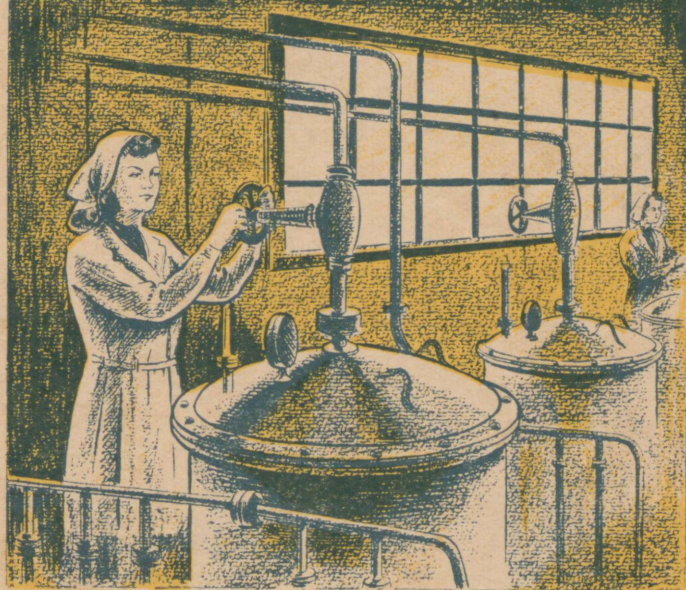


POPULAARTEADUSLIK  
SARI

*A.P. Krjutškov*

# KUNSTLIK KAUTŠUK



2/19448

A-16558

A. P. KRJUTŠKOV

# KUNSTLIK KAUTŠUK



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS  
TALLINN 1952

Originaali tiitel:

А. П. Крючков

ИСКУССТВЕННЫЙ КАУЧУК

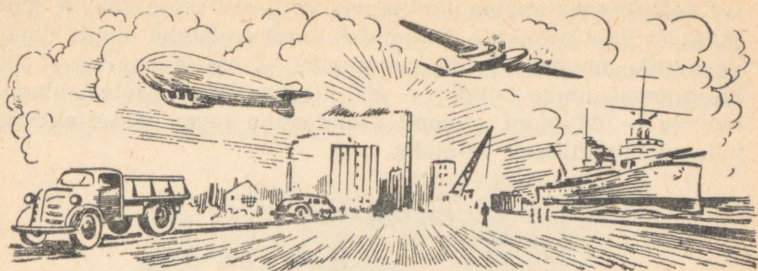
Государственное издательство технико-теоретической литературы  
Москва 1950 Ленинград

Tõlkinud A. Laine.

2

Tartu Riikliku Ülikooli  
Raamatukogu

19448



## SISSEJUHATUS

Paljud selle brošüüri lugejaist on arvatavasti kautšukit näinud, kuulnud temast aga on kindlasti kõik.

Sõna kautšuk on meil seotud kujuteluga millestki väga painduvast ja elastsest. „Kautšukinimesteks“ nimetatakse vahel tsirkustes võimlejaid, kellede pikaajaline treening lubab neil teha pealtvaatajaid hämmastavaid painduvaid liigutusi ja hüpeid.

Enamus ei tunne siiski kautšukit vaid kummit, mida valmistatakse kautšukist.

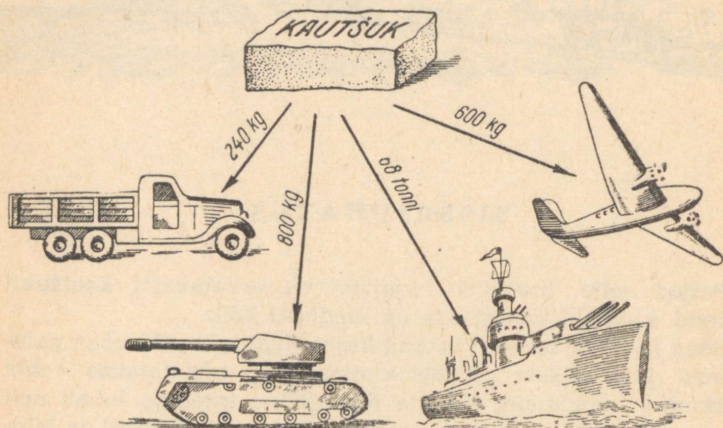
Kaasaegne kummitööstus toodab rohkem kui kolmkümmend tuhat erinevat liiki tooteid koos nende hulgaliste erisustega. Auto- ja lennukikummid, mitmesugused jalanõud, vihmamantlid, juhtmete isolatsioon ja paljud teised elu-olustikulise ning tehnilise tähtsusega tooted ning detailid on valmistatud kummist kautšuki baasil.

Kautšuk pole majandusele vähem tähtis kui metall, süsi või nafta. Ükski tööstusharu ei saaks kummitoodeteta normaalselt töötada.

Tõepoolest, kui kummi ära kaoks, ei saaks liikuda autod, ei saaks tõusta ega maanduda ükski lennuk, sest ei oleks kummirattaid. Jääksid seisma traktorid ning oleks häiritud tehaste töö, kuna poleks kummiisolatsioone, -voolikuid, -tihendeid jne.

Esimese sõjajärgse viie aasta plaani järgi tuli käiku lasta 5900 tehast, kaevandust, elektrijaama ja kõrgahju, ning igale nendest oli tarvis kautšukit. 1950. aastal tuli välja lasta ainult üht tüüpi veoautosid 428 000. Ja igaüht neist masinaist tuli „saabastada“ kautšukist valmistatud kummidega.

Kautšuki tarvitamise ulatuse üle võib otsustada kasvõi selle järgi, et kautšuki kulu kummidetailideks näiteks ainult ühele veoautole moodustab 240 kilogrammi, ühele lennukile — 600 kilogrammi, ühele tankile — 800 kilogrammi, suurele lahingulaevale — 68 tonni. Kummi asendamine teiste materjalidega pole siin praktiliselt võimalik.



Joon. 1. Iga lennuki, tanki, auto ehitamiseks on vaja sadu kilogramme kautšukit; ühe laeva jaoks vajatakse teda kümneid tonne.

Seega näeme, millist hiiglasuurt osa etendab kautšuk ja kui tähtis on igale riigile teda omada.

Tutvustada lugejat selle suurepärase aine omadustega, samuti aga nõukogude keemiateaduse ja -tehnika väljapaistva saavutusega — kunstliku kautšuki tööstusliku tootmisega — on selle raamatukese eesmärk.

## 1. KUIDAS KAUTŠUK LEITI JA KUIDAS TEDA KASUTAMA ÕPITI

Euroopa elanike esimene tutvus loodusliku kautšukiga langeb XV saj. lõppu, Ameerika avastamise aega. Ajal, mil laevad seisid Haiti saare ranniku ääres, vaatlesid kuulsa mereõitja Christoph Kolumbuse reisikaaslased pärismaalaste mängu palliga, mis oli valmistatud eurooplastele tundmatust tumedast, raskest ainest. See oligi k a u t š u k.

Tõlkes indiaani keelest tähendab sõna „kautšuk“ puu pisaraid (kaa — puu, o-tšu — nutma). Nendeks „pisarateks“ on paks valge piimmahl — lateks. Amazonase jõe kallaste elanikud koguvad seda troopikas kasvava kautšukipuu hevea koore sisselõikeist (joon. 2.). Õhu käes lateks kalgastub ning muutub tumedaks tõrvataoliseks aineks.



Joon. 2. Kautšukiistandustes põletavalt kuumas troopikas kogutakse tilkhaaval hevea lateksit.

Mitmesuguste imeasjade hulgas tõi Kolumbus meretagustest maadest Euroopasse ka kautšukitükke. Kuid kautšuk ei huvitanud kedagi.

Möödus rohkem kui kakssada aastat. 1735. aastal korraldas Pariisi Teaduste Akadeemia teadusliku ekspeditsiooni ekvaatorile, millest võttis osa ka teadlane Ch. Condamine. See uurija, Venemaa Teaduste Akadeemia liige, tõi Euroopasse terve kautšukinäidiste kollektsiooni ning kirjeldas esimesena üksikasjaliselt, kuidas heveast kautšukit saadakse ja kuidas indiaanlased seda pudelite, veekindlate saabaste, vihmamantlite jne. valmistamiseks kasutavad.

Aja jooksul hakkasid reisijate poolt ookeani tagant toodud pärismaalaste veekindlad jalanõud ning rõivad ikka enam ja enam tähelepanu köitma. Peale selle sai teatavaks, et kautšukit saab tarvitada kustutusikummina (meie ajal igale koolipoisile tuntud kustutusikumi oli tol ajal suur imeasi, huvitades isegi teadlasi). Kuid valmistada veekindlaid rõivaid ja jalanõusid polnud tol ajal Euroopas veel võimalik: teel üle ookeani kalgastus Brasiilias kogutud lateks, moodustades kõvakautšuki tükke, milliseid inimesed ei osanud veel kasutada.

Kautšuki omandamisel oli suureks sammuks edasi ettevõtliku keemiku C. Macintoshi ettepanek. 1819. aastal soovitas ta lahustada kautšukit kivisöe kuivdestilleerimisel saadavas kerges õlis — solventnaftas. Saadud lahust võis nagu lateksitki kanda riidele ning teha see veekindlaks. Kautšukiga immutatud riidest valmistati vihmamantleid. Mantlid levisid kiiresti ja neid nimetatakse veel seniajani mäkintošsideks.

Algul näis nagu oleks kautšukil vihmamantlite, kalosside, soojenduskottide ja teiste toodete kujul kindlustatud laialdane levik kogu maailmas. Kuid kahjuks tabas nende toodete kasutajaid pettumus. Kautšukist esemed osutusid täiesti vastupidamatuks temperatuuri muutustele. Oli küllalt kergest külmast — ja kalossid muutusid kõvaks nagu puu, vihmamantlid aga tõmbusid õlgadel kaardu nagu oleksid nad tehtud plekist. Kui läks palavaks, siis muutusid kautšukist esemed pehmeks ning kleepuvaiks. Nii sattus vaevalt arenema hakanud kautšukitoodete tööstus juba algul ummikusse.

Kuid juba oli saabunud kautšuki ajajärk. Oli saabunud elektri ja mehaanilise transpordi ajajärk, mis nõudis määratu suurtes kogustes kautšukit.

XIX sajandi neljakümnendail aastail avastati, et kui kautšukit koos väävliga kuumutada, siis muudab ta järsult oma omadusi. Ta kaotab kleepuvuse, muutub vastupidavaks, tõmbub kergesti kokku peale venitamist ja — mis peasi — on vastupidav temperatuuri muutustele.

Seda uut produkti nimetatigi hiljem k u m m i k s, toorkautšuki kummiks muundumise protsessi väävliga kuumutamisel aga v u l k a n i s e e r i m i s e k s.

On huvitav märkida, et juba ammu enne seda avastust olid Brasiilia pärismaalased tuttavad kautšuki suurepärase omadusega vulkaniseeruda. Nagu on teada, segasid nad lateksi väävlit sisaldava pulbriga, kuivatasiid segu päikese käes ära ja said mittekleepuvad ning elastsed kelmed, millel oli võime pärast venitamist kiiresti kokku tõmbuda.

Vulkaniseerimise avastamine andis võimsa tõuke kummitoodete valmistamise arenemisele.

Kautšukile hakati lisama peale väävli mitmesuguseid lisan-deid: nõge — vastupidavuse tõstmiseks, värvaineid — värvi-miseks, kriiti — toodete odavdamiseks jne. Täiustati samuti kummitoodete valmistamise menetlusi.

Kummitööstus hakkas kiiresti arenema, see aga kutsus oma-korda esile loodusliku kautšuki tootmise tormilise kasvu. Kautšuki primitiivne tootmine üksikutest Brasiilia metsades kasvavatest heveapuudest ei suutnud enam rahuldada kautšukivajadust. 1876. aastal vedasid inglased pettuse teel Bra-siiliast välja 70 000 heveaseemet ja asutasid kunstlikud kautšukiistandused oma troopilistes kolooniates.

Edasine naturaalkautšuki maailmatootmise arengulugu on täis ägeda, armutu konkurentsi näiteid kapitalistlike riikide, eriti Inglismaa ja Ameerika Ühendriikide vahel.

Sellest ajast, millal Kolumbus külastas Haiti saart, möödus rohkem kui kolmsada aastat enne kui eurooplased õppisid valmistama kautšukist mitmesuguseid heakvaliteedilisi too-teid.

Kautšukitarvidus kasvas ainuüksi ühe aastasaja jooksul vulkaniseerimise avastamise momendist rohkem kui 2000 korda.

