

L. Tsvetkov

**SÜNTEETILISED
KÕRGMOLEKULAARSED
AINED**

Keskkooli XI klassile

**EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1960**

L. TSVETKOV

SÜNTEETILISED KÕRGMOLEKULAARSED AINED

KESKKOOLI XI KLASSILE

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1960

Originaali tiitel:

Л. А. ЦВЕТКОВ

Синтетические высокомолекулярные вещества
Учебное пособие для 10 класса средней школы
Учпедгиз 1959

Tõlkinud E. KALLASTE

2



TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

SISSEJUHATUS.

Orgaanilise keemia õppimisel kohtusime sageli nii looduslike kõrgmolekulaarsete ainetega (looduslik kautšuk, tärklis, tselluloos, valgud), kui ka sünteetilisel teel saadud kõrgmolekulaarsete ainetega (polüetüleen, polüvinüülkloriid, butadieen- ehk divinüülkautšuk).

Õppisime tundma looduslike kõrgmolekulaarsete ühendite omadusi ning nende praktilisi kasutamisevõimalusi, kuid senini väga vähe teame sünteetilisest kõrgmolekulaarsetest ainetest.

Sünteetilised kõrgmolekulaarsed ained ja nendest toodetavad sellised tähtsad materjalid nagu plastmassid, kiudained, kautšuk jne. leiavad iga aastaga üha laialdasemat kasutamist. Tänapäeval ei leidu peaaegu ühtegi inimeste tegevusala, kus neid ei kasutataks mitmesugusteks otstarveteks.

NLKP Keskkomitee pleenumil võeti 1958. a. mais vastu spetsiaalne otsus «Keemiatööstuse arendamise ning eriti sünteetiliste ainete ja nendest valmistatava tootmise arendamise kiirendamisest elanikkonna ja rahvamajanduse vajaduste rahuldamiseks». NLKP XXI kongressi otsuste põhjal nähakse ette suurendada seitseaastaku jooksul plastmasside ja sünteetiliste vaikude tootmist rohkem kui 7 korda ning sünteetiliste kiudainete tootmist 12—13 korda. Sünteetilise kautšuki tootmisvõimsus kasvab selle aja jooksul 3,7 korda.

Iseenesestmõistetavalt ei piirdu tänapäeval kasutatavate sünteetiliste materjalide liigid kaugeltki mitte ainult nende kolmega (polüetüleen, polüvinüülkloriid, polübutadieen), millistega tutvusime orgaanilise keemia õppimisel.

Antud kursuse osas me tutvume üksikasjalisemalt sünteetiliste kõrgmolekulaarsete ühenditega ning nendest valmistatavate materjalidega.

1 peatükk.

SÜNTEETILISTE KÕRGMOLEKULAARSETE AINETE (POLÜMEERIDE) ÜLDINE ISELOOMUSTUS.

1. Molekulkaal ja polümeeride struktuur.

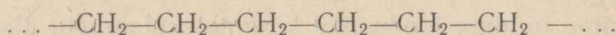
Kõrgmolekulaarseid aineid ehk polümeere iseloomustab kõigepealt nende suur molekulkaal. Niisuguste ainete molekulid nagu vesi, alused, happed, soolad, alkoholid, suhkur jne. koosnevad

mõnedest või kümnetest aatomitest; nende molekulaale mõõdetakse kümnete, harvem sadade hapnikuühikutega. Polümeeride molekulid sisaldavad tuhandeid aatomeid ning nende molekulaal kujutab kümneid ja sadu tuhandeid, mõnikord aga miljoneid hapnikuühikuid.

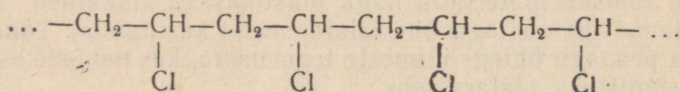
Niisugused molekulid on võrreldes tavalistega juba «molekulidhiiglased», neid nimetatakse mõnikord ka makromolekulideks (makro — suur).

Vaatamata aatomite suurele arvule molekulis on polümeeride keemiline ehitus (aatomite ühinemise järjekord molekulis) võrdlemisi lihtne.

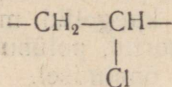
Tuletame meelde meile tuntud polüetüleenil ehitust:



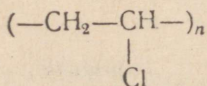
või polüvinüülkloriidi ehitust



Nende ainete molekulide ehitust iseloomustab ühe ja sellesama elementaarlüli kordumine. Polüetüleenil on niisuguseks lüliks aatomite rühm $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$, mis kujutab endast etüleenil molekuli; kui n -ga tähistada elementaarlülide arv makromolekulis, siis selle aine keemilist ehitust võib väljendada lühendatud struktuurvalemiga $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$. Polüvinüülkloriidi elementaarlüliks on

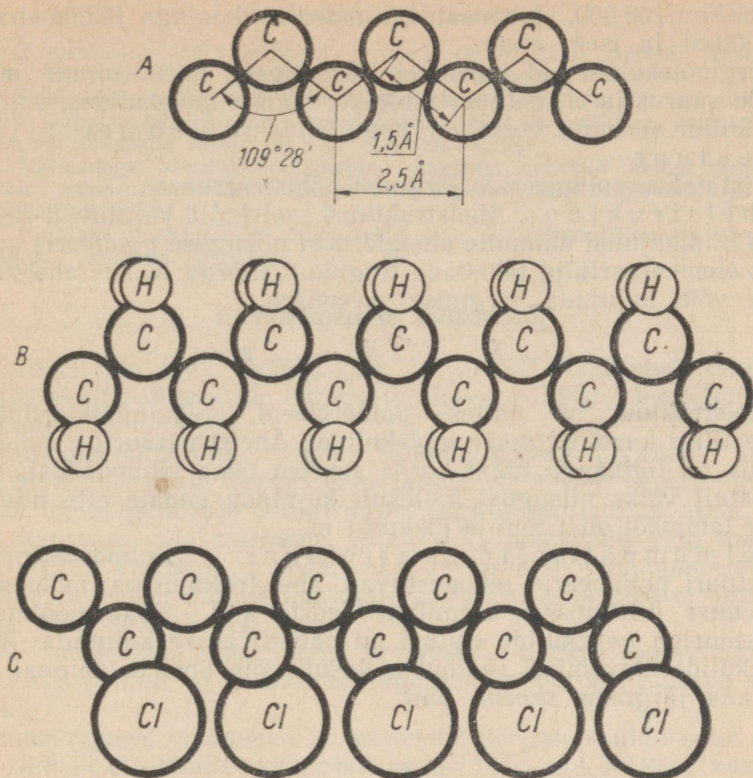


ja struktuurvalemiks



Selline oma ehituselt võrdlemisi lihtsate algülide paljukordne kordumine iseloomustab ka teiste sünteetiliste kõrgmolekulaarsete ainete keemilist ehitust.

Polümeeride, niisamuti aga ka madalmolekulaarsete ainete struktuurvalemid kujutavad endast ainult aatomite ühinemise järjekorda, kuid ei anna nende ruumilist paigutust molekulides. Näi-



Joon. 1. Polümeeride molekuli ehituse skeemid: A — süsinikahela siksakikujuline ehitus; B — osa polüetüleeni molekuli ehitusest; C — osa polüvinüülkloriidi molekuli ehitusest (ilma vesiniku aatomiteta).

teks süsiniku aatomid, milledest koosneb paljude polümeeride skelett, ei moodusta tegelikult sirget ahelat, nagu on kujutatud valemities, vaid kõverat, siksakilist ahelat; vesiniku, kloori jne. aatomid ei ole eraldatud süsiniku aatomitest vahemaadega, nagu me eraldame need valemities joonekestega, vaid puutuvad nendega vahetult kokku, moodustades ühise elektronpaari (joon. 1).

Makromolekulidesse ühinenud elementaarilülide arv ühe või teise kõrgmolekulaarse aine moodustumisel ei ole püsiv: ühel juhul niisuguseid lülisid ühineb rohkem, teisel juhul vähem, millele vastavalt saadakse mitmesuguse suurusega ja järelkult ka erineva kaaluga makromolekulid. Seepärast ei ole niisuguse aine tavaline molekulkaal mitte tema iga molekuli kaal, vaid ainult selle aine keskmine molekulkaal, millest üksikud molekulid on kas kergemad või raskemad. Näiteks polüvinüülkloriid, mille keskmine mole-

1. Kasutades joonis 1 andmeid, arvutada polüetüleeni molekuli ligikaudne pikkus, kui polüetüleeni molekul sisaldab 2000 süsiniku aatomit.

2. Polüetüleen, mille keskmine molekulaal on ligikaudu 500, on viskoosne vedelik ja teda võib kasutada määrdõlina. Kui palju etüleeni molekule on keskmiselt ühinenud niisuguse aine makromolekulis?

3. Väljendage butadien- (divinüül-) kautšuki molekuli ehitus struktuurivalemina samasugusel viisil, nagu seda on tehtud eespool polüetüleeni ja polüvinüülkloriidi puhul.

4. Kujutage skemaatiliselt polümeeride ahel- ja kolmemõõtmeline struktuur ja andke vajalikud selgitused.

2. Polümeeride omadused.

Polümeeride suur molekulaal ja nende struktuuri iseärasus põhjustavad polümeeride omaduste olulisi erinevusi madalmolekulaarsetest ainetest.

Madalmolekulaarseid aineid iseloomustavad tavaliselt kindel sulamistemperatuur, keemistemperatuur või teised konstandid.

Kui me soojendame mingisugust kõrgmolekulaarset ainet, näiteks kaprooni, siis märkame, et algul ta pehmeneb ning muutub järk-järgult viskoosseks vedelikuks. Jätkates soojendamist selleks, et teda destilleerida, me märkame varsti, et seda teha ei õnnestu, kuna aine hakkab lagunema.

Kui soojendada mingit teist polümeeri, näiteks polüvinüülkloriidi, siis osutub, et ta hakkab lagunema enne, kui muutub vedelaks.

Samasugused omadused on ka teistel kõrgmolekulaarsetel ainetel. Neil ei ole kindlat sulamistemperatuuri, nad sulavad kas teatud temperatuuri vahemikus järk-järgult pehmenedes, või ei sula üldse, vaid lagunevad.

Suurem osa kõrgmolekulaarseid aineid on mittelenduvad, neid ei saa destilleerida ja järelikult puudub neil ka keemistemperatuur.

Polümeerid on halvasti lahustuvad. Mõned neist ei lahustu üheski lahustis, teised lahustuvad ainult vähestes lahustites, moodustades erinevalt madalmolekulaarsetest ainetest väga viskoosseid lahuseid.

Tähtsaks polümeeride omaduseks on nende mehhaaniline tugevus.

Vaatame, kuidas need omadused sõltuvad molekulaalust ja polümeeride struktuurist.

Selleks et aine sulaks, aurustuks või lahustuks, on tarvis soojendamise teel või lahusti abil ületada selle aine molekulidevahelised vastastikused külgetõmbejõud. Madalmolekulaarsetel ainetel on molekulidevahelised külgetõmbejõud võrdlemisi väikesed ja neid on kerge eraldada üksteisest. Kõrgmolekulaarsetel ainetel on molekulide vastastikune mõju palju tugevam, sest molekulide vahel on üksteise poole suur hulk lülisid. Seetõttu niisuguste molekulidega aine aurustamiseks või sulatamiseks on tarvis teda tugevalt soojendada. Kuid mitte iga aine ei kannata niisugust soojen-

damist: molekulides aatomitevahelised seosed hakkavad katkema ning algab lagunemine. Raske on makromolekule eraldada ka lahusti molekulide abil.

Suur molekulidevaheline külgetõmbejõud põhjustab ka polümeeride suure mehhaanilise tugevuse.

Polümeeride ühed või teised omadused võivad olla erinevad sõltuvalt nende struktuurist.

Ahelstruktuuriga ained enamikul juhtudel sulavad ilma lagunemata, muutudes viskoosseiks vedelikeks, samuti lahustuvad mõningates lahustites, moodustades viskoosseid lahuseid. Ahelstruktuuriga polümeeride tugevus ja tekkivate lahuste viskoossus suureneb makromolekuli pikkuse suurenemisega. Kolmemõõtmelise struktuuriga ained, kus ahelmolekulid on omavahel ühendatud keemiliste seostega, ei sula, on mittelahustuvad ning on eriti tugevad.

Ahel- ja kolmemõõtmelise polümeeri omaduste erinevust võime näha kautšuki juures. Vulkaniseerimata kautšuk, mis koosneb ahelmolekulidest, lahustub vedelates süsivesinikes ega oma suurt mehhaanilist tugevust — venitamisel ta katkeb. Vulkaniseeritud kautšuk (kummi), kus ahelmolekulid on omavahel ühendatud väävlis aatomitega, ei lahustu, vaid ainult tursub lahustes ning on ka palju tugevam.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

5. Kuidas selgitada: a) kõrgmolekulaarsete ainete mittelenduvust? b) mispärast kõrgmolekulaarsete ainete lahused on viskoossed?

6. Selgitada, miks ahelmolekulidega polümeeride tugevus suureneb molekuli pikkuse suurenemisega?

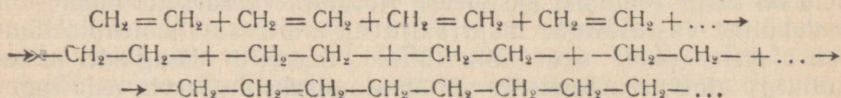
7. Mispärast kolmemõõtmelise struktuuriga polümeerid ei sula ega lahustu?

3. Polümerisatsioonreaktsioonid. Tähtsaimad monomeerid, mida kasutatakse polümeeride sünteesil.

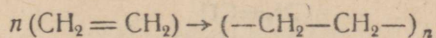
Kõrgmolekulaarsete ühendite sünteesil esineb kaht liiki keemilisi reaktsioone — polümerisatsioon- ja polükondensatsioonreaktsioone.

Nagu teame orgaanilise keemia kursusest, nimetatakse polümerisatsioonreaktsiooniks aine molekulide omavahelist ühinemist suuremaks molekuliks.

Polümerisatsioonreaktsiooni võrrandit võib lihtsustatult kirjutada samal kujul, nagu tegime seda etüleeni õppimisel:



või lühemalt:



Makromolekulisse kuuluvate elementaarlülide arvu n nimetatakse polümerisatsiooni astmeks ehk polümerisatsiooni koefitsiendiks. Polümerisatsiooni aste sõltub aine olemusest ja polümerisatsiooni tingimustest.

Näiteks etüleenil polümerisatsioonil võib teatud tingimustel saada viskoosse vedeliku polümerisatsiooni astmega ligikaudu 20; teistel tingimustel aga pehme vahataolise aine, mille polümerisatsiooni aste on ligikaudu 100; muutes veelgi reaktsiooni tingimusi, võib saada tahke aine, mille polümerisatsiooni aste on 1000, jne.

Kõikidel juhtumitel tähendab n keskmist polümerisatsiooni astet, sest igas polümerisatsiooni protsessis moodustuvad erineva suuruse ja kaaluga molekulid.

Millised ained võivad astuda polümerisatsioonreaktsioonidesse?

Võrreldes meile tuntud polüetüleenil ja polüvinüülkloriidil saamise reaktsioone, märkame, et lähteainete molekuli ehitust ise loomustab süsiniku aatomite vaheline kahekordne seos. See ei ole juhuslik. Kõrgmolekulaarse aine moodustumiseks on vajalik, et iga lähteaine molekul ühineks vähemalt kahe teise molekuliga. Kui molekul ühineb ainult ühe molekuliga, s. o. tekib üks vaba valentsseos, siis peale ühinemist teise samasuguse molekuliga tekkinud molekul pole võimeline enam reageerima ja kõrgmolekulaarset ainet ei moodustu.

