaatses amiiniks on aniliin ( $C_6H_5 \cdot NH_2$ ), mis kuulub primaarsete amiinide hulka. Aniliini struktuurivalem on:



Aniliini kui ka teisi primaarseid aromaatsed amiine saadakse vastavate nitroühendite redutseerimisel. Näiteks nitrobensooli ( $C_6H_5 - NO_2$ ) redutseerimisel atomaarse vesinikuga saadakse aniliin ( $C_6H_5 - NH_2$ ), seejuures redutseerub nitrorühm  $-NO_2$  amiinorühmaks  $-NH_2$ :



ehk struktuurselt

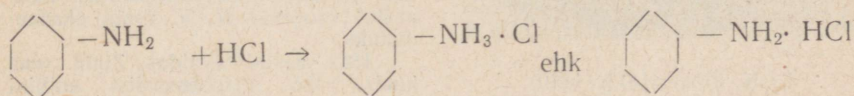


Selle aniliini sünteesi teostas esimesena suur vene keemik-organik *N. N. Zinin* 1842. a. ja see süntees sai nimeks «Zinini reaktsioon». Zinini avastus pani aluse keemiatööstuse paljude harude arengule.

Tööstuses teostub Zinini reaktsioon segistiga varustatud kateldes, kuhu valatakse nitrobensooli ja soolhapet ning paigutatakse raualaaste. Raua reageerimisel soolhappega tekib vesinik, mis redutseeribki nitrobensooli aniliiniks.

Aniliin on värvuseta õline vedelik, mis õhu käes kiiresti pruunistub. Ta on veest raskem ning lahustub selles väga vähesel määral. Aniliini keemistemperatuur on  $184^\circ$ , tal on omapärane lõhn, ta põleb tahmava leegiga ja on mürgine.

Nagu küllastatud amiinid, liitub ka aniliin hapetega, andes seejuures soolasid. Nii moodustab aniliin soolhappega valge kristalse soola — aniliinhüdrokloriidi ehk nn. aniliinsoola:



Aniliinsool lahustub hästi vees. Naatriumhüdrosüüdilahuse toimel aniliinsoola lahusesse eraldub uuesti aniliin. Aniliini väikese lahustuvuse tõttu tõuseb suurem osa temast lahuse pinnale.

Aromaatsete amiinide koostises oleva rühma  $C_6H_5$  olemasolu avaldub selles, et amiinid kujutavad endast nõrgemaid aluseid kui on seda küllastatud süsivesinike amiinid ja ammoniaagi vesilahus; selles on kerge veenduda lakmuse abil, sest aniliinilahusesse asetatud punane lakmuspaber siniseks ei värvu.

Teiselt poolt aga põhjustab bensoolirõngas olev amiinirühm ( $-NH_2$ ) seda, et bensoolirõnga vesiniku aatomid astuvad kergemini asendusreaktsioonidesse kui bensoolil. Seetõttu aniliin oksüdeerub ja bromeerub kergesti.

Aniliin oksüdeerub, kuigi aeglaselt, ka õhu hapniku toimel. Energilisemalt oksüdeeruvad aniliin ja ta soolad kloorlubja ( $CaOCl_2$ ) ja kaaliumdikromaadi ( $K_2Cr_2O_7$ ) toimel.

Aniliini oksüdeerimisel kloorlubjaga tekib lilla värvusega oksüdatsiooniprodukt. Selle reaktsiooni abil on võimalik avastada isegi aniliini jälgi. Aniliini oksüdeerimisel kaaliumdikromaadiga saadakse algul rohelise värvusega aine, mis edasisel oksüdeerumisel ikka rohkem tumeneb ning lõpuks moodustab musta värvaine, nn. aniliinmusta. Aniliinmust on parimaks puuvilla ja naha värvaineks.

Aniliini saadi esmakordselt 1841. aastal vene akadeemik *Frittsē* poolt indigo destilleerimisel. Aniliinil on väga suur tähtsus tänapäeva keemiatööstuses — on ju aniliin selleks lähteaineks, millest valmistatakse aniliinvärve, arstimeid ja palju teisi aineid.



N. N. Zinin (1812—1880).

#### Akadeemik Zinin.

Nikolai Nikolajevič Zinin sündis 25. augustil 1812 Taga-Kaukaasias. 1830. aastal lõpetas Zinin Saratovis gümnaasiumi ning astus samal aastal Kaasani ülikooli füüsika-matemaatikateaduskonda. Pärast ülikooli lõpetamist 1833. aastal jäeti ta õppejõuna ülikooli juurde, kus ta 1836. aastal kaitses magistri-väitekirja. 1840. aastal kaitses Zinin Peterburis oma doktori-väitekirja ja asus seejärel tööle keemilise tehnoloogia professorina Kaasani ülikooli, kus ta suure entusiasmiga jätkas töötamist orgaanilise keemia alal. 1847. aastal kutsutakse Zinin Peterburi Arstiteaduse Akadeemiasse professoriks. 1858. aastal valitakse N. N. Zinin akadeemikuks.

1842. aastal avaldas Zinin oma kuulsa töö nitrobensoolist aniliini

saamise kohta, mis edaspidi sai nimeks «Zinini reaktsioon». Zinini avastus on aluseks, millele rajaneb kogu maailma sünteetiliste värvainete tööstus ning mis põhjustas ravimite, lõhkeainete ja teiste orgaanilise sünteesi saaduste arengut.

Peale selle teostas Zinin veel kahe aromaatses amiini sünteesi.

Zinin on üks suuremaid keemikuid ülemaailmses teaduses ning hiilgav eksperimentaator. Ta oli üks esimesi, kes sai aru nitroglütseriini kui lõhkeaine tähtsusest ja soovitas viimast Krimmi sõja ajal kasutada granaatide täitmiseks. Seega mitte rootslane Alfred Nobel, nagu väidavad Lääne teadlased, vaid vene teadlane N. N. Zinin soovitas esimesena nitroglütseriini tarvitamist tehnikas.

Zinini teadusliku tegevuse ja avastuste ning tema mõju tõttu vene orgaanilise keemia arengule asus viimane maailma teaduses esiritta. Zinin oma teadusliku panusega muutus ülemaailmse kuulsusega teadlaseks.

Saksa Keemia Seltsi president ütles 1880. aastal Zinini kohta järgmist: «Kui Zinin poleks teinud ka mitte midagi muud peale nitrobensooli muutmise aniliiniks, siiski jääks tema nimi keemia ajalukku kirjutatuks kuldsete tähtedega.»

Zinin pani aluse vene keemikute-orgaanikute koolile. Tuleb märkida, et Zinini üks esimesi õpilasi oli A. M. Butlerov, kes koos D. I. Mendelejeviga moodustab vene teaduse uhkuse ja au.

### Kordamisküsimusi.

1. Kuidas saadakse aromaatsesid amiine? Kes sai esimesena aromaatsesid amiini? Kirjutada aromaatsesid amiini saamise reaktsiooni võrrand.
2. Nimetada aniliini iseloomustavad omadused.
3. Missugune aine tekib aniliini oksüdeerimisel kaaliumdikromaadiga (väävelhappe keskkonnas) ja milleks saadud ainet kasutatakse?
4. Kus tarvitatakse aniliini?

## XIV peatükk.

### VALGUD.

Valgud on lämmastikku sisaldavad orgaanilised ained, mille molekulide koostis ja ehitus on väga keerukas. Valkude tähtsus on väga suur. Valgud on ained, milleta pole võimalik ei loomade ega taimede elu. Veel enam, elu ise on valkude keerukate muunduste protsessiks. «Elu on valkude olemise vormiks,» nii määratles elu mõistet suur loodusteadlane, marksist ja revolutsionäär F. Engels.

#### § 1. Valkained.

**1. Valkude leidumine looduses.** Valgud on kõikide loomsete ja taimsete organismide peakoostisosaks.

Valgud kuuluvad kõikides rakkudes oleva protoplasma ja raku-tuumade koostisse. Kuid on olemas ka niisuguseid valke, mis võivad eksisteerida vabalt, väljaspool rakke; sellised on näiteks haigusid tekitavate rakkudeta viiruste valgud. Valkained kuuluvad lihaste, naha, kõhre, luude, juuste, villa, sarvede ja kapjade koostisse. Peale selle leidub valkaineid ka veres, piimas ja süljes. Sii-diusside poolt produtseeritud siid on ka valkaine. Valkude sisaldus loomsetes organismides on võrdlemisi suur. Arvestatult kuivaine kaalule on näiteks kehas umbes 45% valke. Mõningates organites on aga valkude sisaldus veel kõrgem (kopsudes — 80%). Taimedes on valkude sisaldus tunduvalt väiksem kui loomsetes organismides. Valgurikkamad on taimede seemned (10—13% valkaineid), väga vähe leidub valke lehtedes, kõrtes ja viljades (umbes 0,5—3%).

Valke sünteesivad aga ainult taimed, loomsed organismid saavad valkusid valmis kujul, kasutades toiduks kas taimi või teisi loomseid organisme.

Valgud ei püsi organismis muutumatutena, vaid nad hapenduvad ja lagunevad pidevalt, seepärast on valgud tarvilikeks koostisosadeks meie igapäevases toidus. Valgud on organismile vajalikeks ehitusmaterjalideks ning energiaallikaks.

2. Valkude koostis ja ehitus. Kuigi valke on väga raske saada puhtal kujul, õnnestus keemikutel tänapäeval siiski eraldada üksikuid valke, näiteks kanamunast — albumiini, piimast — kaseiini, verest — hemoglobiini jt.

Valgud koosnevad süsinikust, vesinikust, hapnikust ja lämmastikust; paljud valgud sisaldavad veel väävlit ning üksikud ka fosforit. Mõned valgud sisaldavad veel teisi elemente, näiteks hemoglobiinis on rauda. Kuna erinevate valkude hulk on väga suur, siis on erinev ka nende keemiline koostis.

Loomsetest organismidest pärinevate valkude koostis on esitatud tabelis 25:

Tabel 25

Loomse päritoluga valgu koostis (protsentides).

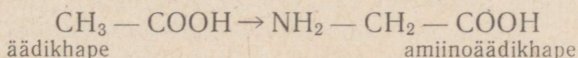
| C       | H        | O         | N        | S       | P         |
|---------|----------|-----------|----------|---------|-----------|
| 49,5—55 | 6,4—34,2 | 19,7—34,2 | 9,6—18,8 | 0,3—2,4 | 0,42—0,85 |

Valkude molekulaal on äärmiselt suur. Tänapäeva uurimiste andmeil on valkude molekulaal 35 000 ja 210 000 hapnikuühiku vahel, küündides mõningatel juhtudel isegi mitme miljonini. Näiteks mõnede viiruste valkude molekulaal on 15—20 miljonit hapnikuühikut. Sellest järeneb, et valkude molekuli struktuur on väga keerukas. Nii näiteks kuulub kanamuna koostisse valk, mis on eraldatud kristalsel kujul ja mille empiiriline valem on  $C_{237}H_{386}N_{58}S_2O_{78}$ .

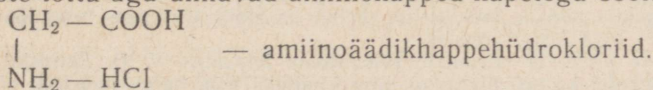
Vaatamata teadlaste jõupingutustele on valkude ehitus veel ebaselge. On siiski selgitatud, et valkude hüdrolüüsi lõppsaadusteks on amiinohapped.

Amiinohapeteks nimetatakse lämmastikku sisaldavaid ühendeid, mille molekulides on nii amiinorühm ( $-NH_2$ ) kui ka karboksüülrühm ( $-COOH$ ). Amiinhappe näiteks võib olla amiinoäädikhape ehk glükokoll:  $NH_2-CH_2-COOH$ .

Amiinohappeid võib vaadelda kui happeid, mille süsivesiniku radikaali üks vesiniku aatom on asendatud amiinorühmaga:



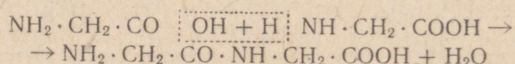
Amiinohapped on tahked kristalsed ained. Hapelite omaduste tõttu moodustavad amiinohapped leelistega soolasid, näiteks:  $NH_2-CH_2-COONa$  — naatriumamiinoatsetaat; leelistest omaduste tõttu aga annavad amiinohapped hapetega soolasid, näiteks:



Järelkult on amiinohapped ühendid, millel on samaaegselt nii leelised kui ka happelised omadused, s. t. nad on kahesuguste omadustega või, nagu teisiti öeldakse, amfoteersed. Tuleb mainida, et ka valgud avaldavad amfoteerseid omadusi.

Valkude hüdrolüüsi saadustest on eraldatud ja uuritud üle kolmekümne üksiku amiinohappe, millel on tunduvalt keerukam koostis kui eespool nimetatud amiinoäädikhappel. Et amiinohapped on nagu valgu molekulide kildudeks, siis on valgud orgaanilised ained, mille molekulid koosnevad suurest arvust üksteisega ühendatud mitmesuguste amiinohapete jääkidest.