Käesoleva sajandi kahekümnendail aastail algas kautšuki tarvitamise eriti kiire kasv. See oli seotud peasjalikult põhi-lise kautšukitarvitaja — autotööstuse — arenguga, mis nõudis kuni 80% kogu kautšukitoodangust. Sel ajal loodi suured heveaistandused Aasia kaguosas (Malaka poolsaarel, Sumatra, Jaava, Borneo ja Tseiloni saarel), Aafrikas ja Lõuna-Ameeri-kas. Pärismaalaste töö muutus neis istandusis julmima eksplua-tatsiooni objektiks. „Kautšuk — see on surm“ — sai Kongo neegrite kõnekäänuks.

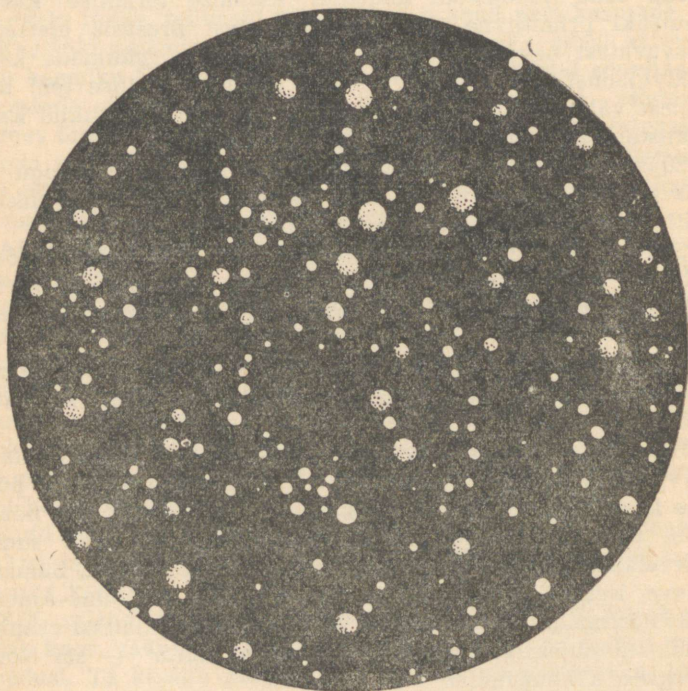
Teise maailmasõja eel moodustas heveaistanduste all oleva maa pindala juba rohkem kui 3,5 miljonit hektaari, loodusliku kautšuki maailmatoodang ulatus aga 1,2 miljoni tonnini aas-tas.

Millega seletada siis kautšuki tootmise ja tarvitamise sellist kiiret kasvu? Milles seisab tema kui tehnilise materjali eba-hariliku edu põhjus?

Vastust neile küsimustele tuleb otsida selle loodusliku aine suurepära-stest omadustest.

## 2. LOODUSLIK KAUTŠUK

Kui võtta tilk veega lahjendatud hevea lateksit ja vaadelda seda tugevasti suurendavas mikroskoobis, siis võime näha, et vees hõljub hulk kautšuki väiksemaid osakesi — gloobuleid (joon. 3). Nad on kera- või pirnikujulised.



Joon. 3. Vaadeldes lateksit mikroskoobis tugeva suurenduse juures, näeme seesugust pilti.

Gloobulite mõõted pole ühesugused. Tavalises, küllalt tugevas, kuni 2000 korda suurendavas mikroskoobis me näeme ainult kümnendikku kõigist gloobuleist. Nende keskmine läbimõõt võrdub 1,5 mikroniga (mikron on üks tuhandik osa millimeetrist). Ulejäänud üheksal kümnendikul lateksi gloobulitel on läbimõõt keskmiselt vähem kui 0,5 mikronit ja nad

pole harilikus mikroskoobis nähtavad. Neid saab vaadelda ainult ultramikroskoobi abil.<sup>1</sup>

Kõik kautšuki osakesed on lateksis elavas liikumises. Gloobulite liikumise põhjuseks on pidevalt soojusliikumises olevate vee molekulide tõuked nende vastu.

Kuigi lateksis hõljuvad ning harilikkudes mikroskoopides nähtamatud kautšukimolekulid on väga väikesed, õnnestus teadlastel ometi teravmeelsete ja peente aparatuuride abil üksikud gloobulid katki lõigata ning tundma õppida nende ehitust. Gloobulid osutusid keerukateks moodustisteks. Gloobuli sees kõvast kautšukist kestas asub poolvedel kautšuk, kuna gloobuli välise kihi moodustab valkudest ning teistest ainetest kest.

Gloobulite arv lateksis on määratu suur. 35-protsendilise hevea lateksi ühes grammis on rohkem kui 600 miljardit gloobulit!

Vaatamata väikestele mõõdetele on kautšuki gloobulid lateksis molekulidega võrreldes ometi määratu suured. Valkude hii-gelmolekulide läbimõõtu mõõdetakse millimeetri miljondikosakestega, lateksis hõljuvate kautšukikerakeste läbimõõtu aga, nagu me varem rääkisime, millimeetri tuhandikosadega. Viimased on seega ligikaudu tuhat korda suuremad. Kui aga võrrelda kautšuki gloobuleid hariliku suurusega molekulidega, näiteks vee molekulidega, siis näeme, et gloobulid on kümneid tuhandeid kordi neist suuremad.

Kautšuki lateks sarnaneb hariliku piimaga, ainult et piim kujutab endast vees hõljuvate väikeste rasvatilgakeste massi (emulsiooni), lateks aga vees hõljuvaid kautšukiosakesi (dispersiooni). Brasiilia hevea lateks sisaldab umbes 35% kautšukit, ülejäänul on vesi ning mitmesugused lisandid. Rõõsas koos on rasva märgatavalt vähem.

Kastes mitmesuguseid vorme lateksisse ning seejärel kuivatades nende pinnal tekkinud kiled ning vulkaniseerides viimaseid, võime saada mitmesuguseid tooteid — meditsiinilisi kindaid, kummipalle jne. Lateksiga võime samuti immutada ja kokku liimida mitmesuguseid aineid. Seepärast kasutatakse lateksit mikropoorse eboniidi (kõvakummi), gummeeritud asbestpapi, kunstnaha, tihendusmaterjalide jne. tootmisel.

Lateksi põhimass töötatakse ümber kõvaks kautšukiks. See töötlemine põhineb ühel väga huvitaval lateksi omadusel — tema võimel koaguleeruda, s. o. kalgastuda.

---

<sup>1</sup> Ultramikroskoobi kohta vt. B. N. Suslovi brošüüri „Tolmukübe-  
mete ja molekulide vahel“, Tallinn, 1952.

Puhas lateks puhtas klaasnõus võib jääda kaua aega muutumatuks. Seejuures märgatakse ainult osa gloobulite pinnale tõusmist (seesama toimub ka piima seismisel: rasvatilgad kogunevad ülemisse kihti ja moodustavad koore). Kuid lisades lateksile kas või väikese koguse mingisugust hapet, näit. äädikhapet, kalgendub ta kiiresti: algul ühinevad üksikud gloobulid ja lateksisse ilmuvad üksikud kämbad, seejärel aga sadestuvad suured kautšukihelbed. Seda protsessi nimetataksegi koagulatsiooniks. Ta sarnaneb väga piima kalgendumise-ga: pärast kautšuki eraldumist jääb järele vedelik analoogiliselt peale kohupiima eraldumist järele jäänud piimaveele.

Miks ühinevad siis omavahel kautšukiosakesed koaguleerumisel?

Igal gloobulil lateksis on negatiivne elektrilaeng. Tänu sellele, et kõik osakesed on ühesuguselt laetud, ei saa nad üksteisega ühineda (samanimelised laengud tõukuvad).

Selleks, et ühendada kautšuki osakesi, tuleb neid neutraliseerida, s. o. kaotada nende elektrilaengud. See toimubki, kui lateksile lisada mingit hapet. Happe molekulid lagunevad vesilahustes elektriliselt laetud osakesteks: positiivselt laetud vesiniku ionideks ja negatiivselt laetud happejääkideks — ionideks (nende koostis on erisugustel hapetel erinev). Vesiniku ionid tõmbuvad gloobulite külge ning neutraliseerivad nende laengud. Laengud kaotanud gloobulid ühinevad kergesti üksteisega.

Selline on koagulatsiooniprotsessi olemus, millel on suur tähtsus loodusliku ja, nagu me hiljem näeme, ka kunstliku kautšuki tootmisel.

Lateksist sadestunud kautšuk eraldatakse vedelikust, pestakse, kuivatatakse ja saadetakse pressitud pallide kujul kummitehastesse.

Looduslik kautšuk kuulub looduslike kolloidide hulka.<sup>1</sup>

Looduslikul kautšukil on terve rida väärtuslikke omadusi. Puhas kautšuk on veest kergem ning seepärast ujub sellel. Kautšuk ei lahustu vees, ent lahustub bensiinis, bensoolis, eetris ja teistes lenduvais vedelikes. Neid lahuseid kasutatakse laiaulatuslikult kummitööstuses liimidena: pärast lahusti aurustumist moodustab kautšuk tugevad kiled.

Kautšuk ei juhi elektrivoolu, mis on väga tähtis elektrijuhtmete isolatsiooni valmistamisel.

---

<sup>1</sup> Kolloidide kohta vt. B. N. Suslovi brošüüri „Tolmukübemete ja molekulide vahel“, Tallinn, 1952.

Kautšuk on painduv ja veniv materjal. Peale selle kautšuk ei lase gaase läbi. Need omadused lubavad teda kasutada mitmesuguste balloonide, õhukummide, gaasitorbikute, igasuguste voolikute ning sellesarnaste, tihti tunduva rõhumise all gaasidega töötamise jaoks määratud toodete valmistamiseks.

Kautšuk ei lase absoluutselt vett läbi, olles seega väärtusliku materjaliks veekindlate toodete valmistamisel (vihmamantlid, keebid).

Kautšuk on väga painduv ja vastupidav. Kautšukiplaati võib sadu tuhandeid kordi edasi-tagasi painutada ning kokku keerata, ilma et ta puruneks.

Kautšuk on ka väga vastupidav hõõrdumisele. Seda võib näha kas või kautšuktaldade kandeajast: neid saab palju kauem kanda kui nahktaldu. Kautšuki suur vastupidavus ja elastsus teevad ta asendamatuks materjaliks mitmesuguste veekindlate toodete — kinnaste, kalosside jt. valmistamisel.

Kautšuki tähtsaimaks omaduseks on tema elastsus, s. o. omadus kiiresti taastada oma esialgne kuju pärast seda, kui on lakanud kuju muutuse põhjustanud jõu mõju. Võtke kautšukiribake ja venitage seda, seejärel aga laske lahti. Riba tõmbub kiiresti kokku peaaegu endiste mõõdeteni.

Sellist elastsust, mis on looduslikul kautšukil, pole ühelgi teisel nüüdisajal tuntud ainel. Isegi parimate plastmasside, kunstlike kiudainete ja teiste looduslike või kunstlike produktide proovikehad pole võimelised selliselt venima ja kokku tõmbuma, nagu kautšuk.

Vulkaniseeritud kautšuk — kummi — on toorkautšukist veelgi vastupidavam ja elastsem. Spetsiaalsed kummisordid ületavad hõõrdumisele vastupidavuses terase. 1 cm<sup>2</sup>-se ristlõikepinnaga kummipael võib mõningail juhtudel kanda kuni 350-kilogrammist raskust! Kummi võib venida kümme korda pikemaks, seejärel aga kokku tõmbuda peaaegu esialgsete mõõdeteni.

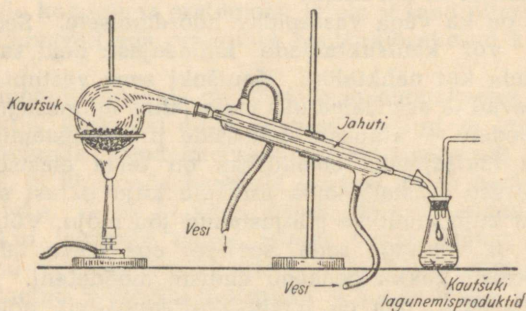
Kautšuk on imeteldud ja hinnatud veel selle poolest, et temas ühtuvad õnnelikult tähtsad tehnilised omadused. Tõepoolest, kui me võtaksime puitu või rauda, kivi või plastmassi, terast või ükskõik millist teist ainet, me ei leiaks neis kautšukile omaste omaduste ühinemist. Sellepärast ongi kautšuk asendamatu kõigis toodetes, kus teda tarvitatakse, on see siis auto- või lennukikummid, aerostaat, elastsed tihendid, kalossid või tuukriülikond.

