B. J. ROZEN

HIIGEL-MOLEKULIDE MAAILMAS

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

A-20613 IV

B. J. ROZEN

HIIGELMOLEKULIDE MAAILMAS

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1955

Originaali tiitel:

Б. Я. Розен

В мире больших молекул

Государственное издательство
культурно-просветительной литературы

Москва 1952

Tõlkinud M. Veiderma

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
29320

EESSÕNA

Oma olemasolu algperioodil oli keemia tundma õppinud mõnisada erinevat ühendit. Siis aga laienesid teaduse piirid. Keemiast eraldus uus haru — orgaaniline keemia. See teadusharu hakkas tegelema ainult ühe keemilise elemendi — süsiniku — ühendite uurimisega. Süsinik aga, nagu selgus, on võimeline andma miljoneid erinevaid ühendeid.

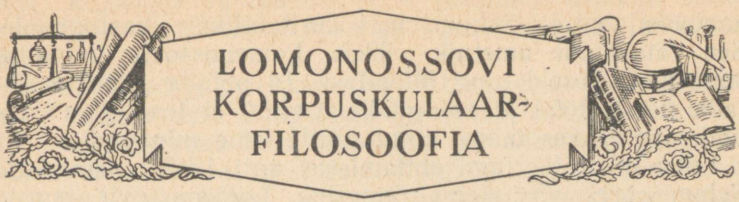
Möödunud sajandi lõpul tekkis orgaanilise keemia uus haru, mis hakkas tegelema kõige suuremate molekulide uurimisega. Kui arvestada ka valkaineid, siis uurib kõrgemolekulaarsete ühendite keemia mitte ainult miljoneid, vaid sadu miljardeid erinevaid ühendeid.

Käesolevas raamatus jutustataksegi keemia sellest harust, mis uurib suuri molekule.

Kui see raamat oleks mingil viisil välja antud 350 aastat tagasi, siis oleksid nii raamat kui ka tema autorid tingimata tuleriidal ära põletatud, sest raamatus esitatu ei ole kuidagi kooskõlas religioosse kujutlusega loodusest.

Poolteistsada aastat tagasi oleks autorit kahtlustatud terve mõistuse kaotamises, sest rääkida sellest, et puuhalust saab kedrata siidniiti, hernestest teha villa, suitsust valmistada toidunõusid, võis ainult meeletu fantaseerija.

Nüüd on see aga kõige harilikum raamat kõige harilikumatest asjadest. Ta jutustab sellest, kuidas inimene, uurides loodust, tunnetades selle seadusi, õpib kasutama neid seadusi uute, ettemääratud omadustega materjalide loomiseks.



ESIMENE VENE KEEMIK

Vene Teaduste Akadeemia esimene koosolek toimus 12. detsembril 1725. aastal. Keemia professori tool seisis aga tühjalt, sest selle ametikoha täitmiseks ei leitud tol ajal kandidaati.

1726. aasta märtsis kutsuti akadeemiasse keemik M. Bürger. Teaduslikku tööd aga Bürger ei jõudnud alustada, sest pöördudes sama aasta 22. juulil ebakaines olekus tagasi külaskäigult, kukkus ta tõllast välja ja sai surmavaid vigastusi.

Mõne aja pärast saabus Peterburi tuntud teadlane J. G. Gmelin. Ta määrati keemia professoriks, kuid keemiaga Gmelin ei kavatsenud tegelema hakata. Tema erialaks oli botaanika. Ta sõitis ekspeditsiooniga Siberisse ja viibis seal üle 10 aasta. Pöördunud tagasi akadeemiasse, hakkas Gmelin Siberist kaasa toodud ülirikkalikke kollektsioone läbi töötama ja keemiale aega pühendada ta muidugi ei tahtnud ega saanudki.

8. juulil 1741. aastal saabus välismaiselt komandeeringult tagasi Mihhail Vassiljevitš Lomonossov. Nelja aasta pärast järgnes käskkiri Lomonossovi määramise kohta keemia professoriks. Tulevane suur vene teadlane sai Teaduste Akadeemia täieõiguslikuks liikmeks. Akadeemia koosolekul 12. augustil 1745. aastal istus keemia professori toolil, mis oli tegelikult 20 aastat tühi olnud, tõeline teadlane.

Oma ülesannete täitmisele asudes uuendas Lomonossov erilise visadusega palveid keemia laboratooriumi ehitamise kohta.

Kõik Lomonossovi taotlused aga põrkasid akadeemia

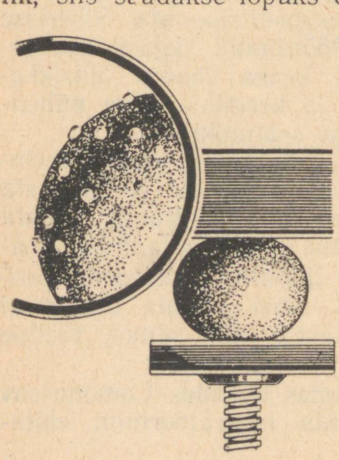
kantseleijuhataja Schumacheri kuritahtlikule vastupanule. See välismaine ametnik vihkas Lomonossovit ja üldse vene professoreid ning üliõpilasi. Ta püüdis igati takistada nende tööd ja õpinguid, arvates, et teadusega võivad tegelda kes tahes, ainult mitte vene inimesed.

Luba laboratooriumi ehitamiseks anti 1745. aastal, kuid Schumacheri vastupanu õnnestus Lomonossovil murda alles 3 aasta pärast.

Laboratoorium asus Lomonossovi korteri lähedal Vassili saare 1. ja 2. liini vahelises botaanikaaias. See väike ühekorruseline võlvlagedega hoone koosnes ainult kolmest toast. Suurema osa hoonest moodustas avar ruudukujuline tuba ahju ja tõmbetoruga keskosas, kus teostati keemilisi katseid. Kaks ülejäänud «kambrit» olid väiksemad; üks neist oli ette nähtud tööks üliõpilastega, teine katseteks tarvilike riistade ja materjalide laoks.

Taotlused laboratooriumi pärast kestsid peaaegu 7 aastat ja Lomonossovil polnud võimalik keemiaga tegelda. Need aastad pühendas ta uurimustele ja arutlustele ainé sisemise ehituse kohta.

XVIII sajandi eesrindlikud teadlased arvasid, et ükski looduses leiduv keha ei saa olla lõpmatult jagatav. Kui võtta tükike mingisugust ainet, purustada see üliväikesteks tolmukübemeteks, seejärel lõhkuda üks neist kübemeist pooleks ja jätkata sellist tükeldamist kuni on võimalik, siis saadakse lõpuks osakesed, mida pole enam võimalik poolitada. Need lõpmatult väikesed ja jagamatud osakesed, milledest koosnevad kõik ained, nimetati aatomiteks (sõna «aatom» tähendab «jagamatu»).



Katse kuldkeraga.

Tolmukübemeid tükeldasid teadlased muidugi ainult mõtteliselt. Praktiliselt oli seda siis (nagu nüüdki) võimatu teostada — riista, mida saaks kasutada tolmukübemete aatomiteks lõhkumiseks, ei ole olemas.

Lomonossovi ajal polnud kellelgi maailmas veel selget kujutlust aatomite mõõtme-

test, kujust ja välimusest, kuid teadlased uskusid siiski aatomite olemasolusse. Selles veensid neid arvukad faktid.

Kullassepad ja juveliirid näiteks teadsid, et kuld on õhukeste lehekestena läbipaistev ja omab rohekat värvust. Järelikult koosneb kuld tõepoolest aatomitest ja viimaste vahel on tühikud, milledest tungivad läbi valguskiired. Kui kuld oleks pidev, siis seda ei esineks, arutlesid teadlased.

Et tõestada pooride olemasolu metallides, valmistati kullast õhukeseseinaline kera. See täideti veega ja joodeti kinni. Siis asetati kera pressi alla ja suruti teda tugevasti. Kera hakkas pressi all «higistama» — tema pinnale ilmusid üliväikesed veetilgakesed, mis olid tunginud läbi metalli pooride.



Lumehelbed on kuusnurksed.

«Aga miks on lumehelbeke kuusnurkne?» küsisid endalt teadlased.

Lumehelbed koosnevad alati kuusnurksetest plaadikestest. Omavahel haakudes moodustavad need plaadikesed ainult kuusnurkseid tähekesi ja keegi pole iialgi näinud viis- või seitsenurkseid lumehelbeid.

Keedusool kristalliseerub alati kuubikestena, kvarts kuuetahuliste tulbakestena, maarjas hulktahukatena. Iga aine kristallid omandavad alati ühe ja sama neile omase geomeetriliselt korrapärase kuju. Nähtavasti sõltub kristallide kuju neid moodustavate aatomite omadustest. Järelikult: kui aine oleks pidev ega koosneks üliväikestest osakestest, ei saaks ta kristalliseeruda.

Aga miks levib lõhn nii kiiresti? Piisab, kui ainult veidi avada pudelike roosiõli või nuuskpiiritusega, et lõhn juba samal hetkel leviks üle kogu toa.

Lõhnava aine osakesed segunevad nähtavasti õhu osakestega ja lendavad igas suunas laiali.

Kaste ja halla tekkimine, kristallisatsioon, vedelike ja tahkete kehade aurustumine, soolade lahustumine vees ja metallide lahustumine kangetes hapetes veensid teadlasi atomistliku teooria õigsuses.



M. V. Lomonossov.

Kuigi see teooria hakkas XVIII sajandil levima, ei toetunud tolle aja keemikud oma töös sellele ja seletasid kõiki ümbritsevas maailmas toimuvaid nähtusi mitmesuguste kaaluta vedelike toimega. Neile fantastilistele vedelikele olid antud ladinakeelsed nimetused — neid nimetati fluidumiteks, substantsideks, flogistoniks jne.

Soojuslikke nähtusi — põlemist, sulamist, keemist — seletati erilise soojusetekitaja olemasoluga, mida nimetati ka flogistoniks. Peale flogistoni oli mõnede teadlaste arvates olemas veel külmatekitaja, mis sisaldus külmades kehades. Elektriline fluidum peitus elektriseeritud esemetes, valgusetekitaja — kiirgavates kehades. Elastne substants oli varjul gaasides ja vedrudes.

Lomonossov mõistis esimesena maailmas geniaalse ettenägelikkusega, et just aine ehituse atomistlik teooria peab olema keemiliste ja füüsikaliste teaduste aluseks ning et igasugused fluidumid on ainult väljamõeldised, mis takistavad teaduse arengut.