Ained, mille molekulid võivad reageerida kahe teise molekuliga, ongi kahekordse seosega ained. Tõepoolest, kui niisuguses molekulis üks seostest katkeb, siis kahe valentsseose moodustumise tagajärjel niisugune molekul võib ühineda kahe teise molekuliga. Uuesti moodustunud molekul ühineb kahe järgmise molekuliga jne.

Madalmolekulaarseid aineid, mis võivad moodustada polümeere, nimetatakse monomeerideks.

Monomeeridest, millede molekulis on kahekordne seos, leiavad peale etüleenil $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ja vinüülkloriidil $\text{CH}_2 = \text{CH}$ laialdast



kasutamist kõrgmolekulaarsete ainete sünteesil veel järgmised.

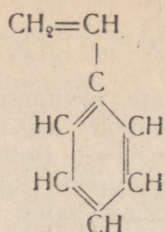
Propüleen ($\text{CH}_2 = \text{CH}$), etüleenil $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ lähim homo-



loog, on gaas ning tal on etüleenil sarnased keemilised omadused.

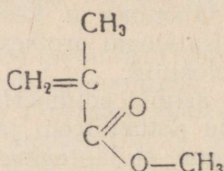
Tetrafluoretüleen ($\text{CF}_2 = \text{CF}_2$) on gaas ning omab etüleenil analoogset ehitust, erinedes etüleenil selle poolest, et sisaldab molekulis vesiniku aatomite asemel sama arvu fluori aatomeid.

Stürool ehk vinüülbensool on nõrga iseloomuliku lõhnaga



värvitu vedelik. Stürool on samaaegselt nii aromaadne kui ka küllastumata süsivesinik.

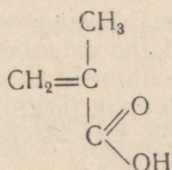
Metüülmetakrülaaat ehk metakrüülhappemetüülester on



meeldiva estri lõhnaga värvitu vedelik. Metüülmetakrülaati võib

vaadelda kui akrüülhapest $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$ tuletatud ühendit,

mis on küllastumata ühealuseliste karboonhapete homoloogilise rea esimeseks liikmeks. Metüülakrüül- ehk metakrüülhape



on akrüülhappe homoloog, milles vesiniku aatomi asemel on süsivesinik radikaalis rühm CH_3 . Metakrüülhape, nagu teisedki happed, annab reageerimisel alkoholidega estreid. Üheks niisuguseks estriks on metakrüülhappemetüülester.

Akrüülnitriil ehk akrüülhappenitriil $\text{CH}_2=\text{CH}$ on värvitu

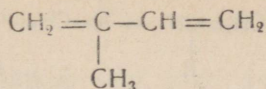


vedelik. Akrüülnitriili võib vaadelda kui akrüülhapest tuletatud ühendit (vt. eespool), mille molekulis karbonüülrühma hapnik ja hüdroksüülrühm on asendatud kolmevalentse lämmastiku aatomiga.

Kõik need ained sisaldavad molekulis süsiniku aatomite vahel kahekordse seose (sarnaselt etüleenile) ja võrdlemisi kergesti polümeriseeruvad.

Samasugused omadused on ka ainetel, millede molekulis on

kaks kahekordset seost — dienenühenditel, näiteks butadieenil (divi-
nүүлil) $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$ ja tema homoloogil isopreeni-
nil



Dienenühendeid, nagu eespoolgi vaadeldud ühendeid, kasutatakse
laialdaselt tööstuses polümeeride sünteesil.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

8. Kirjutage analoogiliselt etüleenile propüleenil polümerisatsiooni võrrand.
Väljendage polüpropüleenil ehitus struktuurvalemil.

9. Stürool valastab broomvett. Kirjutage selle reaktsiooni võrrand.

10. Selgitage, miks küllastumata ühealuseliste hapete homoloogilise rea esi-
mene liige (akrüülhape) ei või sisaldada molekulis vähem kui kolm süsiniku
aatomit.

11. Missugustesse reaktsioonidesse võib teie arvates astuda akrüülhappe?
Kirjutage kahe-kolme reaktsiooni võrrandid.

12. Kirjutage metüülmetakrülaadi moodustumise reaktsiooni võrrand
metakrüülhapest ja metüülalkoholist.

4. Polümerisatsioonreaktsiooni mehhanism.

Senini me kujutasime võrrandite ja struktuurvalemite abil ainult
polümerisatsioonreaktsioonide lihtsustatud skeeme, kuid ei kujuta-
nud nende mehhanismi, s. o. neid protsesse, mis kulgevad reakt-
siooni juures tegelikult.

Paljude polümerisatsioonreaktsioonide mehhanism seisneb sel-
les, et polümeeri kasvav molekul on oma tekkimise algusest kuni
kasvamise lõppemiseni radikaal, s. o. väga reageerimisvõimeline
osakene, mis ühendab enesega üha uusi ja uusi monomeeri mole-
kule. Radikaalid, milledest algab reaktsioon, tekivad valguse, soo-
juse või eriliste ainete — initsiaatorite toimet.

Vaatleme küllastumata ühendi $\text{CH}_2 = \underset{\text{R}}{\text{CH}}$ (kus R on aatom või

aatomite rühm, mis on asendanud etüleenil vesiniku aatomi) polü-
merisatsioonreaktsiooni initsiaatori toimet.

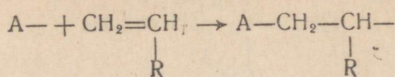
Initsiaatorid on ebapüsivad ühendid, mis on võimelised
lagunemisel tekitama vabu radikaale. Initsiaatoritena kasutatakse
sageli ülihapend-tüüpi ühendeid.¹ Tähistame ülihapendi ühendi
lagunemisel tekkinud ühevalentse radikaali sümboliga A —. Nii-

¹ Ülihapendite ehitust iseloomustab nende molekulides «hapnikusil-
dade» — O — O — olemasolu. Niisugune «sild» on ebapüsiv ja katkeb kergesti.
Polümerisatsioonreaktsioonide läbiviimiseks kasutatakse tihti vesinikülihapen-

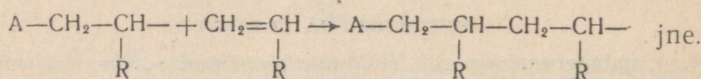
dit $\text{H} - \text{O} - \text{O} - \text{H}$ või bensoüülülihapendit $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O} \end{array} \text{O} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O} \end{array} \text{C} - \text{C}_6\text{H}_5$,

millised lagunevad vastavalt $\text{HO} -$ ja $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO} -$ radikaalideks.

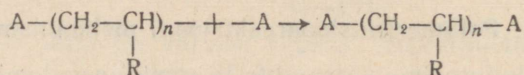
sugune radikaal, mis omab vaba valentsseost, ühineb monomeeri molekuliga, moodustades suurema radikaali:



See radikaal ühineb omakorda uue monomeeri molekuliga:



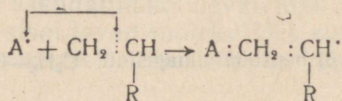
Molekuli kasvamise protsess ei ole lõpmatu. Protsees katkeb, kui kasvav radikaal põrkab kokku teise radikaaliga (mis on tekkinud polümerisatsioonil või moodustunud ülihapendist). Selle tagajärjel radikaalid ühinevad, vabad valentsseosed vastastikku küllastuvad ja moodustunud molekul pole võimeline enam edasi kasvama:



Initsiaatori molekuli osad (tema radikaalid) jäävad lõpprühmade makromolekuli koostisse; seega võtab initsiaator osa reaktsiooni protsessist (erinevalt katalüsaatorist).

Eespool käsitletud mehhanismiga reaktsioone nimetatakse ahel polümerisatsioonireaktsioonideks (vastavalt sellele, kuidas moodustuvad ahelad lülide järkjärgulise kasvamise teel). Ahelreaktsioonide mehhanismi avastas ja uuris üksikasjaliselt akadeemik N. N. Semenov, keda on autasustatud teaduslike tööde eest Nobeli preemiaga.

Teades aatomite elektronset ehitust, võime ahel polümerisatsiooni mehhanismi selgitada järgmiselt. Nagu teada, moodustub monomeeri molekulis kahekordne seos kahe elektronpaari kaudu, kusjuures üks seostest on vähem püsiv ja võrdlemisi kergesti katkeb. Radikaali vaba valentsseos pole midagi muud kui mittepaardunud elektron. Kui radikaal põrkab kokku molekuliga, millel on kahekordne seos, siis radikaali mittepaardunud elektron toimib vähem püsivamale elektronpaarile nii, et see katkeb ja radikaali elektron moodustab elektronpaari kahekordse seose ühe elektroniga (tekib püsiv lihtseos). Endise kahekordse seose teine elektron jääb vabaks, mille tulemusena kogu osake muutub uuesti radikaaliks:



Polükondensatsioonreaktsiooni võivad astuda mitte ainult ained, millede molekulis on erinevad funktsionaalsed rühmad, nagu see oli eespool käsitletud juhul, vaid ka ühesuguste funktsionaalsete rühmadega ained. Sel juhul on ahelreaktsiooni toimumiseks tarvis, et reaktsioonist võtaks osa teine aine, mille funktsionaalsed rühmad on esimesest erinevad ning võiksid reageerida esimeses aines olevate funktsionaalsete rühmadega. Niisuguseks näiteks on fenooli polükondensatsioon formaldehüüdiga, mille tulemusena saadakse tänapäeval väga laialdaselt levinud fenoolformaldehüüdplastmassid. Nendega tutvume edaspidi.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

13. Milles seisneb polümeerisatsioon- ja polükondensatsioonreaktsioonide erinevus? Selgitage seda näidetega.

14. Mõnede sünteetiliste materjalide tootmiseks kasutatakse dikarboonhapete polükondensatsiooni etüleenglükooliga $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$. Kirjutage selle reaktsiooni võrrand, väljendades dikarboonhapete valemi üldkujul $\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_n - \text{COOH}$.

II peatükk.

PLASTMASSID.

6. Mis on plastmassid. Plastmasside koostis.

Plastmassideks nimetatakse plastilisi materjale, mis on valmistatud orgaanilistest kõrgmolekulaarsetest ainetest. Plastilisus on kehade omadus muuta välisjõudude mõjul oma kuju ja säilitada seda omandatud kuju pärast välisjõudude mõju lakkamist.

Plastilisus on tuntud igaühele, sest ta esineb ka paljude teiste ainete juures, mida ei nimetata plastmassideks. Savi plastilisus võimaldab vormida temast nõusid; plastiliini plastilisust kasutavad lapsed voolimisel jne.

Aine plastilisus esineb teatud tingimustel. Et savi oleks plastiline, tuleb teda niisutada, kuivamisel see omadus kaob; plastiliini on kerge voolida toatemperatuuri juures, kuid külma käes ei õnnestu temast midagi voolida.

Kuna plastilisus esineb ainult teatud tingimustel, siis annab see võimaluse kasutada laialdaselt selle omadusega aineid mitmesuguste esemete tootmiseks. Tingimustes, milles aine on plastiline, näiteks soojendamisel, vormitakse temast ese ja seejärel viiakse ta mitteplastilisse olekusse (jahutatakse) ning sellega kinnitatakse antud vorm.

Plastilisus on omane paljudele kõrgmolekulaarsetele ainetele ning kuna need ained omavad ka teisi tähtsaid omadusi (väike erikaal, tugevus, keemiline vastupidavus, jne.), siis kasutatakse kõrgmolekulaarseid aineid väga laialdaselt plastmasside valmistamisel. Plastmasside valmistamiseks kasutatavaid kõrgmolekulaarseid aineid nimetatakse sageli ka vaiku d e k s.

Plastmassid koosnevad mõnikord ainult vaigust, s. o. ühest kõrgmolekulaarsest ainest, näiteks polüetüleen koosneb ainult etüleeni polümerisatsiooni produktist, orgaaniline klaas (pleksi-klaas) metüülmetakrülaadi polümeerist jne. Tihti aga plastmasside koostis on palju keerulisem. Tema koostisse kuuluvad: sideaine — vaik, mis on plastmassi koostise põhiosaks; täiteained — puitjahu, riie, asbest jne., mis suurendavad plastmassi mehhaanilist tugevust; plastifikaatorid — vähelenduvad orgaanilised vedelikud, mis suurendavad aine plastilisust ja vähendavad haprust; värvained — annavad materjalile nõutava värvuse, ja teised ained. Niisuguse koostisega plastmassid on näiteks fenoolformaldehüüdplastmassid, milledest valmistatakse paljud elektridetamid — lülitid, pistikupesad, telefonitorud, jm. (vt. lk. 22).

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

15. Nimetage teile tuntud aineid, mis on a) plastilised tavalisel temperatuuril, b) plastilised soojendamisel.

16. Missugused komponendid kuuluvad liitplastmasside koostisse ja mis eesmärgil?

7. Plastmasside töötlemine toodeteks.

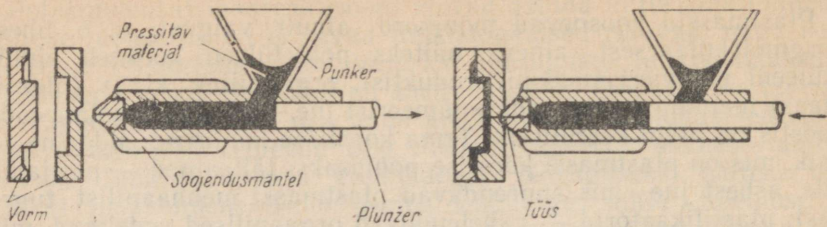
Plastmasside tehnilisel töötlemisel on vaja teada soojendamise mõju vaikudele. Selle tunnuse järgi jaotatakse vaigud kahte rühma: termoplastilised ja termoreaktiivsed.

Termoplastilised* vaigud soojendamisel pehmenevad, muutuvad plastiliseks, jahtumisel aga uuesti kõvenevad, säilitades seejuures oma endised omadused. Selliseid vaike võib kasutada mitmekordseks esemete tootmiseks. Termoplastiliste vaikude hulka kuuluvad polümeerid, mille molekulidel on ahelstruktuur, näiteks polüetüleen ja polüvinüülkloriid.

Termoreaktiivsed vaigud soojendamisel ei pehmenenud, vaid lähevad mittesulavasse ja lahustumatusse olekusse. Seda selgitatakse sellega, et soojendamisel toimub ahelmolekulidest kolmemõõtmelise struktuuriga molekulide moodustumise keemiline reaktsioon. Termoreaktiivsete vaikude hulka kuulub näiteks fenoolformaldehüüdvaik.

Vaatleme ühtedest või teistest vaikudest koosnevate plastmasside tüüpilisemaid ümbertöötamise viise.

Termoplastilised ained töödeldakse esemeteks rõhu all valamise meetodil. Selle meetodi olemus seisneb järgmises. Valumasina silindrisse (joon. 2) voolab punkrist vajalik plastmassi hulk pulbriina või teradena. Kuna silindrit soojendatakse, siis plastmass pehmeneb ja surutakse rõhu all läbi avause pressvormi. Pressvormi ese kiiresti kõveneb ja plunžeri tagasikäigul, kui toimub pressvormi eraldamine, lükatakse ese automaatselt temast välja; seejärel valamise tsükkel algab kõrgemal rõhul uuesti. Ühe tsükli kestus on keskmiselt 20—30 sekundit; olenevalt vormipesade arvust



Joon. 2. Rõhu all valamise meetodi skeem: vasakul — pressitav materjal vajub valumasina silindrisse; paremal — pressimise protsess.

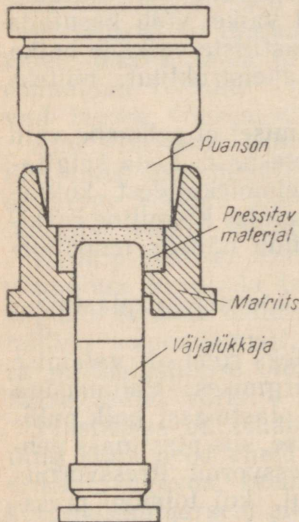
võib ühe tsükliga valada mitu eset. Seetõttu on valamismasinate tootlikkus väga suur.