### 3. MIS ON KAUTŠUK?

Kaua aega tarvitasid inimesed kautšukit, teadmata, millest ta koosneb. Kuid kautšuki ebatavalised omadused ja ta kõrge praktiline väärtus sundisid õpetlasi üha sügavamini ja sügavamini seda ainet tundma õppima.

Millest koosneb kautšuk? Milline on ta keemiline päritolu? Kas võis oletada, et kautšukil on keerukas koostis ja ehitus ning millised nad nimelt on?

XIX saj. kolmekümnendail aastail tehti kindlaks, et kautšuk koosneb süsivesinikest, s. o. sellistest keemilistest aine-



Joon. 4. Kõrge temperatuuri mõjul ja õhu puudumisel kautšuk laguneb.

test, mis moodustuvad süsiniku ja vesiniku ühinemisel. Kuid kaua aega ei teatud, millised süsivesinikud nimelt kuuluvad kautšuki koostisse; tuntakse ju palju süsiniku ühendeid vesinikuga.

Et vastata sellele küsimusele, otsustasid teadlased kasutada kautšuki kuivdestillatsiooni, s. o. tema kuumutamist õhu juurdepääsuta. Kuivdestillatsioonil lagunevad tahked kütused koostisosadeks. Võib-olla kautšuki kuivdestillatsioon selgitabki, millest kautšuk koosneb?

Looduslikku kautšukit kuumutati aeglaselt klaasretordis (joon. 4). 120° temperatuuril muutus kautšuk pehmeks. 250° temperatuuril hakkas ta lagunema, retordis tekkisid valged aurud. Edasisel temperatuuri tõstmisel muutus kautšuk tihedaks pruuni värvusega õliks. Kuivdestilleerimise lõpuks loeti aurude eraldumise lakkamist retordist. Pärast destilleerimist jäi retordi põhja must kõva tükike.

Retordist eraldunud valged aurud (vt. joon. 4) kondenseerusid jahutit läbides vedelikuks. See vedelik oli kuivdestilleerimisel saadud mitmesuguste süsivesinikkude segu. Nende eraldamine toimus järgulise ehk fraktsioneeriva destillatsiooni abil. Vedeliku aeglasel soojenemisel eraldusid tema koostisosad järk-järgult üksteise järel. Alguses aurusid kõige madalama keemistemperatuuriga fraktsioonid, seejärel kõrgemal temperatuuril keevad fraktsioonid. Üksikud fraktsioonid kogunesid (pärast veeldumist jahutajas) puhastesse anumatesse. Pärast seda määrati nende koostis.

Tehti kindlaks, et sõltuvalt kuivdestilleerimise tingimustest annab kautšuk koostiselt erisugused fraktsioonid. Ent millist kautšuki proovi ka ei võetud, millised destilleerimise tingimused ka ei olnud, ilmnes alati 33—34° temperatuuril keev fraktsioon. Selle fraktsiooni moodustas süsivesinik isopreen.

Isopreeni molekuli keemiline valem on  $C_5H_8$ . See valem näitab, et isopreeni molekul koosneb viiest süsinikuaatomist ( $C_5$ ) ja kaheksast vesinikuaatomist ( $H_8$ ).

Varsti äratas teadlaste huvi asjaolu, et isopreen, värvitu põlev vedelik, paksenes õhu käes seismisel. Tõsi, seejuures saadud tootel ei olnud mingit tehnilist väärtust ja ta polnud üldse sarnane kautšukiga. Sellest hoolimata väljendati arvamust, et isopreen just ongi see süsivesinik, millest saab looduslikes tingimustes mingisuguste keerukate mõjude toimel looduslikku kautšukit. See mõte avaldati juba XIX sajandi seitsmekümnendail aastail. Paljud tolle aja teadlased hakkasid pidama loodusliku kautšuki esivanemaks isopreeni.

Nüüd kerkis teadlaste ette teine ülesanne: kas poleks võimalik sünteesida kautšukit, s. o. saada lihtainet isopreeni lihtsaist molekulist kunstlikul teel?

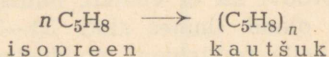
Kas poleks võimalik asendada heveas aeglaselt kulgevat kautšuki looduslikku sünteesi kiirema keemilise sünteesiga?

See ülesanne lahendati möödunud sajandi lõpul. Kuumutades kautšuki kuivdestilleerimisel eraldunud isopreeni koos kange soolhappega, said teadlased loodusliku kautšukiga sarnaneva aine. Kuivdestilleerimisel andis uus aine uuesti isopreeni. Uhelt poolt kinnitas see katse lõplikult, et kautšuk koosneb isopreenist, teiselt poolt aga näitas, et kautšukit on võimalik saada ka keemilisel teel. See oli tähelepanuväärne avastus. On selge, et kautšuki saamisel isopreenist, mida omakorda saadi kautšukist, ei olnud mingit praktilist mõtet. Kuid avastusel oli suur

teaduslik, teoreetiline tähtsus: ta näitas suuna, mida mööda tuli uurival mõttel edaspidi minna kunstliku kautšuki loomisel.

Teadlased hakkasid vaatlema looduslikku kautšukit kui paljude isopreeni molekulide ühinemise produkti, teiste sõnadega, kui isopreeni polümeeri (kreeka keeles „polü“ — palju, „meros“ — osa).

Keemias on raske valemiteta läbi saada. Nende abil võib väga lühidalt, näitlikult ning täpselt väljendada keemilist protsessi. Kautšuki moodustumist isopreenist, isopreeni polümeerisumist võib väljendada nii:



See kirjutis näitab, et suur arv ( $n$ ) isopreeni molekule polümeeriseerub üheks suureks keerukaks kautšuki molekuliks.

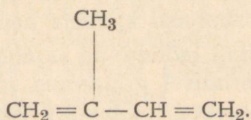
Kautšuki molekuli moodustamisest osavõtivate isopreeni molekulide arv võib ületada 3000. Molekulide maailmas on kautšuki molekulid hiiglased. Kautšuki molekul on umbes 100 000—200 000 korda vesiniku molekulist raskem. Sellegi poolest pole kautšuki molekule võimalik vaadelda mikroskoobis, neid ei saa kaaluda ka kõige tundlikumate analüütiliste kaaludega.

Millisel viisil on siis isopreeni molekulid polümeeris-kautšukis omavahel ühendunud, kuidas on ehitatud kautšuki molekul?

Keemikud leidsid vastuse ka sellele küsimusele.

Kui on vaja tingimata näidata, kuidas on üksikud aatomid molekulis ühendunud, siis võetakse abiks nn. struktuurvalemid ehk ehitusvalemid.

Isopreeni molekuli  $\text{C}_5\text{H}_8$  struktuurvalem näeb nii välja:

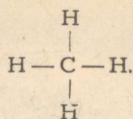


See valem näitab, et isopreenil on kaks nn. kaksikseost. Kaksikseost märgitakse kahe kriipsukesega.

Mida tähistavad siis kaksikseosed molekulis?

Iga süsinikuaatom võib liita endaga neli vesinikuaatomit (öeldakse: „süsinik on neljavalentne“). Kui iga süsinikuaatomi kõik neli seost on ühendatud teiste aatomitega, siis

nimetatakse keemilist ühendit küllastunuks. Sellise ühendi lihtsaimaks näiteks võib olla gaas metaan — CH<sub>4</sub>:

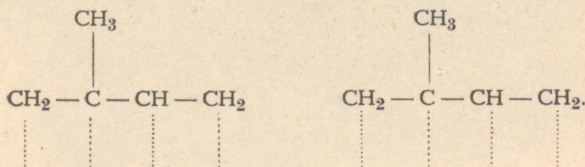


Kuid on ka teist liiki ühendeid, millistes kahe naaber-süsinikuaatomi seosed pole täielikult küllastunud. Sel juhul tekiavad süsinikuaatomite vahel kaksikseosed. Näitena võiks tuua küllastumatu süsivesiniku isopreeni.

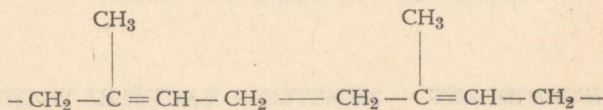
Küllastumatud ühendid reageerivad kergesti teiste ainetega, sest üks seostest igas kaksikseoses pole püsiv: ta katkeb kergesti ja katkemise kohal teostub liitumine teiste aatomitega. Isopreeni molekulide kaksikseoste olemasolu tõttu liituvad nad üksteisega pikkadeks kautšuki ahelmolekulideks.

Küsimus sellest, kuidas liituvad üksteisega isopreeni molekulid polümerisatsioonil, huvitab uurijaid veel tänapäevgi. Lihtsustatult võib seda protsessi kujutleda järgmiselt:

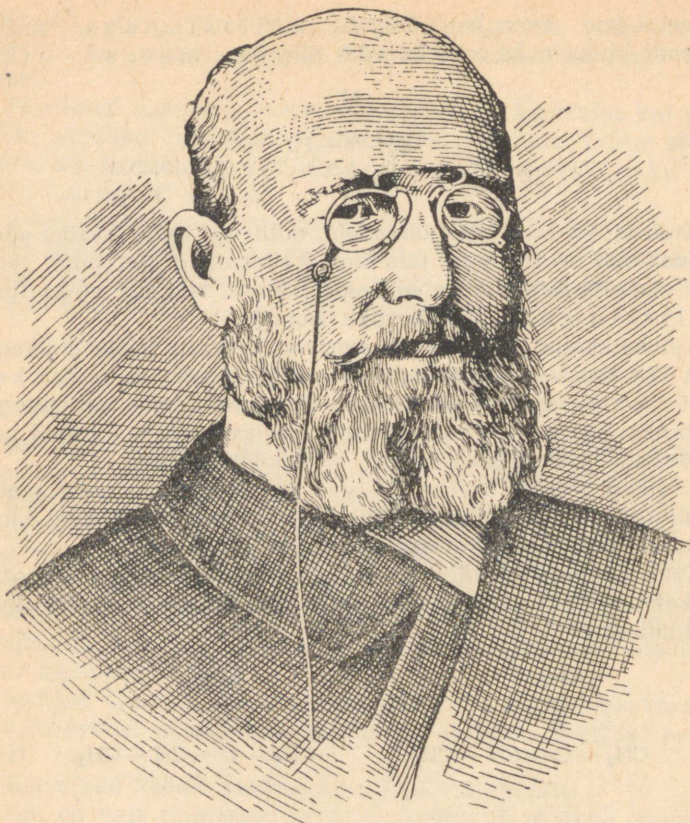
Kahel isopreeni molekulil toimub ebapüsivate kaksikseoste katkemine, ühes vahepealsete valentside (näidatud punktiiriga) tekkimisega:



Iga molekuli keskmised seosed ühinevad omavahel, moodustades kaksikseosed, kaks äärmist seost aga lähevad mõlemate molekulide ühendamiseks.



Tulemusena saadakse keerukam molekul — dimeer, mis koosneb kahest ümberkujunenud isopreeni molekulist. Sellel „kaksikmolekulil“ on otstes küllastumatud seosed ja ta võib liita järgmisi isopreeni molekule. Nii toimub üksikutest lüli-dest järkjärguline pikkade ahelate — loodusliku isopreenkautšuki molekulide moodustumine.



Aleksander Mihhailovitš Butlerov, kuulus vene keemik  
(sündis 1828. aastal, suri 1886. aastal).

#### 4. NÕUKOGUDE LIIT — KUNSTLIKU KAUTŠUKI TÖÖSTUSE KODUMAA

Sedamööda, kuidas kasvas huvi kautšuki vastu, hakkasid mitmete maade teadlased otsima teid odava isopreeni kui kunstliku kautšuki sünteesi tooraine saamiseks. Kuid varsti selgus, et isopreeni saamine on seotud väga suurte raskustega.



Aleksei Jevgrafovitš Favorski, väljapaistev vene keemik  
(sündis 1860. aastal, suri 1945. aastal).

Siis otsustasid uurijad leida teisi aineid, teisi küllastumatuid süsivesinikke, millistest oleks võimalik saada kautšukit.

Nendes töodes kuulus hiiglasuur osa vene teadlastele: A. M. Butlerovile, A. J. Favorskile, N. Mariuzzele, A. M. Berckenheimile, I. L. Kondakovile, M. G. Kutšerovile, I. I. Ostro-mõslenskile, B. V. Bõzovile, S. V. Lebedevile ja teistele. Siin me viitame ainult mõnedele nendest töödest.