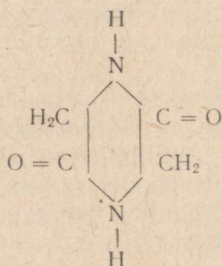
3. Valkude süntees. N. D. Zelinski tööde tähtsus. Orgaanilise keemia saavutused võimaldasid lahendada valkude sünteesi küsimuse. Tehti kindlaks, et mitmest amiinohappe molekulist on võimalik saada keerukam molekul, mis sisaldab endas mitu amiinohappe molekuli, näiteks:



Samal viisil on võimalik saada veel keerukamaid molekule, mis koosnevad juba kolmest, neljast ja enamast amiinohappe jäägist. Selliseid ühendeid nimetatakse polüpeptiidideks.

Teadlastel on õnnestunud sünteesida polüpeptiide, mis sisaldavad 19 amiinohappe jääki. Sellised sünteesitud polüpeptiidid sarnanevad omadustelt peptoonidega, valgu hüdrolüüsi vahepealsete saadustega. Polüpeptiidid annavad sarnaselt peptoonide ja valkudega biureetreaktsiooni, mis tõestab, et valgud on polüpeptiidi tüüpi ehitusega.

Väljapaistva nõukogude teadlase akadeemik N. D. Zelinski töödega tõestati, et valgud koosnevad mitte ainult polüpeptiididest, vaid sisaldavad ka tsüklilisi ahelaid, nn. diketopiperasiine. Diketopiperasiinid on amiinohapete tsüklilised anhüdriidid. Näiteks:



Seda avastust võimaldas N. D. Zelinski poolt välja töötatud valkude uus hüdrolüüsimisviis, mille järgi valkudesse toimitakse lahjendatud hapetega temperatuuril ligikaudu 170° ja kõrgendatud rõhul. Selle avastuse põhjal püstitas N. D. Zelinski nn. diketopiperasiiniteooria, mis algul leidis suurt vastuseisu, eriti välismaiste teadlaste poolt.

Oma teooria lõplikuks põhjendamiseks tuli Zelinskil kindlaks teha valgu molekulis olevate diketopiperasiinide tsüklite ja polüpeptiidide ahelate kvantitatiivne suhe, ahelate pikkus, tsüklite ja ahelate iseloomustav seos ning lõpuks püüda kunstlikult luua valgu mudel.

Mitmeaastaste pingsate uurimiste tulemusena õnnestus N. D. Zelinskil ja ta õpilastel lahendada ka see ülesanne ning kindlaks teha valgu molekuli põhi-

lise struktuurse ühiku ehitus. Valgu põhilise struktuurse ühiku kindlakstegemisega avaneb võimalus selgitada struktuursete ühikute seost valgu molekulis. Teadus on sellega lähenenud valgu kunstlikule sünteesile.

**4. Valkude omadused.** Agregaatolekult on valgud kas vedelas või poolvedelas olekus, tihti ka sültjad. Tuntakse ka tahkeid valkusid. Valgud ei sulaga ega aurustu, soojendamisel nad koaguleeruvad, kõrgema temperatuuri juures aga lagunevad.

Järelikult valkude puhul ei saa rääkida ei sulamis- ega keemistemperatuurist.

Mõned valgud lahustuvad vees (kanamunast pärinev valk), teised valgud lahustuvad vees vaid soolade, leeliste või hapete juuresolekul. Valkude lahustumisel vees tekivad kolloidlahused. See valkudele iseloomustav omadus esineb ka teiste suure molekulaaluga ainete puhul. Peaaegu kõik valgud on alkoholis lahustumatud.

Valgu, samuti ka teiste kolloidainete lahustes olevad suured üksikosakesed pole suutelised läbima nn. poolläbitavaid membraane, nagu seda on pärgament, tsellofaan jt. Seda omadust kasutatakse valkude puhastamiseks: puhastatav valk asetatakse tsellofaanist kotti ja paigutatakse voolavasse vette. Seejuures läbivad mineraalsoolad ja väikeste molekulidega orgaanilised ained tsellofaani poore ja eralduvad veevooluga, valgud pole aga suutelised tsellofaani poore läbima ja jäävad kotti.

Valgulahusele lisandatud soolalahus, hape või etüülalkohol põhjustavad valgu sadestumist — kalgastumist. Sõltuvalt kalgastumist põhjustanud ainst võib valgu sade olla kas tugevasti või vähe muutunud. Sadestumine sooladega, näiteks keedusoolaga, põhjustab enamikul juhtudel valgus kõige väiksemaid muudatusi, keedusoola lisandamisel saadud sademeid on võimalik jälle lahustada ning taas-saadud valgulahusel on jälle endised omadused. Valgu sadestamine raskete metallide (vase, plii jt.) sooladega põhjustab aga valgu sügavaid muudatusi ja sel viisil kalgastunud valk ei lahustu uuesti.

Valkude avastamiseks mingis aines teostatakse esmalt söestumisproov, põletades selleks väikese koguse uuritavat ainet. Valkude olemasolul proov söestub ja tekib põletatud sarvele iseloomulik lõhn. Valke tehakse kindlaks peamiselt värvusreaktsioonide abil, millest nimetame ainult kaks tähtsamat.

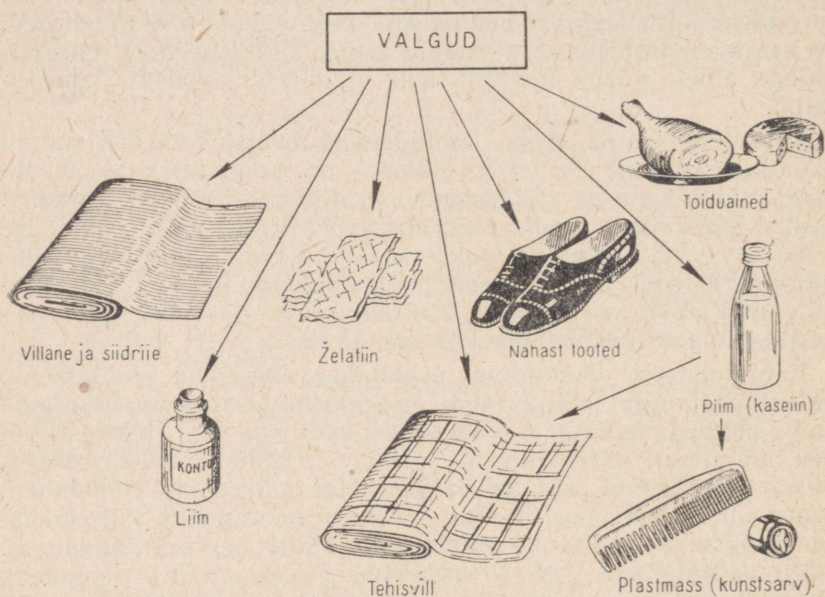
**Ksantoproteiinreaktsioon.** Valgu soojendamisei kontsentreeritud lämmastikhappega värvub valk kollaseks. Reaktsiooni on võimalik toimetada nii kuivas olekus valguga kui ka valgulahusega. Reaktsiooni kulgemisel valgulahuses valk esmalt kalgastub, seejärel värvub kollaseks. Ksantoproteiinreaktsioon teostub ka madalal temperatuuril, kuid aeglaselt. Kollane plekk, mis tekib nahale sattunud kontsentreeritud lämmastikhappe tilga toimel, on ksantoproteiinreaktsiooni tulemuseks, s. t. ta tekib naha valkude reageerimisel lämmastikhappega. Nimi «ksantopro-

tein» on tekkinud kreekakeelsetest sõnadest «*xanthos*» — kollane ja «*protein*» — valk.

Kui valgusademele, mis tekkis lämmastikhappe toimel valgulahusesse, lisandada ammonium- või naatriumhüdrosüüdilahust, siis muutub sademe kollane värvus oranžiks.

**Biureetreaktsioon.** Kui valgulahusele lisada naatriumhüdrosüüdilahust ja mõni tilk vasksulfaadilahust, värvub valgulahus lillaks; seda reaktsiooni nimetataksegi biureetreaktsiooniks.

Valkude soojendamisel veega, veel parem aga hapetega või leelistega, samuti ka teatud fermentide toimel, lagunevad valgud



Joonis 72. Valkude kasutamise skeem.

lihtsamateks aineteks. Toimub hüdrolüüs, s. t. valgu keerukate molekulide lõhustamine ja vee molekulidega liitumine. Hüdrolüüsil tekivad valgust esmalt peptoonid. Peptoonid on keeruka ehitusega ained, mis omadustelt sarnanevad küll valkudega, kuid mille molekulkaal on viimaste omast väiksem. Edasisel hüdrolüüsil muutuvad peptoonid ikka vähem ja vähem keerukateks aineteks. Valgu hüdrolüüsi lõppsaaduseks on **amiinohapped**.

Seega valkude hüdrolüüs toimub järkjärguliselt; seda võib kujutada järgmiselt:

valgud → peptoonid → polüpeptiidid → amiinohapped.

**5. Valkude kasutamine.** Valkudel on suur tööstuslik tähtsus. Nii villast kui ka siidist valmistatakse juba ammu riidet. Sarvest ja

kilpkonnakilpidest valmistatakse kamme, nõõpe ja teisi pisitooteid. Luude, kõhrede ja nahajäätmete keetmisel veega saadud valgud annavad liimi, näiteks želatiini, mis on puhas, läbipaistev ja värvitu; seda kasutatakse kondiitritööstuses ning fotopaberi ja filmide valmistamisel.

Piima valgust — kaseiinist — valmistatakse formaldehüüdi abil plastmassi, mida nimetatakse kunstsarveks ehk galaliidiks. Viimane asendab luud, sarve ja kilpkonnakilpi ning teda kasutatakse nõõpide, kammide, tindipotialuste jne. valmistamiseks. Galaliidist valmistatakse ka tehisvilla (joonis 72).

## § 2. Valkude osa eluprotsessides.

Valkude rühm on suur ja hõlmab mitmesuguseid aineid. Valkude rühma kuuluvad näiteks järgmised vees lahustumatud tahked ained, nagu keratiin ehk sarvaine, mis on sarvede, juuste, küünte ja sulgede pea-valkaineks, ning valk fibroiin, mis kuulub siidikiu koostisse, jt. Nimetatud vees lahustumatud valgud on organismi rakkude mehhaanilisteks tugedeks (sellest ka nende üldnimi — tugivalgud) ja nad täidavad seega loomorganismi rakkudes sama otstarvet, mida tselluloos taimerakkudes.

Rakutum ja protoplasma koosnevad peamiselt vedelatest ja poolvedelatest valkudest, milledes toimuvad kõige keerukamad, elu iseloomustavad muundused.

Elavas organismis leiduvate valkude hulgas on rida katalüsaatorina toimivaid valke, mida nimetatakse fermentideks (vees lahustuvaid fermente nimetatakse ensüümideks). Fermentid, mida organismis leidub väga väikestes kogustes, on võimalised keemiliselt muundama väga suuri ainekoguseid, kusjuures fermentid ise ei muutu. Fermentide juuresolekul muutuvad keerukad lahustumatud toiduained lihtsamateks ja lahustuvateks aineteks, mis imenduvad läbi sooleseinte verre. Igal fermentil on oma spetsiifiline mõju: nii näiteks ei mõjuta valku lõhestav ferment pepsiin, mida valmistavad maonäärmete pearakud, ei süsivesikuid ega rasvu. Sama toimet valgusse avaldab ka soolemahlas leiduv ferment trüpsiin.

Sisesekreetsiooninäärmed eritavad oma sekreedi ehk nõre vahetult verre. Selles sekreedis leidub erilisi aineid, nn. hormone, mis avaldavad väga tugevat toimet kogu organismile. Hormoonide hulgas leidub ka valke, näiteks kõhunäärmes valmiv hormoon insuliin, mis korraldab süsivesikute ainevahetust. Insuliini puudusel organismis tekib glükoosi rohkem kui normaalselt, mille tõttu liigne glükoos eraldub kusega (suhkruhaigus).

Valkude hulka kuulub ka hemoglobiin, millest on tingitud vere punane värvus. Hemoglobiin liitub kergesti hapnikuga ja kannab viimast oksühemoglobiini kujul kopsudest kõikidesse koe-rakkudesse.

Valkude hulka kuuluvad ka antikehad — kaitseollused, mis on vereseerumis juba olemas või tekivad seal nakkushaiguste välitel. Antikehad muudavad organismi nakkushaiguste suhtes immuunseks ja neil on arstiteaduses väga suur tähtsus. Raskete haiguste (näiteks difteeria) vältimiseks süstitakse organismi antikehasid sisaldavat raviseerumit.