On olemas aga ka teisi meetodeid esemete valmistamiseks termoplastilistest materjalidest. Näiteks saadakse neist valtsimise teel lehekujuline materjal, millest omakorda pressimise teel läbi vastava kujuga ava saadakse torud, vardad jne.

Termoreaktiivseid aineid töödeldakse kuumpressimise meetodil (joon. 3).

Vormi (matriitsi) alumisse poolde, mis on kinnitatud pressi liikumatule plaadile, pannakse teatud hulk plastmassi. Seejärel lastakse ülalt alla pressivormi teine pool (puanson) ning avaldatakse vormitavale materjalile tugevat rõhku, kusjuures samaaegselt soojendatakse pressivormi elektrivoolu abil. Soojuste ja rõhu mõjul täidab plastmass vormi kõik õnarused ning muutub seejärel mittesulavaks.

Mõne minuti pärast võetakse pressivorm lahti, toode võetakse välja ja vormi pannakse uus kogus plastmassi. Kuna toode on vaja hoida kõvaks, siis kuumpressimise meetod on väiksema tootlikkusega kui rõhu all valamise meetod.



Joon. 3. Kuumpressimise meetodi skeem.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

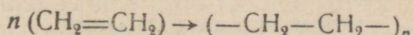
17. Mille poolt on termoplastiliste ja termoreaktiivsete vaikude omadused erinevad ja millega seda selgitada?

18. Selgitage lühidalt, kuidas valmistatakse esemeid plastmassidest a) valamismasina abil, b) kuumpressimise meetodil.

19. Mispärast valamismasina pressivormi töö ajal jahutatakse, kuumpressimise meetodi puhul aga pressivormi soojendatakse?

8. Polüetüleen.

Meil on teada (õpik, lk. 46), et polüetüleeni saadakse etüleeni polümeriseerumisel kõrge rõhu ja temperatuuri juures väikese hapniku koguse juuresolekul



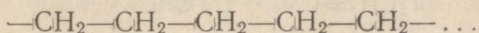
Nendes tingimustes saadud polüetüleeni keskmine molekulaal on ligikaudu 28 000.

Viimastel aastatel on avastatud meetod polüetüleeni saamiseks tavalisel rõhul katalüsaatori¹ juuresolekul. Sel meetodil saadud polüetüleenil on palju suurem molekulaal ja ta ületab oma omaduste poolest kõrge rõhu all saadava polümeeri.

Polüetüleen on tahke, värvusetu, käega katsudes veidi rasvasena tunduv aine, väliselt meenutab parafiini. Veest on ta kergem (erikaal 0,92).

Polüetüleen on termoplastiline. Soojendamisel ta pehmineb ning siis on temast kerge vormida esemeid, mis pärast jahtumist hästi säilitavad oma kuju.

Polüetüleen ei sarnane parafiiniga mitte ainult väliselt, vaid ta on küllastatud süsivesinikega sarnane ka oma ehituselt:



Sellega seletataksegi polüetüleeni suurt keemilist vastupidavust. Tavalisel temperatuuril ei toimi temasse, nagu küllastatud süsivesinikessegi, happed, alused ega hapendajad. Polüetüleen on erakordselt hea elektriisolaator.

Tänu oma suurepärasele omadustele leiab polüetüleen iga aastaga üha laialdasemat kasutamist.

Polüetüleen on saanud asendamatuks materjaliks raadiolokatsioonis, raadiotehnikas, telemehhaanikas jm. kasutatavate juhtmete katmisel isolatsiooniga.

Keemiatööstuses valmistatakse polüetüleenist ventiile, siibreid ja teisi detaile, samuti aga ka kesti aparaatidele, mis töötavad agressiivsete (keemiliselt aktiivsete) ainete mõju piirkonnas.

Ehitustegevuses kasutatakse polüetüleeni torude valmistamiseks. Polüetüleenist torud on märgatavalt kergemad terastorudest, paindlikkuse tõttu on neid kerge asetada kraavidesse, nad ei korrodeeru, vee külmumisel nendes nad ei lõhke.

Polüetüleenist valmistatud läbipaistvad kelmel on vee- ja õhukindlad, kuid lasevad hästi läbi ultravioletseid kiiri; neid on hakatud edukalt kasutama raske ja rabeda silikaatklaasi asemel lavade

¹ Etüleeni polümeriseerumisel kasutatakse katalüsaatoritena trietüüalumiiniumi $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ ja tetrakloorititaani TiCl_4 .

ja kasvuhoonete katmiseks, vilja- ja marjakultuuride ning istikute kaitseks külma vastu jne. Polüetüleenist valmistatud õhukesi kileid kasutatakse mitmesuguste esemete pakkimiseks, alates toiduainetest ja lõpetades masinate ning mehhanismidega.

Polüetüleenist võib valmistada aga ka mittepurunevaid väga kergeid ja hügieenilisi nõusid.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

20. Mille poolest sarnaneb polüetüleen oma ehituselt ja omadustelt küllastatud süsivesinikega?

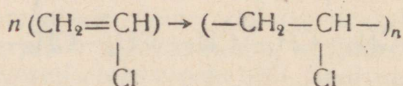
21. Nimetage polüetüleeni tähtsamaid kasutamisalasid ja selgitage, missugustel polümeeri omadustel need põhinevad.

22. Miks polüetüleenist nõusid ei või soojendada tulel?

23. Polüetüleenile kleepub kergesti kuuma esemega kokkupuutumisel tema külge. Millisel polüetüleeni omadusel see põhineb?

9. Polüvinüülkloriid.

Polüvinüülkloriidi (polükloorvinüüli), millest valmistatud tooted on kergesti kättesaadavad ja laialdaselt kasutatavad igapäevases elus ja tööstuses, saadakse gaasilise vinüülkloriidi (kloorvinüüli) polümeriseerumisel:



Saadav polümeer on valge pulbriline või teraline aine keskmise molekulkaaluga 100 000 või rohkem.

Polüvinüülkloriidi võib vaadelda kui polüetüleeni või kui kõrgmolekulaarse küllastatud süsivesiniku klooriderivaati. Sellega seletatakse ka tema suurt keemilist vastupidavust: kloori aatomid, mis on asendanud vesiniku aatomeid, on tugevasti seotud süsiniku aatomitega ega eraldu nendest kergesti. Polüvinüülkloriidisse, nagu polüetüleenissegi, ei toimi tavalisel temperatuuril happed ega leelised. Polüvinüülkloriidil on head elektriisolaatori omadused ja suur mehhaaniline vastupidavus. Soojendamisel polüvinüülkloriid kergesti laguneb, mille juures eraldub kloorvesinik, mida võib kergesti tõestada.

Polüvinüülkloriid kuulub termoplastiliste vaikude rühma. Temast valmistatakse kaht liiki plastmasse: tähelepanuväärse kõvadusega **viniplasti** ning palju pehmemat materjali — **plastikaati**.

Viniplastist valmistatakse keemiliselt vastupidavaid torusid, keemia aparaatide mitmesuguseid osi, akumulaatorite kestasid, nikeldamisvanne, elektrikilpe jne.

Et polüvinüülkloriidist saada pehmemat materjali, lisatakse temale plastifikaatorit.

Plastifitseeritud polüvinüülkloriidi — plastikaati — kasutatakse tänapäeval laialdaselt elektrijuhtmete katmiseks isolatsiooniga, sealhulgas ka veealuste kaablite katmiseks, kus ta edukalt asendab kummi ja pliidi. Plastikaadist valmistatakse paljusid laiatarbekaupu, nagu vihmamantleid, peleriine, vahariiet, kotte jt. Kattes plastikaadiga riidet, saadakse materjal, mis asendab nahka.

Polüvinüülkloriidist valmistatud toodete suur puudus seisneb selles, et nad soojendamisel võrdlemisi kergesti lagunevad, madalamatel temperatuuridel muutuvad aga kõvaks ja hapraks.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

24. Kirjutage vinüülkloriidi polümeriseerumise võrrand. Määrake polüvinüülkloriidi polümerisatsiooni aste, kui polüvinüülkloriidi keskmine molekulkaal on 100 000.

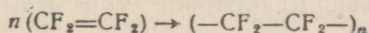
25. Arvutage kloori protsendiline sisaldus polüvinüülkloriidis. Kas kloori sisaldus sõltub polümerisatsiooni astmest?

26. Kuidas saab katselisel teel tõestada, et antud plastmass on polüvinüülkloriid?

27. Millest on tingitud viniplasti ja plastikaadi omaduste erinevus ja missuguste toodete valmistamiseks neid kasutatakse?

10. Polütetrafluoretüleen.

Nimetatud plastmassi (tavalise nimetusega fluoroplast-4) saadakse tetrafluoretüleeni polümeriseerumisel:



Polütetrafluoretüleen on valge, õhukese kihina läbipaistev aine, mis meenutab parafiini. Tal on võrdlemisi suur erikaal (2,2—2,3).

Oma keemiliselt vastupidavuselt ületab see polümeer kõik tuntud looduslikud ja sünteetilised materjalid, sealhulgas ka polütüleeni ja niisugused väärismetallid, nagu kulla ja plaatina. Polütetrafluoretüleenisse isegi soojendamisel ei toimi happed, leelised ja tavalised hapendajad. Ainult fluor ja sulatatud leelismetallid lagundavad teda kõrgel temperatuuril.

Niisuguse erakordse keemilise vastupidavuse põhjust tuleb nähtavasti otsida selles, et fluor kui kõige aktiivsem halogeen moodustab eriti tugevad seosed süsiniku aatomitega.

Polütetrafluoretüleenil on parimad elektriisolaatori omadused. Ta ei kaota painduvust madalatel temperatuuridel (-100°) ja pehmeneb alles võrdlemisi tugeval soojendamisel (ligikaudu 300°), seepärast võib temast valmistatud tooteid kasutada laiemas temperatuuri vahemikus kui teistest plastmassidest valmistatud tooteid.

Polütetrafluoretüleeni kasutatakse elektriisolatsioonmaterjalina kõrgsageduslikes ja ultrakõrgsageduslikes seadmes. Temast võib valmistada selliste keemia aparatuuride detaile (torusid, vooli-

kuid, reaktoreid, ventiile, kraane, pumpsid jne.), mis töötamisel puutuvad kokku keemiliselt väga aktiivsete ainetega.

Polütetrafluoretüleen osutub erakordselt heaks aineks laagrite valmistamisel. Tema väikese pindtugevuse tõttu pole tarvis niisuguseid laagreid õlitada. Kahtlemata leiab see erakordsete omadustega aine palju teisi kasutusalasid.

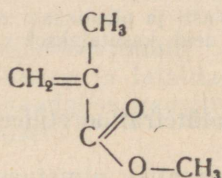
KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

28. Kirjutage tetrafluoretüleeni polümeerisatsioonreaktsiooni võrrand. Arvutage fluori protsendiline sisaldus polütetrafluoretüleenis.

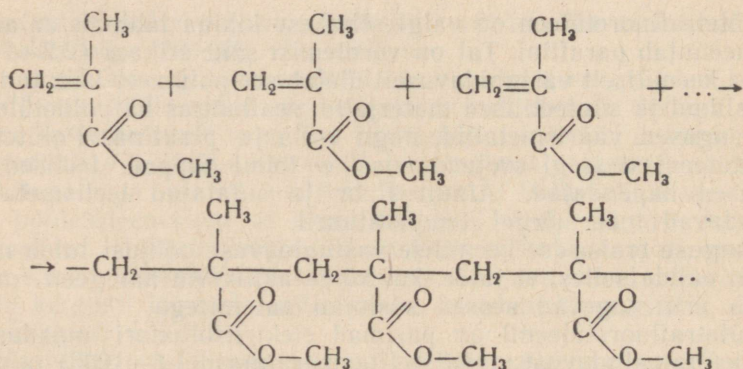
29. Võrrelge polütetrafluoretüleeni omadusi teiste teile tuntud plastmasside omadustega.

11. Polümetüülmetakrülaad.

Nimetatud plastmassi saamisel on monomeeriks metakrüülhappemetüülester — metüülmetakrülaad:



Polümeerisatsioonreaktsioon kulgeb kergesti initsiaatorite — ülihapendite juuresolekul. Reaktsiooni võib väljendada järgmise skeemi abil:

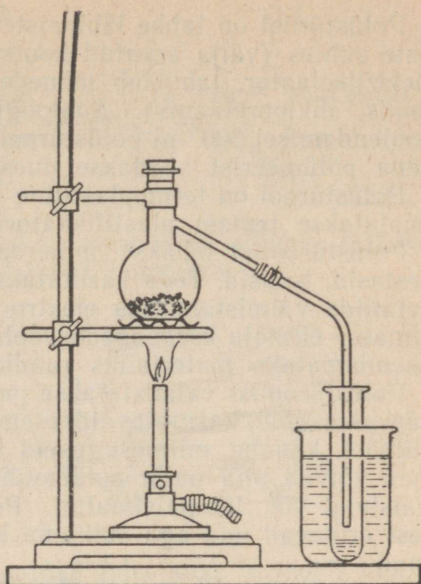


Polümetüülmetakrülaad on tahke, termoplastiline, väga läbipaistev aine. Ta laseb läbi kuni 73% temale langevatest ultravioletsetest kiirtest, kuna tavaline silikaatklaas laseb neid läbi ainult 0,6%. Oma läbipaistvuse tõttu hakati polümetüülmetakrülaati nimetama orgaaniliseks klaasiks.

Kuna polümetüülmetakrülaad on erakordselt läbipaistev, tugev ning väga kerge, siis kasutatakse teda aknaklaasina lennukite, laevade ja autode juures. Polümetüülmetakrülaadist tehakse mittepurunevaid läätsesid, kellanumbrilaudu ja kaitseklasse, paljusid tarbeesemeid, nagu vaase, kastikesi, kirjutustarbed, joonlaudud jm. Orgaanilist klaasi on kerge töödelda mehhaanilisel teel. Tema töötlemisel on võimalik kasutada liimimist, kuna ta lahustub mõningates orgaanilistes lahustites (näiteks diklooretaanis).

Erinevalt varem kirjeldatud polümeeridest polümetüülmetakrülaad võrdlemisi kergesti depolümeeriseerub, s. o. ta laguneb, kusjuures eraldub lähtena kasutatud monomeer. Lagunemiseks on küllaldane, kui soojendada orgaanilise klaasi tükke tavalises vedelike destilleerimise kolvis (joon. 4). 300° juures polümeer hakkab lagunema ja vastuvõtjasse koguneb monomeer — metüülmetakrülaad. Kui sel viisil saadud monomeerile lisada katalüsaatorit, siis soojendamisel hakkab vedelik mõne aja pärast uuesti polümeerisema klaasitaoliseks massiks.

Polümetüülmetakrülaadi puuduseks on võrdlemisi väike pindtugevus, mille tõttu orgaaniline klaas kriimustub võrdlemisi kergesti.



Joon. 4. Polümetüülmetakrülaadi depolümeerisimine.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

30. Kirjutage polümetüülmetakrülaadi struktuurvalemi. Määrake polümetüülmetakrülaadi polümeerisatsiooni aste, kui polümetüülmetakrülaadi keskmine molekulkaal on 60 000.

31. Kirjutage polümetüülmetakrülaadi depolümeerisemise võrrand.

32. Kuidas selgitada polümetüülmetakrülaadi keemilise ehituse põhjal tema väiksemat vastupidavust hapete ja leeliste lahuste suhtes (soojendamisel), võrreldes eespool vaadeldud polümeeridega?

12. Polüstürool.

Polüstürool saadakse stürooli $\text{CH}_2=\text{CH}$ polümeerisumisel.

$$\begin{array}{c} | \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$$

Polüstürool on tahke läbipaistev aine, vastupidav hapete ja leelistes suhtes (välja arvatud kontsentreeritud lämmastikhape), hea elektriisolaator, lahustub mõnedes orgaanilistes lahustites (bensoolis, diklooretaanis). Analoogiliselt polümetüülmetakrülaadile soojendamisel 300°-ni polüstürool depolümeeriseerub, mille tulemusena polümeerist saadakse uuesti stürool.