Mitmesuguste ainete omadused sõltuvad nende üliväikeste osakeste iseärasustest, milledest need ained koosnevad. Osakesed võivad üksteisega ühineda ja üksteisest eralduda, liikuda sirgjooneliselt, pöörelda ja võnkuda. Kõik looduses toimuvad muutused on seletatavad nende osakeste liikumistega.

«Ei tohi... eitada liikumist seal, kus seda ei näe silm,» kirjutas Lomonossov. «Kes hakkaks eitama, et metsas tugeva tuulega liiguvad puude lehed ja oksad, kuigi kaugelt ei ole märgata mingisugust liikumist; nagu siin kauguse tõttu, nii ka kuumades kehades liikuva aine osakeste väiksuse tõttu jääb liikumine pilgule tabamatuks.»

Teaduse ülesannet nägi Lomonossov esmajoones kõiki kehi moodustavate osakeste omaduste ja nende liikumise iseärasuste uurimises. Just sellest peavad alustama keemilised ja füüsikalised teadused, nagu hariduse omandamisel alustatakse aabitsast.

«Kui ma tahaksin lugeda, mitte tundes tähti, oleks see mõttetu tegevus, täpselt nagu see, kui ma tahaksin otsustada loodusseaduste üle, tundmata nende aluseid, mis oleks niisama mõttetu,» ütles Lomonossov ühel akadeemia koosolekul.

NÄHTAMATUTE OSAKESTE TUNNETAMINE

Oma teadusliku tegevuse esimestest sammudest alates heitis Lomonossov otsustavalt kõrvale idealistlikud kujutlused loodusest kui saladuslike ja tunnetamatute jõudude ja fluidumite tegevuse areenist. Ta püstitas endale grandioosse ülesande: avastada ainete nähtavate, sisemisest ehitusest sõltuvate omaduste põhjused. Selle ülesande dik-

teeris talle materialistlik maailmavaade, mis juhtis Lomonossovit ja aitas teda näha loodust sellisena, nagu see on tegelikkuses.

Aine ehituse atomistlik teooria sai keemiliste ja füüsikaliste teaduste valdkonnas Lomonossovi kogu teadusliku loomingu juhtivaks ideeks. Tänu sellele teooriale suutis ta luua õige kujutluse keemilistest nähtustest ja orienteeruda XVI—XVIII sajandi keemikute poolt kogutud vastuoluliste faktide, tähelepanekute ja avastuste rägastikus.

Lomonossovi ajal ei olnud keemia veel teadus, vaid kujutas endast omavahel sidumata ja süstematiseerimata, mitmesuguseid aineid käsitlevate teadmiste kogu. Tal puudus üldistav teooria, mis oleks andnud talle reeglipärasuse ja muutnud ta teaduseks.

Keemia olukorda sel ajastul kajastavad eredalt «õpikud», mille järgi Lomonossovil tuli õppida. Need sarnanesid rohkem halbade kokaraamatutega, milles igasuguse süsteemita olid esitatud mitmesuguste keemiliste ainete, lahuste, segude jne. valmistamise retseptid ja viisid.

Keemiat võis tõeliseks teaduseks muuta ainult eesrindlik teooria ja Lomonossov tõstis täie õigusega keemia alusena esile oma korpuskulaarfilosoofia, mille kallal ta töötas peaaegu kogu oma eluaja.

Lomonossovi ideede järgi koosnevad kõik ained üliväikestest märkamatutest osakestest — kehakestest, mida nimetatakse korpuskliteks (korpus — keha, korpuskel — kehake). Need korpusklid on nii väikesed, et inimese meelte abil pole neid võimalik eristada, s. t. näha, mõõta ega kaaluda. Nad asuvad väljaspool inimliku tunnetuse piire[1] ja on selles mõttes tunnetamatud.

Korpusklite vahel mõjuvad tõmbejõud ja kõik kehad koosnevad omavahel ühinenud korpusklitest.

Kehade omadused, eelkõige nende olek — tahke, vedel või gaasiline —, sõltuvad korpusklitevahelistest tõmbejõududest. Tahketel kehadel on korpusklitevahelised tõmbejõud suurimad, gaasilistel aga väikseimad.

Korpusklid koosnevad lihtsamatest osakestest, mida nimetatakse elementideks ehk algmeteks.

Lomonossovi korpuskulaarfilosoofia vastab peaaegu täpselt tänapäeva kujutlustele aine ehitusest; käesoleval ajal

[1] Tänapäeval on elektronmikroskoobi abil võimalik kõige suuremaid korpuskleid näha.

on teaduses ainult tarvitusele võetud teine terminoloogia.

Lomonossovi termini «korpuskel» asemel kasutatakse nüüd sõna molekul (moles — mass, molekul — väike mass, osake). «Elemendi» asemel ütleme aatom, «algme» asemel aga keemiline element.

Kaasaegne teadus nimetab keemilisteks elementideks aineid, mida on keemilisel teel võimatu nii moodustada teistest ainetest kui ka lagundada teisteks aineteks. Sellised on näiteks metallid: raud, kuld, vask, alumiinium; gaasid: vesinik, hapnik, lämmastik; tahked mittemetallilised ained: süsinik, väävel, fosfor, jood.

Keemilise elemendi väikseimat annust ehk osakest nimetatakse aatomiks. Iga element koosneb eri aatomeist: hõbe hõbeda-aatomeist, seatina seatina-aatomeist jne.

1952. aastaks oli tuntud 98 keemilist elementi ehk teiste sõnadega 98 liiki aatomeid. Umbes 30 nendest, nagu alumiinium, fosfor, hapnik, kaalium, kaltsium, kloor, lämmastik, magneesium, naatrium, nikkel, raud, räni, süsinik, vesinik, väävel, esinevad väga sageli. Meid ümbritseva looduse kogu mitmekesisus — rohelised põllud ja metsad, mäed ja mered, maa, õhk, loomad, inimese poolt püstitatud ehitised, materjalid, mida me kasutame, ja meie ise — koosneb selle tagasihoidliku arvu kõige levinumate elementide aatomeist. Ja selles pole midagi üllatavat. Prof. Ušakovi redaktsioonis ilmunud vene keele sõnastikus on 85 289 sõna, täielikus akadeemilises sõnastikus aga üle 200 000 sõna ja kõik need sõnad on koostatud vene tähestiku 33 tähest. Kõik kolmteist ja pool miljonit raamatut, mida hoitakse Moskvas V. I. Lenini nimelises Riiklikus Raamatukogus, on kirjutatud nendesamade väheste tähtede abil. Täpselt samuti annavad kolmekümmet liiki aatomite erinevad kombinatsioonid miljoneid kõikvõimalikke molekule.

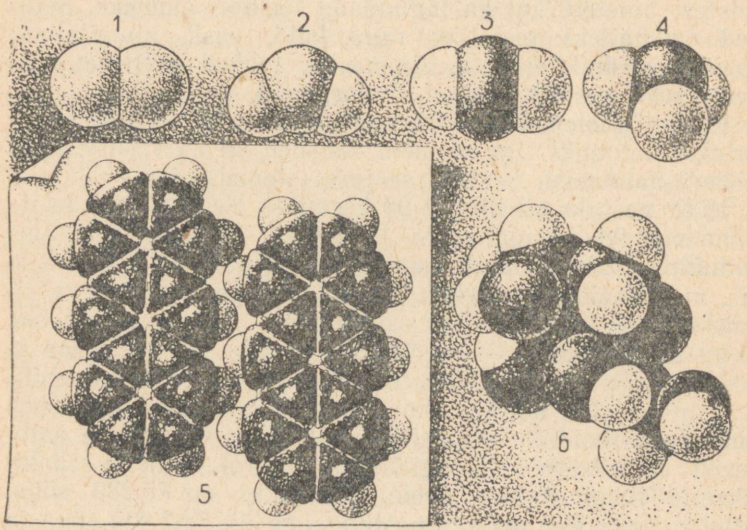
Umbes 60 elementi, näiteks reenium, lantaan, raadium, indium, neodüüm, on väga hajutatud ja esinevad kivimites tühiselt väikestes hulkades.

Kümme keemilist elementi — tehneetsium, promeetium, astatiin, frantsium, neptuunium, plutoonium, ameriitsium, küürium, berkelium ja kalifornium — ei esine üldse maakoore varasalves. Nende aatomid valmistati teadlaste poolt laboratoorsel teel teiste elementide aatomeist.

Aatomid moodustavad omavahel ühinedes molekule.

Keemiliste elementide ühesugused aatomid moodustavad lihtainete molekule, näiteks vesinikuaatomid — vesiniku molekule, hapnikuaatomid — hapniku molekule jne.

Aatomite arvust ja asetusest lihtaine molekulis sõltuvad selle aine omadused. Vaatamata sellele, et molekulide koostisse kuuluvad aatomid on ühesugused, võivad ained olla erinevad. Eriti üllatavad on süsinikuaatomite mitmesugused kombinatsioonid. Süsinik on tuntud mitmel kujul: tava-



Mitmesuguste ainete molekulid:
1 — hapniku; *2* — vee; *3* — süsihappegaasi; *4* — metaani; *5* — antratseeni; *6* — glükoosi.

lise söe ja tahmana, grafiidina, teemandina. Teemant on läikiv, ebatavaliselt kõva läbipaistev mineraal, grafiit aga must, pehme ja läbipaistmatu — täielik vastand teemandile, kuid aine on üks ja seesama — süsinik.

Kolmeaatomiline hapnik ei sarnane oma lihase venna — kaheaatomilise hapnikuga, vaid on terava lõhna ja tugevate hapendavate omadustega gaas. Teda nimetatakse osooniks. Samuti pole teineteisega sarnased valge ja punane fosfor.

Mitmesugustele keemilistele elementidele kuuluvad erinevad aatomid annavad omavahel ühinedes liitaine mole-



Liitainete molekulide tekkimise printsiip.

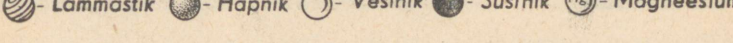
Kaks vesinikuaatomit liituvad ühe hapnikuaatomiga ja moodustavad vee molekuli *(1)*; kaksteist süsinikuaatomit ja kakskümmend kaks vesinikuaatomit ühinevad üheteistkümne hapnikuaatomiga ja moodustavad pilliroosuhkru molekuli *(2)*.

kuli. Nii annavad kaks vesinikuaatomit ühe hapnikuaatomiga ühinedes vee molekuli. 12 süsinikuaatomit ja 22 vesinikuaatomit moodustavad 11 hapnikuaatomiga ühinedes pilliroosuhkru molekuli.

Petrooleum, rooste, maarjas, naftaliin, vingugaas, sooda — kõik need on liitained, keemilised ühendid.