#### Kordamisküsimusi.

1. Kus leidub valke ja milline on nende osatähtsus?
  2. Milline on valkude suhteline sisaldus loomsetes ja taimsetes organismides?
  3. Missugused elemendid kuuluvad valkude koostisse?
  4. Kui suur on valkude molekulkaal?
  5. Milline on valkude koostis ja ehitus?
  6. Missugused on valkude omadused?
  7. Missuguse eriomaduse poolest erinevad valgulahused teistest lahustest?
  8. Missugustes tingimustes valgud kalgastuvad?
  9. Nimetada valkudele iseloomulikke värvusreaktsioone.
  10. Missugused ained on valkude hüdrolüüsi lõppsaadusteks?
  11. Missuguseid aineid nimetatakse amiinohapeteks?
  12. Milleks kasutatakse valkusiid?
  13. Milline on valkude osatähtsus elutegevuse protsessides?
-

## LABORATOORSED TÖÖD.

### LABORATOORNE TÖÖ nr. 1. SÜSIVESINIKE SAAMINE JA OMADUSED.

#### Töö nr. 1. Metaani saamine ja omadused.

Ette valmistada: naatriumatsetaat ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ), naatronlubi, uhmer, katseklaasid, kork gaasijuhtetoruga, statiiv näpitsaga, piirituslamp, kauss, klaas veega, silinder, klaaspladike, pIRRud.

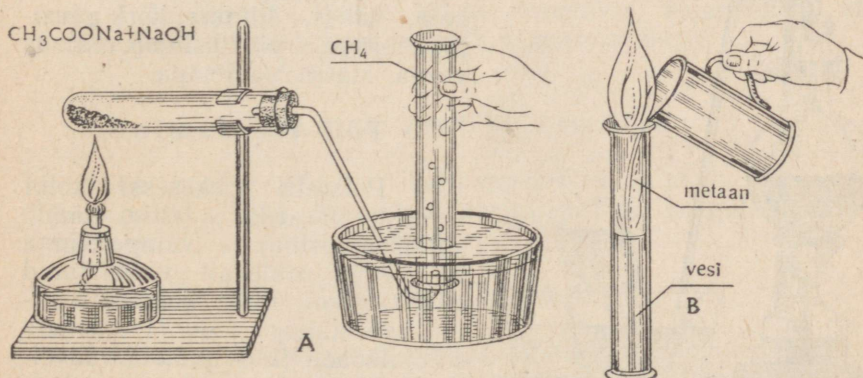
#### Töö teostamine.

1. Asetage uhmrise  $\frac{1}{8}$  katseklaasitäit naatriumatsetaati ja hõõruge ta niisama suure koguse naatronlubjaga peeneks pulbriks.

2. Paigutage saadud segu katseklaasi ja sulgege see korgiga, mida läbib gaasijuhtetoru.

3. Asetage kaussi, milles on vesi, veega täidetud silinder suudmega allapoole ja koostage seadis, nagu on näidatud joonisel 73.

4. Soojendage ettevaatlikult katseklaasi. Esmalt eraldub õhk,



Joonis 73. Metaani saamine.

Joonis 74. Metaani põlemine.

seejärel alles metaan. Seepärast juhtige esimesed gaasikogused õhku ja alles seejärel viige gaasijuhtetoru ots veega täidetud silindri suudme alla. Kui silinder on metaaniga täitunud, lahutage seadis, katkestage soojendamine ja, sulgenud silindri suudme vee all klaasplaadikesega, võtke silinder veest välja ning asetage ta lauale suudmega ülespoole, jättes suudme plaadikesega kaetuks.

5. Valage klaasi vett, süüdake pird, avage silinder, süüdake metaan pirruga ja valage klaasist kiiresti silindrisse vett. Vee poolt väljatõrjutud metaan põleb suure vähevalgustava leegiga (joonis 74).

### Töö nr. 2. Jodoformi saamine.

Ette valmistada: katseklaas, keeduklaas kuuma veega, etüülalkohol (viinpiiritus), joodi lahus kaaliumjodiidis, naatriumhüdrosüüdilahus (NaOH), lehter, filterpaber.

#### Töö teostamine.

1. Võtke katseklaasi paar milliliitrit etüülalkoholi ja lisage niisama suur kogus joodi lahust kaaliumjodiidis.

2. Soojendage saadud segu kuuma veega, asetades selleks katseklaasi kuuma veega täidetud nõusse.

3. Lisage kuumale lahusele tilkhaaval naatriumhüdrosüüdi lahust kuni joodi värvuse kadumiseni. Lahuse jahtumisel moodustub kollakas jodoformi sade.

4. Filtreerige saadud lahus ja nuusutage sademe lõhna.

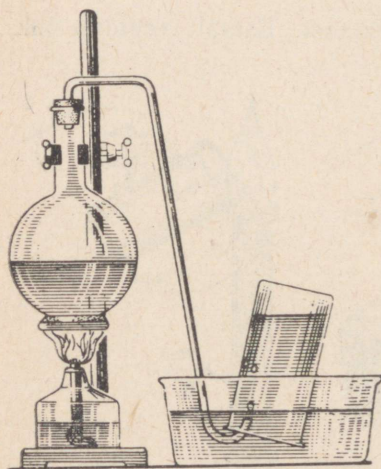
### Töö nr. 3. Etüleeni saamine.

Ette valmistada: etüülalkohol ( $C_2H_5OH$ ), kontsentreeritud väävelhape ( $H_2SO_4$ ), liiv, kolb, kauss, silinder, kork gaasijuhtetoriga, piirituslamp, klaasveega, statiiv näpitsaga.

#### Töö teostamine.

1. Puistake väikesesse kolbi veidi peenikest liiva (liiv toimib katalüsaatorina) ja valage sinna 20–30 ml eelnevalt valmistatud etüülalkoholi ning kontsentreeritud väävelhappe segu (1 ruumala etüülalkoholi ja 3 ruumala väävelhapet).

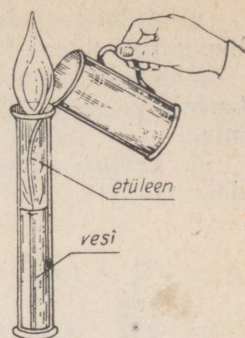
2. Koostage joonisel 75 näida-



Joonis 75. Etüleeni saamine.

tud seadis. Soojendage ettevaatlikult. Oodanud veidi aega, kuni õhk on seadisest välja tõrjutud, koguge eralduvat gaasi vee all silindrisse või väikesesse purki (nii nagu metaani puhul).

3. Süüdake gaas ja valage silindrisse vett, mis tõrjub gaasi silindrist välja (joonis 76). Võrrelge etüleeni leeki metaani leegiga.



Joonis 76. Etüleeni põlemine.

#### Töö nr. 4. Etüleeni oksüdeerimine.

Ette valmistada: etüleeni saamise seadis, kaaliumpermanganaat ( $\text{KMnO}_4$ ), sooda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), katseklaas.

#### Töö teostamine.

1. Juhtige etüleeni tugevasti lahjendatud kaaliumpermanganaadilahusesse, millele on lisandatud veidi soodat. Lahuse roosa värvus kaob ja ta muutub pruuniks eralduva mangaandioksüüdi ( $\text{MnO}_2$ ) tõttu. Seejuures etüleen oksüdeerub.

#### Töö nr. 5. Etüleeni reageerimine broomveega.

Ette valmistada: etüleeni saamise seadis, broomvesi, katseklaas.

#### Töö teostamine.

1. Juhtige etüleeni katseklaasi, milles on  $\frac{1}{4}$  katseklaasi mahust broomvett. Pange tähele broomvee valastumist, sest broomi ühinemisel etüleeniga tekib värvuseta ühend.

#### Töö nr. 6. Atsetüleeni saamine.

Ette valmistada: kaltsiumkarbiid ( $\text{CaC}_2$ ), vesi, vatt, läbitorgatud põhjaga katseklaas, kooniline kolb, korgid, klaastoru, jootetoru.

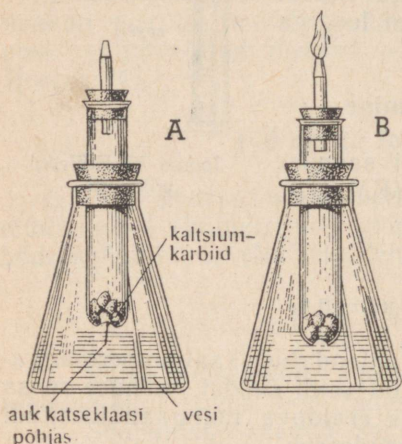
#### Töö teostamine.

1. Asetage läbitorgatud põhjaga katseklaasi mõned väikesed kaltsiumkarbiidi tükikesed ja paigutage katseklaasi keskkoha väike kohev vatitükk.

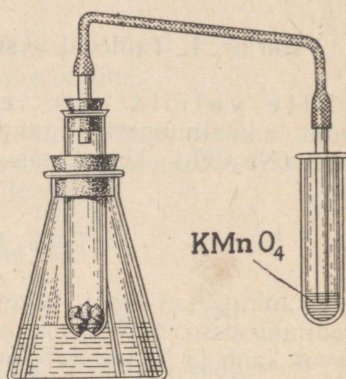
2. Sulgege katseklaasi suue korgiga, mida läbib sirge väljatõmmatud otsaga klaastoru.

3. Laske katseklaasi põhi koos katseklaasis oleva kaltsiumkarbiidiga vette (joonis 77). Otsekohe algab atsetüleeni eraldumine.

4. Oodake, kuni õhk on katseklaasist välja tõrjutud, ja süüdate eralduv gaas.



Joonis 77. Seadis atsetüleeni saamiseks. A — seadis valmis kujul (katseklaas on asetatud vee kohale); B — seadis tegevuses (katseklaas on lastud vajaliku sügavuseni).



Joonis 78. Atsetüleeni juhtimine kaaliumpermanganaadi lahusesse.

Atsetüleen põleb tahmava leegiga, kuid reaktsiooni lõpu poole, kui atsetüleeni eraldumine nõrgeneb, muutub leek heledamaks. Puhudes jootetoriga atsetüleeni tahmavasse leeki õhku, muutub leek pimestavalt valgeks. Reaktsiooni katkestamiseks tõstke katseklaas veest välja.

### Töö nr. 7. Atsetüleeni omadused.

Ette valmistada: atsetüleeni saamise seadis, kaaliumpermanganaat ( $\text{KMnO}_4$ ), broomvesi, katseklaasid.

#### Töö teostamine.

1. Juhtige atsetüleeni katseklaasi, milles on  $\frac{1}{4}$  mahust lahjendatud kaaliumpermanganaadilahust (joonis 78). Lahus valastub.

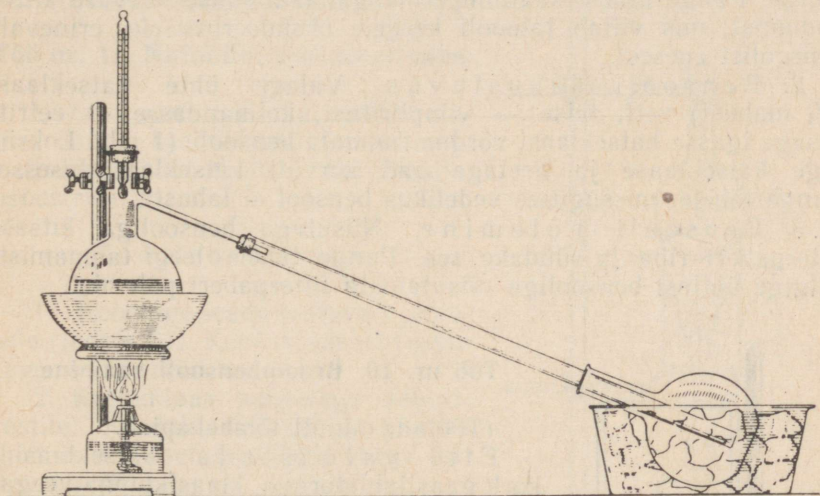
2. Täitke katseklaas temast vee väljatõrjumise meetodil atsetüleeniga. Lisage sinna veidi broomvett ja loksutage energiliselt, Broomvesi valastub.

## Töö nr. 8. Nafta destilleerimine.

Ette valmistada: nafta, destilleerimiskolb, klaastoru (jahuti), kolb, kauss, liivavann, statiiv näpitsaga, piirituslamp, pang liivaga, termomeeter ( $350^{\circ}$ ), filterpaber, korgid.

### Töö teostamine.

1. Ühendage väikese (50—75 ml) destilleerimiskolvi külgtoru korgi abil pika klaastoruga (jahutiga).
2. Seadke jahuti ots teise kolbi või katseklaasi, mis asub külma vee või jääga täidetud kausis.



Joonis 79. Nafta destilleerimine.

3. Asetage destilleerimiskolb kuiva liivaga täidetud raudkaussi ja kinnitage statiivile (joonis 79). Liivavanni puudumisel võib destilleerimiskolbi soojendada ka võrgul. Naftaga täidetud kolvi võimalikul lõhkemisel tekkiva leegi kustutamiseks hoida valmis pang liivaga.