Polüstürool on termoplastiline ja kergesti vormitav. Tooted valmistatakse temast plastifikaatorit lisamata.

Polüstüroolist tehakse mineraalhapete nõusid, akumulaatorite kestasid, torusid. Teda kasutatakse samuti aga ka mitmesuguste detailide valmistamiseks elektro- ja raadiotehnikas ning kuna temasse ei mõju kõrgsagedusvoolud ega ultralühilained, siis on ta asendamatuks materjaliks raadiolokaatorites.

Polüstüroolist valmistatakse peale selle veel väga paljusid igapäevases elus kasutatavaid esemeid: vaagnaid, vaase, kastikesi, kujusid, kamme, mitmesuguseid laste mänguasju jne. Need esemed võivad olla nagu polümetüülmetakrülaadist esemedki läbipaistvad või läbipaistmatud. Polümetüülmetakrülaadist esemetest erinevad nad aga suurema kõlavuse poolest ning on hapramad.

Haprus on polüstürooli üks põhilistest puudustest, mis piirab tema kasutamisevõimalusi. Viimasel ajal on saadud mittehabras löögikindel polüstürooli liik, mis märgatavalt laiendab polüstürooli kasutamisalasid.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

33. Kirjutage stürooli polümeeriseerumise võrrand ja väljendage polüstürooli ehitus struktuurvalemina.

34. Kuidas selgitada polüstürooli mitteüllaldast vastupidavust kontsentreeritud lämmastikhappe suhtes?

35. Kuidas eraldada polüstüroolist esemeid polümetüülmetakrülaadist esemetest?

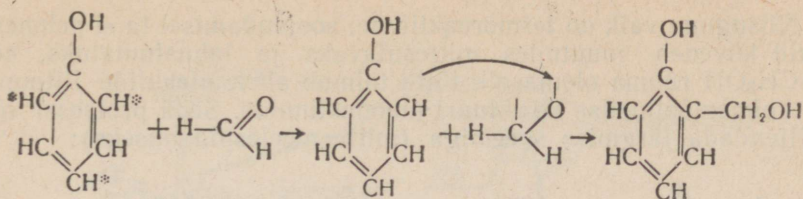
13. Fenool-formaldehüüdplastmassid.

Kõige rohkem valmistatakse tööstuses fenool-formaldehüüdplastmasse. Nende põhikoostisosa moodustab fenool-formaldehüüdvaik. Erinevalt eespool vaadeldud plastmassidest saadakse see kõrgmolekulaarne aine fenooli ja formaldehüüdi polükondensatsioonil. Reaktsioon toimub ainete segu soojendamisel katalüsaatorite — hapete või aluste — juuresolekul.

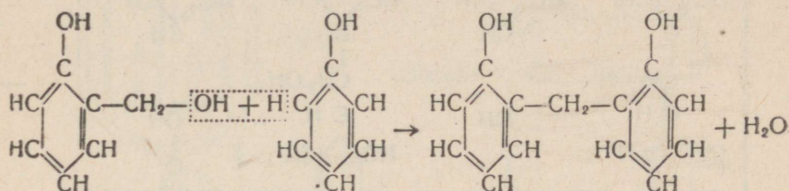
Nagu teada, on fenooli molekulis kolm vesiniku aatomit (skeemil

märkitud tärnikestega) liikuvad, kahekordne seos >C=O

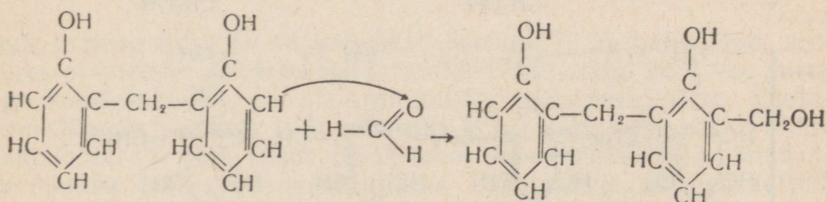
formaldehüüdi molekulis on aga võimeline astuma ühinemisreaktsiooni. Seetõttu fenooli ja formaldehüüdi vahel toimub järgmine reaktsioon:



Saadud ühend on nii fenool kui ka aromaatne alkohol, mis seejärel astub kondensatsioonreaktsioonile fenooliga:

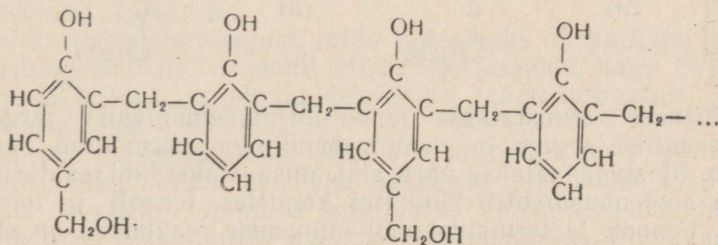


Moodustunud molekul, mis sisaldab juba kaks bensooli tuuma, ühineb uuesti formaldehüüdi molekuliga:

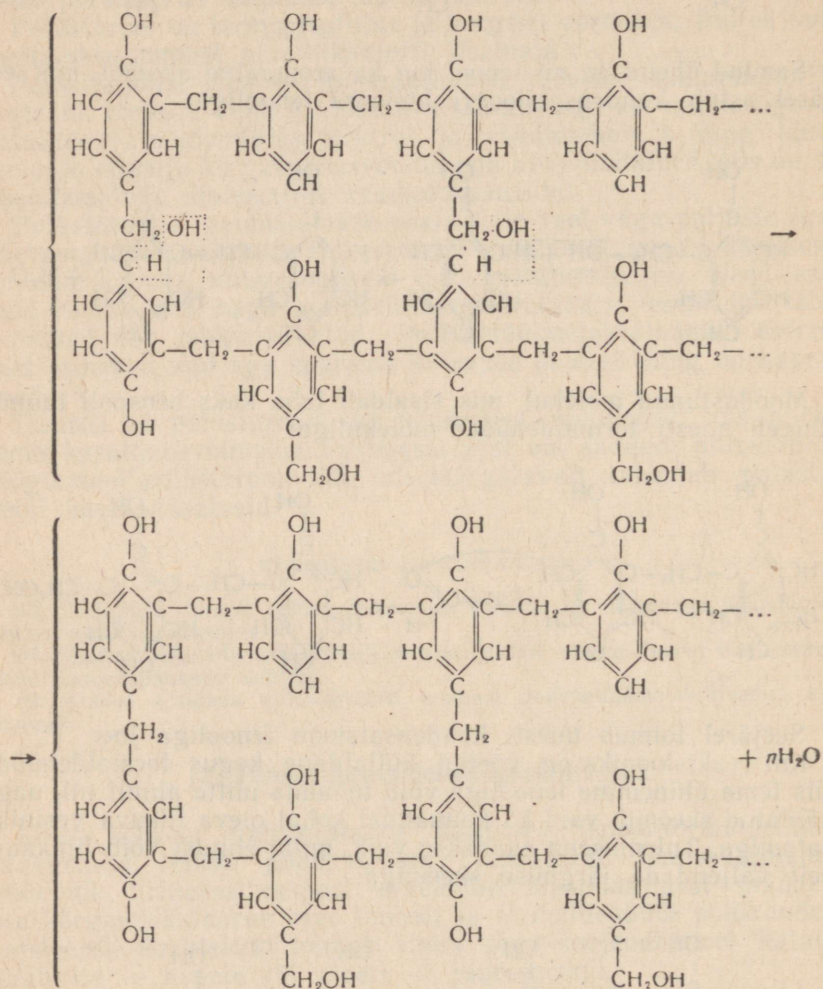


Seejärel toimub uuesti kondensatsioon fenooliga jne.

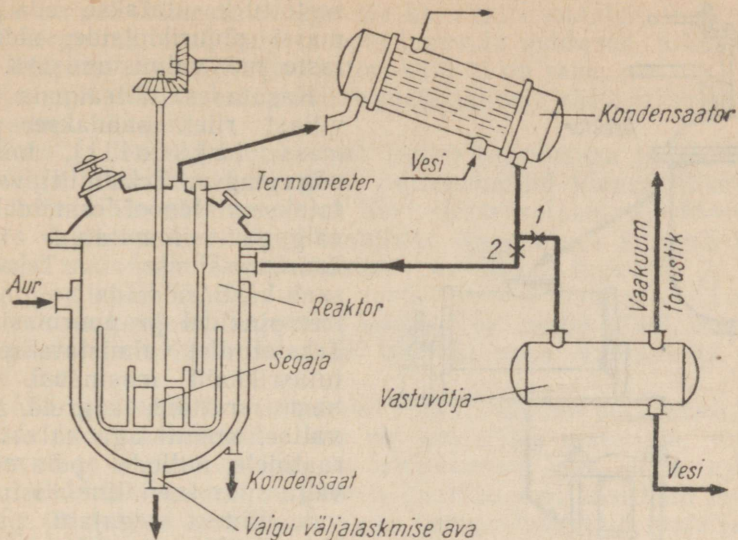
Kui reaktsiooniks on võetud küllaldane kogus formaldehüüdi, siis tema ühinemine fenooliga võib toimuda mitte ainult nii, nagu näidatud skeemil, vaid ka kolmandal kohal oleva liikuva vesiniku aatomiga. Tulemusena saadakse vaik, mille ehitust võib ligikaudselt väljendada järgmise skeemiga:



Niisugune vaik on termoreaktiivne: soojendamisel ta ei pehmene, vaid kõveneb, muutudes mittersulavaks ja lahustumatuks, sest $-\text{CH}_2\text{OH}$ rühma olemasolu tõttu toimub ahelmolekulide liitumine ja kolmemõõtmelise struktuuri moodustumine. Seda protsessi võib väljendada järgmise skeemiga (mitte meelepidamiseks):



Tööstuses valmistatakse fenool-formaldehüüdvaike järgmiselt. Mehhaanilise segaja ja mõõtevahenditega varustatud reaktoris (joon. 5) soojendatakse auru abil, mis lastakse läbi reaktori ümber oleva soojendusmantli, kindlates kogustes fenooli ja formaliiini segu. Fenooli ja formaldehüüdi ühinemise reaktsioon on eksotermiline, niistõttu pärast reaktsiooni algust temperatuur tõuseb eral-



Joon. 5. Seadis fenool-formaldehüüdvaigu saamiseks.

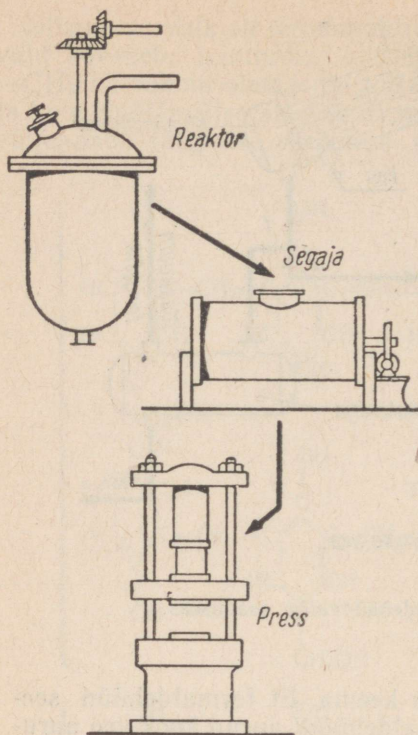
duva soojuse tõttu ja segu hakkab keema. Et formaldehüüd sejuures ei lenduks, jahutatakse formaldehüüdi aurud koos vee aurudega kondensaatoris ja lahus juhitakse uuesti reaktorisse. Reaktsiooni lõpuks koguneb vaik alumisse kihti; kuna vesi, mis eraldus reaktsioonil ja mis toodi reaktsiooni formaldehüüdiga, moodustab ülemise kihi. Vee eraldamiseks kasutatakse kondensaatorit püstjahutina ja, tekitades aparaadis vaakuumi, destilleeritakse vesi vastuvõtjasse. Kuivatatud vaik kujutab endast viskoosset massi, mis lastakse läbi alumise ava aparaadist välja. Tardunult sarnaneb ta merevaigu või kampoliga.

Fenool-formaldehüüdvaike kasutatakse väga mitmesuguste esemete tootmiseks. Need tooted on soojus- ja veekindlad, mehhaaniliselt tugevad ning head elektrisolaatorid.

Kõige enam kasutatakse fenool-formaldehüüdvaike segatult täiteainetega. Esemeteks töötlemine toimub peamiselt kuumpressimise meetodil (joon. 6).

Fenool-formaldehüüdvaigust, mille täiteaineks on puitjahu, saadakse kuumpressimise meetodil niisugused esemed, nagu elektrilülid, pistikupesad ja kahvlid, telefonide, radioaparaatide, televiisorite osad jm.

Kui täiteainena kasutatakse kiulisi materjale, nagu puuvilla kraasmeid, riidejätmeid jm., siis saadakse plastmass volokniit, mis on väga vastupidav kulumisele. Volokniiti kasutatakse näiteks metroos eskalaatorite astmete valmistamiseks. Plastmassil, mille täiteaineks on asbest, on väga suur hõõrdumiskoefitsient ning



Joon. 6. Fenool-formaldehüüdplastmassist esemete tootmise skeem.

seetõttu kasutatakse seda plastmassi piduriklotside, sidurike-taste jne. valmistamiseks.

Kasutades täiteainena puuvillast riidet, saadakse plastmass tekstoliit, mis on väga tugev. Tekstoliiti valmistatakse fenool-formaldehüüdvaiguga immutatud kanga kuumpressimisel. Tekstoliiti saab hästi töödelda treipinkidel, freespinkidel ja puurmasinatel. Tekstoliidist valmistatakse vastutusrikkaid masinaosi, nagu hammasrattaid, laagreid, pukse, valtse, samuti aga ka osi aparaatidele, millel pole nõutav väga suur keemiline vastupidavus, näiteks segajaid, pumpasid, rektifikatsiooni kolonne jne. Kasutades tekstoliidist hammasrattaid, muutub masina töö kätatuks. Tekstoliidist laagritel on väiksem hõõrdumiskoeffitsient kui tavalistest antifriktioonsetest sulamitest, nagu pronksist, babiidist jt. laagritel.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

36. Polümerisatsioonil saadud produkti kaal on võrdne teda moodustavate molekulide kogukaaluga. Kas see seaduspärasus võib kehtida ka nende ainete kohta, mis on saadud polükondensatsiooni teel? Miks?

37. Mispärast fenool-formaldehüüdplastmassid töödeldakse esemeteks peamiselt kuumpressimise meetodil?

38. Kas saab tekstoliidist detailide tükke uuesti töödelda esemeteks? Põhjendage vastust.

14. Plastmasside paremused.

Käsitlitud plastmasside põhjal me võime veenduda, kui mitmekesised ja praktiliselt hinnatavad on plastmasside omadused. Plastmassid ühendavad tihti endas mitmesuguste ainete parimaid omadusi, mis teeb nad mitte ainult füisväärtuslikeks asendajateks, vaid ka asendamatuks paljude tehniliste ülesannete lahendamisel. Selles seisnebki plastmasside põhiline paremus võrreldes teiste ainetega.

Tõepoolest, näiteks teras on väga tugev, kuid tal on suur eri-

kaal, ta pole läbipaistev ega ole ka elektriisolaator. Puit on küllalt kerge materjal, kuid ta pole tugev ja mädaneb. Silikaatklaas on läbipaistev ja elektriisolaator, kuid ta on rabe, jne.

Kaasaja tehnika areng esitab materjalidele väga mitmesuguseid ja suuri nõudeid.

Auto- ja lennukiehitus nõuab terase tugevusega ja väikese erikaaluga materjale, kergeid ja purunematuid klaase. Elektro- ja raadiotehniline tööstus nõuab häid elektriisolaatoreid. Masinaehituses vajatakse heade mehhaaniliste omadustega kergesti töödeldavaid materjale. Keemiatööstuses vajatakse tugevaid ja keemiliselt aktiivsete ainete suhtes vastupidavaid materjale. Elamuehitus nõuab kergeid, tugevaid, soojus- ja helikindlaid materjale. Igapäevase elu tarbeesemeteks on vaja ilusa välimusega materjale jne.