Liitained ei sarnane hoopiski nende keemiliste elementidega, millest nad on moodustunud. Tavaline lauasool ei meenuta sugugi kerget läikivat metalli naatriumi ega rohekat lämmatavat kloorgaasi. Keedusool on aga naatriumi ja kloori keemiline ühend. Samuti on raske ära tunda rauda erepunases rauamennikus, vaske rohelises malahhiidis, hõbedast alumiiniumi tavalises savis. Keemiliste elementide aatomid moodustavad liitainete molekulideks ühinedes uute omadustega aineid.

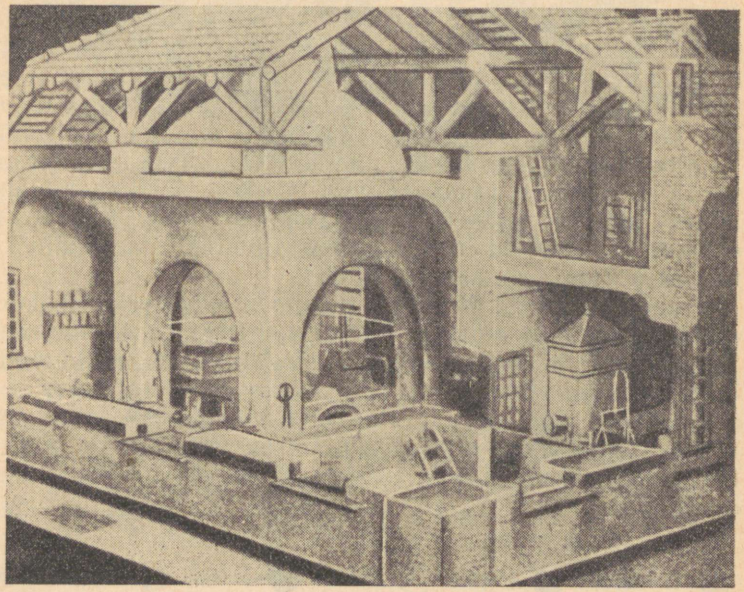
Praegu tunnevad teadlased mitusada tuhat erinevat keemilist ühendit ja omavad küllalt selget kujutlust molekulide ehitusest ja seadustest, mille järgi need molekulid moodustuvad. Tol ajal oli see kõik tundmatu, kuid Lomonossov lahendas geniaalselt aine ehituse olemuse küsimuse, mõistis selle atomistlik-molekulaarset iseloomu ja ennetas sellega avastusi, mis tehti teadlaste poolt kaks sajandit hiljem.



Tingmärgid.

1748. aastast alates oli Lomonossovi käsutuses võrdlemisi hästi sisustatud laboratoorium. Ta alustas otsekohe keemia-alaste uurimiste ja katsetega. Silmapaistev vene teadlane ei korraldanud aga oma katseid nii nagu kõik tema kaasaegsed. Ta võttis kasutusele uue, õigema ja kohasema meetodi loodusseaduste tunnetamiseks.

Mõistes selgesti, et liitained moodustuvad lihtainete keemilise ühinemise tulemusena, andis Lomonossov üliõpilastele nõu teostada katseid võimalikult kõigist lisandeist puhastatud ainetega. Teised teadlased ei osutanud neil aastatel tähelepanu lähteainete puhtusele. Nad kasutasid materjale, mis sisaldasid mitmesuguseid ebasoovitavaid lisandeid. Katsetel reageerisid ka lisandid ja keemikutel ei moodustunud sageli hoopiski mitte neid ühendeid, mida nad ootasid, vaid tekkis mingi uus tundmatu keemiline ühend. See viis teadlased segadusse ja tekitas vassinguid nende vaadetes.



Lomonossovi keemialaboratooriumi makett.

Lomonossov võttis laboratooriumis kasutusele kaalud. Ta nõudis, et iga terakest enne ja pärast katset tingimata kaalutaks, samal ajal kui tema kaasaegsed kasutasid keemilistes katsetes peaaegu «köögimeetodit» — nad mõõtsid ainet näputäie ja kamaluga, lisasid seda silma ja «maitse» järgi, mitte kinni pidades täpsest mõõdust ja kaalust. Katsete tulemused olid ebatäpsed ja vastuolulised. Lomonossov tajus, et lähteainete ja katse tulemusena saadavate ainete täpse kaalumiseta ei saa keemia muutuda teaduseks.

Ainete täpne kaalumine enne ja pärast katset aitas Lomonossovil püstitada üht põhilisemat loodusseadust. XVII ja XVIII sajandil püüdsid teadlased mõistatada, miks metalli kaal suureneb, kui teda tulel kuumutatakse. Tänapäeval ei paista see nähtus meile mõistatuslikuna, kuid siis, keemiateaduste arengu koidikul, oli see üliraske teaduslik probleem, mille kallal teadlased mitu sajandit vaeva nägid.

Lugematu arv kordi kordasid keemikud üht ja sedasama katset: võtsid tüki seatina või tina, panid selle tiiglisse või retorti ja kuumutasid tulel. Algul metall sulas, siis aga muutus aegamööda halliks aineks, millel polnud midagi ühist metalliga.

Seda ainet nimetati tol ajal tagiks. Kui saadud tagi kaaluti, osutus, et tagi kaal ületas tunduvalt kuumutamiseks võetud metalli kaalu.

Tagiks muutunud metalli kaalu suurenemist märgati juba XII sajandil, kuid sellele ei leitud rahuldavat seletust.

Tuntud inglise keemik R. Boyle väitis, et põleva söe «tulemateeria» tungib läbi tiigli seinte ja ühineb metalliga, mille tulemusena moodustub tagi.

Saksa keemik E. Stahl seletas seda nähtust teisiti. Ta ütles, et metall koosneb tagist ja flogistonist; kõrge temperatuuri toimel flogiston lendub metallist, tagi aga jääb järele.[1]

Boyle'i ja Stahli pooldajate vahel toimusid ägedad vaidlused.

Lomonossov hülgas mõlemad teooriad, pidades neid ühteviisi rumalateks, ega võtnud osa flogistonistide kahe leeri vahelisest võitlusest. Kui keegi püüdis teda kaasa

[1] Metalli kaalu suurenemist flogistoni lendumisel temast püüti seletada flogistoni «negatiivse kaaluga». *Toim.*

kiskuda vaidlusse flogistoni üle, siis vastas Lomonossov: «Sellised absurdsed vaidlused on allpool meie väärikust.»

Ta ei saanud siiski hoopis kõrvale jääda vaidlusest, mis oli haaranud kogu teadusemaailma. Korrates Boyle'i poolt juba 1673. aastal teostatud ajaloolist katset, saavutasid selle teadlase pooldajad võidu Stahli pooldajate üle.

Lomonossov võttis R. Boyle'i teosed ja luges tema katse kirjelduse tähelepanelikult läbi. Boyle asetas klaasretorti tüki seatina ja selleks, et vältida õhu sissetungimist retorti, jootis selle kaela kinni. Siis kaalus teadlane retordi ja asetas selle tulele. Mõne aja pärast muutus seatina tagiks. Mingisuguseid auruva flogistoni eraldumise tundemärke muidugi märgata ei õnnestunud. Boyle laskis retordil jahtuda ja avas selle siis. Välisõhk tungis vilistades retorti. Seda nähtust tõlgendas teadlane ainult kui tõendit selle kohta, et retort oli hästi kinni joodetud. Pärast seda asetas Boyle retordi kaaludele ja avastas, et see kaalus rohkem kui enne katset.

Heitnud pahameelega raamatu kõrvale ja kirudes Boyle'i, suundus Lomonossov laboratooriumi.

Lomonossov pani retorti tüki seatina, jootis avause kinni ja kaalus retordi. Siis asetas ta retordi hõõguvatele sütele ja kui kogu seatina oli muutunud tagiks, kaalus avamata retordi uuesti. Retordi kaal jäi täpselt samasuguseks, nagu see oli enne kuumutamist. Metalli kaal ei muutunud kuumutamisel. Temast ei aurunud flogiston ega toimunud ühinemist tulemateeriaga.

Lomonossov kirjutas laboratooriumipäevikusse: «Ma tegin katseid tihedalt kinni joodetud klaasanumates, et uurida, kas metallide kaal kasvab ainult kuumusest. Nendest katsetest selgus, et kuulsa Robert Boyle'i arvamus on vale, sest kui välisõhku mitte sisse lasta, jääb põletatud metalli kaal samaks.»

Kui Boyle avas retordi, siis tungis õhk sellesse vilistades sisse. See tõendab, et kuumutamise ajal oli õhu hulk retordis vähenenud. Tagi kaal aga oli metalli esialgse kaaluga võrreldes suurenenud, kuna retordi õhu ja metalli üldine kaal kuumutamisel ei muutunud. Tähendab, nii palju kui vähenes õhku, tuli juurde tagi. Üks kahanes, teine kasvas. Järelikult on metalli kaalu kasv kuumutamisel tingitud tema ühinemisest õhuga, mitte aga tulemateeriaga, mis siin üldse mingisugust osa ei etenda.

Need katsed, mis teostati 1756. aastal, kinnitasid täie-

likult Lomonossovi esialgseid vaateid, millele ta oli jõudnud juba 12 aasta eest. Siis võttis Lomonossov dissertatsioonis, mis kandis nime «Mõtisklusi soojuse ja külma põhjusest», tulemateeria ja flogistoni kauavalitsenud teooria terava kriitika alla ja seletas metalli kaalu kasvu kuumutamisel metalli ühinemisega õhuga.

Akadeemia konverents kuulas dissertatsiooni ära ja otsustas selle Lomonossovile tagastada Boyle'ile adresseeritud kiruvate väljenduste pehmendamiseks, millega Lomonossov nähtavasti polnud kitsi olnud.

Lomonossov ja tema õpilased korraldasid väga palju mitmesuguseid katseid — nad kuumutasid metalle tulel, sulatasid maakidest metalle välja, sadestasid neid lahustest, sundisid erinevaid aineid astuma keemilistesse ühenditesse ja kaalusid iga kord kasutatavad materjalid ära.

Tuginedes neile katsetele, püstitas Lomonossov põhilise loodusseaduse — aine ja liikumise jäävuse seaduse. Ta avaldas selle seaduse esmakordselt 5. juunil 1748. aastal ja esitas lõplikul kujul 1760. aastal.

«Kõik looduses esinevad muundumised on olemuselt sellised, et kui palju ühelt kehalt midagi ära võetakse, nii palju ühineb teise kehaga. Kui sel kombel mateeria kuskil kahaneb, siis kasvab ta teises kohas; kui palju tunde keegi ärkvelolekuks kasutab, nii palju võtab ta ära unelt. See üldine loodusseadus kehtib ka liikumisseaduste eneste kohta: keha, mis paneb oma jõuga teise keha liikuma, kaotab oma liikumisest nii palju, kui palju ta annab üle teisele kehale, mis temalt liikumist saab.»