4. Valage destilleerimiskolbi umbes pool tema mahust naftat, millele lisandage veidi liiva (et kindlustada vedeliku ühtlane keemine ja et tõukeid ära hoida).

5. Sulgege destilleerimiskolb korgiga, mida läbib termomeeter ( $300$ — $350^{\circ}$ ). Kuumutage naftat piirituslambiga ja koguge bensiini ning petrooleumi fraktsioonid.

6. Tilgutage bensiini ja petrooleumi filterpaberi tükikesele ja jälgige plekkide kadumist. Bensiin aurub petrooleumist kiiremini.

## Töö nr. 9. Bensooli ja ta homologide keemilised omadused.

Ette valmistada: bensool, toluool, broomvesi, kaaliumpermanganaadilahus, väävelhape, viinpiiritus, eeter, filterpaber, katseklaasid, katseklaasialus.

### Töö teostamine.

1. Bensooli ja selle homologide toime broomveesse. Valage kahte katseklaasi bensooli: kummassegi 0,5 ml. Lisage ühte katseklaasi broomvett, teise väävelhappega hapustatud kaaliumpermanganaadilahust. Loksutage vedelikku katseklaasides. Lahused ei valastu. Korrake sama katset toluooliga. Pange tähele kaaliumpermanganaadilahuse värvuse kiiret kadumist, mis viitab toluooli kergele oksüdeeruvusele, erinevalt bensoolist enesest.

2. Bensooli lahustuvus. Valage ühte katseklaasi ( $\frac{1}{4}$  mahust) vett, teise — viinpiiritust, kolmandasse — eetrit. Lisage igasse katseklaasi võrdne ruumala bensooli (1 ml). Loksutage katseklaase ja asetage nad kõrvuti katseklaasialusesse. Pange tähele, missuguses vedelikus bensool ei lahustu.

3. Bensooli põlemine. Niisutage bensooliga kitsast filterpaberi riba ja süüdake see. Pange tähele leegi tahmamist. Jälgige ühtlasi bensooliga niisutamata filterpaberi põlemist.

## Töö nr. 10. Broombensooli saamine.

(Töötada ainult tõmbekapis!)

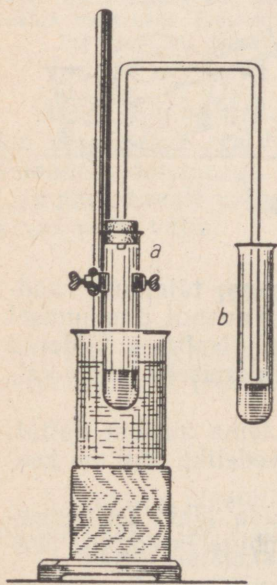
Ette valmistada: katseklaasid, kork gaasijuhtetoriga, klaas kuuma veega, statiiv, broom, bensool, raudtraadi tükikesed, lakmus, hõbenitraadilahus.

### Töö teostamine.

1. Koostage seadis, nagu on näidatud joonisel 80. Kinnitage katseklaas (a) statiivi näpitsasse.

2. Soojendage klaas veega.

3. Valage katseklaasi (a) 1 ml broomi (broomi tuleb tema mürgisuse tõttu käsitseda suure ettevaatusega ning temaga töötada tõmbekapis). Lisage katseklaasi 3 ml bensooli ja mõned raudtraadi tükikesed ning sulgege see kohe korgiga, mida läbib gaasijuhtetoru.



Joonis 80. Broombensooli saamine.

4. Valage katseklaasi (b) veidi vett ja asetage temasse toru teine ots selliselt, et see ei ulatuks vette, vaid oleks vedeliku pinna umbes poole cm kaugusel. Oodake veidi aega. Reaktsiooni mittetoimumisel soojendage seguga katseklaasi sooja veega täidetud klaasis. Reaktsiooni lõpuleviimiseks soojendage seguga katseklaasi keeva veega. Lõpetage katse, kui gaasijuhtetorust lakkab «valge suitsu» eraldumine.

5. Uurige katseklaasis (b) olevat vedelikku lakmusega ja hõbenitraadilahusega. Kollase sademe tekkimine viitab broomvesinikhape olemasolule vedelikus.

6. Valage katseklaasi (a) sisu klaasi, milles on külm vesi. Klaasi põhja koguneb raske vedelik, mis on broomist värvunud tumedaks; see on broombensool.

### Töö nr. 11. Naftaliini sublimeerimine.

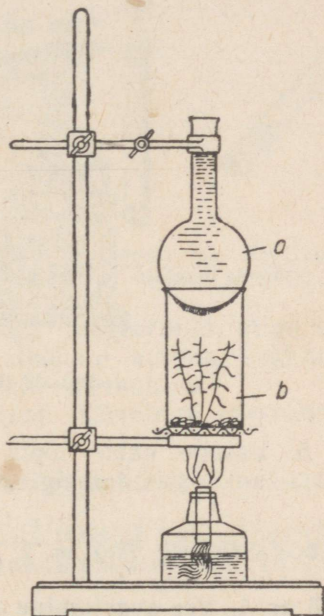
Ette valmistada: statiiv, statiivirõngas, keeduklaas, piirituslamp, naftaliin, ümarkolb, kolvihoidja, asbestrest.

#### Töö teostamine.

1. Koostage seade vastavalt joonisele (joonis 81). Keeduklaasi (b) raputage veidi naftaliini.

2. Keeduklaas paigutage asbestrestile. Keeduklaasi ülemisse ossa (joonis 81) asetage külma veega täidetud kolb (a).

3. Soojendage piirituslambiga keeduklaasi ja jälgige naftaliini sublimeerumist ning kondenseerumist külma veega täidetud kolvi välispinnal.



Joonis 81. Naftaliini sublimeerimine.

### Töö nr. 12. Kivisöe kuivdestillatsioon.

Ette valmistada: raskesti sulavast klaasist katseklaas, kork, klaastoru, statiiv näpitsaga, piirituslamp, kolb või purgike, kivisüsi, lakmus, kork gaasijuhtetoriga, klaas veega, portselan-kauss.

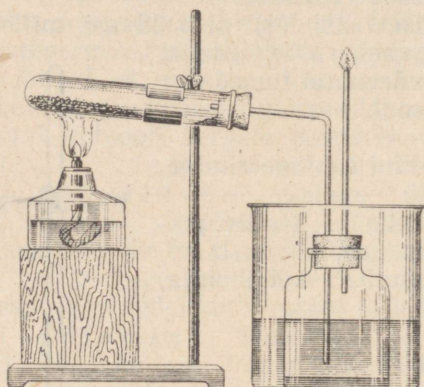
#### Töö teostamine.

1. Asetage raskesti sulavast klaasist katseklaasi peenestatud ja sõelutud kivisütt kuni  $\frac{1}{2}$  selle mahust.

2. Sulgege katseklaas korgiga, mida läbib gaasijuhttoru, mille üks otstest ulatugu 3—4 cm katseklaasi, teine aga kolbi (või purgikesse), mis on asetatud külma veega täidetud klaasi. Kolbi sulgevasse korki asetage teine sirge klaastoru.

3. Kinnitage katseklaas selliselt statiivi näpitsasse, et tema põhi oleks suudmest veidi kõrgemal (joonis 82).

4. Katseklaasi ettevaatlikku soojendamist alustage tema kinnisest otsast. Süüdake sirgest torust väljuv «suits». Kolbi ja katseklaasi korgi juurde kogunevad kipsisõe kuivdestillatsiooni saadused.



Joonis 82. Kipsisõe kuivdestillatsioon.

5. Valage katse lõpul kipsisõe kuivdestillatsiooni saadused portselankaussi ja uurige neid lakkusega.

## LABORATOORNE TÖÖ nr. 2. ALKOHOLIDE SAAMINE JA OMADUSED.

### Töö nr. 1. Vee avastamine alkoholis ja alkoholi vabastamine veest.

Ette valmistada: etüülalkohol ( $C_2H_5OH$ ), vasevitrioli ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) pulber, portselankauss, vasktraat, piirituslamp, katseklaas.

### Töö teostamine.

1. Soojendage portselankaussis 1,5—2 g vasevitrioli, segades teda vasktraadiga kuni sinise värvuse täieliku kadumiseni ja veeaurude eraldumise lakkamiseni.

2. Laske saadud valgel pulbril jahtuda, puistake ta seejärel kuiva katseklaasi ning lisage 2—3 ml puhast etüülalkoholi.

3. Loksutamisel ja nõrgal soojendamisel värvub valge pulber etüülalkoholis sisalduva vee toimel kiiresti siniseks; sel viisil saadakse veevaba etüülalkohol.

## Töö nr. 2. Naatriumetülaadi saamine.

Ette valmistada: veevaba etüülalkohol, metalliline naatrium, katseklaasid, kork gaasijuhtetoriga, filterpaber, uuri- klaas, piirituslamp, lakmuselahus.

### Töö teostamine.

1. Valage eelmise töö puhul saadud veevaba etüülalkohol ettevaatlikult sademelt kuiva katseklaasi.

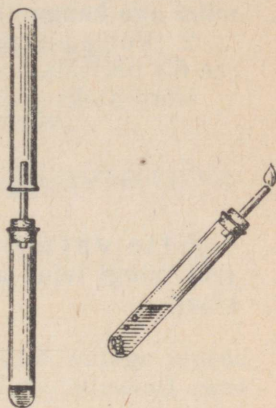
2. Visake sinna väike hernesuurune tü- kike metallist naatriumi. Naatriumi värs- kelt lõigatud tükike tuleb pärast väljavõtmist petrooleumist, milles teda alal hoitakse, filterpaberi tükikesega hästi kuivatada.

3. Sulgege katseklaas korgiga, mida läbib gaasijuhtetoru.

4. Uurige eralduva vesiniku puhtust (kogudes viimast katseklaasi). Süüdake gaa- sijuhtetorust väljuv vesinik (joonis 83).

5. Kui kogu naatrium on alkoholiga reageerinud, viige tilk saadud lahust uuriklaasile ja laske alkoholil auruda. Tekkinud jääk on naatriumetülaat, mis õhu käes kiiresti muutub.

6. Lisage tilk punast lakmuselahust. Kirjutage reaktsiooni võrrand.



Joonis 83. Naatrium- etülaadi saamine.

## Töö nr. 3. Vaskglütseraadi saamine.

Ette valmistada: glütseriin [ $C_3H_5(OH)_3$ ], vasevitriol (5% vesilahus), naatriumhüdroksüüd või kaaliumhüdroksüüd (3–5% vesilahus), katseklaas.

### Töö teostamine.

1. Lisage katseklaasis olevale naatrium- või kaaliumhüdrok- süüdi vesilahuse väikesele kogusele 3–4 tilka vasevitriolilahust.

2. Valage saadud vask(II)hüdroksüüdile juurde eelnevalt valmistatud glütseriini vesilahust (1 ml vett ja 2–3 tilka glütse- riini) ning loksutage kuni sademe lahustumiseni.

3. Pange tähele tekkinud vaskglütseraadilahuse iseloomulikku värvust. Kirjutage reaktsiooni võrrand.

## Töö nr. 4. Alkoholi kontsentreerimine.

Ette valmistada: lahja viinpiirituse lahus (võrdsest kogusest piiritusest ja veest valmistatud lahus), kaaliumkarbo- naat ( $K_2CO_3$ ), pipett, kolb, portselankauss.

## Töö teostamine.

1. Lisage alkoholi lahusele niipalju kuiva kaaliumkarbonaadi pulbrit, kuni kaaliumkarbonaat enam ei lahustu ja vedelik kihistub. Alumine vedeliku kiht on kaaliumkarbonaadi vesilahus, ülemine aga kange viinpiiritus.

2. Võtke pipetiga veidi ülemisest viinpiirituse lahusest, kandke see üle portselankaussi ja süüdake tikuga põlema.

Võrdluseks püüdke süüdata ka lahja viinpiirituse lahust.

## Töö nr. 5. Piirituslaki valmistamine.

Ette valmistada: katseklaas, piiritus, šellakk või kampol (või mingi teine alkoholis lahustuv vaik), vatt, lauatic, keeduklaas.

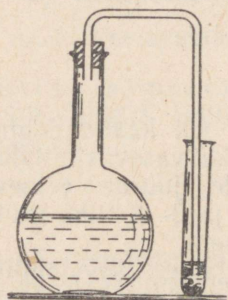
## Töö teostamine.

1. Võtke katseklaasi 5—10 ml piiritust ja lahustage selles 2—3 g šellakit või kampolit. Lahustamise kiirendamiseks võib katseklaasi asetada kuuma veega keeduklaasi.

2. Vatitüki abil kandke veidi lakki siledale lauaticile. Jälgige laki kuivamist.

## Töö nr. 6. Alkoholi saamine käärimisel.

Ette valmistada:  $\frac{1}{2}$ -liitrine kolb, katseklaas, lubjavesi [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ], suhkur, pärm, keeduklaas, kork gaasijuhtetõruga.