Kõiki neid keerukaid nõudmisi võib rahuldada plastmasside abil. Vaadeldud plastmasside seas me kohtasime materjale, mis olid tugevad ja ühtlasi ka kerged; läbipaistvad, kuid mitte rabedad; head elektriisolaatorid, milledega kaasnes veel teisi häid omadusi. Meile on tuntud keemiliselt palju vastupidavaid materjale kui kuld ja plaatina, materjale väga väikese ja, vastupidi, väga suure hõõrdumiskoefitsiendiga jne.

Võimalused kõige erinevamate omadustega plastmasside saamiseks on ammendamatud, sest nende valmistamiseks vajalikke monomeere on väga palju. Nagu me nägime, on peale selle võimalik veel muuta plastmasside omadusi täiteainete lisamisega.

Tänapäeval on näiteks teada ülimalt kerged sünteetilised ained — vahtplastmassid. Neid saadakse plastmassi segu soojendamisel mingi ainega, mis laguneb gaaside eraldumisega (näiteks ammoniumkarbonaadiga). Soojendamisel tekkinud gaas vahustab pehmenenud plastmassi ning tardunult jääb seetõttu plastmassi suur hulk väikseid gaasiga täidetud poore. Niisugune plastmass võib olla sada korda kergem terasest, mitu korda kergem korgist ning ta osutub ka väga heaks soojust ja heli isoleerivaks materjaliks. Vahtplastmasse kasutatakse veetranspordis pääste- ja ülesõiduvahendite valmistamiseks; samuti aga ka kerge mööbli, elumajade vaheseinte jne. valmistamiseks. Peale selle kasutatakse vahtplastmasse veel lennuasjanduses, vaguniehituses jm.

Grafiidi või mõnede teiste ainete kasutamine täiteainena andis võimaluse saada soojusjuhtivaid plastmasse soojusvahetusaparatuuride valmistamiseks.

Plastmassid, millede täiteaineks kasutada klaaskiudu, osutuvad eriti tugevateks. Selle omaduse poolest ei jää nad maha terasest ja seepärast on hakatud neid kasutama autode, autobusside ja kaatrite kergete ning tugevate kerede valmistamiseks.

Tänapäeval avastatakse kõige ootamatuid plastmasside kasutamisalasid. Nii näiteks juurutatakse neid praegu arstiteaduses. Plastmassist valmistatakse hambaproteese, näo osade ja jäsemete proteese. Vigastatud veresoonte asemel on hakatud kasutama

plastmassist torusid, vigastatud kuulmekile asemel — kunstlikke kilesid. On materjale, milliseid tulevikus kasutatakse keerukate kirurgiliste operatsioonide juures õmbluste teostamiseks ning mis hiljem jäljetult imenduvad organismis.

Raske on ette näha, milliseid plastmasside liike veel avastatakse ja milliseid uusi tähtsaid rakendusalasid need leiavad igapäevases elus.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

39. Nimetage plastmasse, mis on: a) tugevad ja kerged, b) läbipaistvad ja mittehavad, c) keemiliselt kõige vastupidavamad, d) kõige kergemad, e) head elektrisolaatorid, f) suure hõõrdumiskoeffitsiendiga.

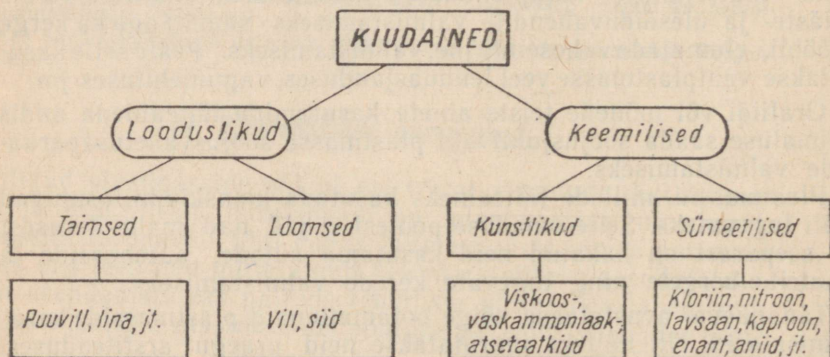
40. Nimetage plastmasse, mida kasutatakse: a) elektri- ja raadiotehnikas, b) keemia-aparaatide ehitamisel, c) masinaehituses, d) lennukiehituses, e) ehitustegevuses, f) igapäevases elus.

III peatükk.

SÜNTEETILISED KIUDAINED.

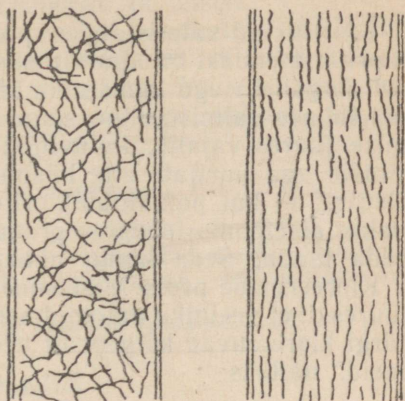
15. Kiudainete klassifikatsioon ja kiudainete ehitus.

Kõik kangaste valmistamiseks kasutatavad kiudained jaotatakse kahte rühma (joon. 7): looduslikud kiudained ja keemilised kiudained. Esimesse rühma kuuluvad kiudained, mida saadakse vahetult looduslikest kiulistest materjalidest, nagu puuvillast, linast, villast, siidist jne. Keemilised kiudained saadakse aga keemiliste meetodite abil ja need omakorda jaotatakse kahte alagruppi — kunstlikud kiudained ja sünteetilised kiudained. Kunstlikud kiudained saadakse looduslike kõrgmolekulaarsete ühendite (tselluloosi) keemilise töötlemise tulemusena, näiteks viskoos- ja atsetaatkiud. Sünteetilised kiudained saadakse kõrgmolekulaarsetest ühenditest (vaikudest), mis on saadud madalmolekulaarsete ainete sünteesil.



Joon. 7. Kiudainete klassifikatsioon.

Kiudude ehitust iseloomustab korrapärane ahelmolekulide asetus piki kiu telge (joon. 8). Niisuguse asetuse korral tekivad kius molekulide vahel suured külgetõmbejõud, mis põhjustavad kiu suure tugevuse. Mida suuremad on molekulid, seda suuremad on jõud, mis hoiavad neid üksteise ligi.



Joon. 8. Ahelmakromolekulide asetus; vasakul — korrapäratu; paremal — korrapärane, suunatud piki kiu telge.

Kiu saamine seisnebki esiteks selles, et saada suurte ahelmolekulidega aine ja teiseks selles, et saavutada nende korrapärane asetus piki kiu telge.

Kõrgmolekulaarsetes ühendites, mida kasutatakse nii kunstlike kui ka sünteetiliste kiudude tootmiseks, on molekulid asetatud korrapäratult. Et molekulid võiksid vabalt ümber asetuda ja võtta uue, korrapärase asetuse, peab nõrgendama molekulide vahelisi seoseid. Seda võib saavutada aine lahustamisega või sulatamisega. Vastavalt sellele on ka kaks keemiliste kiudude saamise viisi — ketramine lahusest ja ketramine sulanud olekust.

Lahusest ketramise viisiga me tutvusime viskooskiu tootmise juures (vt. õpik, lk. 152).

Sulanud olekust ketramise viis seisneb selles, et kõrgmolekulaarne aine surutakse läbi filjeeri ava. Moodustunud niidid jahutamisel tarduvad, mille järel juhitakse nad edasisele töötlemisele.

Juba aine läbiminekul filjeerist saavutatakse teatud korrapärane molekulide asetus. Täielikum molekulide orientatsioon piki telge saavutatakse aga kiu venitamisel, mida tavaliselt kasutatakse kiudude tootmise juures.

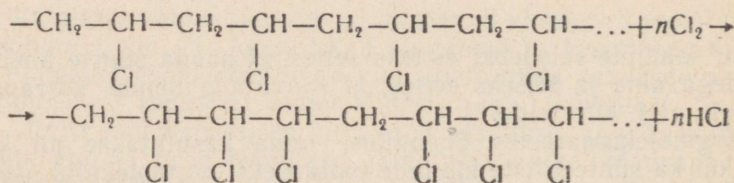
Kiudude tootmisel kasutatakse mõnikord neidsamu sünteetilisi vaike, mis plastmasside tootmiselgi. Nii valmistatakse näiteks kiude polüstüroolist, polütetrafluoretüleenist ja teistest ainetest. Sellistel kiududel on põhiliselt needsamad omadused, mis vastavatel plastmassidelgi; nad on näiteks head elektriisolaatorid ja keemiliselt väga vastupidavad.

41. Mis iseloomustab kiudude ehitust?
42. Kuidas saavutatakse molekulide korrapärase asetus kiududes?
43. Jutustage kunstliku viskooskui tootmisest.

16. Kloriinkiuud.

Kloriinkiuud valmistatakse polüvinüülkloriidi alusel. Polüvinüülkloriidist endast on kiudu raske saada, sest ta ei sula soojendamisel (laguneb) ega lahustu ka kättesaadavates lahustites. Sula aine või lahuse valmistamine, nagu eespool nägime, on aga kiu ketramise juures vajalik. Polüvinüülkloriidi hinnalised omadused püstitasid aga uurijate ette küsimuse leida temast kiu saamise viis. Osutus, et kui polüvinüülkloriidi täiendavalt kloreerida, siis saadakse atsetoonis lahustuv produkt ja saadud lahusest võib valmistada kiudu. Seda kiudu nimetatakse kloriiniks.

Kloreerimise protsess seisneb nagu süsivesinikkude kloreerimise juureski, et vesiniku aatomid asendatakse kloori aatomitega. Reegli järgi kloreeruvad kõigepealt need lülid, mis ei sisalda kloori aatomeid, näiteks:



Sõltuvalt reaktsiooni tingimustest kloreeritakse ahelmolekuliselt erinev lülide arv.

Selleks et saada kiudu, juhitakse kloreeritud polümeeri atsetoonlahus läbi filjeeri ning sealt edasi veega täidetud sadestusvanni. Atsetoon seejuures lahustub ning kloriin eraldub peenikeste kiududena. Saadud kiudu täiendavalt venitatakse, et molekulid orienteeruks ning kiud muutuks tugevamaks. Venitamise juures kiud pikeneb 3—5 korda.

Kloriinkiuud on keemiliselt väga vastupidav: temasse ei mõju mitte ainult tavalised happed ja leelised, vaid teatud aeg isegi mitte «kuningvesi». Ta ei põle, ei tursu vees, ei mädane ega koita. Saadud kiud soojendamisel laguneb ilma sulamata nii nagu polüvinüülkloriid. Lagunemisproduktide hulgas võib seejuures avastada mitte ainult kloorvesinikku, vaid ka kloori.

Kloriinist valmistatakse filtririiet hapete ja aluste jaoks, vaheseinu akumulaaatorite ja teiste keemiliste aparaatide jaoks, transportöörlinte, isolatsioonmaterjale, riietust keemiatööstuses töötajatele, pesu jne.

Kloriinist filtrikangad on 6—8 korda vastupidavamad kui tava-

lised puuvillased kangad. Kloriinkiust tehtud kalapüügivõrgud ei muuda oma omadusi mitmeaastase eksploatatsiooni vältel, kuna puuvillased võrgud juba 4 nädala jooksul kaotavad poole oma tugevusest. Osutus, et kloriini pesu omab ravivat toimet: hõõrdumisel ta mõnevõrra elektriseerub (pesu selgapanemisel pimedas on märgata sädelemist), mis avaldab tervendavat mõju niisugustele haigustele, nagu reumatism, radikuliit ja teised.

Kloriiniil on ka puudusi. Põhiline nendest puudustest on kloriini väike soojusvastupidavus; soojendamisel 80—90°-ni kiud märgatavalt deformeerub, edasisel soojendamisel aga hakkab lagunema. Seepärast kloriini esemeid ei tohi keeta ega triikida kuuma triikrauaga.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

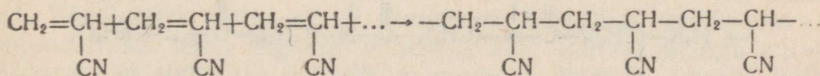
44. Koostage eespool toodud kloreeritud polüvinüülkloriidi ehituse skeemi põhjal tema struktuurvalemi. Arvutage kloori protsendiline sisaldus kloreeritud polüvinüülkloriidis ja võrrelge seda kloori sisaldusega polüvinüülkloriidis (vt. lk. 18).

45. Millega selgitatakse kloriini suurt keemilist vastupidavust?

17. Nitroonkiud.

Nitroonkiudu toodetakse polüakrüülnitriilist.

Akrüülnitriili polümeriseerumine toimub nagu paljude teiste etüleenide derivaatide puhulgi kahekordse seose $C=C$ abil; kolmekordne seos $C\equiv N$ polümerisatsiooni reaktsioonist osa ei võta:



Kiu ketramine (moodustumine) toimub tavaliselt polümeeri lahusest. Molekulide orienteerumiseks ja tugevuse suurendamiseks venitatakse saadud kiudu (soojendamisel) 8—12 korda.

Nitroonkiud on rohkem kui kaks korda tugevam villast, ta on palju vastupidavam soojusele kui kloriin, on valguskindel ega allu atmosfääri mõjudele. Nitroonkiul on küllalt suur keemiline vastupidavus, sealhulgas ka keskmise kontsentratsiooniga hapete ja aluste suhtes.

Nitroonkiud osutub väga hinnaliseks materjaliks autokatete põhiosa — koordriide valmistamisel¹, samuti aga ka filtririide, purjede, köite ja mitmesuguste tehniliste toodete valmistamisel.

Eriti suurt rakendust leiab ta niisuguste laiatarbekaupade, nagu üliriided, laua- ja ihupesu, kardinaid jne. tootmisel, sest peale tugevuse ja vastupidavuse ilmastiku, mõjude suhtes on ta veel pehme, kahune ja kõige enam teistest kiududest sarnaneb loodusliku villaga.

¹ Kangaid kasutatakse autokatete valmistamisel tugevuse suurendamiseks.

Nitrooni puuduseks on tema väike vastupidavus hõrdumisele, mille tõttu ta pole sobiv näiteks sukkade valmistamiseks.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

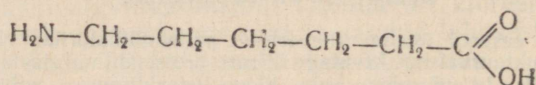
46. Kirjutage polüakrüülnitriili üldvalem.

47. Kirjeldage nitroonkiu omadusi ja nimetage tema peamised kasutamisalad.

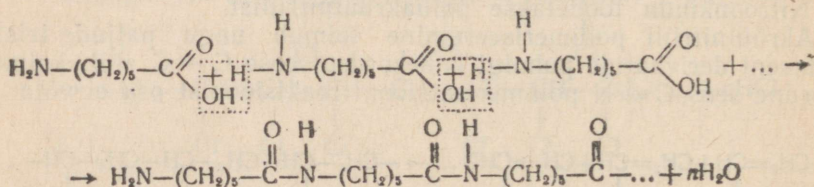
18. Kaproonkiud.

Sünteesilistest kiududest on kõige laialdasemalt tuntud kaproonkiud.

Kaproonkiudu saadakse amiinokaproonhappest¹:



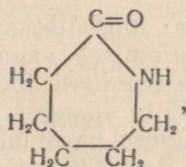
Kuna molekuli otstel on vastupidiste omadustega funktsionaalsed rühmad — aluseline ja happeline, siis astuvad selle happe molekulid polükondensatsioonreaktsiooni²:



¹ Kaproonhape $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$ on küllastatud

ühealuseliste karbonylhapete kuues liige.