Selle üldise seaduse avastamine oli Lomonossovi tõeliselt teadusliku, materialistliku maailmavaate tulemuseks.

200 aasta jooksul, mis lahutavad meid Lomonossovi ajastust, pidasid tema seaduse pooldajad rasket võitlust teadlaste-idealistidega. Lomonossovi seadus vaikiti maha, tunnistati valeks, heideti kõrvale, lahutati osadeks, püüdes ühe üldise loodusseaduse asemel viia teadusse kaht omavahel sidumata seadust eraldi, s. o. aine jäävuse ja liikumise jäävuse seadust.

Lomonossovi seadust tõestasid aga arvutud katsed teaduse kõige mitmekesisematel aladel. See seadus omandas üldise tunnustuse ja muutus looduse tunnetamise võimsaks relvaks.

Kuid veel nüüdki püüavad teadlased-idealistid kõigutada Lomonossovi seaduse vankumatust ja vähendada selle

tähtsust. Nad tõlgendavad seda mitte kui üldist seadust, vaid kui üksikseadust, s. o. taandavad selle elementide kaalu jäävuse seaduseks keemilistel reaktsioonidel.

Kõige reaktsioonilisemad Lääne-Euroopa füüsikud ja keemikud, kes tõlgendavad uusimaid avastusi moonutatult, püüavad halvustada Lomonossovi seadust ja tõestada mateeria ning liikumise hävimist.

KORDSETE SUHETE SEADUS

XVIII sajandi lõpul ruttasid keemikud endale täpsete kaalude muretsemisega. Kaalud võeti kiiresti tarvitusele, sest teadlased said aru, kuivõrd vajalikud on kaalud igasugustel keemilistel uurimistel. Nende abiga tegid teadlased kindlaks, millistes vahekordades on vaja võtta lähteaineid, et saada vajalikku keemilist ühendit. Reageerivate ainete hulkade täpne määramine andis väga tähtsaid andmeid soolade, maakide, mineraalide ja sulamite koostise kohta.

Prantsuse keemik Lavoisier, kes kordas pärast Lomonossovit Boyle'i katset, paigutas retorti suure tüki seatina, jootis retordi kinni ja asetas tulele. Seatina sulas ja muutus osaliselt tagiks, kuid osa temast jäi vedelasse olekusse.

Lavoisier otsustas jälgida, mis toimub edasi, ja jätkas retordi tulel hoidmist. Selles tegevuses möödus päev, seejärel teine ja kolmas. Tagi aga juurde ei tekkinud.

Iga päev süütas Lavoisier tule retordi all, kuid seatina jäi seatinaks. Kaheteistkümnendal päeval otsustas teadlane katse katkestada.

Uurides õhku, mis oli jäänud retorti, veendus Lavoisier, et see ei olnud enam õhk, vaid oli juba mingisugune teine gaas. Retorti visatud hiir lämbus, kuna hõõguvad peerud kustusid temas.

Lavoisier nimetas selle gaasi lämmastikuks, s. t. elutuks.

Siis muutis Lavoisier katset. Ta paigutas retorti suure hulga seatinatagi ja kuumutas seda kõrge temperatuurini. Seejuures eraldus teatud hulk mingisugust gaasi. Lavoisier kogus tagist saadud gaasi eri nõusse ja pistis sellesse hõõguva peeru. Peerg süttis pimestavalt heleda leegiga, kuna selle gaasiga täidetud purki asetatud hiir jooksis ja hüppas, avaldades tormilist elutegevust.

Et see gaas eraldub hapendeist ja, astudes keemilisse

ühendisse teiste ainetega, moodustab hapendeid [1], nimetas Lavoisier selle hapnikuks. Lavoisier' katsest ilmnes, et õhk koosneb kahe gaasi — elutu lämmastiku ja elugaasi hapniku — segust.

Hiljem kordas Lavoisier katset ka elavhõbedaga, leides oma järeldusele täielikku kinnitust.

Kuumutades seatina, tina, elavhõbedat või tsinki kinnijoodetud retortides, märkasid teadlased niisiis, et kui metalli on palju, siis ei muutu kogu metall tagiks, kui seda aga on vähe, siis jääb retordis olevast hapnikust osa kulutamata. Järelikult võib enne katset retordis olnud hapniku hulk anda mitte ükskõik kui suure, vaid rangelt määratud hulga hapendit.

Iga katse puhul kaalusid keemikud saadud tagi, määrasid kaalu kasvu ja veendusid, et 100 grammist seatinast saab alati 107,7 grammi tagi. Tähendab, iga grammi seatina kohta kulub tema hapendiks muundumisel umbes 0,077 grammi hapnikku.

Selline koostise püsivus ei ole seatinahapendi erandlikuks omaduseks. Uurides teisi liitaineid, leidsid teadlased, et keemilised elemendid ühinevad omavahel mitte meelevaldsetes, vaid ainult rangelt määratud suhetes.

Keedusool, kust ta ka poleks saadud — mereveest, soolakaevandustest või laboratooriumis kloorist ja naatriumist —, sisaldab alati kaalu järgi 39,4 protsenti naatriumi ja 60,6 protsenti kloori. Põrgukivis — hõbenitraadis — on alati 63,5 protsenti (kaalu järgi) hõbedat, 8,2 protsenti lämmastikku ja 28,3 protsenti hapnikku. Punases värvis, mida nimetatakse verikiviks, on alati 70 protsenti rauda ja 30 protsenti hapnikku.

Keemiliste elementide suhe on igas liitaines muutumatu.

XIX sajandi alguseks olid teadlased kogunud palju andmeid mitmesuguste mitte väga keerukate ainete kaalulise koostise kohta. Tol ajal uuriti peamiselt soolasid ning hapendeid ja määrati, kui palju nad sisaldavad kaalu järgi hapnikku ja teisi elemente.

Võrreldes mitmesuguste hapendite koostist, panid teadlased tähele väga huvitavat seaduspärasust.

Vees tuleb ühe kaaluosa vesiniku kohta 8 kaaluosa hapnikku, vesinikülihapendis aga samasuguse osa vesiniku kohta juba 16 osa hapnikku — kaks korda rohkem kui vees.

---

[1] Hapendeid nimetame edaspidi ka oksüüdideks. *Tõlk.*

Tinahapendis tuleb 59,35 grammi tina kohta 8 grammi hapnikku, tinakivis aga — maagis, millest sulatatakse välja tina — tuleb 59,35 grammi tina kohta 16 grammi hapnikku. Jällegi täpselt kaks korda rohkem.

See seaduspärasus ilmnes eriti selgesti siis, kui teadlased uurisid lämmastiku ühendeid hapnikuga. Lämmastik annab viis hapendit, mis erinevad üksteisest hapnikusisalduse poolest. Viimane kasvab pidevalt hapendilt hapendile.

Dilämmastikoksüüdis, mida nimetatakse ka naerugaasiks, tuleb iga 7 grammi lämmastiku kohta 4 grammi hapnikku. Lämmastikoksüüdis kasvab hapnikusisaldus kahekordseks — 8 grammi 7 grammi lämmastiku kohta. Lämmastikushappe anhüdriidis on 7 grammi lämmastikku ühinenud 12 grammi hapnikuga, s. t. hapnikku on kolm korda rohkem kui naerugaasis. Lämmastikdioksüüdis on hapnikku 16 grammi, seega neli korda rohkem kui naerugaasis, ja lõpuks — lämmastikhappe anhüdriidis tuleb 7 grammi lämmastiku kohta 20 grammi hapnikku, s. o. viis korda rohkem kui naerugaasis.

Järelikult võib 7 grammi lämmastikku ühineda 4 või 8 või 12 või 16 või 20 grammi hapnikuga. Missugune imelik seaduspärasus: mingi annus lämmastikku liidab endaga kas ainult ühe või kaks või kolm või neli või viis täiesti ühesugust hapnikuannust.

Nende ainete teistsugused vahekorrad — poole või poolteise annuse kaupa — on nähtavasti võimatud. Lämmastiku hapendid moodustavad nagu hapnikust astmetega trepi.

Ja see pole jällegi hapniku erandlikuks iseärasuseks. Eranditult kõik keemilised elemendid astuvad ühendeisse teiste elementidega ainult kindlate ja ühesuguste annuste kaupa. Trisüsinikdioksüüd näiteks sisaldab 8 grammi hapniku kohta 9 grammi süsinikku, vingugaas 6 grammi ja süsihappegaas 3 grammi.

Millega seletada ainete omadust astuda keemilistesse ühenditesse kindlate annuste kaupa, seda teadlased ei teadnud.

Inglise teadlane Dalton, kes on keemia ajaloos Lomonossovi ideede vahetuks jätkajaks, seletas seda seaduspärasust üllatavalt lihtsasti atomistliku teooria abil.

«Aatomid on jagamatud,» ütles Dalton. «Ja on täiesti loomulik, et keemilisse ühendisse astudes nad ei jagune poolteks ega veeranditeks.»

Ainult tuntud muinasjutuline luiskaja parun Münchhausen võis sõita poolel hobusel, kui hundid olid teise poole tema hobusest ära söönud. Tegelikkuses nii ei juhtu. Vankri ette võib rakendada ühe, kaks, kolm, neli, kuus hobust ja vankrile võivad istuda üks, kaks, kolm, neli sõitjat. Rakendada aga poolteist hobust vankri ette ja panna sellele istuma pool sõitjat on võimatu. Hobused ja sõitjad on jagamatud ühikud.

Aatomid kuuluvad molekulide koostisse terviklike, jagamatute ühikutena. Aatomite pooli, veerandeid ja kaheksandikke ei esine. Ja Dalton tegigi järelduse: kui kaks keemilist elementi moodustavad rea keemilisi ühendeid, siis esinevad nende ühendite molekulides olevad aatomid alati täisarvulistes suhetes: 1, 2, 3, 4, 5 jne.

Seda seadust hakati nimetama kordsete suhete seaduseks. Atomistliku teooria alusel loodud ja kõige täpsemate mõõtmistega kinnitatud kordsete suhete seadus sai atomistliku teooria õigsuse üheks kõige hiilgavamaks ja veenvamaks tõendiks.