Joonis 84. Alkoholi saamine käärimisel.

## Töö teostamine.

1. Valage kolbi 100 g vett ja lahustage selles 20 g suhkrut.

2. Segage keeduklaasis väheses hulgas vees 3—4 g pärmi.

3. Kallake keeduklaasis olev pärmi-lahus suhkrulahusega kokku ja segage.

4. Sulgege kolb korgiga, millest käib läbi gaasi ärajuhtetõr. Klaastõrue teine ots asetage lubjaveega täidetud katseklaasi (joonis 84).

5. Soojendage kolbi veevannis 30—35° C. Algab käärimisprõtsess. Eralduv

süsihappegaas muudab lubjavee häguseks. Laske reaktsioonil kulgeda mõned päevad.

6. Kui süsihappegaasi eraldumine lakkab, ühendage kolb jahutajaga ja destilleerige alkohol. Destilleerimist võib teostada analoogiliselt nafta destilleerimisele (joonis 79), kogudes fraktsiooni, mis keeb 75—90° C piirides.

## LABORATOORNE TÖÖ nr. 3. FENOOLI OMADUSED.

### Töö nr. 1. Naatriumfenolaadi saamine.

Ette valmistada: fenool ( $C_6H_5OH$ ), naatriumhüdrosüüdilahus, soolhape, katseklaasid.

#### Töö teostamine.

1. Asetage katseklaasi mõned fenooli kristallid, valage juurde veidi vett ja loksutage. Saadakse sogane vedelik (emulsioon), sest fenool vees täielikult ei lahustu.
2. Lisage fenooli vesilahusele tilkhaaval naatriumhüdrosüüdi lahust, kuni saadakse selge naatriumfenolaadilahus.
3. Lisage saadud naatriumfenolaadilahusele veidi soolhapet. Vedelik sogastub uuesti reaktsioonil eralduva fenooli tõttu. Kirjutage reaktsioonide võrrandid.

### Töö nr. 2. Fenooli reaktsioon broomiga.

Ette valmistada: fenooli vesilahus, broomvesi, katseklaas.

#### Töö teostamine.

1. Valage puhtasse katseklaasi fenooli vesilahust.
2. Lisage seejärel broomvett. Tekib valge sade.

### Töö nr. 3. Fenooli reaktsioon raud(III)kloriidiga.

Ette valmistada: 1%-line fenoolilahus, raud(III)kloriidilahus, katseklaas.

#### Töö teostamine.

1. Valage katseklaasi veidi 1%-list fenoolilahust.

2. Lisage lahusele mõned tilgad raud(III)kloriidilahust. Pange tähele iseloomustava lilla värvuse ilmumist keeruka koostise rauasoola tekkimisel.

#### Töö nr. 4. Plastmassi valmistamine.

Ette valmistada: fenool ( $C_6H_5OH$ ), 40%-line formaliini-lahus, kontsentreeritud ammoniumhüdroksüüdilahus ( $NH_4OH$ ), katseklaas, piirituslamp, kuivatuskapp (termostaat).

#### Töö teostamine.

1. Suuremasse katseklaasi võtke 4—5 g fenooli, lisage 10 ml 40%-list formaliinilahust ja 1—2 ml kontsentreeritud ammoniumhüdroksüüdilahust.

2. Saadud segu soojendage mõne minuti vältel piirituslambi leegis. Kui lahus hakkab keema (tormiline reaktsioon) ja muutub häguseks, siis lõpetage soojendamine.

3. Jahtumisel lahus kihistub. Valage ülemine veekiht ära. Alumine vaigukiht aga valage kas mingisse vormi või viige koos katseklaasiga kuivatuskappi.

4. 1—1,5 tunni möödudes on vaik muutunud ilusaks kollaka värvusega plastmassiks.

### LABORATOORNE TÖÖ nr. 4. ALDEHÜÜDIDE SAAMINE JA OMADUSED.

#### Töö nr. 1. Formaldehüüdi saamine.

Ette valmistada: metüülalkohol ( $CH_3OH$ ), vaskvõrk, katseklaas, piirituslamp.

#### Töö teostamine.

1. Valage katseklaasi 0,5—1 ml metüülalkoholi.

2. Keerake vaskvõrk silindriks, ajage see piirituslambil tulesse ning pistke ta ruttu katseklaasi. Nuusutamisel tunnete formaliini teravat lõhna, mis tekib metüülalkoholi oksüdeerumisel. Kirjutage reaktsiooni võrrand.

#### Töö nr. 2. Atsetaldehüüdi saamine.

Ette valmistada: etüülalkohol ( $C_2H_5OH$ ), kaaliumpermanganaadi ( $KMnO_4$ ) lahus, katseklaas, piirituslamp.

## Töö teostamine.

1. Valage katseklaasi 2—3 ml etüülalkoholi ja lisage veidi lahjendatud kaaliumpermanganaadilahust.

2. Soojendage kergelt ja pange tähele lahuse valastumist. Reaktsioonil tekib atseetaldehüüd, mis osaliselt jääb lahusesse, osaliselt aga lendub. Tutvuge tema lõhnaga. Kirjutage reaktsiooni võrrand.

### Töö nr. 3. Aldehüüdide oksüdeerimine. «Hõbepeegli reaktsioon».

Ette valmistada: formaliin, hõbenitraadilahus, ammoniaagilahus, naatriumhüdroksüüdilahus, katseklaasid, piirituslamp, vesivann.

## Töö teostamine.

1. Katseklaasi puhastamiseks keetke eelnevalt selles lahjendatud naatriumhüdroksüüdilahust. Seejärel valage leelis välja ja peske katseklaasi hoolsalt veega.

2. Valage selliselt puhastatud katseklaasi veidi 5%-list hõbenitraadilahust ja veidi naatriumhüdroksüüdilahust kuni hõbehüdroksüüdi ( $\text{AgOH}$ ) sademe tekkimiseni ning lisage seejärel ammoniaagilahust kuni tekkinud sademe lahustumiseni.

3. Lisandage lahusele 1—2 ml formaliini, loksutage ja soojendage kergelt vesivannil. Katseklaasi seintel tekib hõbepeegel. Kirjutage reaktsioonide võrrandid.

## LABORATOORNE TÖÖ nr. 5. KARBOONHAPETE SAAMINE JA OMADUSED.

### Töö nr. 1. Äädikhappe saamine.

Ette valmistada: naatriumatsetaat ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ), kontsentreeritud väävelhape, katseklaas, piirituslamp.

## Töö teostamine.

1. Asetage katseklaasi veidi naatriumatsetaati ja lisage sellele 2—3 tilka kontsentreeritud väävelhapet.

2. Soojendage nõrgalt.

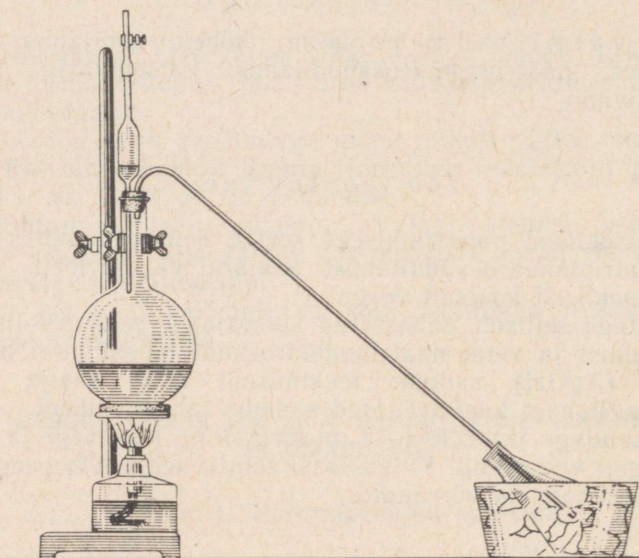
3. Nuusutage ettevaatlikult eralduvat gaasi. Tema lõhn tõestab vaba äädikhappe tekkimist. Kirjutage reaktsiooni võrrand.

## Töö nr. 2. Äädikhappe saamine.

Ette valmistada: etüülalkoholi vesilahus (1:4), kaaliumdikromaat ( $K_2Cr_2O_7$ ), kontsentreeritud vävelhape, seadis äädikhappe saamiseks, lakmus.

### Töö teostamine.

1. Koostage joonisel 85 kujutatud seadis.
2. Puistake 100—120 ml mahuga kolbi 10 g hästi peenestatud kaaliumdikromaati ja valage juurde 20 ml kontsentreeritud vävelhapet.

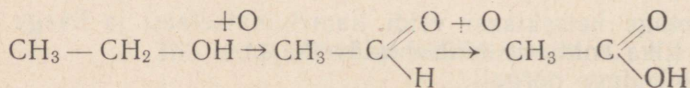


Joonis 85. Seadis äädikhappe saamiseks.

3. Imege pipetti 20 ml veega lahjendatud etüülalkoholi. Sulgege kolb korgiga ja, avanud veidi pipeti näpitsat, laske etüülalkohol tilkhaaval kolbi.

4. Kui kogu etüülalkohol on juurde valatud, soojendage kolbi ja koguge äädikhappe kogujasse, mida jahutatakse lume või veega.

Etüülalkohol muutub oksüdeerimisel kroomseguga äädikhappeks järgmise skeemi kohaselt:



Uurige destillaati lakmusega, et veenuda happe tekkimises.

### Töö nr. 3. Atsetaadi avastamine.

Ette valmistada: naatriumatsetaadi ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) lahus, raud(III)kloriidi ( $\text{FeCl}_3$ ) lahus, katseklaas.

#### Töö teostamine.

1. Valage katseklaasi veidi naatriumatsetaadi lahjendatud lahust.

2. Lisage sinna 1—2 tilka raud(III)kloriidilahust. Tekkiv punane värvus viitab raudatsetaadi tekkimisele. Kirjutage reaktsiooni võrrand.

### Töö nr. 4. Steariini omadused.

Ette valmistada: steariin, etüülalkohol, bensiin, eeter, naatriumhüdrosüüdilahus, fenoolftaleiinilahus, katseklaasid.

#### Töö teostamine.

1. Asetage nelja katseklaasi väike tükike steariini. Valage esimesse katseklaasi mõni milliliiter vett, teise niisama palju eetrit, kolmandasse etüülalkoholi, neljandasse bensiini. Loksutage katseklaase. Kandke igast katseklaasist tilk vedelikku puhtale paberile. Missugustel juhtudel jääb paberile pärast vedeliku aurumist plekk? Missugustes vedelikes lahustub steariin?

2. Valage katseklaasi kuni  $\frac{1}{2}$  sellest vett ja lisage mõned tilgad naatriumhüdrosüüdilahust. Lahustage teises katseklaasis veidi steariini eetris ja lisage sinna mõni tilk fenoolftaleiinilahust.

3. Lisage steariinilahusele, seda loksutades, tilkhaaval naatriumhüdrosüüdilahust. Kas steariinilahus värvub kohe punaseks? Missugusesse ainete klassi kuuluvad steariiniks nimetatud ained? Põhjendage oma vastust.

### Töö nr. 5. Rasvhapete saamine.

Ette valmistada: 0,5%-line seebi vesilahus, soolhape, katseklaas.

#### Töö teostamine.

1. Valage katseklaasi 1—2 ml seebi vesilahust.

2. Lisage lahusele 2—3 tilka soolhapet ja loksutage vedelikku. Pinnale kerkivad tahked rasvhapped. Kirjutage reaktsiooni võrrand.

## Töö nr. 6. Lahustumatu seebi saamine.

Ette valmistada: seebi vesilahus, kaltsiumkloriidi ( $\text{CaCl}_2$ ) lahus, katseklaas.

### Töö teostamine.

1. Valage katseklaasi veidi seebi vesilahust.
2. Lisage 2—3 tilka kaltsiumkloriidilahust. Sadestuvad lahustumatud rasvhapete kaltsiumisoolad. Kirjutage reaktsiooni võrand.

## LABORATOORNE TÖÖ nr. 6. ESTRID.

### Töö nr. 1. Etüülatsetaadi saamine.

Ette valmistada: etüülalkohol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), 80%-line äädikhape ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), kontsentreeritud väävelhape ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), küllastatud keedusoolalahus, katseklaas, keeduklaasid, piirituslamp, statiiv.

### Töö teostamine.

1. Valage katseklaasi 2—3 ml etüülalkoholi, niisama palju 80%-list äädikhapet ja 4 ml kontsentreeritud väävelhapet.
2. Soojendage segu 3—5 minutit keevas vees.
3. Valage segu küllastatud keedusoola lahusega keeduklaasi ning laske seista (tekkinud ester lahustub keedusoola lahuses vähem kui vees). Etüülatsetaat koguneb lahuse pinnale. Pange tähele saadud estri lõhna. Kirjutage reaktsiooni võrand.