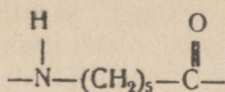
² Siin esitatakse kaprooni sünteesi lihtsustatult. Tegelikult kasutatakse monomeerina kaprolaktaami



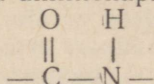
mille tsüklilised molekulid sünteesi protsessis veega hüdrolyüsuvad seose $-\text{C}-\text{N}-$ kohal, moodustades amiinokaproonhappe molekule.

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{C}-\text{N}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$$

See protsess toimub autoklaavis 250° juures. Protsessi tulemusena moodustub kõrgmolekulaarne kaproonvaik. Kaprooni molekulidel on ahelstruktuur ning nad sisaldavad kuni 200 amiinokaproonilüli:



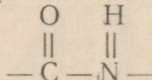
On kerge märgata, et amiinokaproonhappe molekulid reageerivad üksteisega niisamuti, nagu reageerivad amiinohapete molekulid polüpeptiidide moodustumisel (vt. õpik, lk. 166 ja siin lk. 13). Nagu polüpeptiidideski, on ka amiinokaproonhappe jäägid ühendatud omavahel amiidseostega



kuulub niinimetatud polüamiidkiudude rühma.

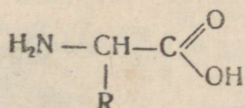
Amiidseose olemasolu tõttu on need kiud sarnased looduslike valkkiududega — villa ja siidiga. Polüamiidkiud, nagu valkkiudki, on suure mehhaanilise tugevusega; selles suhtes polüamiidkiud isegi märgatavalt ületavad looduslikke kiude.

Sarnaselt valkainetega on polüamiidid (kaproon) vähe vastupidavad hapete suhtes: seose



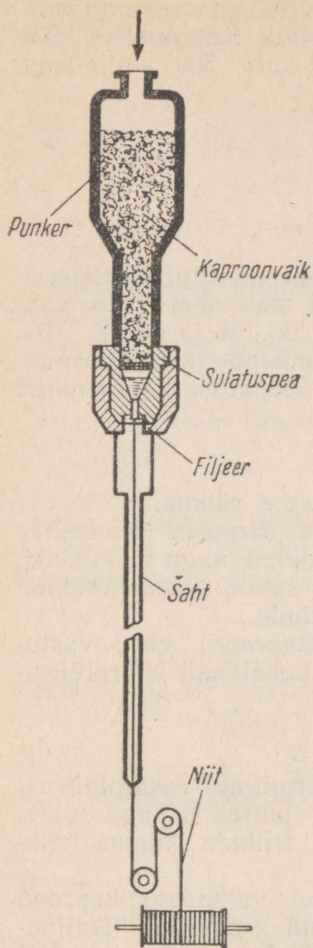
kohal nad hüdrolüüsuvad. Võrdlemisi väike on ka kaprooni termiline vastupidavus: soojendamisel tema tugevus väheneb, 215° juures ta aga sulab, mispärast ei soovitata kaproonist esemeid triikida kuuma triikrauaga.

Vaatamata mõningate omaduste sarnasusele valkudega, kaproon muidugi ei kuulu nende hulka. Kõik valgud koosnevad amiinohapetest, millistes amiinorühm ja karboksüülrühm asetsevad alati teineteisele väga lähedal ning mida võib väljendada üldvalemiga

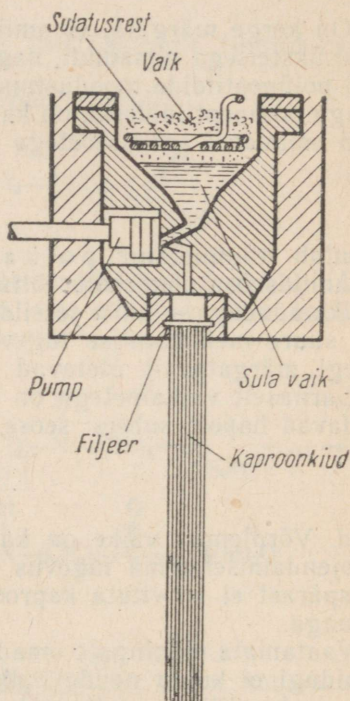


Amiinokaproonhappes need rühmad asetsevad võrdlemisi kaugel, olles eraldatud teineteisest viie CH₂ rühmaga; see võimaldabki saada ahelmolekuli ja ühtlasi ka kiu suure tugevuse.

Me kõik teame, kui laialdast kasutamist leiab tänapäeval kaproonkiud. Kaproonist pluusid, sallid, sokid, sukad ja paljud teised esemed on meeldivad ning nad on saanud juba tavaliseks meie



Joon. 9. Kaproonkiu saamise üldskeem.



Joon. 10. Sulatuspea ehituse skeem.



Joon. 11. Ketrusmasina sulatusrest: vasakul — külgsaade; paremal — pealtsaade.

igapäevases elus. Viimasel ajal on hakatud kaproonist valmistama isegi suurepäraseid karusnahkseid tooteid. Kaproonist tehakse tugevat koordriiet autokatete valmistamiseks, langevarjuriid, väga tugevaid köisi ja kaläpüügiriistu (sealhulgas ka õngenööre).

Kaproonvaiku kasutatakse samuti plastmassina mõningate masinaosade, nagu hammasrataste, laagriliidude jne. valmistamiseks, sest kaproonvaik on suurema tugevuse ja kulumiskindlusega kui vask, alumiinium, pronks või teised värvilised metallid.

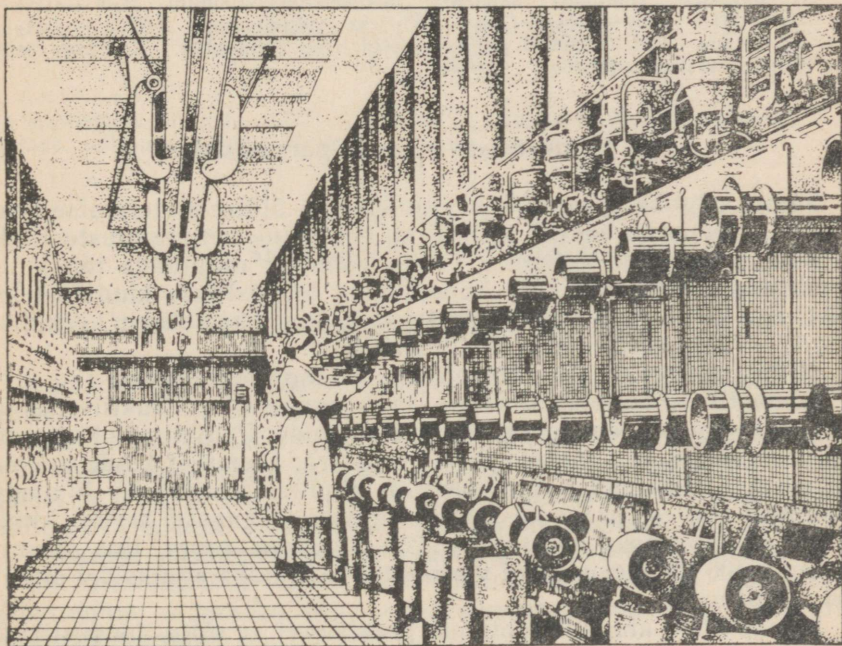
Kaproonkiu tootmises on kõige huvitavam ketramise protsess.

Erinevalt viskooskiust, kloriinist ja nitroonist ei moodustu kaproonkiud lahusest, vaid sulast polümeerist.

Kaproonniitide moodustumist on kerge jälgida katseliselt. Kui katseklaasis või keeduklaasis sulatada kaprooneseme tükke, kasta sulasse kaprooni klaaspulga ots ja seejärel tõmmata see sulast kaproonist välja, siis pulga järel venivad välja peened pikad kaproonniidid, mis õhu käes tarduvad.

Oma olemuselt samasugune protsess toimub ka kaproonkiu ketramisel tööstuses. Joonisel 9 on kujutatud kaproonkiu saamise üldskeem, joonistel 10 ja 11 on näidatud sulatuspea ehituse detailid ja ketrusmasina restid.

Peenendatud kaproonvaik suundub punkrist sulatamispeasse. Restil, mida soojendatakse kõrgemal temperatuuril keevate ainete



Joon. 12. Ketrusmasina üldvaade (joonisel on näha ketrusmasina alumine osa — šahtid ja poolid).

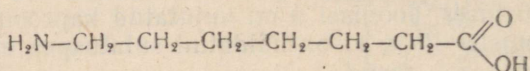
aurude abil, vaik sulab. Viskoosne sula vaik surutakse ketrusmasina pumba abil filjeeri, millest ta väljub peenikeste jugadena šahti, kuhu juhitakse külma õhku. Jahtudes sula vaik tardub peenikesteks niitideks. Need niidid väljuvad šahti alumisest osast ja keritakse suurtele silindrilistele rullidele — poolidele. Seejärel niidid keeratakse kokku kiududeks ja venitatakse erineva kiirusega. pöörlevatel valtsidel. Joonisel 12 on näidatud ketrusmasina üldvaade.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

48. Arvutage eespool toodud andmete põhjal kaprooni keskmine molekulkaal.

49. Milles seisneb kaprooni ja valkude ehituse ja omaduste sarnasus ning erinevus?

50. Enantkiud, mis erineb kaproonist suurema valgus- ja soojustupidavuse poolest, saadakse amiinoenantihappe



polükondensatsiooni produktist. Koostage amiinoenantihappe polükondensatsiooni võrrand ja kirjutage moodustunud kõrgmolekulaarse aine struktuurvalem.

51. Aniidkiud (nailoon) saadakse heksametüleendiamiini $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ ja adipiinhappe $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ polükondensatsiooni produktist. Koostage selle polükondensatsioonreaktsiooni võrrand.

19. Sünteetiliste kiudude paremused.

Seoses tehnika arenemise ja elanikkonna üldise materiaalse heaolu paranemisega kasvab kiiresti ka nõudmine mitmesuguste kiudainete järele. Seda nõudmist ei ole võimalik rahuldada täielikult looduslike kiudainete abil. Täienduseks looduslikele kiudainetele, tihti aga ka nende asemel, toodetakse kõikjal üha rohkem keemilisi kiude — kunstlikke ja eriti sünteetilisi.

Milles seisnevad siis sünteetiliste kiudude paremused?

Sünteetiliste kiudude saamine on märgatavalt produktiivsem ja ökonoomsem kui looduslike kiudude saamine. Puuvillakiud kasvab näiteks kolme kuu jooksul 3—4 cm võrra, keemilisi kiude kedratatakse aga kiirusega sajad meetrid minutis. Keemiliste kiudude tootmise suurest ökonoomsusest räägivad järgmised arvud: tonni puuvilla saamiseks kulutatakse 200 tööpäeva, tonni lina saamiseks — 400 tööpäeva, tonni viskooskiu saamiseks aga kokku ainult 50 tööpäeva.

Sünteetiliste kiudude tootmine praktiliselt ei sõltu looduslikest tingimustest. Et saada palju villa, on tarvis lammastele suuri karjamaid. Et kasvatada puuvilla, lina jne., on vaja viljakat maapinda. Naturaalsiidi saamiseks on vaja mooruspuude istandusi.

Kõikidel nendel juhtudel sõltub saagikus looduslikest tingimustest: põuast, vihmast, hilisest või varajases kevadest, sügise ja külma saabumisest. Sünteetiliste kiudude tootmist võib aga organiseerida peaaegu igas kohas ja seda ei mõjuta ilmastiku tingimused.

Paljudel juhtudel on sünteetiliste kiudude omadused paremad kui looduslikel kiududel. Me nägime, et võib saada kiude, mis ei kõdune, ei koita, on vastupidavad hapete ja leeliste suhtes, on head elektriisolaatorid ja tugevamad kui looduslikud kiud. Kõik see tingib sünteetiliste kiudude laialdase kasutamise tehnikas ja elanikkonnale vajalike esemete tootmises. Paljudel juhtudel on aga sünteetilised kiud täiesti asendamatud ning aitavad kaasa tehnika edasisele progressile.

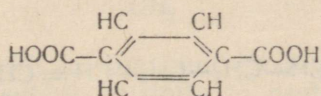
KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

52. Nimetage kiude, mis on a) keemiliselt kõige vastupidavamad, b) väga tugevad, c) head elektriisolaatorid.

53. Selgitage, miks koordriide valmistamisel kasutatakse puuvilla asemel kaprooni.

54. Miks kalapüügivõrgud valmistatakse peamiselt sünteetilisest kiududest? Millistest nimelt?

55. Lavsaankiud, mida iseloomustab suur kuumuskindlus ja mittekortsuvus, saadakse tereftaalhappe



ja etüleenglükooli $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ polükondensatsiooni produktist. Kirjutage selle reaktsiooni võrrand.

IV peatükk.

SÜNTEETILISED KAUTŠUKID.

20. Kautšukite omadused ja ehitus.

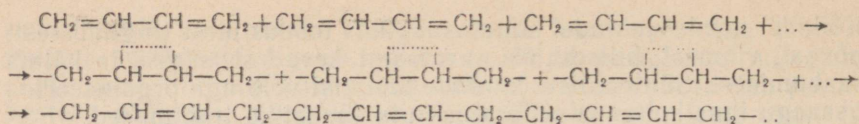
Kautšukitega tutvusime osaliselt juba orgaanilise keemia õppimisel.

Kautšukite tähtsaim omadus on nende suur elastsus, s. o. omadus muuta oma kuju mehhaanilise mõju (näiteks venitamise) tagajärjel ja seejärel kiiresti pöörduda oma lähteolekusse tagasi pärast selle mõju lakkamist. Kautšuki elastsus on tingitud tema ehitusest.

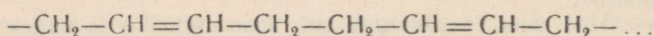
Tuletame meelde butadien- (divinüül-) kautšuki ehitust.

Butadienkautšuki saamiseks võetud lähteaine — butadieni (divinüüli) — molekulides on kaksikseosed, mistõttu aine võib polümeeriseeruda¹:

¹ Tegelikult on kautšuki molekuli ehitus palju keerulisem, kui see on kujutatud antud skeemil.

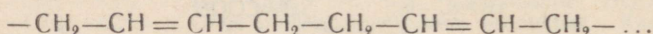


Moodustunud kautšuki molekulidel on ahelstruktuur. Molekulid on tugevasti kõverdatud ja väliste jõudude mõjul võivad end ajada sirgu. Koormuse eemaldamisel molekulid loomuliku soojusliikumise tagajärjel võtavad tagasi oma endise asendi. Selleks et kautšuki molekulid venitamisel muudaks ainult oma kuju, kuid ei asetuks teineteise suhtes ümber, mis võib esile kutsuda toote purunemise, kautšuk vulkaniseeritakse. Kautšuki vulkaniseerimise põhiline meetod seisneb tema soojendamises väävliga. Soojendamisel «õmmeldakse» väävli aatomite abil kinni mõningates kohtades kautšuki molekulid, mille tulemusena moodustub kolmemõõtmelise struktuuriga molekul. Butadieenkautšuki põhjal võime vulkaniseerimise protsessi skemaatiliselt kujutada ette järgmiselt:

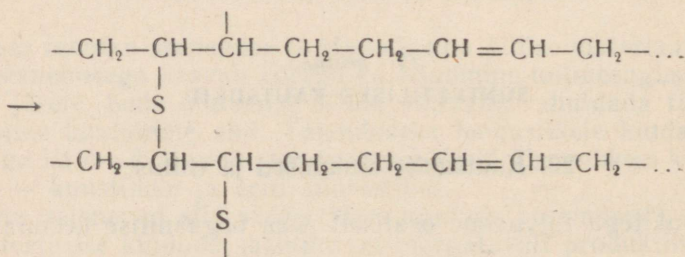


S

→



S



KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

56. Milles seisneb elastsuse ja plastilisuse erinevus?
57. Mis on ühist ja mis on erinevat kautšukite ja kiudude ehituses?