Lomonossov seadis atomistliku teooria keemia aluseks. Dalton kinnitas ja tõestas selle valitsevat asendit teaduses ning see oli F. Engelsi sõnade järgi «... avastus, mis andis kogu teadusele keskpunkti ja uurimisele kindla aluse».[1]

Pärast Daltonit hakkasid keemikud määrama mitmesuguste ainete koostisse kuuluvate keemiliste elementide kaalulisi hulki. Nad mõistsid, et see viib molekulide sisemise ehituse saladuse lahendamisele. Lomonossovi idee «otsida kehade nähtavate omaduste põhjusi nende sisemisest ehitusest» hakkas teostuma.

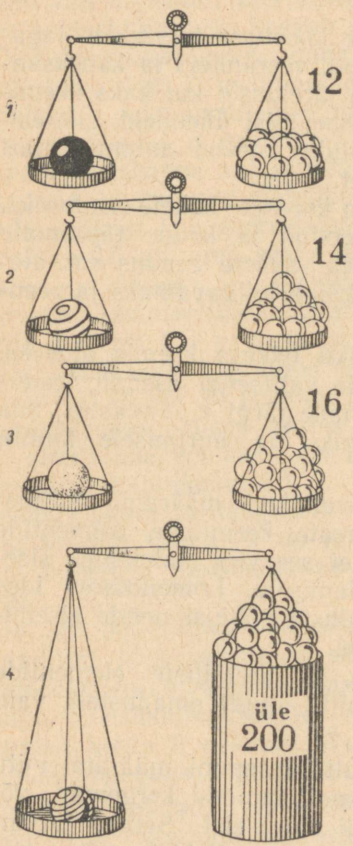
Juba siis oletasid teadlased, et keemiliste elementide aatomid erinevad üksteisest mitte ainult omadustelt, vaid ka kaalult.

Keemikud püüdsid võimalikult täpsemini määrata, mitu korda on ühe keemilise elemendi aatomid kergemad või raskemad mingi teise elemendi aatomeist. Selleks lagundasid nad liitaineid koostisosadeks, sundisid keemilisi elemente üksteisega reageerima ning kaalusid iga kord ära nii lähteained kui ka reaktsiooniproduktid.

Paljude uurimiste tulemusena õnnestus kindlaks teha, et

[1] Энгельс, Ф., Диалектика природы. Госполитиздат, 1950, стр. 84.

kõige kergem aatom kuulub vesinikule. Kõik teised keemilised elemendid on vesinikust raskemad. Süsinikuaatomid on vesinikuaatomitest 12 korda raskemad, lämmastikuaatomid 14 korda, hapnikuaatomid 16 korda, naatriumiaatomid 23 korda, klooriaatomid 35,3 korda, seatina-aatomid rohkem kui 200 korda.



Kõikide keemiliste elementide aatomid on vesinikuaatomist raskemad:
süsinikuaatom *(1)* 12 korda; lämmastikuaatom *(2)* 14 korda; hapnikuaatom *(3)* 16 korda; seatina-aatom *(4)* üle 200 korra.

Esimesel pilgul näis, et kõige lihtsam on elementide aatomite kaale määrata võrdlemisel vesinikuaatomi kaaluga, kuid siin esines raskusi. Enamik keemilisi uurimisi oli teostatud mitte vesiniku-, vaid hapnikuühenditega. Hapendeid oli tunduvalt kergem saada ja uurida. See sundis mõõtühikuks võtma mitte vesinikuaatomit, vaid hapnikuaatomit, õigemini üht kuueteistkümnendikku tema kaalust, nn. rahvusvahelist hapnikühikut.

Aatomite kaalu, mille arvutamise aluseks on võetud üks kuueteistkümnendik hapnikuaatomi kaalust, hakati nimetama aatomkaaluks.

Aatomkaalu ei tohi ära segada erikaalu või tihedusega — need on täiesti erinevad mõisted.

Kõigi tuntud keemiliste elementide aatomkaalu tundmine võimaldas koostada nende nimestikku mitte meelevaldselt, vaid kasvava aatomkaalu järjekorras. Esimene koht kuulus selles nimestikus vesinikule, millele järgnesid kõik teised elemendid.

Iga element sai selles nimestikus oma järjekoranumbri.

Nagu edasised uurimised näitasid, osutusid aatomkaal ja eriti elemendi järjekorranumber nimestikus võtmeteks, mis avasid sissepääsu aatomite maailma saladustesse. Geniaalse vene keemiku D. I. Mendelejevi poolt loodud elementide perioodiline süsteem osutus aatomi-maailma tõeliseks kaardiks.

KEEMILISTE ELEMENTIDE «UPUTUS»

XVIII sajandi teadlaste avastused olid ettevalmistuseks keemia kiirele arengule XIX sajandil. Keemia edusammud avaldusid kõigepealt tuntud keemiliste elementide arvus, mis pidevalt kasvas.

1800. aastal tunti ainult 27 elementi. 1801. aastal avastati nioobium, 1802. aastal tantaal, 1803. aastal roodium ja pallaadium, 1804. aastal osmium ja iriidium, 1807. aastal naatrium ja kaalium; 1809. aastal avastati kaltsium ja baarium ning eraldati booraksist boor, 1811. aastal avastati jood. Seejärel leiti liitium, räni, alumiinium, broom. Avastused järgnesid üksteisele. Keskmiselt iga kahe aasta kohta avastasid teadlased ühe uue keemilise elemendi. 1860. aastaks oli nende arv tõusnud viiekümne kaheksani.

Atomistlik teooria, mis oli suutnud anda seletuse paljudele nähtustele, osutus jõuetuks elementide «uputuse» ees. Ta ei suutnud seletada, miks on keemilisi elemente nii palju.

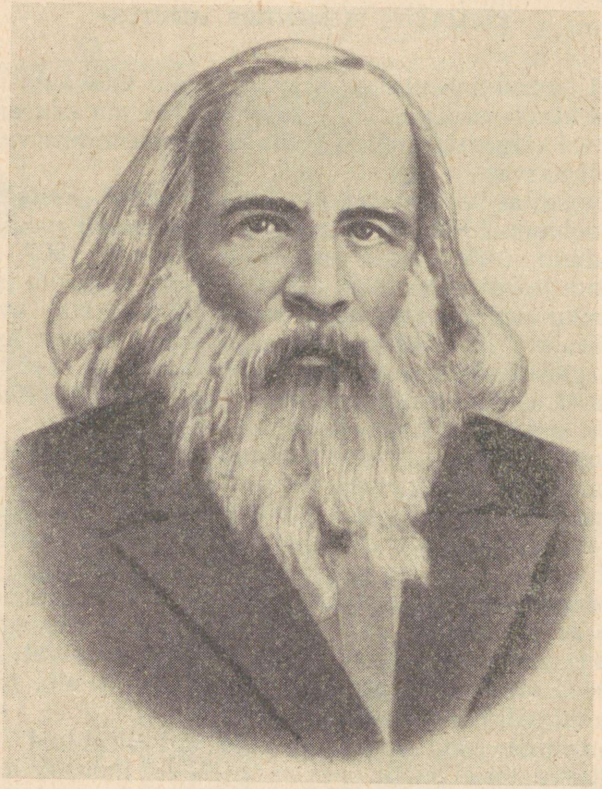
Atomistliku teooria pooldajad väitsid, et kõik ained koosnevad väikesest arvust primaarsetest ja keemiliselt mitte lagundatavatest elementidest, kuid neid primaarseid elemente osutus olevat väga palju — neid leiti peaaegu igal aastal ja avastustel nagu ei paistnudki lõppu tulevat. Mõned teadlased oletasid, et keemilisi elemente võib olla niisama palju, kui palju on aineid.

Atomistliku teooria vastased said uut virgutust. Täpse ja selge materialistliku õpetuse asemele ilmusid halvasti põhjendatud väljakujunemata hüpoteesid. Leidus «teoreetikuid», kes tegid ettepaneku heita keemiast kõrvale sõna «aatom» ja püüda hoopis unustada see segadust tekitav mõiste.

Peale selle hämmeldas teadlasi asjaolu, et leitud elementide omadused olid erakordselt mitmekesised. Selgus, et metalliline naatrium süttib põlema isegi vees ning selleks, et ta ei süttiks kokkupuutest õhu või veega, tuleb teda hoida petrooleumis. Vasktraat, mida on tavalistes tingimustes

võimatu süüdata, põleb suurepäraselt kloori voolus. Mõned elemendid annavad hapendudes ja veega ühinedes millegipärast mitte happeid, vaid aluseid.

Keemilised elemendid ühinevad omavahel mitte arvestades keemikute soove, ilmselt eelistades ühtesid elemente ja mitte tahtes ühendeisse astuda teistega. On võimatu panna kulda



D. I. Mendelejev.

või plaatinat vahetult ühinema hapnikuga, kuid kloori ja broomiga annavad nad ühendeid suhteliselt kergesti.

Teadlased lahutasid ainult käsi, mitte teades, kuidas kõike seda seletada. Atomistlik teooria ei andnud üleskerkinud küsimustele vastust. Keemia sattus laeva olukorda, mille rooliseadeldis on lakanud töötamast. Ta triivis ühest suu-

nast teise ja kuigi edasiliikumine hoopis ei lakanud, siis ometi aeglustus tugevasti. Teadlased ekslesid vasturääkivate hüpoteeside ja paljude seletamatute faktide rägastikus.



Kaaliumi reaktsioon veega.

Väljapääsu sellest olukorrast leidis suur vene teadlane Dmitri Ivanovitš Mendelejev. Uurides keemiliste elementide omadusi, märkasid teadlased, et keemiliste elementide hulgas leidub aineid, mis on üksteisega sarnased nagu kaksikud.

Kui näiteks visata tükk kaaliumi veega täidetud kausikesse, siis süttib ta heleda leegiga põlema ja kihutab sisisedes mööda veepinda, kuni lõpuks kaob valgesse suitsu.

Täpselt samuti käituvad vees naatrium ja liitium. Nad ühinevad hapnikuga nii ahnelt, et lagundavad koostisosadeks niisuguse püsiva ühendi, nagu seda on vesi; nad võtavad temalt ära hapniku, vabastavad vesiniku ja tekitavad «tulekahju» veega täidetud kausis.

Tina meenutab oma omadustelt seatina. Need metallid on mõlemad kergesti sulavad, pehmed, on noaga lõigatavad ja hapenduvad vabas õhus ainult pinnalt.

Vask sarnaneb hõbedaga suure soojus- ja elektrijuhtivuse poolest, kuld ja hõbe aga on püsivad hapniku suhtes.

Juba üliõpilasena mõtles Mendelejev küsimuse üle: miks esineb sarnaseid elemente? Nähtavasti ei ole elementide sugulus juhuslik, vaid peegeldab teatud seaduspärasust, mis haarab eranditult kõiki elemente. See oletus kasvas vähehaaval ja kujunes sügavaks veendumuseks.