### Töö nr. 2. Isoamüülatsetaadi saamine.

Ette valmistada: isoamüülalkohol ( $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$ ), 80%-line äädikhape, kontsentreeritud väävelhape, katseklaas, keeduklaasid, statiiv, piirituslamp.

### Töö teostamine.

1. Valage katseklaasi 2 ml isoamüülalkoholi, niisama palju 80%-list äädikhapet ja 1 ml kontsentreeritud väävelhapet.
2. Soojendage segu 2—3 minutit keevas vees.
3. Valage vedelik klaasi külma veega. Tekkinud ester koguneb vee pinnale. Nuusutage estri lõhna, mis sarnaneb pini lõhnaga.

### Töö nr. 3. Rasvade omadused.

Ette valmistada: oliiviõli, õlihape, etüülalkohol, eeter, bensiin, atsetoon, tetrakloorsüsinik, broomvesi, kaaliumperman-ganaadilahus, naatriumkarbonaadilahus, katseklaasid.

## Töö teostamine.

1. Uurige tööde juhendaja poolt antud rasvade lahustuvust mitmesugustes lahustites (vees, etüülalkoholis, eetris, bensiinis, atsetoonis, tetrakloorsüsinikus).

2. Valage katseklaasi 1—2 ml broomvett, lisage mõni tilk oliiviõli või õlihapet ja loksutage. Broomvesi valastub, mis viitab sellele, et võetud aines on küllastumata ühendid.

3. Valage katseklaasi veidi oliiviõli ja lisage mõni tilk kaaliumpermanganaadilahust ning mõni tilk soodalahust. Loksutage. Pange tähele kaaliumpermanganaadilahuse valastumist, sest õli koostisse kuuluvad ühendid oksüdeeruvad.

### Töö nr. 4. Seebi keetmine.

Ette valmistada: rasv, naatriumhüdroksüüd, keedusool, etüülalkohol, ümmarguse põhjaga kolb, piirituslamp, võrk, kork, pikk sirge klaastoru, klaas, riidetükk, destilleeritud vesi.

## Töö teostamine.

Rasva seebistumise kiirendamiseks sooritage katse etüülalkoholi lahuses.

1. Lahustage 5 g naatriumhüdroksüüdi 12 ml vees ja lisage 25 ml etüülalkoholi.

2. Kaaluge ära 12 g rasva. Asetage rasv katseklaasi, sulatage piirituslambil ja valage ümmargusse kolbi.

3. Lisage kolbi naatriumhüdroksüüdi alkoholne lahus.

4. Sulgege kolb korgiga, mida läbib püstasendis pikk klaastoru, ja soojendage piirituslambil; kolvi alla tuleb asetada võrk.

5. Loksutage aeg-ajalt kolvis olevat vedelikku.

6. Kui kolvist võetud vedeliku proov täielikult lahustub kuumas destilleeritud vees, siis on rasva seebistumine lõppenud.

7. Valage kolvi sisu klaasi küllastatud keedusoolalahusega. Naatriumseep tõuseb soolalahuse pinnale.

8. Asetage tekkinud seep riidetükki ja pressige ta üheks tükiks.

## LABORATOORNE TÖÖ nr. 7. SÜSIVESIKUD.

### Töö nr. 1. Glükoosi omadused.

Ette valmistada: katseklaasid, kaltsiumhüdroksüüd [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ], kontsentreeritud glükoosilahus (1:2), seadis  $\text{CO}_2$  saamiseks, marmor, soolhape, klaastoru, vasevitriolilahus, naatriumhüdroksüüdilahus, piirituslamp, 5%-line hõbenitraadilahus, lahjendatud ammooniumhüdroksüüdilahus, 10%-line glükoosilahus, destilleeritud vesi.

## Töö teostamine.

1. *Alkoholi avastamine glükoosi molekulis.* Alkoholirühma olemasolu kindlakstegemiseks glükoosi molekulis kasutatakse glükoosi reageerimist leelise ja vastava sahharadi tekkimist. Valage selleks katseklaasi 1—2 ml destilleeritud vett ja puistake sinna veidi kaltsiumhüdrosüüdi ning loksutage; lisandage tilkhaaval kontsentreeritud glükoosilahust (1:2), katseklaasi kogu aeg loksutades, kuni läbipaistva sahharadilahuse saamiseni. Andke seletus tehtud katse kohta.

2. *Sahharaadi lagunemine ja glükoosi taassamine.* Juhtige selleks läbi saadud sahharadilahuse süsihappegaasi, mida saadakse soolhappe toimel marmorisse. Pärast kestvat süsihappegaasi läbijuhtimist tekib katseklaasis mahukas kaltsiumkarbonaadi sade ning uuesti vaba glükoos. Andke seletus tehtud katse kohta.

3. *Aldehüüdrühma avastamine glükoosi molekulis.*

1. Valage katseklaasi naatriumhüdrosüüdilahust ja lisage 3—4 tilka vasevitriolilahust. Lisandage tekkinud vask(II)hüdrosüüdi  $[Cu(OH)_2]$  sademele veidi glükoosilahust ja keetke. Mõne aja pärast eraldub kollane vask(II)oksüüdi (CuO) sade, mis muutub punaseks vask(I)oksüüdiks (Cu<sub>2</sub>O). Andke seletus tehtud katse kohta.

2. Valage täiesti puhtasse katseklaasi 2—3 ml 5%-list hõbenitraadi (AgNO<sub>3</sub>) lahust ning lisage tilkhaaval juurde lahjendatud ammoniumhüdrosüüdilahust kuni algul tekkinud sademe täieliku lahustumiseni. Lisage seejärel mõni tilk naatriumhüdrosüüdilahust ning valage juurde 1—2 ml 10%-list glükoosilahust ja soojendage. Pange tähele, kuidas mõne aja pärast hõbe katab katseklaasi seinu läikiva peeglina.

Seletage sooritatud katset.

## Töö nr. 2. Peedisuhkru hüdroliüs.

Ette valmistada: 1%-line suhkrulahus, katseklaasid, naatriumhüdrosüüdilahus, vasevitriolilahus, lahjendatud väävelhape (1:5), piirituslamp.

## Töö teostamine.

1. Valage katseklaasi veidi naatriumhüdrosüüdilahust ning lisage 3—4 tilka vasevitriolilahust. Valage saadud vask(II)hüdrosüüdi Cu(OH)<sub>2</sub> sademele 2—3 ml 1%-list tavalist suhkrulahust ja keetke. Pöörake tähelepanu sellele, et vask(II)hüdrosüüd ei redutseeru vask(I)oksüüdiks. Andke seletus tehtud katse kohta.

2. Valage katseklaasi uus kogus suhkrulahust, lisage mõni tilk lahjendatud väävelhapet (1:5) ja keetke 3—5 minutit. Neutraliseerige saadud lahus naatriumhüdrosüüdilahusega ning

lisage 3—4 tilka vasevitriolilahust. Pöörake tähelepanu sellele, et hüdrolüüsil tekkinud monosahharoos redutseerib vask(II) hüdrosüüdi  $[Cu(OH)_2]$  vask(I) oksüüdiks ( $Cu_2O$ ). Andke seletus tehtud katse kohta.

### Töö nr. 3. Suhkru omadused.

Ette valmistada: peensuhkur, katseklaasid, uhmer, piirituslamp, puhas paber, pIRRud.

#### Töö teostamine.

1. Puistake katseklaasi (kuni  $\frac{1}{4}$  kõrguseni) uhmrIs peeneks-hõõrutud suhkrut ja soojendage teda kuni sulamiseni ( $160^\circ C$ ). Valage osa sulanud suhkrut puhtale paberile. Pange tähele «klaaskompveki» tekkimist selle jahtumisel.

2. Jätkake sulanud suhkru ülejäänud osa soojendamist kuni sulatise kollaseks värvumiseni  $200^\circ C$  (ja kõrgemal) temperatuuril. Valage osa sulatiseSt paberile ja pange tähele karamelli tekkimist selle jahtumisel.

3. Soojendage järelejäänud suhkrusulatist veel kõrgema temperatuurini, pange tähele sulatise värvuse tumenemist ning söestumist ühes valge suitsu eraldumisega. Süüdake eralduvaid gaasilisi aineid pIRRuga. Andke seletus toimunud protsessi kohta.

### Töö nr. 4. Tärklise avastamine joodi abil.

Ette valmistada: katseklaasid, piirituslamp, destilleeritud vesi, tärklis, suhkrulahus, glükoosilahus, jooditinktuur.

#### Töö teostamine.

1. Valmistage tärkliselahus või -kliister. Viimase valmistamiseks segage 1 g hästi peenestatud tärklisist mõne milliliitri külma veega, lisage 100 ml kuuma vett, keetke ligikaudu 1 minut ja laske jahtuda.

2. Lisage jahtunud tärklisekliistrile ( $\frac{1}{4}$  katseklaasi mahust) tilk veega tugevasti lahjendatud jooditinktuuri (joodilahus etüülalkoholis). Pange tähele tärkliselahuse siniseks värvumist.

3. Proovige, kas glükoosi- ja sahharoosilahus annab joodiga samasuguse reaktsiooni. Kirjeldage täheldatud nähtust.

### Töö nr. 5. Tärklise hüdrolüüs.

Ette valmistada: katseklaasid, piirituslamp, tärkliselahus, vasevitriolilahus, naatriumhüdrosüüd, portselankauss, 10%-line väävelhappelahus, klaastoru, jooditinktuur.

## Töö teostamine.

1. Valage katseklaasi 3 ml tärklielahust, lisandage veidi vask(II)hüdrosüüdi ja soojendage nõrgalt. Jälgides vask(II)-hüdrosüüdi, võime tähele panna, et see ei redutseeru.

2. Valage portselankaussi 50 ml tärklielahust ja 5 ml 10%-list väävelhappelahust ning keetke. Kandke aeg-ajalt kausist klaaspulga abil 2—3 tilka lahust külma veega täidetud katseklaasi, millesse on lisatud veel 1—2 tilka jooditinktuuri. Kui joodilahus enam siniseks ei värvu, neutraliseerige kausis olev segu leeliselega, lisandage veidi eelnevalt valmistatud vask(II)hüdrosüüdi ning soojendage. Jälgige reaktsiooni käiku ja andke seletus katse tulemuse kohta.

### Töö nr. 6. Pärgamendi valmistamine.

Ette valmistada: portselankauss, filterpaber, keeduklaas, piirituslamp, väävelhape (8 ml  $H_2SO_4$  ja 4 ml  $H_2O$ ), ammoniumhüdrosüüdilahus.

## Töö teostamine.

1. Valage portselankaussi väävelhapet. Asetage sellesse 10—15 sekundiks filterpaberileht (või -riba), viige ta seejärel kiiresti veega täidetud klaasi ja peske.

2. Siis peske paberit lahjendatud ammoniumhüdrosüüdilahusega ning kuivatage seda, hoides paberit kõrgel piirituslambi leegi kohal. Uurige saadud kuiva paberi tugevust ja võrrelge seda tavalise filterpaberi tugevusega. Seletage sooritatud katset.

### Töö nr. 7. Nitrotselluloosi saamine ja omadused.

Ette valmistada: keeduklaas, klaaspurk, klaastoru, hügrokoopiline ja tavaline vatt, filterpaber, tiigitangid, piirituslamp, kontsentreeritud väävelhape, kontsentreeritud lämmastikhape, etüülalkohol, dietüüleeter, tuletikud, hernes.

## Töö teostamine.

### 1. Nitrotselluloosi saamine.

Valage keeduklaasi 10 ml kontsentreeritud väävelhapet ning lisage pikkamööda 5 ml kontsentreeritud lämmastikhapet, segades kogu aeg klaaspulgaga. Asetage jahtunud segusse (15—20 minutiks) vatitükk. Võtke seejärel klaaspulga abil vatitükk hapete segust välja, asetage ta külma veega täidetud klaasi ning peske lõpuks kraanivee joas. Pigistage nitreeritud vatt (nitrotselluloos)

kuivaks ning kuivatage edasi filterpaberilehtede vahel, viimaseid pidevalt vahetades ja vatti kobestades. (Õppetunni jooksul pole võimalik ajapuudusel vatti täielikult kuivatada, kuid edasised katsed õnnestuvad ka niiskevõitu nitrotselluloosiga.)

## 2. Nitrotselluloosi omadused.

1. Võtke väike tükk saadud nitrotselluloosi ja viige see tiigitangide abil piirituslambi leeki. Samaaegselt viige leeki ka tükk tavalist vatti. Pöörake tähelepanu nitrotselluloosi ja vati põlemisele ning tehke kindlaks, kumb põleb kiiremini. Andke seletus nähtuse kohta.

2. Võtke kaks tuletikku ja mähkige ühe tikupea ümber tavalist vatti ning teise pea ümber nitrotselluloosi. Asetage mõlemad tikud piirituslambi leeki ja pange tähele, kuidas üks tikkudest süttib pärast vati ärapõlemist, teine aga ei suuda nitrotselluloosi kiire põlemise tõttu süttida. Andke seletus nähtuse kohta.