Juba ligi 75 aastat tagasi avastas väljapaistev vene keemik A. M. Butlerov mõnede küllastumatute ühendite polümeeriseerimise meetodid (neid meetodeid kasutatakse praegu tööstuslikes mõõdetes meil ja välismaal) ja tegi kindlaks, kuidas toimub nende polümerisatsioon, s. o. mil viisil lähteaine üksikud molekulid ühinevad polümeeriks.

A. M. Butlerovi uurimuste jätkajaks sai tema õpilane A. J. Favorski. Ta teostas laialdasi uurimisi kaksik- ja kolmikseoseid omavate süsivesinikkude vastastikuste muundumiste uurimuse alal. A. J. Favorski poolt rajatud atsetüleenikeemia sai edaspidi aluseks kunstliku kautšuki tootmisel atsetüleenist tööstuslikus mastaabis. Talle kuulub isopreeni ja selle derivaatide atsetüleenist saamise uue meetodi väljatöötamine.

Butlerovi ja Favorski töid küllastumatute ühendite polümerisatsiooni valdkonnas jätkas Favorski väljapaistev õpilane Sergei Vassiljevits Lebedev.

Õppides tundma mitmesuguste küllastumatute ühendite polümerisatsiooni, sai ta 1909. aastal esimesena süsivesiniku divinüüli polümeeri, mis sarnaneb omadustelt loodusliku kautšukiga. Asjaolul, et Lebedev valis lähteainena kautšuki saamiseks divinüüli, olid tähtsad praktilised tulemused, sest edaspidi leiti suurel arvul lihtsaid menetlusi divinüüli saamiseks.

Lebedev oli väga hea eksperimentaator. Ta jälgis 16 süsivesiniku polümerisatsiooni. Lähimõeldult ning hoolikalt teostatud katsete varal õnnestus tal määrata kindlaks põhireeglid, millel põhineb kuumuse toimel toimuv divinüüli polümerisatsioon. Lebedev näitas, kuidas mõjutab protsessi kiirust kaksikseoste asetus lähteaines, kuidas mõjub polümerisatsiooni temperatuur saadava polümeeri omadustele jne.

Andekate vene keemikute tööd omandasid laialdase kuulsuse kõigis maailma riikides, kuid ei leidnud toetust Venemaal. Enda tekkimise momendist peale töötas vene kummitööstus välismaa loodusliku kautšuki baasil. Lühinägelik tsaarivalitsus ei olnud huvitatud nende suurepärase avastuste praktilisest kasutamisest. Vahepeal lakkas aga kunstliku kautšuki küsimus olemast kitsas, puht-teaduslik küsimus. Kautšukit tarvitavate tööstusharude (peaasjalikult autotööstuse) arenemine kutsus esile kautšuki hinna tõusu. Looduslikku kautšukit omavais mais ei muutunud kunstliku kautšuki saamise küsimus eluliseks probleemiks. Kuid oma kautšukiistandusi mitteomavad maad seisid vajaduse ees luua kunstliku kautšuki tööstus, et sel teel vabaneda selle väärtusliku aine impordist.

Võib olla on kunstlikku kautšukit võimalik saada ka teistest taimedest, peale hevea? Botaanikud avastasid mitmesugustes maades rohkem kui 500 erisugust kautšukitaimet, kuid ilmselt, et rõhuv enamus nendest taimedest andis väga vähe kautšukit. Parimaks kautšukitaimeks jäi juba meile tuntud hevea, mis annab ligi 160 grammi kautšukit päevas. Hevea aga kasvab ainult troopikas.

Vajadus kindlustada iga maa oma kautšukiga ilmselt eriti teravalt esimese imperialistliku sõja ajal. Sõdivate riikide armeede varustamiseks oli vaja väga palju kautšukit.

Meil algasid tööd oma toorainellikate otsimiseks varsti pärast Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni.

1926. aastal saadeti Ameerika mandrile spetsiaalne ekspeditsioon niisuguste taimede seemnete korjamiseks, milliseid oleks võimalik olnud aretada kautšukitaimedena NSV Liidus. Selle ekspeditsiooni tulemused osutusid äärmiselt tähtsusetuiks. Katsed aretada hevead Nõukogude Liidu lõunapiirkondades lõppesid ebaõnnestumisega. Ei leitud ka teisi mere-taguseid kautšukitaimi, millised oleksid pakkunud meile huvi.

Samal ajal organiseeriti kautšukitaimede otsinguid ka NSV Liidu territooriumil.

Järgnevatel aastail leiti Nõukogude Liidus terve rida taimi nagu koksagõss, tausagõss, krõmsagõss jt., milledest osutus võimalikuks toota heakvaliteedilist kautšukit. Massiliseks aretamiseks osutus neist parimaks Tjan-Šani harudel esimesena leitud mitmeaastane võilill koksagõss (joon. 5). Tema toored juured sisaldavad ligi 2% kautšukit.

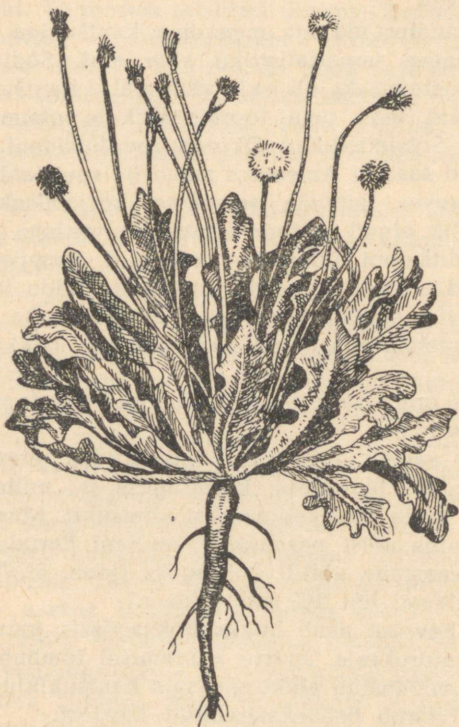
Erinevalt heveast asub lateks koksagõssis juure sisemuses olevais piimatorukesis. Juurte kuivamisel tõmbub lateks neis kokku ning moodustab pikki elastseid kautšukikiude. Kautšuki eraldamine toimub peenekstambitud juurtest.

Praegu on meil juba suured kodumaiste kautšukitaimede istandused. Kuid oma kautšukiistanduste loomine oli vaid üks teedest meie sotsialistliku kodumaa kautšukiga kindlustamiseks.

Teise tee pidid rajama nõukogude keemikud; see on lihtsast aineist kautšukisünteesi tee.

1926. aastal kuulutas Nõukogude valitsus välja konkursi parimale sünteetilise kautšuki tööstusliku valmistamise menetlusele. Konkursist võisid osa võtta kõigi maade teadlased. Vastavalt konkursi tingimustele tuli 1. jaanuariks 1928. a. esitada: menetluse kirjeldus, skeem kautšuki valmistamiseks tööstusli-

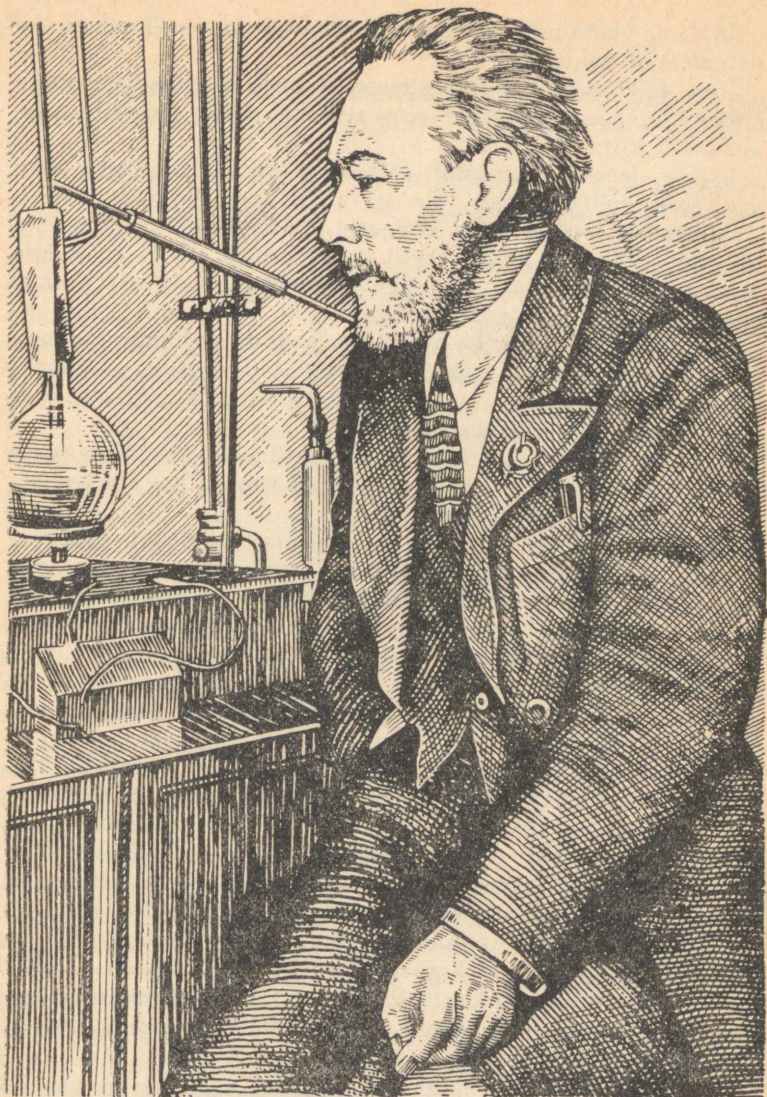
kes tingimusi ja kättesaadavast toorainest ning 2 kilogrammi esitatud menetlusel valmistatud kautšukit. Vastu võeti ainult kaks menetlust ning mõlemad need kuulusid vene keemikutele: üks S. V. Lebedevile, teine B. V. Bõzovile. Lebedev soovitas valmistada sünteetilist kautšukit piiritusest, Bõzov — naftast.



Joon. 5. Mitmeaastane võilill koksagõss.

S. V. Lebedevi menetlus rahaldas täiesti konkursi tingimusi ning sai riikliku preemia. Selle väljatöötamiseks anti kõik vajalikud vahendid. Samal ajal loodi tingimused sünteetilise kautšuki tootmiseks ka naftast.

Juba kaks aastat pärast konkursi oli valminud kaks katsetehast. Uhes neist töötati välja ning täiustati Lebedevi menetlust, teises Bõzovi oma. Sergei Mironovitš Kirov osutas suurt isiklikku abi nende tehaste ehitamisel ja tööl.



Sergei Vassiljevitsj Lebedev, maailma esimese sünteetilise kautšuki  
tootmise tööstusliku menetluse autor  
(sündis 1874. aastal, suri 1934. aastal)

1931. a. veebruaris saadi tehase esimene partii piiritusest valmistatud kautšukit.

Juba 1930. aastal algas esimese suure kodumaise kunstliku kautšuki tehase ehitamise ettevalmistus. Töid teostati enneolematult kiire tempoga.

1931. a. jaanuaris otsustati ehitada ja aasta lõpul käiku lasta veel kolm sellist tehasi.

Seltsimees Stalin ütles esimesel üleliidulisel sotsialistliku tööstuse töötajate konverentsil 4. veebruaril 1931. a.: „Meie maal on kõike, vahest ehk peale kautšuki. Kuid aasta kahe pärast on meie käsutuses ka kautšuk.“

Riik, juhitud bolševike partei poolt, täitis stalinliku juhendi.

Juba 1935. aastal lasksid nõukogude kunstliku kautšuki tehased välja mitmeid tuhandeid tonne kautšukit, praegu toodavad nad seda tunduvalt rohkem.

Nii lahendas Nõukogude Liit sünteetilise kautšuki tootmise raske ülesande. Meie kodumaa on vabastatud kautšuki sisseveost kapitalistlikest riikidest.

Akadeemik S. V. Lebedev, sünteetilise kautšuki tootmise esimese tööstusliku menetluse autor maailmas, juhtis ise selle uue võimsa nõukogude keemiaharu loomist ja arendamist. Ta arvas, et „osavõtt sünteetilise kautšuki tööstuse grandioossest arendamisest on autasu, nii nagu on suurim õnn näha oma mõtte muundumist tõelisuseks sellise grandioossusega“.

Akadeemik S. V. Lebedevi tööd pälvivad teenitud tunnustust kogu maailmas.

Sünteetilise kautšuki tootmine Saksamaal algas alles 1937. aastal, s. o. 5 aastat pärast seda, kui Nõukogude Liit oli käiku lasknud esimese sünteetilise kautšuki tehase. Saksamaa kasutas vene teadlaste M. G. Kutšerovi ja I. I. Ostromõslenski poolt väljatöötatud menetlusi. Sakslaste esimene katse valmistada kunstlikku kautšukit tööstuslikus mastaabis sõjaajal, aastail 1914—1918, põhines samuti vene keemikute N. Mariuzze ja I. L. Kondakovi töödel.