Töötades oma raamatu «Keemia alused» kallal, jõudis Mendelejev järeldusele, et keemia edasine arenemine on võimatu, kui ei looda ranget süsteemi, mis ühendaks kõik elemendid sõltuvalt nende omadustest ja oleks uurijaile teed näitavaks tuletorniks nende loomingulistes otsingutes. Raamatukogu on võimatu kasutada, kui raamatud on juhuslikult hunnikusse laotud. Raamatud tuleb sorteerida ja asetada kindla korra järgi riiulitele.

Kõik teadused on oma arenemises läbinud staadiumi, mil ülimalt vajalikuks muutus kogutud materjali klassifitseerimine, sest muidu oleks uurija sõna otseses mõttes takerdu-

nud faktide rägastikku. Oli ju kord aeg, kus zooloogid lugesid vaalad kalade hulka ja mesilased lindude hulka kuuluvaiks. «Mesilane on väike lind,» kirjutas üks keskaja loodusteadlane. Loomade klassifitseerimine liikide ja perekondade järgi päästis teadlased sellistest vigadest. Vaalasid lakati kaladeks pidamast, mesilased loeti putukate hulka kuuluvaiks.

Ka keemia tundis teravat vajadust süsteemi, paljude aastate jooksul kogunenud materjali klassifikatsiooni järele.

MENDELEJEV AVASTAB SEADUSPÄRASUSE

Mõte elementide «sisemisest korrapärasusest» valdas Mendelejevit. Kuni hilise ööni tavatses suur teadlane istuda oma kabinetis.

Samm-sammult uuris Mendelejev tollal tuntud 63 elemendi kõiki iseloomustavaid omadusi. Ta võrdles nende erikaale, suhtumist vesinikku ja hapnikku, soojusjuhtivust, elektrilisi ja magnetilisi omadusi ning aatomkaale ja peatus lõpuks aatomkaalul kui oma tulevase elementide klassifikatsiooni alusel.

Mõne aasta pärast, kui tema avastus oli levinud kõuena üle kogu maailma, jutustas ta oma otsinguist järgmist: «Otsida midagi, olgu siis seeni või mingit sõltuvust, on võimatu teisiti kui vaadeldes ja katsetades.

Kirjutanud üksikutele kaartidele elemendid nende aatomkaalude ja põhiliste omadustega, hakkasingi teistest eraldama sarnaseid elemente ja lähedasi aatomkaale, mis viis kiiresti lõppjäreldusele, et elementide omadused on perioodilises sõltuvuses nende aatomkaalust.»

Mendelejev reastas kõik elemendid kasvava aatomkaalu järjekorras ning märkas, et omadused muutuvad elemendilt elemendile kindla korrapärasusega.

Liitium näiteks on väga aktiivne, läikiv ja taotav metall. Järgmine element on järjekorras boor, kuid boor ei sarnane hoopiski liitiumiga. Boor esineb kas mustjaspruuni pulbrina või kristallidena, mis on kõvad nagu teemant. Metallilisi omadusi ei ole booril peaaegu üldse. Miks peaks ta asetsema liitiumi kõrval? Pärast boori tuleb süsinik. Looduses leidub teda teemandi, söe ja grafiidi kujul. Süsinikku ei saa taguda ega venitada — temas pole midagi metallilist. Süsiniku järel aga seisab berüllium — kerge, läikiv, valge,

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180.
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182.
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186.
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4.
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
			Ni = Co = 59	Pl = 106,6	Os = 199
H = 1			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Th = 118?		

Д. Менделѣевъ

Keemiliste elementide perioodiline tabel, nagu selle avaldas D. I. Mendelejev 1869. aastal.

taotav aine, kõige ehtsam metall, kuid tema aatomkaaluna on millegipärast märgitud 13,5. Siin kahtlustas Mendelejev vea olemasolu. Berülliumi aatomkaalu määranud keemik oli kindlasti teinud vea. Berülliumi aatomkaal pidi olema teistsugune. Mendelejev kriipsutas berülliumi kaardikesel 13,5 otsustavalt läbi ja kirjutas 9, berülliumi kaardikese aga asetas liitiumi naabrusse, nihutades paremale boori ja süsiniku, sest elemendid pidid asetsema metalliliste omaduste kahanemise järjekorras: liitium, berüllium, boor, süsinik.

Süsiniku järele rivistusid tüüpilised mittemetallid, niinimetatud metalloidid: gaasid lämmastik, hapnik ja kahvatukollane lämmatav fluor. Viimane on aktiivseim metalloid, mis ühineb energiliselt kõikide metallidega, kaasa arvatud ka nii püsivad, nagu kuld, hõbe ja plaatina.

Kaasaegses Mendelejevi tabelis seisab fluori järel neoon, kuid Mendelejev ei teadnud neooni olemasolust midagi ja läks seetõttu üle naatriumile. See on jällegi kerge, läikiv, taotav ja erakordselt aktiivne metall. Kõikide tunnuste poolest sarnaneb ta liitiumiga nagu vend vennaga.

Naatriumile järgneb magneesium. See on samuti läikiv ja kerge, kuid tema metallilised omadused (taotavus, sitkus) ei väljendu nii teravalt kui naatriumi vastavad omadused. Ta jääb naatriumist maha ka aktiivsuselt. Magneesium ei ole isesüttiv. Magneesiumtraat või -lint tuleb põlema süüdata — siis põleb ta pimestavalt heleda leegiga. Oma keemilistelt omadustelt on magneesium lähedane berülliumile.

Magneesiumi järel seisab nimestikus alumiinium — mitte eriti läikiv, suhteliselt habras, halvasti sepistatav metall. Teda on raske joota. Tikuga on teda võimatu süüdata. Alumiinium põleb ainult siis, kui ta on pulbriks peenestatud.

Alumiiniumile järgneval ränil ei ole enam üldse metallilisi omadusi. Ta meenutab süsinikku ja sarnaneb isegi välisilmelt grafiidiga. Räni nagu süsinikki eraldab metalle mittemetallidest.

Räni järel tulevad tüüpilised metalloidid — fosfor, mis sarnaneb keemilistelt omadustelt lämmastikuga, väävel, mis on sarnane hapnikuga, ja selle elementide rühma lõpetab kollakasroheline mürgine gaas kloor, mis on fluori teisik, sarnanedes fluoriga nagu naatrium sarnaneb liitiumiga.

Argooni olemasolust ei olnud Mendelejev teadlik; tema nimestikus järgnes kloorile kaalium, mis on peaaegu täpne naatriumi koopia, ja sellele kaltsium, mis sarnaneb magneesiumiga.

Mendelejev paigutas oma kaardikesed nii, et horisontaalsetesse ridadesse asetusid elemendid järk-järgult nõrgenevate metalliliste omaduste ning tugevnevate metalloidiliste omadustega. Esimese rea all liitiumist fluorini asetsesid elementide kaardikesed naatriumist kloorini. Teise rea alla paigutas Mendelejev kolmanda, kolmanda alla neljanda jne. Kõik sarnased elemendid paigutusid vertikaalsetesse veergudesse. Esimeses veerus olid leelismetallid: liitium, naatrium, kaalium, rubiidium, tseesium. Neljandas — elemendid, mis on piiriks metallide ja metalloidide vahel: süsinik, räni. Seitsmendas — tüüpilised metalloidid: fluor, kloor, broom, jood.

Nii loodi elementide perioodilise süsteemi tabel, mis on omandanud ülemaailmse kuulsuse.

Seda tööd tehes ei tegelnud Mendelejev otseste keemiliste uurimistega. Lähtudes eranditult asendist, mida omas tema tabelis üks või teine element, parandas Mendelejev boori, uraani, titaani, tseeriumi ja indiumi aatomkaale. Tema poolt avastatud elementide perioodilisuse seadus võimaldas kaaluda elemente ilma kaaludeta.

Pärast tabeli täitmist jäid selles mõned ruudud tühjaks. Mendelejevile tuntud elementide hulgas ei olnud ühtki, mis oleks täitnud 21., 31. või 32 ruudu.

Mendelejev väljendas julge mõtte, et tühjad ruudud hõivatakse elementide poolt, mis tingimata esinevad looduse varasalves, kuid pole seni keemikute poolt avastatud. Geniaalne vene teadlane andis tundmatutele elementidele leppelised nimetused: ekaboor, ekaalumiinium ja ekasiliitsium [1] (eesliide «eka» tähendab «sarnane»). Neid elemente nägemata, neid kaalumata ja uurimata ennustas Mendelejev nende aatom- ja erikaalu ning põhilised keemilised omadused.

Selle tähelepanuväärse avastuse tegi Mendelejev 1871. aastal.

Möödus neli aastat. Pariisist saabus teade, et prantsuse keemik Lecoq de Boisbaudran on avastanud uue keemilise elemendi, mille ta nimetas galliumiks ning mis täpselt vastas ekaalumiiniumile. Veel neli aastat hiljem avastas rootsi keemik Nilson teise Mendelejevi poolt ennustatud elemendi — ekaboori — ja nimetas selle skandiumiks.

Kirjeldades skandiumi avastamislugu, kirjutas Nilson:

---

[1] Silicium (Si) on räni ladinakeelne nimetus. *Toim.*

Perioodid	Read	ELEMENTIDE					
		I	II	III	IV	V	VI
1	I	H 1 *Vesinik* 1,0080					
2	II	Li 3 *Liitium* 6,940	Be 4 *Berüllium* 9,02	5 B *Boor* 10,82	6 C *Süsinik* 12,010	7 N *Lämmastik* 14,008	8 O *Hapnik* 16,000
3	III	Na 11 *Naatrium* 22,997	Mg 12 *Magneesium* 24,32	13 Al *Alumiinium* 26,97	14 Si *Räni* 28,06	15 P *Fosfor* 30,98	16 S *Väävel* 32,066
4	IV	K 19 *Kaalium* 39,096	Ca 20 *Kaltsium* 40,08	Sc 21 *Skandium* 45,10	Ti 22 *Titaan* 47,90	V 23 *Vanaadium* 50,95	Cr 24 *Kroom* 52,01
	V	29 Cu *Vask* 63,54	30 Zn *Tsink* 65,38	31 Ga *Gallium* 69,72	32 Ge *Germaanium* 72,60	33 As *Arseen* 74,91	34 Se *Seleen* 78,96
5	VI	Rb 37 *Rubiidium* 85,48	Sr 38 *Strontsium* 87,63	Y 39 *Ütrium* 88,92	Zr 40 *Tsirkoonium* 91,22	Nb 41 *Nioobium* 92,91	Mo 42 *Molübdeen* 95,95
	VII	47 Ag *Hõbe* 107,88	48 Cd *Kadmium* 112,41	49 In *Indium* 114,76	50 Sn *Tina* 118,70	51 Sb *Antimon* 121,76	52 Te *Telluur* 127,61
6	VIII	Cs 55 *Tseesium* 132,91	Ba 56 *Baarium* 137,36	La 57* *Lantaan* 138,92	Hf 72 *Hafnium* 178,6	Ta 73 *Tantaal* 180,88	W 74 *Volfram* 183,92
	IX	79 Au *Kuld* 197,2	80 Hg *Elavhõbe* 200,61	81 Tl *Tallium* 204,39	82 Pb *Seatina* 207,21	83 Bi *Vismut* 209,00	84 Po *Poloonium* 210
7	X	Fr 87 *Frantsium* 223	Ra 88 *Raadium* 226,05	Ac 89** *Aktiinium* 227,05	(Th)	(Pa)	(U)