3. Nitrotselluloosi plahvatus. Asetage klaastorusse väike tükk nitrotselluloosi ja sellega kõrvuti hernes. Sulgege toru teine ots sõrmega ja soojendage piirituslambi leegis torul seda kohta, kus on nitrotselluloos. Mõne aja pärast plahvatab nitrotselluloos ja hernes lendab torust välja. Andke seletus tehtud katse kohta.

4. Kolloodiumi valmistamine. Valmistage etüülalkoholi ja dietüüleetri segu [1 ruumala  $C_2H_5OH$  ja 3—4 ruumala  $(C_2H_5)_2O$ ]. Jälgige seejuures, et katse ajal poleks lahtist tuld. Hoiduge dietüüleetri süttimisest ja plahvatusest!

Asetage valmistatud etüülalkoholi ja dietüüleetri segusse veidi nitrotselluloosi ning jälgige selle lahustumist võetud segus. Valage saadud lahus klaasplaadile ja pange tähele läbipaistva kile tekkimist klaasil pärast etüülalkoholi ja dietüüleetri aurustumist. Kirjeldage tehtud katset.

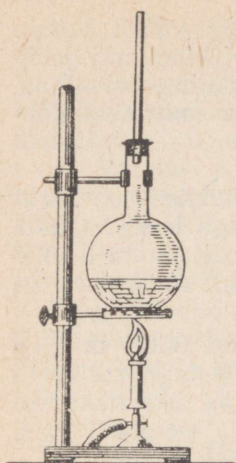
## Töö nr. 8. Suhkru saamine puidust.

Ette valmistada: saepuru, pooleliitrine kolb, katseklaas, klaaspulk, kork klaastoruga, statiiv, asbestvõrk, kolvihoidja, lehter, filterpaber, kooniline kolb (pool liitrit), portselankauss, piirituslamp, kontsentreeritud väävelhape ( $H_2SO_4$ ), kriidipulber ( $CaCO_3$ ), sinine lakmuspaber.

### Töö teostamine.

1. Kaaluge 1—1,5 g saepuru ja pange saadud kogus pooleliitrisse kolbi.

2. Võtke katseklaasi 6 ml vett ja lisage sellele 8 ml kontsentreeritud väävelhapet.



Joonis 86. Suhkru saamine puidust.

3. Saadud väävelhappelahus kallake kolvis olevale saepurule. Segage kogu aeg ja soojendage nõrgalt piirituslambil (10 minuti vältel).

4. Lisage kolvi sisule 150—200 ml vett.

5. Sulgege kolb korgiga, millest käib läbi vertikaalatoru (joonis 86) ja keetke segu asbestrestil 10—15 minutit.

6. Filtreerige saadud lahus ja lisage filtraadile kriidipulbrit niikaua, kuni süsihappegaasi eraldumine lakkab. Kontrollige sinise lakmuspaberiga, et lahus ei oleks happeline (s. t. et väävelhape oleks neutraliseeritud).

7. Eraldage lahusest filtreerimisega kaltsiumsulfaat.

8. Saadud filtraat aurutage portselan-kauis vesivannil siirupitaolise vedelikuni. Maitske saadud siirupit.

## LABORATOORNE TÖÖ nr. 8. NITROBENSÖÖL. ANILIIN.

### Töö nr. 1. Nitrobensooli saamine.

Ette valmistada: kolb, kauss külma veega, piirituslamp, keeduklaas külma veega, kontsentreeritud lämmastikhape (erikaal 1,4), kontsentreeritud väävelhape, bensool.

#### Töö teostamine.

1. Valage kolbi ligikaudu 2 ml kontsentreeritud lämmastikhapet ja lisage ettevaatlikult 4 ml kontsentreeritud väävelhapet.

2. Jahutage hapete segu.

3. Lisage kolvis olevale jahtunud segule, seda kogu aeg lokutades ja veega täidetud kausis jahutades, tilkhaaval ligikaudu 2 ml bensooli.

4. Kui kogu bensool on juurde valatud, siis soojendage kolbi nõrgalt ja valage selle sisu külma veega täidetud keeduklaasi. Tekkinud nitrobensool koguneb raske õlitaolise ainena klaasi põhja.

5. Valage nitrobensoolil olev vedelik pealt ära ja lisage uus puhas vesi. Korrake seda mitu korda. Vaadeldage saadud nitrobensooli ja nuusutage tema lõhna. Kirjutage reaktsiooni võrrand.

### Töö nr. 2. Aniliinhüdrokloriidi saamine ja aniliini eraldamine.

Ette valmistada: aniliin, kontsentreeritud soolhape, naatriumhüdrosüüdilahus, keeduklaasid, lehter, filterpaber.

## Töö teostamine.

1. Valage keeduklaasi 2,5 ml kontsentreeritud soolhapet ja 2 ml aniliini. Vedeliku jahtumisel eralduvad aniliinhüdrokloriidi kristallid. Kirjutage reaktsiooni võrrand.

2. Eraldage filtreerimisega aniliinhüdrokloriidi kristallid vedelikust ja lahustage nad väikeses veekoguses.

3. Lisandage lahusele kontsentreeritud naatriumhüdroksüüdi lahust. Eraldub vaba aniliin. Kirjutage reaktsiooni võrrand.

### Töö nr. 3. Aniliini reageerimine kloorlubjaga.

Ette valmistada: aniliin, filtreeritud kloorlubjalahus, keeduklaas.

## Töö teostamine.

1. Valage keeduklaasi 20—30 ml vett ja lisage 1—2 tilka aniliini. Lisage lahusele filtreeritud kloorlubjalahust. Lahus värvub lillaks.

### Töö nr. 4. Aniliinmusta saamine.

Ette valmistada: aniliin, lahjendatud väävelhape, kaaliumdikromaadilahus, katseklaas.

## Töö teostamine.

1. Valage katseklaasi kuni  $\frac{1}{4}$  selle mahust lahjendatud väävelhapet ja lahustage selles 1—2 tilka aniliini.

2. Lisandage saadud vedelikule kaaliumdikromaadilahust ja pange tähele roheline (või sinise või musta) värvusega sademe eraldumist.

### Töö nr. 5. Värvimine aniliinmustaga.

Ette valmistada: linane või puuvillane riidetükk, 1%-line naatriumhüdroksüüdilahus, kaaliumdikromaadilahus (1:100), väävelhape, soolhape, aniliin, keedukolb, klaaspulk.

## Töö teostamine.

1. Keetke kolvis tükk linast või puuvillast riidet 1%-lise naatriumhüdroksüüdilahusega ja peske veega hästi läbi.

2. Lahustage kolvis 2 g kaaliumdikromaati 200 ml vees, lisage 1 ml soolhapet, 1 ml väävelhapet, 1 ml aniliini.

3. Segage lahust klaaspulgaga ja asetage sellesse riidetükk ning keetke veidi aega.

Võtke riidetükk välja, loputage vees ja kuivatage.

**Töö nr. 1. Valkude lahustumine ja kalgastumine.**

Ette valmistada: munavalge, etüülalkohol, lahjendatud lämmastikhape, piim, äädikhape, keeduklaas, lehter, filterpaber, katseklaasid, piirituslamp.

Töö teostamine.

1. Valage munavalgele kümnekordne kogus vett. Segage hästi läbi. Filtreerige saadud lahus läbi voltfiltrii.

2. Valage munavalgelahust katseklaasi ja lisandage etüülalkoholi. Valk kalgastub.

3. Valage munavalgelahust katseklaasi ja lisandage ettevaatlikult lahjendatud lämmastikhapet selliselt, et vedelikud ei seguneks. Mõlema vedeliku piiril tekib kalgastunud valgust koosnev valge rõngas.

4. Valage munavalgelahust katseklaasi ja soojendage. Valk kalgastub ja sadestub valgete helvestena.

5. Lahjendage katseklaasis olevat piima niisama suure vee kogusega, soojendage nõrgalt ja lisandage mõni tilk äädikhapet. Pange tähele valgu eraldumist.

**Töö nr. 2. Valkude värvusreaktsioonid.**

Ette valmistada: munavalgelahus, lahjendatud naatriumhüdroksüüdilahus, 2%-line vasksulfaadilahus, kontsentreeritud lämmastikhape, ammooniumhüdroksüüdilahus, villane riidetükkike, linnusulg, katseklaasid, piirituslamp, keeduklaas.

Töö teostamine.

1. Valage katseklaasi munavalgelahust. Lisage veidi lahjendatud naatriumhüdroksüüdilahust ning soojendage nõrgalt. Lahus värvub lillaks.

2. Valage katseklaasi munavalgelahust, lisandage kontsentreeritud lämmastikhapet ja soojendage. Valk kalgastub ja värvub kollaseks.

Lisage jahtunud segule ammooniumhüdroksüüdilahust ülehulgas. Sademe kollane värvus muutub oranžiks.

3. Valage katseklaasi kanget lämmastikhapet ja asetage sellesse tükkike valget villast riidet. Vill värvub kollaseks.

4. Paigutage katseklaasi linnusule tükkike. Valage katseklaasi kuni  $\frac{1}{2}$  selle mahust naatriumhüdroksüüdilahust ja soojendage kuni suletüki lahustumiseni. Lisage seejärel mõni tilk vasksulfaadilahust. Mispärast lahus värvub?

### Töö nr. 3. Temperatuuri toimest valkudele.

Ette valmistada: villase-, puuvillase- ja mitmesugused siidriide tükikesed, juukseid, piirituslamp.

#### Töö teostamine.

1. Viige pintseti abil põleti leeki villase- ja naturaalsiidi tüki-kesi, juukseid ja nuusutage nende põlemisel tekkivat iseloomulikku lõhna.

2. Tehke sama katse ka puuvillase riidega.

Neid katseid saab kasutada villase riide eraldamiseks puuvillasest ja naturaalsiidi eraldamiseks kunstiidist. Villane riie ja naturaalsiid kui valkained annavad põlemisel iseloomuliku lõhna.

---

## SISUKORD

### I peatükk. Avogadro seadus ja selle kasutamine keemias.

|   |    |
|---|----|
| § 1. Gaaside omadused . . . . .   | 3  |
| § 2. Reageerivate gaaside ruumalalised suhted . . . . .   | 4  |
| § 3. Avogadro seadus . . . . .  | 6  |
| § 4. Lihtgaaside molekulide ehitus . . . . .  | 7  |
| § 5. Gaaside gramm-molekuli ruumala . . . . .   | 9  |
| § 6. Gaasiliste ainete molekulkaalu määramine . . . . .   | 11 |
| § 7. Gaasilise aine molekulvalemite tuletamine . . . . .  | 14 |
| § 8. Avogadro seaduse kasutamine keemiliste reaktsioonide puhul, millest võtavad osa gaasilised ained . . . . . | 16 |
| 1. Ruumala arvutamine molekulvalemite alusel . . . . .  | 16 |
| 2. Gaasilise aine ruumala arvutamine keemilise reaktsiooni alusel . . . . .                                     | 17 |

### II peatükk. Orgaanilised ained.

|   |    |
|---|----|
| § 1. Sissejuhatus . . . . .                                 | 20 |
| 1. Orgaanilised ja anorgaanilised ained . . . . .           | 20 |
| 2. Orgaaniliste ainete mitmekesisus . . . . .               | 21 |
| 3. Ajalooline ülevaade orgaanilise sünteesi edust . . . . . | 22 |
| 4. Orgaaniliste ainete tähtsus . . . . .                    | 23 |

### III peatükk. Küllastatud süsivesinikud.

|  |    |
|--|----|
| § 1. Sissejuhatus . . . . .                                | 25 |
| § 2. Metaan . . . . .                                      | 25 |
| 1. Metaan looduses . . . . .                               | 25 |
| 2. Metaani omadused . . . . .                              | 26 |
| 3. Metaani saamine ja kasutamine . . . . .                 | 28 |
| § 3. Küllastatud süsivesinike homoloogiline rida . . . . . | 30 |
| § 4. Radikaal . . . . .                                    | 33 |
| § 5. Isomeeria . . . . .                                   | 34 |
| § 6. Orgaaniliste ühendite ehituse teooria . . . . .       | 36 |
| Akadeemik Butlerov . . . . .                               | 36 |
| § 7. Küllastatud süsivesinike molekulide ehitus . . . . .  | 37 |