Ameerika kunstliku kautšuki tööstus loodi veel hiljem, 1942. aastal, ja see kasutas samuti vene teadlaste A. M. Butlerovi, I. I. Ostromõslenski ja S. V. Lebedevi töid.

Vene keemiateadus, mille hiilgavad saavutused on kõikjal vastuvaidlematud, sai kõigi kunstliku kautšuki tööstusliku tootmise kaasaegsete põhimenetluste hälliks.

Ainult võimsal ja andekal vene rahval osutus jõukohaseks lahendada esimesena kunstliku kautšuki tööstuslikes tingimustes tootmise ülesanne.

## 5. KAUTŠUK KARTULIST

Me juba rääkisime, et kunstliku kautšuki tootmiseks Lebedevi tööstusliku menetluse järgi on vaja etüülalkoholi (viina-  
piiritust).

Etüülalkoholi saadakse tehnikas peamiselt kartuli või kõrs-  
vilja käärimisel. Kasulikum on kasutada selleks otstarbeks  
kartulit.

Kartulid hautatakse suletud kateldes veeauruga pehmeks  
ning muudetakse poolvedelaks pudruks. Suurtes suhkrustamis-  
nõudes segatakse see puder idandatud odrateradega — linnas-  
tega. Linnaste mõjul muundub kartulitärklis suhkruks; puder  
muutub magusaks ja vedelamaks. Seejärel lisandatakse pärm  
ning segu viiakse üle käärimistõrtesse, kus ta umbes kolm öö-  
päeva käärib: suhkrud muunduvad pärmi mõjul alkoholiks.  
Saadud praagast, mis sisaldab umbes 8% alkoholi, eraldatakse  
destilleerimisel 90-protsendiline toorpiiritus. 12 tonnist kartu-  
list on võimalik sel viisil saada 1 tonn piiritust.

Toorpiiritus lähebki sünteetilise kautšuki tootmiseks.

On raske endale ette kujutada, kuidas kergesti lenduvast  
värvitust vedelikust — etüülalkoholist — võib valmistada vas-  
tupidavat ning elastset kautšukit. Kuid teiste „imede“ hulgas  
suudab keemia teostada ka seda. Kaasaegsed keemikud õppi-  
sid keerulisemate muundumiste tulemusena looma aineid, mis  
ei sarnanenud sugugi algtoorainega.

Me juba rääkisime, et 1909. aastal S. V. Lebedev, polümeri-  
seerides küllastumatut süsivesinikku divinüüli, sai loodusliku  
kautšukiga sarnase divinüüli polümeeri. Ent kuidas saada divi-  
nüüli?

1902. aastal õnnestus vene keemikul V. N. Ipatjevil saada  
esmakordselt piiritusest divinüüli. Ipatjev juhtis piirituse-  
aurud üle 600 kraadini kuumendatud alumiiniumipulbri. Piiritus-  
lagunes ning üheks tema lagunemisproduktiks oli divinüül.  
Kuid divinüüli saadi väga vähe, ainult 1,5 grammi iga 100  
grammi piirituse kohta.

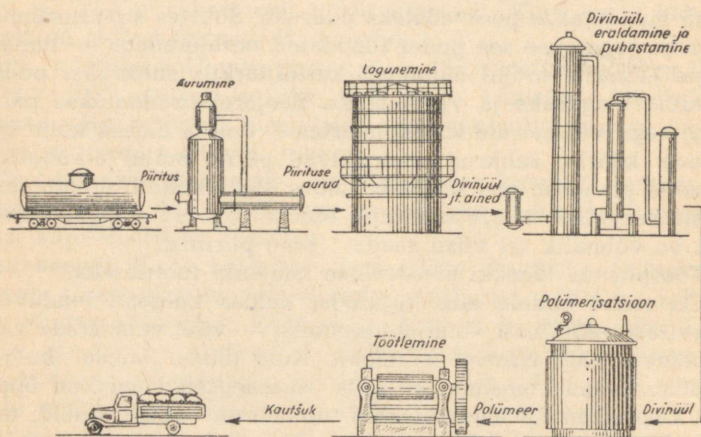
1915. aastal kasutas Ostromõslenski seks otstarbeks piiritust  
koos teiste ainetega ja sai juba rohkem divinüüli — 18 grammi  
iga 160 grammi piirituse kohta.

Aastail 1926—1928 avastas Lebedev suurema divinüül hulga  
saamise meetodi. Ta töötas välja sellise katalüsaatori (kata-  
lüsaatoreiks nimetatakse aineid, mis kiirendavad keemilisi  
muundumisi, kuid ise ei kuulu seejuures saadavate produk-  
tide koostisse), milline suurendas märksa divinüüli eraldumist.

piiritusest. Seetõttu langes divinüüli omahind tunduvalt. See oli väga tähtis, sest võimalus saada lähteainena odavat süsi-  
vesinikku on kunstliku kautšuki laiaulatusliku tootmise alu-  
seks.

Piiritus töötatakse kautšukiks ümber suurtes keemiatehastes. Tutvugem nende tehaste tööga.

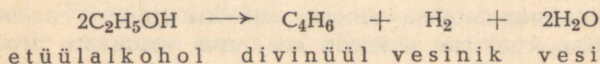
Toorpiiritus saabub tehasesse terastsisternides (joon. 6.). Ta  
valatakse paakidesse, millistest pumbatakse edasi torudega



Joon. 6. Piiritusest kautšuki saamise skeem.

varustatud aparaatidesse. Nendes aparaatides piiritus keeb, muutudes auruks. Aurud suunatakse spetsiaalsetesse ahju-  
desse. Hiiglasuurte kuumade ahjude sisemusse on paigutatud  
kõrged terasnõud — retordid; neis on Lebedevi katalüsaator.  
Mõnesajakraadilise temperatuuri juures läbivad piirituse aurud  
üle katalüsaatori hõõguvkuumade osakeste ning piiritus muu-  
tub oma koostiselt täielikult. Tema asemel tekib rida mitme-  
suguseid aineid, millistest kõige hinnalisem on divinüül.

Lihtsustatult võib kujutada piirituse lagunemise protsessi  
divinüülilis järgmiselt:



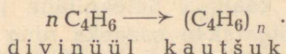
Vastavalt sellele reaktsioonile saab ühest tonnist piiritusest 600 kilogrammi divinüüli.

Moodustuva divinüüli kogus sõltub temperatuurist, rõhust, kiirusest, millega piirituse aurud läbivad retordid, katalüsaatori koostisest ja paljudest teistest teguritest. Selleks, et edukalt juhtida ahju tööd, on vaja suurt oskust.

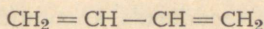
Divinüül eraldatakse piirituse lagunemisel saadud aurude ja gaaside segust ning puhastatakse hoolikalt. Tulemusena saadakse divinüül-rektilikaat — värvuseta, —4,5° temperatuuril keev vedelik. Teda polümeriseeritakse suurtes terasaparaatides — autoklaavides rõhumise all katalüsaatori — metallilise naatriumi juuresolekul.

Et kiirendada polümerisatsiooniprotsessi algust, soojendatakse autoklaavi ettevaatlikult tulise veega. Seejuures divinüüli molekulid muutuvad aktiivseteks, võimelisteks üksteisega ühinema. Peale selle, kahjulike lisandite jäägid divinüülis, mis segavad polümerisatsiooni, ühinevad soojendamisel naatriumiga ja divinüül puhastub sel moel täiendavalt. See soodustab samuti polümerisatsiooni edukat kulgemist.

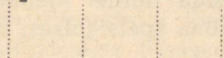
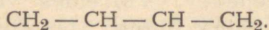
Nagu me juba teame, moodustavad üksikud divinüüli molekulid polümerisatsioonil ühinedes kunstliku kautšuki molekuli:



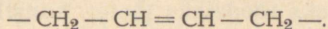
Kahe divinüüli molekuli ühinemist võib analoogiliselt isopreeni molekulide ühinemisele kujutada lihtsustatult järgmiselt. Divinüüli igal molekulil



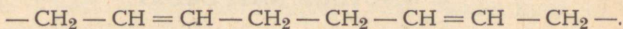
katkevad ebapüsivad kaksikseosed:



Kaks keskmist naaberseost ühinevad, moodustades uue kaksikseose, äärmised seosed aga jäävad vabadeks:



Kaks niisugust ebapüsivat molekuli ühinevad teineteisega ning tekib juba keerukam osakene:



Sellel osakesel on samuti kaks vaba seost. Sellepärast ahela kasvamine jätkub. Nii moodustub kunstliku kautšuki määratu suur ahelakuuliselt üles ehitatud molekul.

Divinüüli molekulide ahelad võivad olla nii sirged kui ka hargnenud. Arvatakse, et mida sirgemad on ahelad kautšuki-molekulis, seda elastsem ta on (looduslik kautšuk, omades parima elastsuse, on üles ehitatud vähe hargnenud ahelate kujuliselt). Mida pikem on ahel, seda kõvem on kautšuk.

Polümerisatsioon on väga kapriisne ning seega väga vastutusrikas protsess, mõjutades tugevasti moodustuva kautšuki kvaliteeti. Kahjulikud divinüüli lisandid, mis toimivad vahel täiesti tähtsusetus koguses, nõude seinad ja teised põhjused võivad katkestada molekulide ahelate kasvu ning peatada protsessi. Seepärast nõuab polümeriseerimine lähteainete puhustust ning suurt tähelepanu.

Polümerisatsioon kulgeb soojuse eraldumisega, tänu millele temperatuur ja rõhumine polümerisaatoris aja jooksul tõusevad. Iga kilogramm divinüüli eraldab polümerisatsioonil 350 kilokalorit. Sellest soojusest on küllalt, et soojendada 3,5 liitrit vett 0 kraadist keemiseni. Seepärast on protsessi käigus vaja mitte aparadi soojendamist, vaid jahutamist.

15—20 tunni järel protsess lõpeb, temperatuur ja rõhk polümerisaatoris langevad.

Autoklaav avatakse ning tõstekraana abil võetakse välja suur, ligi tonnilise kaaluga helekollane pank, nn. kautšuki „plokk“. Kautšuk lõigatakse osadeks ning segatakse suurtes tihedalt suletud segamismõudes madaldatud rõhul, et kõrvaldada gaase.

Seejärel juhitakse kautšuk terasvaltside vahelt läbi. Öhukesed kautšukilehed keritakse valtsidelt rullideks. Kautšuk pakitakse sisse ning saadetakse kummitehastesse.

Niisuguse sünteetilise kautšuki valmistamise menetluse töötaski välja S. V. Lebedev. Võrreldes välismaal rakendatud menetlustega on ta väga lihtne. Menetluse suureks eeliseks on veel see, et ta ei nõua spetsiaalsest materjalist valmistatud aparatuuri kasutamist.

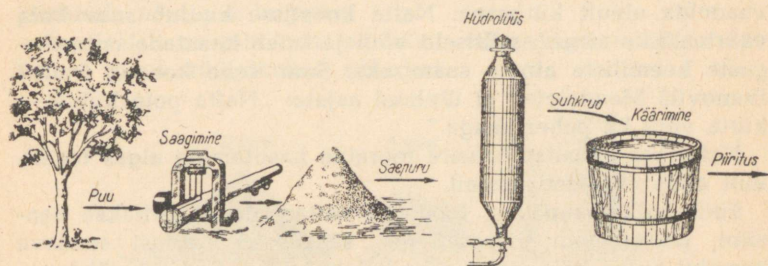
Kautšuki tootmisel piiritusest saadakse terve rida hinnalisi kõrvaltooteid, mis töötatakse ümber mitmesugusteks rahvamajandusele tarvilikeks toodeteks (eeter, kunstlik värnits jne.).

## 6. KAUTŠUK SAEPURUST

Te tutvusite kunstliku kautšuki tootmisega etüülalkoholist, mida omakorda valmistati kartulist või teistest tärklisist sisaldavaist aineist. Kuid kas poleks võimalik saada etüülalkoholi,

kulutamata selleks kartulit või mõnda teist hinnalist toiduks kasutatavat toorainet? On küll.

Piiritust võib saada... kõige tavalisemast saepurust, s. o. ehitusmaterjalide tootmise jääkidest (joon. 7). Kui rõhu all soojendada peenendatud puitu, hõõvlilaaste või seapuru koos lahjendatud väävelhappega, siis peamised „ehituskivid“, millest puu koosneb — tselluloosi molekulid, reageerides veega, lagunevad ning moodustavad suhkruid. Seda protsessi nimetatakse hüdrolüüsiks.