* 58–71 Lantaniidid	Ce 58 *Tseerium* 140,13	Pr 59 *Praseodüüm* 140,92	Nd 60 *Neodüüm* 144,27	Pm 61 *Promeetium* 147	Sm 62 *Samaarium* 150,43	Eu 63 *Euroopium* 152,0	Gd 64 *Gadoliinium* 156,9	Tb 65 *Terbium* 159,2
** 90–98 Aktiniidid	Th 90 *Toorium* 232,12	Pa 91 *Protaktiinium* 231	U 92 *Uraan* 238,07	Np 93 *Neptuunium* 237	Pu 94 *Plutoonium* 239	Am 95 *Ameriitsium* 241	Cm 96 *Küürium* 242	Bk 97 *Berkelium*

Elementide perioodiline süsteem

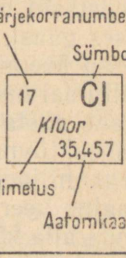
RÜHMAD

VII	VIII			0
				He 2 *Heelium* 4,003
9 F *Fluor* 19,00				Ne 10 *Neoon* 20,183
17 Cl *Kloor* 35,457				Ar 18 *Argoon* 39,944
Mn 25 *Mangaan* 54,93	Fe 26 *Raud* 55,85	Co 27 *Koobalt* 58,94	Ni 28 *Nikkel* 58,69	
35 Br *Broom* 79,916				Kr 36 *Krüptoon* 83,7
Tc 43 *Tehneetsium* 99	Ru 44 *Ruteenium* 101,7	Rh 45 *Roodium* 102,91	Pd 46 *Pallaadium* 106,7	
53 J *Jood* 126,92				Xe 54 *Ksenoon* 131,3
Re 75 *Reenium* 186,31	Os 76 *Osmium* 190,2	Ir 77 *Iriidium* 193,1	Pt 78 *Plaatina* 195,23	
85 At *Astatiin* 211				Rn 86 *Radoon* 222

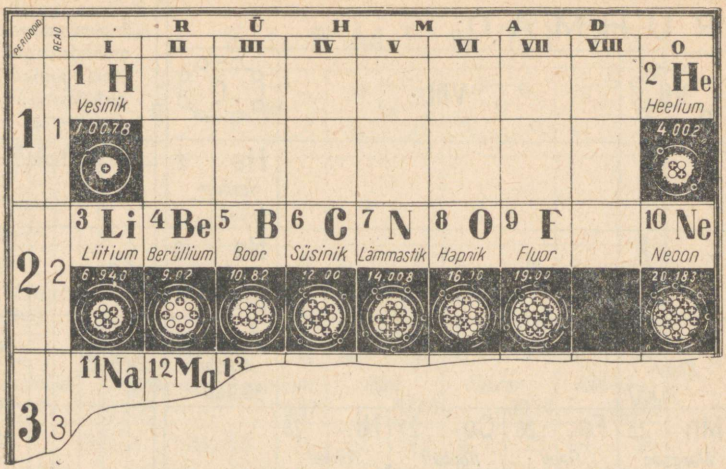
Dy 66 *Düsproosium* 162,46	Ho 67 *Holmium* 164,94	Er 68 *Erbium* 167,2	Tu 69 *Tuulium* 169,4	Yb 70 *Ütterbium* 173,04	Lu 71 *Luteetsium* 174,99
Cf 98 *Kalifornium*					

Elektronide asetus nullrühma aatomites orbiitide järgi: kihid tuumast eemaldumise järjekorras

1	2	3	4	5	6	7
2						
2	8					
2	8	8				
2	8	18	8			
2	8	18	18	8		
2	8	18	32	18	8	



tänapäevasel kujul.



Elemendi kuulumine Mendelejevi tabeli teatavasse ruutu näitab prootonite ja neutronite arvu selle elemendi aatomi tuumas ja elektronide arvu elektronkattes.

«... nii tõestuvad kõige näitlikumal viisil vene keemiku mõtted, mis võimaldasid mitte ainult ette näha nimetatud lihtaine olemasolu, vaid ka ennustada tema tähtsamaid omadusi.»

1886. aastal sai Mendelejev kirja saksa keemikult Winklerilt, kes oli avastanud elemendi, mis oli omadustelt identne ekasiliitsiumiga.

«Teatan Teile Teie geniaalse uurimuse ... uuest võidust ja avaldan Teile oma lugupidamist ning sügavat austust,» kirjutas Winkler Mendelejevile.

XIX sajandi lõppu tähistasid elementide perioodilisuse seaduse uued tähelepanuväärsed edusammud. 1894. aastal avastasid inglise teadlased Ramsay ja Rayleigh õhu koostises gaasi, mis ei astunud teiste elementidega mingisugustesse keemilistesse ühenditesse. Oma keemilise «laiskuse» tõttu sai uus gaas nimeks argoon, mis tähendab «laiskleja». Kahe aasta pärast leiti mineraal kleveiidis samasugune väheaktiivne gaas — heelium — päikesegaas. Heeliumi ja argooni jaoks tuli Mendelejevi tabelile lisada veel üks vertikaalne veerg — nullveerg. Heelium võttis selles veerus enda alla kõige ülemise koha ja argoon asetus naatriumi — kloori ritta, kuna nullveeru ülejäänud ruudud — teise,

viienda, seitsmenda ja üheksanda rea ruudud — jäid tühjaks. Sinna ilmselt ei jätkunud elemente. Neid hakati otsima ning tõepoolest leitigi õhu koostises veel kolm pikatoimelist, «laiska» gaasi — neoon, krüptoon ja ksenoon.

Elementide perioodilisuse seaduse avastamine ja tema praktiline tõestamine oli ülitähtsaks etapiks keemia ja kogu teaduse ajaloos. Mendelejev näitas kogu maailmale, et tõeline teadlane peab fakte mitte ainult nägema, vaid neid ka ette nägema. Just seepärast hindas Engels Mendelejevi avastust kui teaduslikku kangelastegu.

Mendelejevi elementide perioodilisuse seadus on inimkonna poolt paljude sajandite jooksul omandatud keemia-alaste teadmiste laialdaseks üldistuseks.

Elementide perioodilisuse seadus omandas üldise tunnustuse. Temast juhindusid paljud teadusharud — teda läks tarvis mitte ainult keemikutel, vaid ka füüsikutel ja geoloogidel.

Mendelejevi tabelit kasutasid kõik, kuid teda täielikult seletada ei osanud keegi. Mõistatuslik oli mitte üksnes elementide omaduste perioodiline kordumine, vaid eriti see, et need kordusid matemaatilise täpsusega.

Aktiivne metall naatrium võtab tabelis enda alla üheteistkümnenda koha. Loendades naatriumist kaheksa kohta üksköik kummale poole, satume tema teisikutele — liitiumile kolmandal kohal ja kaaliumile üheksateistkümnendal kohal. Samuti täpselt kaheksa kohta eraldavad süsinikku ränist ja fluori kloorist.

Ruudus nr. 16 asub rabe kollane väävel. Ta annab palju mitmesuguseid ühendeid, milledest üks on kõigile hästi tuntud väävelvesinik — vastiku mädamunalõhnaga gaas. Loendame väävlist 18 elementi edasi ja satume ruudus nr. 34 seleenile. See on hall rabe aine nõrga metalse läikega, mis meenutab kuupaistet (siit ka selle elemendi nimetus — «selēne» tähendab kreeka keeles kuud). Keemilistelt omadustelt on seleen erakordselt sarnane väävliga. Ta annab vesinikuga samuti gaasilise, vastiku lõhnaga ühendi. Hapnikuga annab ta väävelhappega sarnaneva happe.

52. ruudus, s. t. 18 koha võrra seleenist edasi asub selle perekonna kolmas liige telluur — helehall rabe aine. Telluuri ühend vesinikuga on samuti gaas, mis pole sugugi vähem haisev kui väävel- või seleenvesinik.

Tabeli alumises osas korduvad keemiliste elementide omadused mitte 8 koha tagant nagu ülemises osas, ja mitte 18 koha tagant nagu tabeli keskosas, vaid 32 koha tagant.

Kulla ja hõbeda, tina ja seatina, plaatina ja pallaadiumi vahel on parajasti 32 ruutu.

Eriti näitlik on nullrühma täitvate «laiskade» gaaside asetus Mendelejevi tabelis. Heelium võtab tabelis enda alla teise koha. Temast 8 kohta edasi asub neoon, mis on samasugune inertne gaas kui heelium. Veel kaheksa kohta edasi on argoon. Loendades argoonist edasi 18 elementi, leiame krüptooni, jättes vahele veel 18 elementi, satume ksenoonile: 32. kohta ksenoonist lugedes täidab viimane «laiskleja» test» — gaas radoon.

Iga kaheksas, kaheksateistkümnes või kolmekümne teine element kordab tähtsusetute muudatustega oma eelkäija omadusi. 8, 18, 32 — mingisugused kummalised, otsekui maagilised arvud, mis on seotud elementide omadustega.

Miks just 8, 18 ja 32, aga mitte 5, 10, 15 või 3, 9, 27? Seejuures tuleb tähelepanu pöörata sellele, et arvudes 8, 18, 32 peitub kindel matemaatiline seaduspärasus. Kaheksa on ju kaks, mis on korrutatud kaks korda kahega. Kaheksateist — kaks, mis on korrutatud kolm korda kolmega. Kolmkümmend kaks — kaks, mis on korrutatud neli korda neljaga! Kõik need on arvude 2, 3, 4 kahekordsed ruudud.

Mendelejevi poolt avastatud matemaatilise seaduspärasuse lahtimõtestamine toimus pärast aatomi ehituse tundmaõppimist.

XIX sajandil pidasid keemikud aatomit aine viimaseks, jagamatuks osakeseks. Varsti pärast elementide perioodilise süsteemi avastamist väljendas aga Mendelejev oletuse aatomi jagatavuse kohta.