21. Isopreenkautšuk.

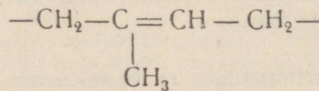
Enne kui asuda sünteetiliste kautšukite üksikasjalisemale vaatlemisele, teeme mõningad täiendused naturaalse (loodusliku) kautšuki kohta, millega hakkame edaspidi võrdlema teisi kautšukeid.

Naturaalse kautšuki kvalitatiivne ja kvantitatiivne analüüs näitab, et tema koostist võib väljendada lihtsaima valemiga C_5H_8 . Kui kautšukit soojendada, siis tema lagunemise produktides võib täheldada just niisuguse koostisega ainet. See on isopreen — küllastumata süsivesinik, mille molekulis $CH_2 = C - CH = CH_2$ on



kaks kahekordset seost ja mis erineb butadieenist ainult selle poolest, et tema molekulis on vesiniku aatomi asemel üks metüülrühm CH_3 .

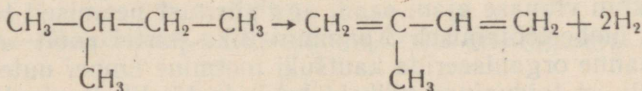
Seetõttu võib looduslikku kautšukit vaadelda polümeerina, mille üldvalem on $(C_5H_8)_n$ ja elementaarlüli



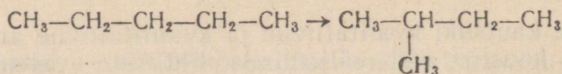
Naturaalsel kautšukil on väga suur elastus, mida ei ületa senini ükski sünteetiline kautšuk, mistõttu ta osutub väga hinnaliseks materjaliks autode ja lennukite rattakummide valmistamisel.

Liikumise ajal mõjub rattakummidele korduv deformatsioon — kokkusurumine, venitamine jm., mis kutsub kautšukis esile pideva molekulidevahelise hõõrdumise, mille tagajärjel kautšuk soojeneb ja järk-järgult kaotab oma omadused. Mida suurem on kautšuki elastsus, seda kergemini allub ta niisugusele deformatsioonile, seda väiksem on temperatuuri tõus temas ja seda pikema tööperioodiga on rattakummid. Seepärast kasutataksegi senini naturaalsel kautšukit, kui kõige elastsemat materjali, rattakummide tootmiseks, eriti raskekaaluliste ja kiiresti liikuvate masinate jaoks.

Kuna naturaalse kautšuki ressursid on piiratud, siis püüavad teadlased saada naturaalse kautšuki sarnast ainet sünteetiliselt. Eriti tähtis oli välja töötada isopreeni enda saamise ökonoomne meetod. Tänapäeval saadakse isopreeni naftagaasidest eraldatud isopentaani katalüütilisel dehüdreerimisel:



Isopreeni polümeriseerumisel võib saada isopreenkautšukit. Isopreeni saamisel võib lähteainena kasutada ka pentaani $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$, sest soojendamisel muutub ta vastavate katalüsaatorite juuresolekul isopentaaniks:



Isopreenkautšukil on ka omad puudused. Ta on vähe vastupidav lahustite — bensiini ja petrooleumi suhtes, mis lahustavad teda (kumm tursub nendes). Madalatel temperatuuridel kaotab isopreenkautšuk elastsuse.

Tänapäeva tehnika esitab nii erinevad ja sealjuures kõrged nõuded kautšukist valmistatud toodetele, et ühe universaalse kautšuki loomine, mis ühendaks endas kõik tarvilikud omadused, nagu suur elastsus, külma- ja kuumakindlus, vastupidavus lahusti suhtes, kulumiskindlus jne., oleks võimatu. Seepärast sünteesitakse tööstuses tänapäeval mitmesuguseid kautšukite liike, millistest igapähele on omad spetsiifilised omadused vastavalt nende nõuetele, mis temale esitatakse.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

58. Kuidas praktiliselt avastada küllastumatuid süsivesinikke kautšuki lagunemisproduktides?

59. Mispärast kautšuk vedelates süsivesinikkudes lahustub, kumm aga ainult tursub?

60. Kirjutage isopreeni polümeriseerumise võrrand analoogiliselt butadieni polümeriseerumise võrrandile ja andke isopreenkautšuki vulkaniseerimise skeem.

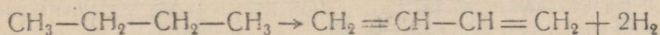
61. Millega selgitada, et raskekaaluliste ja kiiresti liikuvate masinate kumide valmistamisel kasutatakse ka tänapäeval naturaalselt kautšukit (segusünteesiga)?

22. Butadienkautšuk.

Butadienkautšuk on sünteetiliste kautšukite vanim ja peamine esindaja. Butadienkautšuki tootmise tööstuslik meetod on välja töötatud akadeemik S. V. Lebedevi poolt. Selle meetodi järgi saadakse etüülalkoholist butadien, mis polümeriseerub seejärel naatriumi juuresolekul kautšukiks. Butadienkautšukit peetakse kautšukiks selle sõna kõige laiemas mõttes ja teda kasutatakse väga mitmesuguste esemete, nagu autokummide, kummiriietuse, kinnaste, kaabliväliskestade, kummitehniliste toodete, mänguasjade jne. valmistamiseks.

Butadienkautšuki tootmisel kulutatakse ära väga palju etüülalkoholi; kuni viimase ajani saadi aga piiritust peamiselt teravilja ja kartuli ümbertöötamisel. Kommunistliku partei poolt on püstitatud ülesanne organiseerida kautšuki tootmine ümber uutele toorainetele nii, et toiduained võiksid kuuluda täielikult ainult toidu-

ainetetööstusele. Rikkalikuks toorainete allikaks kautšuki sünteetil osutused nafta lahkgaasid. Nendes gaasides sisalduvat butaani võib katalüütilise dehüdreerimise teel (teatud metalloksüüdide juuresolekul) muuta butadieeniks:



Selle meetodi järgi hakatakse lähemal ajal tootma butadieeni Sumgai sünteetilise kautšuki tehases Aserbaidžanis.

Tänapäeval kasutatakse aga ka butadieeni polümeriseerumise uut meetodit ilma metallilise naatriumi osavõtuta, nõndanimetatud emulsioon-polümerisatsiooni. Selle olemust vaatleme butadieenstüroolkautšuki käsitlemisel.

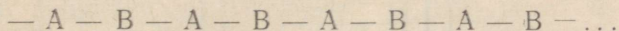
KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

62. Kirjutage järgmiste reaktsioonide võrrandid: $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 -)_n$. Millistes tingimustes kulgeb iga reaktsioon?

63. Kloropreeni ($\text{CH}_2 = \underset{\text{Cl}}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2$) polümeriseerumisel saadakse kloropreenkautšuk, mis on väga vastupidav valguse, soojuse ja lahustite suhtes. Koostage kloropreeni polümeriseerumise võrrand ja kirjutage tema struktuurivalem.

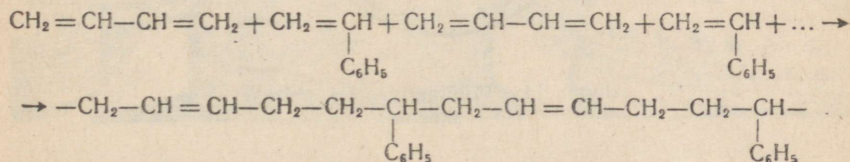
23. Butadieenstüroolkautšuk.

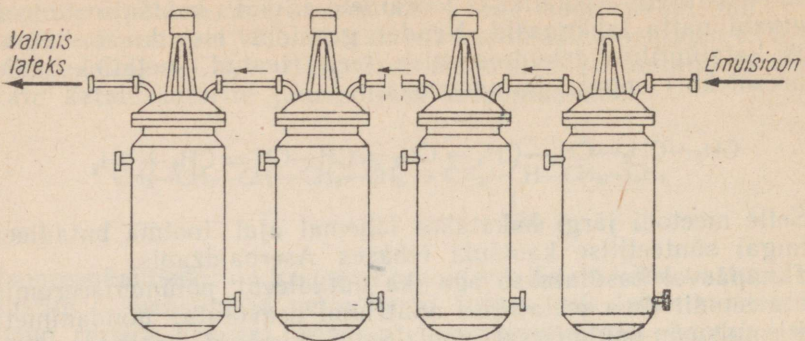
Tänapäeval leiavad sünteetiliste materjalide tootmisel polümeeride kõrval üha rohkem ja rohkem kasutamist kopolümeerid. Kopolümeerid on kõrgmolekulaarsed ained, mis saadakse kahe või enama erineva monomeeri samaaegsel polümeriseerumisel. Kui kopolümeer moodustub kahest monomeerist, siis, tähistanud need tähtedega A ja B, võib kopolümeeri makromolekuli ehitust väljendada järgmise skeemi abil:



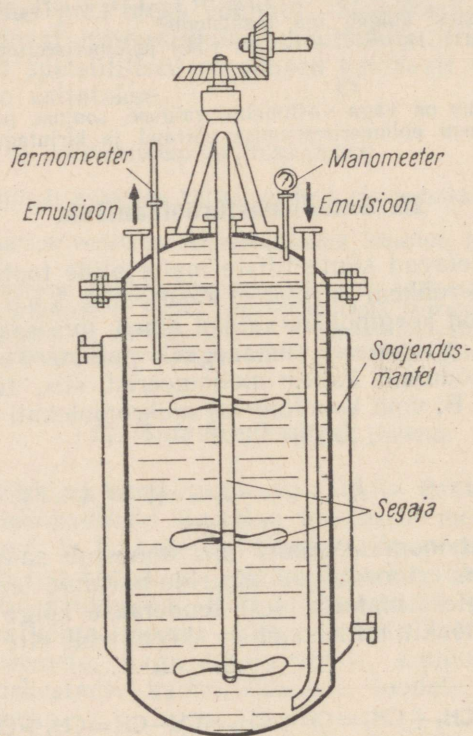
Kopolümerisatsioonreaktsiooni teel õnnestub saada aineid, mis ühendavad endas erinevate polümeeride parimad omadused.

Kopolümeerisest materjalidest toodetakse kõige rohkem butadieenstüroolkautšukit, mille saamise skeemi võib ette kujutada järgmisel kujul:





Joon. 13. Emulsioonpolümerisatsiooni polümerisaatorite patarei.



Joon. 14. Polümerisaatori ehituse skeem.

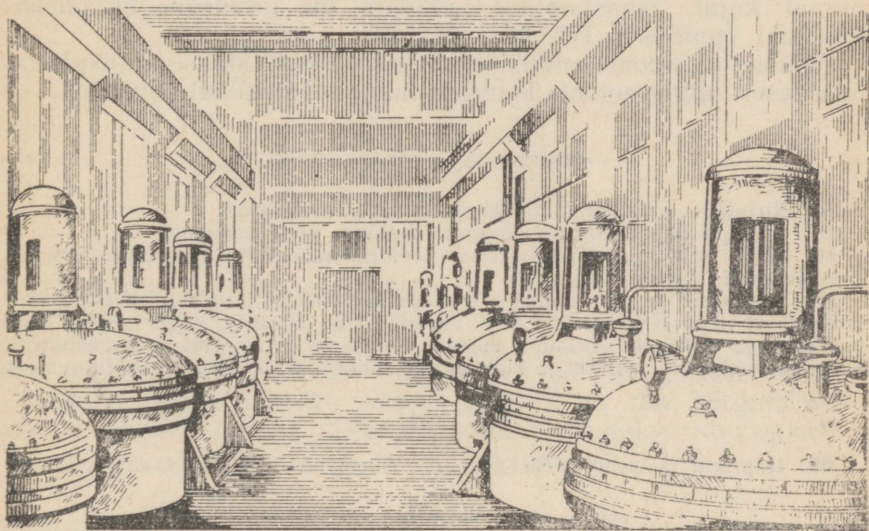
Stüroollülide olemasolu kopolümeeri ahelas põhjustab kautšuki suure mehhaanilise tugevuse, võrreldes butadienkautšukiga ja suurema kulumiskindluse kui naturaalsel kautšukil.

Butadienstüroolkautšuki tugevus võimaldab valmistada temast transportöörlinte ja mitmesuguseid teisi tehnilisi tooteid; kulumiskindlus on aga väga vajalik autokummade valmistamisel.

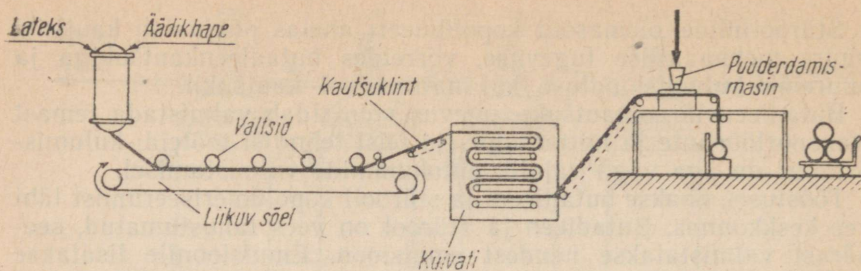
Tööstuses viiakse butadieni ja stürooli kopolümeriseerumist läbi vee keskkonnas. Butadien ja stürool on vees lahustumatud, seepärast valmistatakse nendest emulsioon. Emulsioonile lisatakse reaktsiooni katalüsaator ja stabiliseerivad ained, mis takistavad emulsiooni kihistumist.

Emulsioon surutakse pidevalt pumba abil järjestikku ühendatud polümerisaatorite patareisse (joon. 13). Polümerisaatori ehituse skeem on esitatud eraldi joonisel 14. Polümerisaatoril on segaja emulsiooni pidevaks segamiseks, termomeeter polümerisatsiooni temperatuuri kontrollimiseks ja manomeeter rõhu jälgimiseks aparadis. Väljastpoolt on polümerisaator ümbritsetud veesärgiga, mis võimaldab soojendada emulsiooni reaktsiooni alguses ja hiljem seda jahutada. Patareisse on ühendatud kuni 12 sellist polümerisaatorit (joonisel on toodud 4), ruumalaga igaüks kuni 20 m³. Polümerisaatorite patarei üldpilt on esitatud joonisel 15.

Emulsiooni läbiminekul polümerisaatoritest astub kuni 60% butadieni ja stürooli reaktsiooni. Kopolümeerikautšuk moodustub algul samuti emulsioonina — lateksina, mis väliselt mõnevõrra sarnaneb piimaga. Reageerimata monomeerid eraldatakse ja suunatakse uuesti kopolümerisatsiooni. Lateks töödeldakse äädikhappega, mille



Joon. 15. Butadienstüroolkautšuki tehase polümerisatsioonisaal.



Joon. 16. Kautšuki eraldamine linteraldusmasinal.

toimel ta koaguleerub ning mis siis suunatakse linteraldusmasi- nasse, kus toimub kautšuki eraldumine vedelikust.

Linteraldusmasin (joon. 16) kujutab endast trumlitel pöörlevat metallist linti, milles on palju avasid ja mis meenutab liikuvat sõela. Kui koaguleerunud lateks satub sellele sõelale, voolab vesi läbi sõela alla, polümeer aga vormitakse valtside abil lindiks. Sõelalt juhatakse kautšukilint kuivatisse, kus see kuivatatakse vastas- suunas liikuva kuuma õhuga. Kleepuvuse kõrvaldamiseks puuder- datakse lint talgiga ja keritakse siis rullidesse. Kautšukirullid suunatakse aga juba toodete valmistamiseks tööstustesse.

Polümerisatsiooni emulsioonmeetodil kui pideval ja tehniliselt küllaltki lihtsal meetodil on suured eelised, võrreldes nõndanimetat- tud polümerisatsiooni massimeetodiga (kui monomeer võetakse puhtal kujul, lahustamata), millega me tutvusime butadieen- kautšuki õppimisel (vt. õpik, lk. 63).