Joon. 7. Piiritust võib saada saepurust.

Seejärel käärivad suhkrud pärmil toimel alkoholiks. Lahja piiritus muudetakse destilleerimisega kangeks.

1 tonni piirituse saamiseks on vaja umbes 9 tonni kuivpuitu.

NSV Liidul on suuri metsamassiive. Meie metsad on kolossaalsed tooraineallikad kunstliku kautšuki tootmiseks.

Juba 1934. aastal otsustas UK(b)P XVII kongress igati arendada piirituse tootmist saepurust ning paberitööstuse jäätmetest. Teise ja kolmanda viisaastaku jooksul ehitati meil ning lasti käiku puiduhüdrolüüsimise tehased piirituse tootmiseks. Seda piiritust töötatakse nüüd suurtes kogustes ümber kunstlikuks kautšukiks.

Piiritust saab valmistada ka sulfittselluloosi valmistamisel saadud heitleelisest. Tselluloosi vajatakse kunstliku kiudaine, kinofilmi jne. tootmiseks. Heitleelis sisaldab tähelepanuväärse koguse suhkruid, millistest võib käärimisel saada piiritust. Ühest tonnist heitleelisest võib saada kuni 10 liitrit 96-protsendilist piiritust.

Hüdrolüütilist ja sulfitpiiritust töödeldakse analoogiliselt kartulipiiritusele sünteetiliseks kautšukiks.

Nii andis keemia võimaluse valmistada kautšukit mitte ainult elavast puust — heveast, vaid ka igast juba maharaiatud puust, muutes nende tselluloosi piirituseks.

## 7. KAUTŠUK NAFTAST

Loomsete ja taimsete jäänuste lagunemise lõpptulemusena tekkisid maapõues miljonite aastate jooksul suured naftavarud. Nafta — see on mitmesuguste süsivesinikkude keerukas segu.

Nagu süttki, kasutatakse teda kütusena, kuid teda ei saa vaadelda ainult kütusena. Nafta koostisse kuulub suur hulk väärtuslikke aineid, milliseid võib ja tuleb kasutada mitmesuguste keemiliste ainete saamiseks. Suur vene keemik Dmitri Ivanovitš Mendelejev ei ütelnud asjata: „Nafta pole kütus — küttä võib ka paberrahaga.“

Nafta kui keemiatööstuste tooraine kasutamine algas tegelikult alles viimaseil aastail.

Suur hulk maapõuest toodetud naftast destilleeritakse bensiini, petrooleumi, ligroiini jne. saamiseks. Naftast saadava bensiini hulga suurendamiseks p ü r o l ü ü s i t a k s e v ö i k r a k i t a k s e naftat. Nii nimetatakse protsesse, kus nafta koostisse kuuluvad keerukad süsivesinikud lagunevad kõrge temperatuuri ja rõhu mõjul. Seejuures moodustuvad väärtuslikumad produktid, näiteks bensiini süsivesinikud, samuti ka gaasilised süsivesinikud ning eriti e t ü l e e n.

Krakkimisel kuumutatakse naftaprodukte üle 450° temperatuuril või siis nende aure üle 550° temperatuuril. See protsess võimaldab järsult suurendada eralduva bensiini hulka. Krakkimisprotsess avastati vene teadlase ja inseneri V. G. Šuhhovi poolt 1891. aastal. See nimi peab samuti minema kunstliku kautšuki valmistamise ajalukku, sest nafta krakkimisel saadud gaasid on nüüd kõige väärtuslikumateks tooraineteks kautšuki valmistamisel.

Etüleen pakub meile suurt huvi, kuna sellest kergest põlevgaasist võib saada sünteetilist etüülalkoholi. Selle avastas kuulus vene keemik A. M. Butlerov juba 1873. aastal. Toimides väävelhappega etüleenisse, ning seejärel saadud produkti veega töödeldes, sai ta esimesena sünteetilist etüülalkoholi. Butlerovi meetod on leidnud nüüd tööstuslikku kasutamist.

Hiljem töötati välja teine etüleenist piirituse saamise meetod — vee vahetu etüleenile liitmine katalüsaatori juuresolekul. See meetod ei nõua suurte väävelhappekoguste kasutamist ning tal on seepärast suur tulevik.

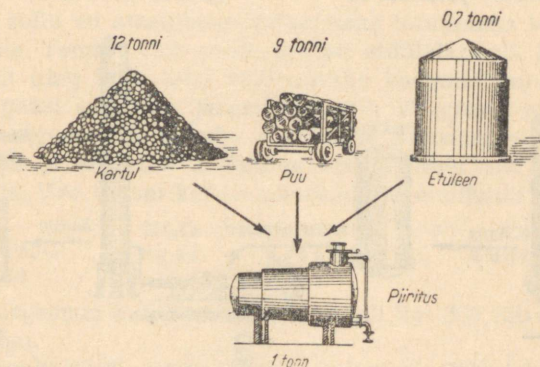
Süntheetiline piiritus töödeldakse Lebedevi meetodi järgi divinüülks, viimane aga kunstlikuks kautšukiks. Nii saadaksegi kautšukit naftast.

Etüleeni saab eraldada ka koksigaasist — kivisöe kuivdestilleerimise produktist.

Nii palju toiduks mittekasutatavate toorainete varusid piirituse saamiseks on meie riigil tema ääretute metsamassiivide ja hiiglasuurte nafta-leiukohtade ning söelademete näol.

Toiduks mittekasutatavatest toorainetest valmistatud piiritus on sobivaim tooraine kunstliku kautšuki tootmiseks rahvamajandusele nõutavas koguses.

Joonisel 8 on piltlikult näidatud mitmesuguste toorainete kulu 1 tonni etüülalkoholi saamiseks.

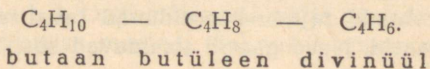


Joon. 8. Nii palju tuleb kulutada mitmesuguseid tooraineid, et saada 1 tonn piiritust.

Esimesil aastail kasutas kunstliku kautšuki tööstus Nõukogude Liidus ainult toitainest valmistatud piiritust. Praegu areneb kautšuki tootmine edukalt ka toiduks mittekasutatavatest toorainetest.

Teiseks väärtuslikuks süsivesinikuks kunstliku kautšuki tootmisel on nafta töötlemisel saadavates gaasides leiduv butaan, millest samuti võib saada divinüüli.

Divinüüli saamiseks on tarvis butaani  $C_4H_{10}$  molekulilt ära võtta 4 vesinikuaatomit. Seejuures saadakse algul ühe kaksikseosega süsivesinik — butüleen, seejärel aga divinüül:

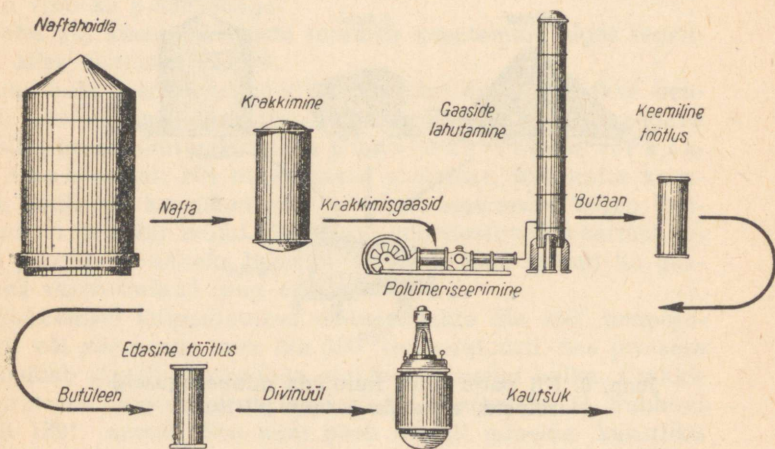


Butaani muundumine butüleeniks ning butüleeni muundumine divinüüliks toimub kõrgel temperatuuril katalüsaatorite juuresolekul.

Divinüüli võib saada ka vahetult nafta töötlemisgaasides sisalduvast butüleenist. Tegelikult ei eraldu nafta krakkgaaside lahutamisel mitte puhas butaan ja butüleen, vaid nende segu — butaan-butüleenifraktsioon, mis läheb divinüüli saamiseks töötlemisele.

Viimaseil aastail töötasid keemikud ja insenerid välja butaani ja butüleeni divinüüliks muutmise tööstuslikud meetodid. Tänu sellele on sünteetilise kautšuki tööstusel nüüd uus odav tooraine.

Kunstliku kautšuki saamine naftast butaani kaudu on kujutatud näitlikult joonisel 9.



Joon. 9. Kautšukit võib saada naftast.

Nafta töötlemisgaaside (butaani ja butüleeni) laiaulatuslik tarvitamine kunstliku kautšuki valmistamiseks on lähima tuleviku küsimus.

Nafta töötlemisgaasid sisaldavad ka palju teisi väärtuslikke aineid, milledest pärast rida muundumisi on samuti võimalik saada kunstlikku kautšukit ja kautšukitaolisi aineid. Nii pole naftatöötlemise saadused vähem väärtuslikud kui nafta ise.

Nafta leiukohtade rajoones eralduvad tavaliselt maapõuest looduslikud gaasid. Need gaasid sisaldavad süsivesinikke ning

neid saab samuti kasutada kunstliku kautšuki ning teiste väärtuslike keemiliste ainete valmistamiseks.

Naftast valmistatud kautšuk on kõige odavam kautšuk.

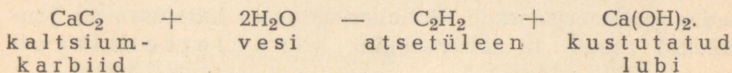
Meetodid kautšuki valmistamiseks naftast töötasid välja vene teadlased: Ostromõslenski, Bõzov, Lebedev jt. Väärtuslike uurimusi sel alal teostati samuti akadeemik Zelinski koolkonna poolt.

## 8. KAUTŠUK SÖEST JA LUBJAST

Metallide autogeenseks keevitamiseks ning lõikamiseks kasutatakse värvuseta kergesti süttivat gaasi — atsetüleeni. Põledes hapnikus võib atsetüleen anda kõrge temperatuuri — üle 2700 kraadi.

Peale selle on atsetüleen tähtsaimaks tooraineks keemilisele sünteesile. Temast võib saada samuti etüülalkoholi, kunstlikku kautšukit ning hulk teisi väärtuslike keemilisi aineid.

Seda gaasi saadakse järgmisel viisil. Väiksesse aparati — atsetüleenigeneraatorisse — asetatakse kaltsiumkarbiidi tükid (kaltsiumi ja süsiniku keemiline ühend) ning nad kallatakse veega üle. Vee toimel kaltsiumkarbiidisse eraldubki atsetüleen:



Iga kilogramm kaltsiumkarbiidi annab ligi 300 liitrit gaasilist atsetüleeni.

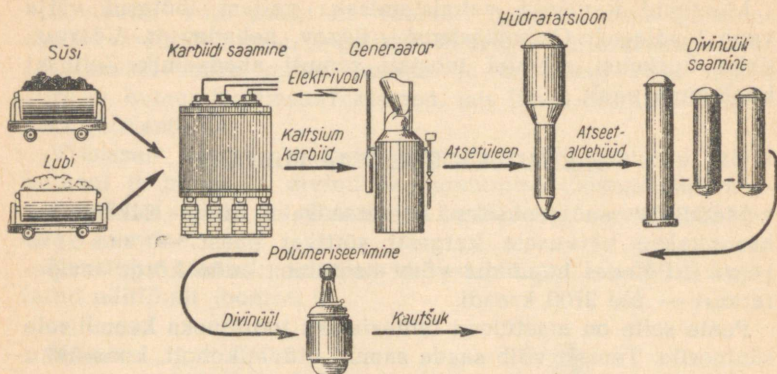
Kaltsiumkarbiidi valmistatakse suurtes elektriühjades — karbiidiahjades; neis kuumutatakse kivisöe ja lubja segu kuni 2000°-ni. Seejuures toimib süsi keemiliselt lubjasse, moodustades kaltsiumkarbiidi.

Atsetüleeni leidub väikestes kogustes ka naftatöötlemisgaasides, koksigaasis ning looduslikus gaasis. Uueks huvitavaks atsetüleeni valmistamise meetodiks on süsivesiniku metaani („soogäasi“) nn. elekterkrakkimine. Kui juhtida metaani suure kiirusega läbi elektri kaarleegi ligi 1700° temperatuuril nii et tema leegis viibimine ei kestaks kauem ühest tuhandikust sekundist, tekib nendes tingimustes tähelepandav kogus atsetüleeni.