#### IV peatükk. Küllastumata süsivesinikud.

|  |    |
|--|----|
| § 1. Etüleen . . . . .                               | 43 |
| 1. Etüleeni saamine . . . . .                        | 43 |
| 2. Etüleeni omadused . . . . .                       | 44 |
| 3. Etüleeni kasutamine . . . . .                     | 47 |
| § 2. Etüleenirea süsivesinikud . . . . .             | 48 |
| § 3. Atsetüleen . . . . .                            | 49 |
| 1. Atsetüleeni saamine . . . . .                     | 49 |
| 2. Atsetüleeni omadused . . . . .                    | 50 |
| 3. Atsetüleeni kasutamine . . . . .                  | 53 |
| § 4. Atsetüleenirea süsivesinikud . . . . .          | 54 |
| § 5. Küllastumata ühendid . . . . .                  | 55 |
| § 6. Kautšuk ja kummi . . . . .                      | 57 |
| 1. Kautšuki ja kummi tähtsus . . . . .               | 57 |
| 2. Looduslik kautšuk . . . . .                       | 57 |
| 3. Loodusliku kautšuki omadused ja koostis . . . . . | 58 |
| Akadeemik Favorski . . . . .                         | 66 |
| Akadeemik Lebedev . . . . .                          | 67 |
| Professor B. V. Bözov . . . . .                      | 68 |

#### V peatükk. Nafta.

|  |    |
|--|----|
| § 1. Nafta leidumine looduses . . . . .                    | 69 |
| § 2. Nafta tootmine . . . . .                              | 69 |
| § 3. Nafta omadused ja koostis . . . . .                   | 73 |
| Professor V. V. Markovnikov . . . . .                      | 74 |
| § 4. Nafta töötlemine ja selle saadused . . . . .          | 75 |
| § 5. Nafta krakkimine . . . . .                            | 77 |
| § 6. Sünteetiline vedelkütus . . . . .                     | 79 |
| § 7. Tähtsamad naftasaadused ja nende kasutamine . . . . . | 79 |

#### VI peatükk. Aromaatsete süsivesinikud.

|   |    |
|---|----|
| § 1. Bensool ja tema omadused . . . . .                       | 82 |
| § 2. Bensooli homoloogid . . . . .                            | 84 |
| § 3. Aromaatsete süsivesinike saamine ja kasutamine . . . . . | 86 |
| § 4. Mürkkemikaalid . . . . .                                 | 87 |
| Süsivesinike tabel . . . . .                                  | 88 |
| § 5. Koksikeemiline tootmine . . . . .                        | 90 |

#### VII peatükk. Põlevkivi ja ta töötlemine.

|  |     |
|--|-----|
| § 1. Põlevkivi . . . . .                       | 95  |
| § 2. Põlevkivi utmine . . . . .                | 97  |
| § 3. Põlevkivigaasi tootmine . . . . .         | 98  |
| § 4. Põlevkivi kompleksne kasutamine . . . . . | 101 |

## VIII peatükk. Alkoholid. Fenoolid.

|   |     |
|---|-----|
| § 1. Etüülalkohol . . . . .                   | 104 |
| 1. Etüülalkoholi omadused . . . . .           | 104 |
| 2. Etüülalkoholi tööstuslik saamine . . . . . | 106 |
| 3. Etüülalkoholi kasutamine . . . . .         | 111 |
| § 2. Metüülalkohol . . . . .                  | 112 |
| § 3. Glütseriin . . . . .                     | 112 |
| § 4. Alkoholid . . . . .                      | 114 |
| § 5. Fenoolid . . . . .                       | 117 |

## IX peatükk. Aldehüüdid.

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| § 1. Formaldehüüd . . . . . | 119 |
| § 2. Aldehüüdid . . . . .   | 121 |

## X peatükk. Karboonhapped.

|  |     |
|--|-----|
| § 1. Äädikhape . . . . .   | 125 |
| 1. Äädikhappe omadused . . . . .   | 125 |
| 2. Äädikhappe kasutamine . . . . .                                       | 127 |
| § 2. Äädikhappe tootmine . . . . .                                       | 128 |
| 1. Etüülalkoholi sisaldavate vedelike äädikhappeline käärimine . . . . . | 128 |
| 2. Puidu kuivdestillatsioon . . . . .                                    | 128 |
| 3. Sünteetiline meetod . . . . .   | 129 |
| Professor M. G. Kutšerov . . . . .                                       | 130 |
| § 3. Rasvhapped ja nende soolad . . . . .                                | 131 |
| § 4. Karboonhapped . . . . .   | 132 |

## XI peatükk. Estrid.

|   |     |
|---|-----|
| § 1. Estrid . . . . .                           | 136 |
| 1. Estrite saamine ja nende struktuur . . . . . | 136 |
| 2. Estrite omadused ja kasutamine . . . . .     | 137 |
| § 2. Rasvad ehk glütseriidid . . . . .          | 138 |
| 1. Rasvade koostis ja omadused . . . . .        | 138 |
| 2. Rasvade seebistumine . . . . .               | 139 |
| 3. Rasvade hüdrogeniseerimine . . . . .         | 140 |
| 4. Sünteetilised rasvad . . . . .               | 140 |
| 5. Rasvade tähtsus . . . . .                    | 141 |
| § 3. Seebi valmistamine . . . . .               | 142 |

## XII peatükk. Süsivesikud.

|   |     |
|---|-----|
| § 1. Glükoos . . . . .                            | 144 |
| § 2. Sahharoos ehk peedisuhkur . . . . .          | 146 |
| § 3. Monosahhariidid ja polüsahhariidid . . . . . | 149 |
| § 4. Tärklis . . . . .                            | 149 |
| Professor Timirjazev . . . . .                    | 156 |

|   |     |
|---|-----|
| § 5. Tselluloos . . . . .                                   | 157 |
| 1. Tselluloos . . . . .                                     | 157 |
| 2. Paberi tootmine . . . . .                                | 158 |
| 3. Tselluloosi hüdrolüüs ja etüülalkoholi saamine . . . . . | 159 |
| 4. Tselluloosi estrid . . . . .                             | 161 |
| 5. Tehissiid . . . . .                                      | 162 |

XIII peatükk. **Lämmastikku sisaldavad orgaanilised ühendid.**

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| § 1. Nitroühendid . . . . .           | 166 |
| § 2. Tähtsamad nitroühendid . . . . . | 168 |
| § 3. Amiinid . . . . .                | 169 |
| § 4. Aniliin . . . . .                | 171 |

XIV peatükk. **Valgud.**

|  |     |
|--|-----|
| § 1. Valkained . . . . .                                   | 174 |
| 1. Valkude leidumine looduses . . . . .                    | 174 |
| 2. Valkude koostis ja ehitus . . . . .                     | 175 |
| 3. Valkude süntees. N. D. Zelinski tööde tähtsus . . . . . | 176 |
| 4. Valkude omadused . . . . .                              | 177 |
| 5. Valkude kasutamine . . . . .                            | 178 |
| § 2. Valkude osa eluprotsessides . . . . .                 | 179 |

**Laboratoorsed tööd.**

|   |     |
|---|-----|
| Laboratoorne töö nr. 1. Süsivesinike saamine ja omadused . . . . .          | 181 |
| Töö nr. 1. Metaani saamine ja omadused . . . . .                            | 181 |
| Töö nr. 2. Jodoformi saamine . . . . .                                      | 182 |
| Töö nr. 3. Etüleeni saamine . . . . .                                       | 182 |
| Töö nr. 4. Etüleeni oksüdeerimine . . . . .                                 | 183 |
| Töö nr. 5. Etüleeni reageerimine broomveega . . . . .                       | 183 |
| Töö nr. 6. Atsetüleeni saamine . . . . .                                    | 183 |
| Töö nr. 7. Atsetüleeni omadused . . . . .                                   | 184 |
| Töö nr. 8. Nafta destilleerimine . . . . .                                  | 185 |
| Töö nr. 9. Bensooli ja ta homoloogide keemilised omadused . . . . .         | 186 |
| Töö nr. 10. Broombensooli saamine . . . . .                                 | 186 |
| Töö nr. 11. Naftaliini sublimeerimine . . . . .                             | 187 |
| Töö nr. 12. Kivisõe kuivdestillatsioon . . . . .                            | 187 |
| Laboratoorne töö nr. 2. Alkoholid saamine ja omadused . . . . .             | 188 |
| Töö nr. 1. Vee avastamine alkoholis ja alkoholi vabastamine veest . . . . . | 188 |
| Töö nr. 2. Naatriumetülaadi saamine . . . . .                               | 189 |
| Töö nr. 3. Vaskglütseraadi saamine . . . . .                                | 189 |
| Töö nr. 4. Alkoholi kontsentreerimine . . . . .                             | 189 |
| Töö nr. 5. Piirituslaki valmistamine . . . . .                              | 190 |
| Töö nr. 6. Alkoholi saamine käärimisel . . . . .                            | 190 |

|  |     |
|--|-----|
| Laboratoorne töö nr. 3. <b>Fenooli omadused</b> . . . . .                  | 191 |
| Töö nr. 1. Naatriumfenolaadi saamine . . . . .                             | 191 |
| Töö nr. 2. Fenooli reaktsioon broomiga . . . . .                           | 191 |
| Töö nr. 3. Fenooli reaktsioon raud(III)kloriidiga . . . . .                | 191 |
| Töö nr. 4. Plastmassi valmistamine . . . . .                               | 192 |
| Laboratoorne töö nr. 4. <b>Aldehüüdide saamine ja omadused</b> . . . . .   | 192 |
| Töö nr. 1. Formaldehüüdi saamine . . . . .                                 | 192 |
| Töö nr. 2. Atsetetaldehüüdi saamine . . . . .                              | 192 |
| Töö nr. 3. Aldehüüdide oksüdeerimine. «Hõbepeegli reaktsioon» . . . . .    | 193 |
| Laboratoorne töö nr. 5. <b>Karboonhapete saamine ja omadused</b> . . . . . | 193 |
| Töö nr. 1. Äädikhappe saamine . . . . .                                    | 193 |
| Töö nr. 2. Äädikhappe saamine . . . . .                                    | 194 |
| Töö nr. 3. Atsetaadi avastamine . . . . .                                  | 195 |
| Töö nr. 4. Steariini omadused . . . . .                                    | 195 |
| Töö nr. 5. Rasvhapete saamine . . . . .                                    | 195 |
| Töö nr. 6. Lahustumatu seebi saamine . . . . .                             | 196 |
| Laboratoorne töö nr. 6. <b>Estrid</b> . . . . .                            | 196 |
| Töö nr. 1. Etüülatsetaadi saamine . . . . .                                | 196 |
| Töö nr. 2. Isoamüülatsetaadi saamine . . . . .                             | 196 |
| Töö nr. 3. Rasvade omadused . . . . .                                      | 196 |
| Töö nr. 4. Seebi keetmine . . . . .  | 197 |
| Laboratoorne töö nr. 7. <b>Süivesikud</b> . . . . .                        | 197 |
| Töö nr. 1. Glükoosi omadused . . . . .                                     | 197 |
| Töö nr. 2. Peedisuhkru hüdroliüs . . . . .                                 | 198 |
| Töö nr. 3. Suhkru omadused . . . . .                                       | 199 |
| Töö nr. 4. Tärklise avastamine joodi abil . . . . .                        | 199 |
| Töö nr. 5. Tärklise hüdroliüs . . . . .                                    | 199 |
| Töö nr. 6. Pärgamendi valmistamine . . . . .                               | 200 |
| Töö nr. 7. Nitrotselluloosi saamine ja omadused . . . . .                  | 200 |
| Töö nr. 8. Suhkru saamine puidust . . . . .                                | 201 |
| Laboratoorne töö nr. 8. <b>Nitrobensool. Aniliin</b> . . . . .             | 202 |
| Töö nr. 1. Nitrobensooli saamine . . . . .                                 | 202 |
| Töö nr. 2. Aniliinhüdrokloriidi saamine ja aniliini eraldamine . . . . .   | 202 |

|  |     |
|--|-----|
| Töö nr. 3. Aniliini reageerimine kloorlubjaga . . . . .  | 203 |
| Töö nr. 4. Aniliinimusta saamine . . . . .               | 203 |
| Töö nr. 5. Värvimine aniliinimustaga . . . . .           | 203 |
| <br>   |     |
| Laboratoorne töö nr. 9. Valkude omadused . . . . .       | 204 |
| <br>   |     |
| Töö nr. 1. Valkude lahustumine ja kalgastumine . . . . . | 204 |
| Töö nr. 2. Valkude värvusreaktsioonid . . . . .          | 204 |
| Töö nr. 3. Temperatuuri toimest valkudele . . . . .      | 205 |

Принкман Карл Янович  
ХИМИЯ ДЛЯ XI КЛАССА

Обложка: Г. Паньт  
На эстонском языке

Эстонское Государственное Издательство  
Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

Toimetaja I. Kasemets  
Tehniline toimetaja E. Lumet  
Korrektorid E. Toots ja E. Kask

Ladumisele antud 25. XI 1961. Trükkimisele  
antud 4. I 1962. Paber 60×90,  $\frac{1}{16}$ . Trüki-  
poognaid 13,25. Arvutuspoognaid 12,7. Trüki-  
arv 9000. Tellimise nr. 10367. Hans Heide-  
manni nimeline trükikoda, Tartu,  
Ülikooli 17/19. I

Hind 24 kop.

24 kop.

ARM  
A-24 1-61

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00367421 7