Polümerisatsiooni emulsioonmeetodit kasutatakse tänapäeval laialdaselt mitmesuguste kautšukiliikide tööstuslikul sünteesil.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

64. Kirjutage butadieenstüroolkautšuki struktuurvalemi.

65. Näidake butadieenstüroolkautšuki tootmise põhistaadiumid.

66. Milles seisneb polümerisatsiooni emulsioonmeetodi ja polümerisatsiooni massimeetodi vaheline erinevus?

67. Butadieeni ja akrüül-niitriili kopolümerisatsioonil saadakse butadieenni- riilkautšuk, mida iseloomustab suur vastupidavus lahustite, nagu bensiini, pet- rooleumi ja teiste süsivesinike suhtes. Koostage butadieeni ja akrüül-niitriili kopolümerisatsiooni võrrand ja kirjutage butadieenniiriilkautšuki struktuurvalemi.

68. Isopreeni ja isobutüleeni $\text{CH}_2 = \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ kopolümerisatsioonil saadakse butüül-

kautšuk, mida iseloomustab suur keemiline vastupidavus ja gaaside mitteläbi- laskvus. Koostage selle kautšuki saamise reaktsiooni võrrand.

24. Silikoonkautšuk.

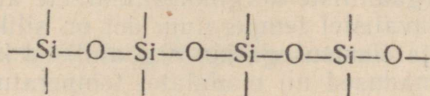
See kautšuki liik saadakse räni sisaldavatest orgaanilistest ainetest, nõndanimetatud räniorgaanilistest ühenditest. Sarnaselt süsinikule, mis moodustab kogu looma- ja taimeriigi aluse, on räni — süsiniku analoog — mineraalide ja kivimite põhielemendiks.

Nii nagu süsinikki on ka räni võimeline moodustama kõrgmolekulaarseid ühendeid. Tõepoolest, niisugusteks ühenditeks on ränidioksüüd ja looduslikud silikaadid — ränihappe soolad.

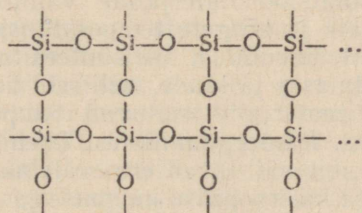
Põhiline erinevus süsiniku ja räni kõrgmolekulaarsete ühendite ehituses seisneb selles, et süsiniku aatomid on makromolekulides

seotud vahetult üksteisega $\begin{array}{ccccccc} & | & | & | & | & | & \\ - & C & - & C & - & C & - & C & - & C & - \\ & | & | & | & | & | & \end{array}$, rästi aato-

mid on aga seotud hapniku aatomite kaudu:

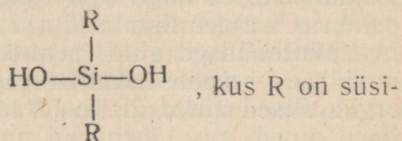


Ränidioksüüdil, mille koostist me väljendame valemiga SiO_2 , on tegelikult järgmine ehitus:

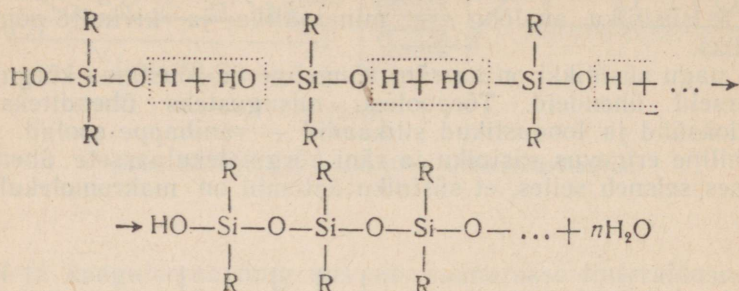


Teades ränidioksüüdi ehitust, on ka mõistetav, miks ta nii järevalt erineb oma omaduste poolest süsinikdioksüüdist $-CO_2$, mille molekulid koosnevad kolmest aatomist (ränidioksüüd on tahke aine, mis sulab väga raskesti; süsinikdioksüüd on gaasiline aine).

Silikoonkautšuk ühendab endas süsiniku ja räni kõrgmolekulaarsete ühendite ehituse. Silikoonkautšukit saadakse räniorgaanilistest ühendist, mille üldvalem on



vesinik-radikaal, näiteks — CH₃, — C₂H₅. Niisuguse üldvalemiga räniorgaanilistel ühenditel on molekulis kaks funktsionaalset rühma, mistõttu nad võivad astuda polükondensatsioonreaktsiooni:



Polükondensatsioonreaktsiooni tulemusena tekib ahelstruktuuriga kõrgmolekulaarne ühend, millel on orgaaniliste polümeeride elastsus ja anorgaaniliste kõrgmolekulaarsete ainete suur soojusvastupidavus. Tavalistel temperatuuridel on silikoonkautšuk väiksema tugevuse ja elastsusega kui orgaanilised kautšukid, kuid ta säilitab need omadused nii madalatel temperatuuridel kuni miinus 70°C kui ka kõrgetel temperatuuridel kuni pluss 400°C; 250°C juures võib teda aga kasutada pikemat aega. Niisuguseid omadusi ei ole puhtorgaanilistel kautšukitel.

Silikoonkautšukit kasutatakse seepärast nende kummitoodete, katete ja elektriisolatsioonmaterjalide valmistamiseks, milliseid kasutatakse madalate ja kõrgete temperatuuride tingimuses.

Räniorgaanilistest ühenditest ei sünteesita mitte ainult kautšukit, vaid ka plastmasse ja kiude, milliseid kasutatakse seal, kus teised sünteetilised materjalid osutuvad temperatuuri tingimuste tõttu mittekõlblikeks. Räniorgaanilistest ühenditest valmistatakse veel määrdeaineid, mis säilitavad erinevalt naftast saadud õlidest vajaliku viskoossuse ka troopilise kuumuse ja arktika tingimustes.

Räniorgaanilisi ühendeid kasutatakse laialdaselt esemete katmiseks õhukeste veekindlate kiledega. Niisugused silmale nähtamatud kiled kaitsevad hästi metallesemeid korrodeerumise eest, tagavad raamatute ja käsikirjade hea säilitavuse, teevad riided ja naha veekindlaks, kusjuures nende õhuläbilaskvus säilib jne.

Räniorgaaniliste ühendite põhjal näeme, et orgaaniliste ja anorgaaniliste ainete omaduste ühildamine viib uute omaduste tekkimisele, eelkõige aga suurele vastupidavusele soojendamise suhtes. Ületades tavalised ained kõikide näitajate poolest, ei suutnud sünteetilised ained senini võistelda metallidega ainult ühe omaduse — nende termilise vastupidavuse poolest. Kuna aga räniorgaanilised ained ületavad soojusvastupidavuse poolest orgaanilised ained, siis lähenevad nad mõnevõrra selles suhtes metalli-

dele. Võib loota, et orgaaniliste ja anorgaaniliste ainete edasisel ühildamisel koos teiste elementide, nagu boori, fosfori, arseeni, mitmesuguste metallide jne. sisseviimisega kõrgmolekulaarsetesse ainetesse õnnestub ületada praeguste polümeeride ainuke puudus — väike termiline vastupidavus. Sel juhul sünteetiliste ainete rakendusala veelgi laienevad ja looduslike materjalide asendamine toimub intensiivsemalt.

KÜSIMUSED JA ÜLESANDED.

69. Millega on selgitatav silikoonkautšuki suur termiline vastupidavus?

70. Räniorgaanilistest ühenditest üldvalemiga $\text{HO}-\overset{\text{R}}{\underset{\text{OH}}{\text{Si}}}-\text{OH}$ saadakse

kolmemõotmelise struktuuriga plastmass. Koostage polükondensatsioonreaktsiooni võrrand, mille tulemusena tekib selline aine.

25. Sünteetiliste materjalide tootmise areng.

Õppides tundma sünteetilisi kõrgmolekulaarseid aineid (polümeere) ja nendest saadud materjale, võisime veenduda, kui tugevasti kasvab nende osatähtsus kaasaja tööstuses, põllumajanduses, transpordis ja sideasjanduses, kultuurivaldkonnas ja igapäevases elus.

Sünteetiliste materjalide tööstus areneb kiiresti. Plastmasside maailmatoodang moodustas 1945. a. 500 tuhat tonni, 1957. a. kasvab see aga kuni 4100 tuhande tonnini, s. o. suurenes rohkem kui 8 korda. Keemiliste kiudainete tootmine tõusis 1930. aastal toodetud 207 tuhandelt tonnilt 2700 tuhande tonnini, s. o. suurenes 13 korda. Võib oletada, et 15—20 aasta pärast sünteetiliste materjalide maailmatoodang saavutab metallitoodangu taseme.

Revolutsioonieelsel Venemaal faktiliselt ei olnud keemiatööstust. Nõukogude võimu aastail loodi NSV Liidus võimas ja eesrindlik keemiatööstus. Keemiatööstuse kasvu tempolt me ületame praegu kõik kapitalistlikud maad, mahult on meil aga USA järel teine koht maailmas. Kuid me jääme maha mõnedest kapitalistlikest maadest kunstlike ja sünteetiliste kiudainete, plastmasside ja mitmesuguste sünteetiliste materjalide tootmises. Kommunistliku partei poolt on võetud 1959.—1965. aastateks vastu keemiatööstuse, eriti aga sünteetiliste materjalide ja nendest valmistatud tootmisooni tootmise kiirendamise programm. Selle programmi täitmise korral teeb NSV Liit suure hüppe polümeeride tootmise ning kasutamise alal, ületades kaugelt kõik teised maad ja saavutades taseme, mis on USA-l.

Et sünteetiliste materjalide tootmine võiks kiiresti areneda, peab olema küllaldaselt toorainet. Mis võiks olla tooraineks kõrgmolekulaarsete ainete sünteesil?

Pöördume meile tuttavate näidete juurde. Polüetüleeni tootmiseks on vaja etüleeni; polükloorvinüüli võib saada atsetüleenist ja etüleenist; et saada polüstürooli, on tarvis bensooli ja etüleeni; fenool-formaldehüüdplastmasside tootmiseks kasutatakse fenooli ja formaldehüüdi; kaprooni saadakse lähtudes fenoolist; kautšukite saamiseks on tarvis butaani, isopentaani jne.

Kust võib saada kõiki neid madalmolekulaarseid aineid? Paljude polümeeride tootmiseks vajaliku etüleeni allikaks on nafta ümbertöötamise ja söe koksistamise gaasid; atsetüleeni allikas on praegu kaltsiumkarbiid, edaspidi aga looduslikus gaasis sisalduv metaan; formaldehüüdi võib saada metaani oksüdeerumisel; bensooli ja fenooli saame naftast ja kivisöest; butaani ja isopentaani võib saada nafta lahkgaasidest ja nafta ümbertöötamise gaasidest jne.

Kui vaadelda edasi, millistest ainetest saab sünteesida teisi polümeere, siis näeme, et sünteetiliste materjalide tootmisel on põhilisteks tooraineteks looduslikud ja nafta lahkgaasid, nafta ümbertöötamise ja kivisöe koksistamise saadused — need on toorainete liigid, millele varud meie maal on väga suured.

Looduslik gaas ja nafta lahkgaasid kujutavad endast kõige odavamad toorainete allikat. Senini on neid kasutatud aga väga vähe keemiliseks ümbertöötamiseks. Praegu pühendatakse suurt tähelepanu keemilise sünteesi arengule loodusliku gaasi ja nafta lahkgaaside baasil.

Seitseaastaku plaanis ettenähtud naftatoodangu kahekordistamine ja söetoodangu koksistamise suurendamine 59—65% võrra aitab samuti kaasa polümeeride tootmiseks vajaliku tooraine saamisele.

Sünteetiliste materjalide tööstuse edukaks arenguks on vaja peale toorainete baasi olemasolu veel keemiatööstuse, masinaehituse ja teiste tootmisharude kõrge arengutase.

Keemiatööstus peab varustama sünteetiliste materjalide tööstust monomeeridega, hapetega, alustega, klooriga, plastifikaatoritega, katalüsaatoritega, initsiaatoritega jne. Masinaehitus ja teised tööstusettevõtted peavad andma mitmesuguseid aparatuure, masinaid, kontroll-mööteriistu jne.

Olles teatud sõltuvuses teiste tootmisharude arengu tasemest, mõjutab sünteetiliste materjalide tööstus omakorda ka nende tootmisharude arenemist, esitades kindlad nõudmised nende toodangule ja varustades neid uute sünteetiliste materjalidega.

Arvestades sünteetiliste materjalide tööstuse põhilisi toorainete allikaid ja sünteetiliste materjalide tööstuse seost teiste tootmisharudega, nähakse polümeeride tootmiseks ette uute tehaste ehitamist nafta ümbertöötamise tehaste rajoonidesse ja rajoonidesse, kus keemiatööstus on hästi arenenud.

Sünteetiliste materjalide tootmise ja üldse keemiatööstuse arendamise grandioossed plaanid nõuavad suure hulga hästi ettevalmistatud keemikute kaadri juurdevoolu. Leninlik komsomol, kes on ilmutanud rohkem kui kord suurt initsiatiivi meie maa ees seisvate uute ülesannete lahendamisel ja kes on kirjutanud palju kuulsaid lehekülgi meie rahva töövõitude ajalukku, võttis keemia, nafta ja gaasitööstuse ettevõtete ehitamise oma šefluse alla. See tähendab, et tuhanded ja tuhanded komsomoli kasvandikud — noormehed ja tütarlapsed — suunavad aastast aastasse siia oma jõude. Edukaks tööks kaasaegses keemiatööstuses on vaja sügavaid ja mitmekülgeid teadmisi. Keskkooli lõpetajate ees avanevad laialdased perspektiivid loominguliseks tööks keemiatööstuses, eriti aga sünteetiliste materjalide tööstuses, millele pühendatakse praegu suurt tähelepanu partei ja valitsuse poolt.

XIX sajandit nimetati auru ja elektrienergia sajandiks. Käesolevat sajandit, milles me elame, nimetatakse aga polümeeride ja aatomienergia sajandiks.

SISUKORD.

Sissejuhatus	3
I. peatükk. Sünteetiliste kõrgmolekulaarsete ainete (polümeeride) üldine iseloomustus	3
1. Molekulkaal ja polümeeride struktuur	3
2. Polümeeride omadused	7
3. Polümerisatsioonreaktsioonid. Tähtsaimad monomeerid, mida kasutatakse polümeeride sünteesil	8
4. Polümerisatsioonreaktsiooni mehhanism	11
5. Polükondensatsioonreaktsioon	13
II peatükk. Plastmassid	14
6. Mis on plastmassid. Plastmasside koostis	14
7. Plastmasside töötlemine toodeteks	15
8. Polüetüleen	17
9. Polüvinüülkloriid	18
10. Polütetrafluoretüleen	19
11. Polümetüülmetakrülaat	20
12. Polüstürool	21
13. Fenool-formaldehüüdplastmassid	22
14. Plastmasside paremused	26
III peatükk. Sünteetilised kiudained	28
15. Kiudainete klassifikatsioon ja kiudainete ehitus	28
16. Kloriinkiud	30
17. Nitroonkiud	31
18. Kaproonkiud	32
19. Sünteetiliste kiudude paremused	36
IV peatükk. Sünteetilised kautšukid	37
20. Kautšukite omadused ja ehitus	37
21. Isopreenkautšuk	39
22. Butadieenkautšuk	40
23. Butadieenstüroolkautšuk	41
24. Silikoonkautšuk	45
25. Sünteetiliste materjalide tootmise areng	47

Л. А. Цветков
СИНТЕТИЧЕСКИЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ
ВЕЩЕСТВА

Учебное пособие для X класса средней школы
На эстонском языке
Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

*

Toimetaja H. Karik
Tehniline toimetaja A. Tõnisson
Korrektorid E. Toots ja A. Kalberg

Ladumisele antud 25. II 1960. Trükkimisele
antud 12. III 1960. Paber 60×92, 1/16. Trüki-
poognaid 3,25, Arvutuspoognaid 3,18. Trüki-
arv 9000. Tellimise nr. 1384.
Trükikoda «Kommunist», Tallinn, Pikk t. 2.

Hind —.90 kop.

—90 kop.

A-23053

///

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 01015502 8