Millisel viisil aga võiks saada atsetüleenist kautšukit?

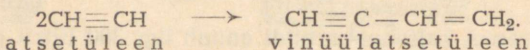
1881. aastal avastas vene keemik M. Kutšerov atsetüleeni atsetaldehyüdiks (CH<sub>3</sub>CHO) muutmise meetodi, aastail 1913—1915 aga töötas I. I. Ostromõslenski välja divinüüli atsetaldehyüdist valmistamise meetodi. Sel viisil võime me keerukate

keemiliste muundumiste kaudu valmistada atsetüleenist kunstlikku kautšukit (joon. 10). Autokumme ja kalosse söest ning lubjast!



Joon. 10. Kautšuki saamine söest ja lubjast.

On olemas ka veel teine menetlus kunstliku kautšuki valmistamiseks atsetüleenist. Asi seisab selles, et atsetüleenil on omadus polümeriseeruda. Polümeriseerudes katalüsaatori juuresolekul annab ta süsivesiniku vinüülatsetüleen:



Vinüülatsetüleen on üle 5° temperatuuril gaasilises olekus. Kloorvesiniku toimel muutub vinüülatsetüleen värvuseta vedelikuks — kloropreeniks:



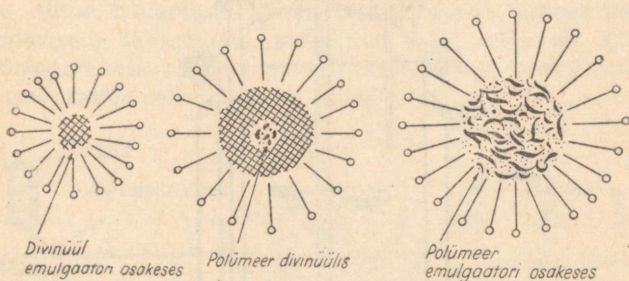
Kloropreeni võib vaadelda kui divinüüli, mille molekulis on üks vesinikuaatom asendatud klooriga. Ta polümeriseerub väga kergesti kautšukiks. Kloropreenkautšukil on väga väärtuslikud omadused. Teda saab vulkaniseerida lihtsal soojendamisel ilma väävlit lisamata.

## 9. VEDEL KAUTŠUK

Viimase kahe aastakümne jooksul hakati kasutama erilist süsivesinike polümerisatsiooni liiki — polümeriseerumist emulsioonides.

Kui divinüüli hästi veega segada, siis jaotuvad pisimad divinüüli tilgakesed vees ühtlaselt. Seejuures saadakse divinüüli emulsioon vees. Sellises emulsioonis on võimalik samuti divinüüli polümeriseerumist läbi viia. Kasutada seejuures metallilist naatriumi katalüsaatorina muidugi ei saa, sest naatrium reageerib kergesti veega. Seepärast kasutatakse polümeriseerumisel emulsioonides teisi veega mitte reageerivaid kuid temas lahustuvaid katalüsaatoreid.

Harilikult polümeriseeritakse emulsioonis mitte üksi divinüül, vaid tema segu teiste süsivesinikkudega, kõige sagedamini stürooliga ( $C_6H_5CH=CH_2$ ). Seejuures toimub üheaegne divinüüli ja stürooli polümeriseerumine ning saadakse koostiselt keerukad polümeeri molekulid.



Joon. 11. Emulgaatori tilgakeses kasvab kautšuki osake.

Kuid milleks võtta polümerisatsiooniks kaks süsivesinikku? Selles on suur mõte. Kautšuki omadused sõltuvad väga palju tema molekulide koostisest. Kombineerides mitmesuguseid süsivesinikke mitmesugustes kogustes saame me terve rea mitmesuguste väärtuslike omadustega kunstlikke kautšukeid. Seda aga ei saaks, kui polümeriseerida ainuüksi divinüüli.

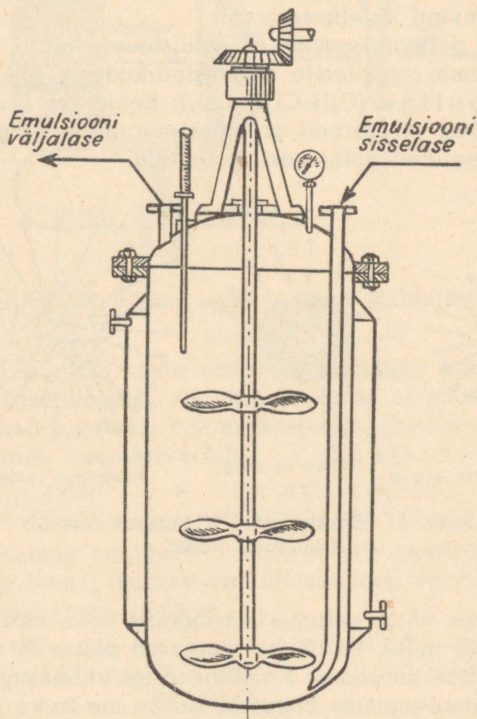
Polümerisatsiooni tulemusena ei saada emulsioonis mitte tahket kautšukit, vaid lateksit, mis sarnaneb välimuselt hevea lateksiga.

Millisel teel moodustub siis kunstlik lateks?

Divinüüli emulsiooni vees kuulub peale katalüsaatori veel aine, mida nimetatakse emulgaatoriks. Emulgaator teeb emulsiooni püsivamaks, kihistumatuks. Suured emulgaatori osakesed, mitsellid, on emulsioonis nagu divinüüli tilgadki hõljuvas olekus.

Divinüül tungib emulgaatori mitselli sisemusse, lahustudes temas kolloidselt koos katalüsaatori ja teiste lisanditega ning polümeriseerub seal. Emulgaatori mitsellis kasvab pidevalt kautšuki gloobul (joon. 11).

35-protsendiline kautšuki osakeste suspensioon vees ongi kunstlik lateks.



Joon. 12. Aparaat kunstliku lateksi saamiseks.

Kunstliku kautšuki tehaseis saadakse lateksit suurtes segajatega terasaparaatides (joon. 12), mis on ühendatud patareideks, 12 aparaati igaühes. Nende patareide töö toimub järgmiselt. Tervenisti vedelikuga täidetud esimesse polümerisaatorisse pumbatakse pidevalt lähteainete segu täpselt mõõdetud kogustes. Esimesest aparaadist läheb segu teise jne. Polümeriseerumine algab juba esimestes aparaatides. Viimasest polü-

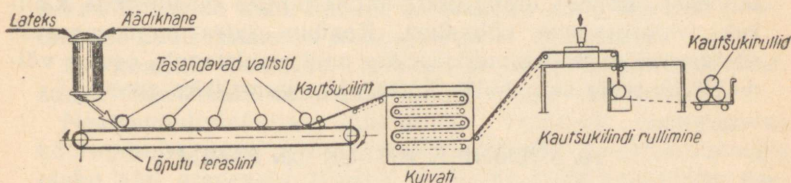
merisaatorist võetakse pidevalt välja valmis lateks, millest seejärel kõrvaldatakse gaasilised lisandid.

Kunstliku lateksi gloobulitel on kerakeste kuju, mis koosnevad tahkest kautšukist. Nende läbimõõt on keskmiselt märgatavalt väiksem loodusliku lateksi gloobuli läbimõõdust; see on kõigest 0,15 — 0,10 mikronit.

Kõik kautšukikerakesed nii sünteetilisest kui ka looduslikust lateksis on elektriliselt laetud.

Kunstlikust lateksist võib koagulatsiooniga eraldada kautšuki, kuid võib kasutada ka lateksit ennast.

Kautšuki tootmine kunstlikust lateksist on käesoleval ajal omandanud suure tähtsuse kõigis kunstlikku kautšukit tööstuslikes mõõdetes tootvais mais. See protsess on otstarbekohane, lihtne, hädaohutu ja, mis peasi, annab ühtlase kautšuki. Standartsete lähteainete puhul on kõik pidevalt saadavad emulsioonikautšuki partiid oma omadustelt praktiliselt ühesugused, selles seisabki tema ühtlus.



Joon. 13. Kunstliku lateksi kautšukiks muutmise protsess.

Kunstliku kautšuki tootmist lateksist teostatakse mitmel viisil, mitmesuguse konstruktsiooniga masinatega. Näiteks tarvitatakse huvitavat meetodit kautšuki pidevaks eraldamiseks õhukeste lintidena nn. lintvalamismasinal (joon. 13). Laiale, väga peente avadega lõputule teraslindile, mis liigub kiirusega mõned meetrid minutis, voolab spetsiaalsest kalgenduspaagist pidevalt lateks ühes temale lisatud kalgendajatega — äädikhappe ja mingi soolaga. Tekkivate tahke kautšuki tükide massi pressitakse lindil valtside abil, pestakse veega ja suunatakse siis ühtlase õhukese lindina kuivatisse. Kuivatist väljuv kautšukilint keritakse rullidesse.

Kunstlikku lateksit nagu looduslikkugi võib paksendada pastataolise olekuni, mis on sobiv tema vedamiseks suurtele vahemaadele.

Sada kuuskümmend aastat tagasi võeti esimene patent veekindlate materjalide valmistamisele nende katmise teel tarpen-

tiinis lahustatud kautšuki kihiga. Hiljem, nagu me nägime, kasutati samaks otstarbeks kautšuki lahuseid kerges õlis — „solventnaftas“. Sellest ajast peale leidsid kautšukilahused mitmesugustes kergesti süttivates vedelikes (bensiin, bensool jt.) laiaulatuslikku kasutamist kummitoodete tööstuses. Kuid sagedased tulikahjud ja tööliste mürgitused lahustiga olid tavaliseks nähteks tsehrides, kus valmistati ning kasutati kummiime.

Seepärast asendatakse kautšukilahuseid viimasel ajal ikka enam ja enam „vedela kautšukiga“ — kunstliku lateksiga.

Töö lateksiga on hädaohutu: ta pole põlevaine ning ei sisalda mürkaineid. Temaga töötades ei ole vaja kulutada suuri bensinikoguseid.

„Vedelat kautšukit“ kasutatakse õhukeste õmblusteta kummitoodete, asbestpapi, naha aseainete ja urbse kummi valmistamisel ning kangaste immutamiseks.

Emulsioonis polümeriseerimine ja kunstliku kautšuki saamine lateksist laiendas erakordselt mitmesuguste omadustega kautšuki valmistamise võimalust. Kombineerides mitmesuguseid süsivesinikke ja polümeriseerides neid emulsioonis, osutus võimalikuks toota suur hulk väärtuslikke kunstlikke aineid.

## 10. MILLINE KAUTŠUK ON PARIM?

Keemiline süntees avab meile avarad võimalused. Lihtainete mitmesuguste kombinatsioonidega võime saada ju tegelikult arvutu hulk keerukaid, erinevate omadustega ühendeid. Kui loodus annab meile ühtede ja samade omadustega aineid, siis uurija võib valmistada mitte ainult neidsamu aineid, vaid ka palju teisi ettekavatsetud omadustega praktikas vajalikke aineid. Seda kinnitab meile kunstliku kautšuki valmistamine.

Praegu toodab tööstus palju mitmesuguseid kautšukeid.

Sageli võib kuulda küsimust: milline kautšuk on parem — looduslik või sünteetiline? Tänapäeval pole sellele nii lihtne vastata. Rea omaduste poolest ületab looduslik kautšuk sünteetilise, paljudelt teistelt omadustelt aga on sünteetiline kautšuk looduslikust parem.

Looduslik kautšuk paistab silma oma tugevuse ning suure elastsusega, kuid pole vastupidav lahustite toimele ja hõõrdumisele, gaasikindluselt jääb ta tunduvalt maha sünteetilisest kautšukist.

Loodusliku kautšuki külmakindlus on väga kõrge: temast valmistatud tooted säilitavad elastsed omadused veel  $-70^{\circ}$

temperatuuril. Ent pole kahtlust, et tulevikus valmistatakse niisama külmakindel kunstlik kautšuk.

Juba nüüdisajal valmistatakse rõhuv enamus kõige mitmesugusemaid kummitooteid kunstlikust kautšukist. Nende toodete hulk suureneb iga päevaga. Parimad loodusliku kautšuki sordid pole sageli enam suutelised asendama kunstlikku kautšuki spetsiaalseid liike.

Igasuguste autokummide valmistamiseks läheb umbes 80% kogu kautšukist. Seepärast oli kunstlikku kautšukit kõige enne vaja järele proovida autokummides. Sel eesmärgil korraldati 1933. aastal, kunstliku kautšuki tööstuse arengu koidikul, spetsiaalne autoretk marsruudil Moskva—Kara-Kumi kõrb — Moskva. Kümnete tuhandete kilomeetrite ulatuses võistlesid raskeis teeludes omavahel autokummid looduslikust ja kunstlikust kautšukist. Noor kunstlik kautšuk tegi katse auga läbi.

Naatrium-divinüülkautšukist autokummide kulu 100 kilomeetrilisel teel oli 64 grammi, meretagusest looduslikust kautšukist kummide kulu aga oli 89 grammi, kuna kummid kodumaisest kautšukitaimest koksagõssist — 84 grammi.

Nii kinnitas Kara-Kumi teekond praktikas kunstlikust kautšukist valmistatud autokummide väga häid omadusi.

Naatrium-divinüülist sünteetilise kautšuki vastupidavus hõõrumisele auto pealiskummides nende ekspluatatsioonis oleku ajal arenevate kõrgete temperatuuride tingimuses osutus tunduvalt kõrgemaks kui looduslikul kautšukil. Üksikud sünteetilisest kautšukist autokummid pidasid teistel proovidel vastu kuni 100 000 kilomeetrilisele sõidule.

Ei tohi unustada, et sünteetilise kautšuki tööstus alles hakkas arenema. Kunstlik kautšuk on kõigest 20 aastat vana. Ees on veel palju tööd ja kahtlemata hiilgavaid saavutusi.

Tänapäeval pole kunstlik kautšuk parem ega halvem looduslikust kautšukist: ta täiendab viimast.

„Iga uus sünteetilise kautšuki liik,“ kirjutas akadeemik S. V. Lebedev, „toob endaga kaasa uue omadustega kompleksi, milliseid pole ei looduslikul kautšukil, ega teistel sünteetilisest kautšukitel.“ Iga kautšuki omadused määravad kindlaks tema rakendusala.

On olemas nn. universaalsed kautšukid, millistest saab valmistada enamuse kummitooteid. Selliste kautšukite hulka kuulub heveakautšuk, naatrium-divinüül- ja divinüül-stüroolkautšukid. Peale nende on terve rida kautšukeid ja kautšukitaolisi aineid, milliseid kasutatakse spetsiaalseiks vajadusiks. Sellised on näiteks divinüül-nitriilkautšuk, polüisobutüleen, butüülkaut-

šuk, tiokoolid, silikoonid jt. Igaüks neist aineist erineb suurel määral looduslikust kautšukist. Millised on need erinevused?

Kautšuk polüisobutüleen (küllastamatu süsivesiniku isobutüleeni polümerisatsiooni produkt) ei muutu aja jooksul, s. o. ta ei „vanane“ nagu looduslik kautšuk. Peale selle juhivad halvasti elektrit ning paistab silma vastupidavuselt mitmesuguste hapete, leeliste, oksüdeeriate jt. toimele. Need polüisobutüleeni väärtuslikud omadused kasutatakse ära reas spetsiaaltooteis. Näiteks võib valmistada kangast, millele on kantud polüisobutüleeni, kaitseülkonna, mis paneb vastu kõige tugevamate, harilikku kautšukit hävitavate hapete toimele. Polüisobutüleeni rakendatakse laialt keemiatööstuses mitmesuguste nõude, torude, voolikute jne. katmiseks. Kuid polüisobutüleenil on ka puudusi: kuumutamisel muutub ta kleepuvaks, seejärel aga muutub voolavaks.

Isobutüleeni segu väikese koguse (2—3%) isopreeniga või divinüüliga annab pärast polümeriseerimist emulsioonis nn. butüülkautšuki, mis on omadustelt parem kui puhta isobutüleeni polümeer.

Butüülkautšukit saab vulkaniseerida; seepärast on tema toodetel kõik polüisobutüleeni toodete omadused, kuid pole nende puudusi — kleepuvust ning voolavust kõrgetel temperatuuridel. Vulkaniseeritud butüülkautšuki segud on tugevad ja mittekleepuvad. Butüülkautšukit kasutatakse auto õhukummide, transpordilintide ja kaablite isolatsiooni valmistamisel, reservuaaride vooderdamisel.

Erigrupi moodustavad arvukad, koostiselt keerukad sünteetilised produktid — tiokoolid, mis omadustelt sarnanevad kautšukiga ning paistavad silma haruldase vastupidavusega lahustite, bensini, õlide jt. toimele. Nendest valmistatakse edukalt kaableid, voolikuid ning teisi tooteid, mis puutuvad töös kokku õlide ning süsivesinikkudega.

Üheaegselt toimival akrüülhappe nitrili ( $\text{CH}_2=\text{CHCN}$ ) polümerisatsioonil saadakse divinüül-nitriilkautšukid. Nende kautšukite väljapaistavaks omaduseks on nende õlikindlus. Neist valmistatud proovikehi võib hoida nädalaid õlides ning mõnedes lahustites, kus nad vaevalt tursuvad. Nende tõmbetugevus muutub seejuures vähe, sellal kui looduslikust kautšukist proovikehad neis tingimustes tursuvad väga tugevasti ning kaotavad peaaegu täielikult oma tugevuse. Seepärast valmistatakse divinüül-nitriilkautšukite alusel saadud kummist peasjalikult neid detaile, mis töötavad tingimustes, kus on nõutav kõrge vastupidavus õlide toimele. Sellise

kummiga vooderdatakse samuti aparaatide sisepind keemiatööstuses nende kaitsmiseks hapete ning teiste sööbivate vedelike hävitava toime vastu.

Kautšuk söest ja lubjast — kloropreenkautšuk, on analoogiliselt divinüül-nitriilkautšukile haruldaselt vastupidav õlide ning teiste ainete toimele. See kautšuk pole põlevaine, kleepuv ega elastne. Teda kasutatakse sagedasti siis, kui looduslik kautšuk ei anna häid tulemusi.

Elektrikaableid, aerostaatide kesti, mitmesuguseid õli- ning soojusekindlaid tooteid, kaitserõivastust, keemiaaparaatide vooderdusi ning paljusid teisi spetsiaalseid kummitooteid valmistatakse edukalt kloropreenkautšukist.

Suurt huvi pakuvad silikoonid — kautšukitaolised ained, milliseid valmistatakse ränist ning mõnedest süsivesinike derivaatidest. Silikoonid ei sarnane oma keemiliselt koostiselt palju loodusliku kautšukiga, kuid võivad anda kummitaolisi segusid ning tooteid. Nad on haruldaselt väärtuslikud oma vastupanu tõttu kõrgete temperatuuride mõjule. Kuumutamisel kuni 200—300°-ni muutuvad parimad looduslikust ning kunstlikust kautšukist valmistatud kummitooted täiesti kõlbmatuiks, tooted silikoonidest aga säilitavad oma elastsuse ning töövõime. Praegu tuntakse juba mõnikümmend nii koostiselt kui omadustelt erinevat kautšukitaolist ainet.

Uurijad, rahuldades praktika nõudmisi, valmistavad aja jooksul kunstlikke kautšukeid, millistel on nii elastsust kui ka külma- ja bensiinikindlust ning teisi väärtuslikke omadusi. Akadeemik Lebedevil oli täiesti õigus, kui ta ütles: „Kautšukite süntees on lõputu mitmekesisuse allikas. Teooria ei pane piiri sellele mitmekesisusele. Nii nagu iga uus kautšuk on oma omaduste originaalse skaala kandja, nii saab kummitööstus, kasutades loodusliku kautšuki kõrval samuti ka sünteetilisi kautšukeid, praegu puuduva vabaduse vajalike omaduste valikus...”

Uurijate igapäevase pingutava töö tulemusena paraneb kautšuki kvaliteet vahetpidamata, tema eriliikide hulk suureneb.

Ei tohi unustada ka veel üht suurt sünteetilise kautšuki eelist. Kautšukit toodetakse kunstlikul teel sadu ning tuhandeid kordi kiiremini kui toimub tema moodustamine looduslikes tingimuses: ei kliima, pinnas ega viljakus suuda mõjutada kunstliku kautšuki tootmist. Sünteetiline kautšuk tõrjub loodusliku kautšuki järk-järgult välja.

Tulevik kuulub kahtlemata kunstlikule kautšukile, täpsemalt öeldes, tervele reale kõige mitmekesisemate omadustega kautšukitele.

## LÖPPSÕNA

Te tutvusite ühe suurima keemiasünteesi saavutusega — kunstliku kautšuki tootmisega.

Paljud välismaised õpetlased ei uskunud, et seda suurimat teaduslik-tehnilist probleemi õnnestub lahendada. Saksa keemik Gottlieb kirjutas 1925. aastal, et ta loeb kaotatuks aastad, mis ta on kulutanud kautšuki sünteesile. 1931. aastal aga teatas kuulus ameerika leidur Edison, olles kuulnud, et NSV Liit valmistab sünteetilist kautšukit ning kavatseb ehitada suuri sünteetilise kautšuki tehaseid: „Ma ei usu, et Nõukogude Liidul õnnestus valmistada sünteetilist kautšukit. See on tühi väljamõeldis. Minu isiklikud kogemused ja teiste kogemused näitavad, et sünteesi protsessi vaevalt kunagi kroonib edu.“

Tulevik näitas kõige nende avalduste alusetust. Vene teadlased saavutasid oma avastustega Nõukogude Liidule prioriteedi nii sünteetilise kautšuki tootmise meetodite väljatöötamises kui ka tema tootmise tööstuslikus teostamises. Nüüdisajal on kunstliku kautšuki tootmine nõukogude tööstuse võimsamaid harusid.

Kunstliku kautšuki tootmine areneb kindlalt edasi.

Me nägime, et tooraineks kautšuki tootmisel võivad olla kõige mitmesugusemad ja kättesaadavamad ained: kartul, puit, nafta, süsi, lubi.

Piiritud on Nõukogude Liidu tooraineressursid. Meil on kõige rikkamaid kivisöelademeid, „musta kulla“ — nafta ja „roheline kulla“ — metsade varusid.

Lõpuks on meie kodumaal esikoht maailmas „valge söe“ — jõgede energia varude poolest, mis on kunstliku kautšuki suurtööstusele väga vajalik. Kõik see loob soodsad võimalused maailma parima ja odavaima kodumaise sünteetilise kautšuki tootmise piiramatuks arendamiseks.

Sünteetilise kautšuki erisuguseist tooraineist tootmise aremine on kaasaegse keemia võimsuse eredaimaks näiteks.

Juba kakssada aastat tagasi nägi geniaalne vene teadlane Mihhail Vassiljevitsš Lomonossov oma ettenägeliku pilguga ette neid keemia imettegevaid võimeid. Ta ütles: „Avaralt sirutab keemia oma käed vastu inimeste töödele; kuhu me ka ei vaataks, kuhu me ei heidaks pilku, kõikjal näeme oma silmade ees tema edu.“

Kunstlik kautšuk on suure teadlase mõtte üks hiilgavamaid kinnitusi.

## SISUKORD

Sissejuhatus . . . . .	3
1. Kuidas kautšuk leiti ja kuidas teda kasutama õpiti . . . . .	4
2. Locduslik kautšuk . . . . .	8
3. Mis on kautšuk? . . . . .	12
4. Nõukogude Liit — kunstliku kautšuki tööstuse kodumaa . . . . .	16
5. Kautšuk kartulist . . . . .	23
6. Kautšuk saepurust . . . . .	26
7. Kautšuk naftast . . . . .	28
8. Kautšuk söest ja lubjast . . . . .	31
9. Vedel kautšuk . . . . .	32
10. Milline kautšuk on parim? . . . . .	36
Lõppsõna . . . . .	40



*Lugejale.*

*Populaarteadusliku kirjanduse toimetuse  
palub hinnangud ja arvamused teose kohta,  
samuti teoses kasutatud terminoloogia kohta  
saata aadressil:*

*Tallinn,  
Pärnu mnt. 10.*

*Eesti Riikliku Kirjastuse  
populaarteadusliku kirjanduse  
toimetuse.*

Toimetaja R. Mägi.

Kaane kujundus V. Toots.

Tehniline toimetaja E. Plaks.

Korrektor E. Feldmann.

Ladumisele antud 25. VI 1952.  
Trükkimisele antud 27. VIII 1952.  
Paber 54×84 sm,  $\frac{1}{16}$ . Trükiarv  
8000. Trükipoognaid 2,75. Formaa-  
dile 60×92 kohaldatud trükipoog-  
naid 2,26. Arvutuspoognaid 2,32.  
Tellimise nr. 1263. MB-16248. Trüki-  
koda „Punane Täht“, Tallinn,  
Pikk 54/58.

На эстонском языке.

Hind 70 kop.



70 kop.

A-16558

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00497853 4