«... Võib kergesti oletada, kuigi veel pole võimalik tõestada ...» kirjutas Mendelejev, «et lihtainete aatomid on tegelikult liitained, mis on moodustunud mõnede veel väiksemate osakeste (ultimaatide) liitumisel, ja et meie poolt jagamatuks nimetatu (aatom) ei ole jagatav ainult tavaliste keemiliste jõududega.»

Samal arvamusel oli Mendelejevi kaasaegne, teine suur vene keemik A. M. Butlerov.

IDEALISTID ÜTLEVAD AATOMIST LAHTI

Möödunud sajandi viimast aastat tähistas uus hämmastav avastus, mis lükkas ümber kõik teadlaste senised kujutlused aatomist.

Kuulus füüsik Marie Sklodowska-Curie sai koos oma mehe

Pierre Curie'ga uraanimaagist uusi keemilisi elemente — polooniumi ja raadiumi.

Hiljem eraldati samast maagist veel üks varem tundmatu element — aktiinium.

Nendel uutel elementidel, nagu ka selleks ajaks juba tuntud uraanil ja tooriumil, olid tõepoolest ebaharilikud omadused. Nende aatomid lagunevad aegamööda, muundudes teiste elementide aatomiteks. Seejuures eraldab 1 gramm raadiumi tunnis 136 kalorit soojust, millega saab viia keemiseni 1,36 grammi vett.

Curie avastus jättis ootamatult plahvatanud pommi mulje. Universumi vankumatute ehituskividena näivad aatomid lagunesid osadeks.

Teadlased-idealistid kasutasid seda avastust ära uueks pealetungiks materialistlikule maailmavaatele.

Nad rääkisid: aatomite lagunemisel vabaneb energia, järelikult aatomid koosnevad energiast, nad pole materiaalsed, pole ainelised. Mateeriat ei eksisteeri, eksisteerib ainult energia. Kuid energia ju hajub ruumis, tähendab, tegid nad vale järelduse, hävib ka mateeria.

Selle reaktsioonilise õpetuse esindajad, keda hakati nimetama «energeetikuteks», eitasid aatomite ja molekulide eksisteerimise reaalsust.

Need pseudoteadlased väitsid: et me ei suuda näha molekule ja aatomeid, siis järelikult ei ole olemas mingisuguseid aatomeid ja molekule, vaid nad eksisteerivad ainult meie fantaasias. Keemilistest reaktsioonidest aga — jutlustasid need «teadlased» — võtavad osa mitte molekulid ja aatomid, vaid aine kaalulised kogused. Vee lagundamisel elektrivooluga näiteks saame mitte kaks aatomit vesinikku ja ühe aatomi hapnikku, vaid kaheksa kaaluosa hapnikku ja ühe kaaluosa vesinikku.

«Energeetilise» koolkonna juht saksa keemik Ostwald tõendas, et aatomeid tegelikkuses ei esinevat, et nad olevat välja mõeldud ainult mugavuse mõttes. Kui maailm koosneb väljamõeldud aatomitest ja molekulidest, siis järelikult väljaspool meid ei eksisteeri ka materiaalset maailma. See, mida me peame meid ümbritsevaks maailmaks, on ainult meie kujutlus. Millest siis tekib see kujutlus? Seda, järeldasid idealistid, võib meile anda ainult mingi kõrgem olend, s. o. jumal.

1909. aasta algul ilmus trükist V. I. Lenini geniaalne teos «Materialism ja empiriokrititsism». Vladimir Iljitš andis

selles raamatus terava vastulöögi reaktsiooniliste teadlaste katsetele moonutada teadust. Ta kritiseeris hävitavalt energeetikute «teooriat», mis eitas aatomite, molekulide ja mateeria olemasolu.

«... mateeria,» kirjutas V. I. Lenin, «on see, mis meie meeleorganeile mõjudes tekitab aistingu; mateeria on objektiivne reaalsus, mis on antud meile aistingus ...» [1]

Teadlased, kes seisid kindlalt materialistlikel positsioonidel (Marie Sklodowska-Curie, Perrin ja paljud teised), leidsid visalt töötades ümberlükkamatuid tõendusi aatomite ja molekulide olemasolu kohta.

Korrati uuesti vana katset. Hoolikalt poleeritud vaskplaadile asetati seatinaplaat. Seejärel suruti mõlemad plaadid pressi all kokku. Mõne kuu pärast olid plaadid tugevasti ühte liitunud. Nad saeti katki ja plaatide ristlõige näitas, et selge piirjoon seatina ja hõbeda vahel oli kadunud. Pea-



Katse vask- ja seatinaplaadiga.

aegu ühe millimeetri sügavuselt olid seatinaplaati tunginud üliväikesed vaseosakesed, kuna vaskplaadis leidusid samasugused seatinaosakesed. See tõestas vaieldamatult, et aatomid on võimelised liikuma, tähendab — nad eksisteerivad.

Eesrindlikud teadlased ei kahelnud nende nähtamatute osakeste olemasolus ja püstitasid endale keeruka ülesande — mõõta ja kaaluda aatomeid.

Selleks jätkas meie sajandi alguses prantsuse füüsik Perrin inglise botaaniku Browni katseid.

Vaadeldes mikroskoobi all taimevarte lõikepindu, oli Brown juba 1827. aastal märganud, et taime mahlas liiguvad pidevalt ja korrapäratult väga väikesed osakesed. Teadlane hakkas selle nähtuse vastu huvi tundma. Teda huvitas, mis põhjustab nende tillukeste osakeste «tantsu», millised jõud panevad neid erinevates suundades korrapäratult liikuma.

Ta pani klaasitükikesele tilga vett, millesse oli segatud tahke «elutu» aine — savi — osakesi. Selgus, et ka need

[1] V. I. Lenin, Teosed, 14. kd., lk. 129.

«elutud» osakesed ei jäänud sekundikski paigale. Nad lendasid pidevalt üksteise vastu, eemaldusid eri suundades ja põrkasid uuesti kokku korratus tantsus. Terveid päevi veetis teadlane mikroskoobi juures, kuid ta ei märganud kordagi, et osakesed oleksid oma kärsitu liikumise katkestanud. Talle näis, et saviosakestele kanduvad üle tõuked tänaval sõitvatelt tõldadelt. Ta sõitis üksildasse külakesse, kuid ka seal jätkus osakeste mõistatuslik tants.

Brown suri seletust leidmata, osakeste kaootiline liikumine aga nimetati brauni liikumiseks.

Pool sajandit hiljem mõistsid teadlased, et osakeste kaootiline liikumine vedelikutilgas toimub tõugete mõjul, mida need osakesed saavad vedeliku molekulidelt. Tuhanded molekulid põrkavad vastu tahket osakest mitmest küljest mitmesuguse tugevusega. Seepärast näeb vaatleja vedelikus liikuvate osakeste teed siksakilise murdjoonena.

Jälgides mikroskoobi all osakeste brauni liikumist, leidis prantsuse teadlane Perrin meetodi aatomite kaalumiseks.

Ta viis läbi lihtsa, kuid originaalse katse, mis põhines sellel, et gaaside tiheduse muutus atmosfääris sõltub mitte ainult kõrgusest, vaid ka nende gaaside molekulkaaludest.

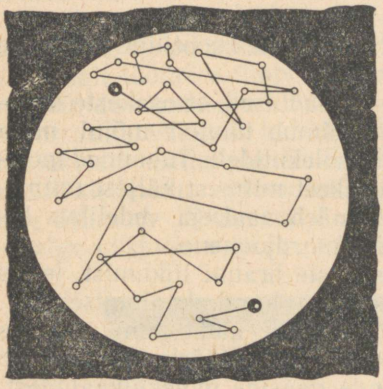
Vesiniku tihedus näiteks väheneb tõusul 80 kilomeetri kõrgusele kaks korda. Et heeliumi molekulkaal on kaks korda suurem vesiniku molekulkaalust, siis heeliumi tihedus on kaks korda väiksem juba mitte 80, vaid 40 kilomeetri kõrgusel. See seadus kehtib kõikide gaaside kohta. Kõrguse suurenemisel väheneb gaasi tihedus pöördvõrdeliselt molekulkaaluga.

Perrin mõtles: «Eeldame, et ma teen kunstliku atmosfääri ja viin sellesse atmosfääri teatud hulga mingisuguseid täiesti ühesuguseid kergeid kerakujulisi osakesi. Raskusjõu mõjul nad settivad ja jaotuvad «atmosfääris» ebaühtlaselt — põhja juures tihedamalt, ülemistes kihtides hõredamalt.

Ma määran kõrguse, mille puhul pihustatud osakeste tihedus on täpselt kaks korda väiksem esialgsest, ja teen kindlaks, kas need osakesed alluvad gaaside tiheduse vähenemise seadusele või mitte. Kui nad alluvad, siis see tähendab, et kunstlik «atmosfäär» koos temas hõljuvate väikeste kerakestega on tõelise atmosfääri mudel, iga kerake aga on molekuli tugevasti suurendatud mudel.»

Teades kõrgust, mille puhul osakeste tihedus on kaks korda väiksem, pole raske arvutada nende molekulkaalu. Järelikult ilmuvad tabelisse küsimärkide asemele arvud.

«Kuid ühe minu osakese — molekuli mudeli — kaal,» arutles Perrin, «on mulle ju teada, sest ma teen ta ise. Minu käsutuses on nii kerakeste molekulkaal kui ka nende kaal grammides ja siit saab lihtsa aritmeetilise võrde abil arvutada mistahes gaasi molekulkaalu asemel selle gaasi molekuli kaalu grammides.»



Vees hõljuvad väikesed saviosakesed on pidevas liikumises. Joonisel on näidatud ühe sellise osakese liikumise tee.

Perrin puistas veeklaasi peotäie peent liiva ja jälgis, kuidas see sadestus põhja. Kõige jämedamad liivaterad langesid alla esimestena, peenemad laskusid kauem, kõige peenemad aga moodustasid häguse kihi. Põhjale lähemal oli hägu tihedam, põhjast kaugemal hõredam. Pilt meenutas gaasi molekulide jaotust atmosfääris. Perrin otsustas, et purk veega võib täita kunstliku atmosfääri aset. Liivaterakesed aga ei kõlba katseks, sest nad on kaalult ja suuruselt ebaühtlased, kuna gaasi molekulid on täiesti ühesugused. Et edukalt läbi viia sellist katset, tuleb järelikult valmistada ühesuguse suurusega kerakujulised osakesed mingist kergemini vormitavast materjalist — vaigust või vahast.

Perrin valis troopilise gummigutipuu vaigu ja valmistas sellest ühesuguse suurusega kerakesi.

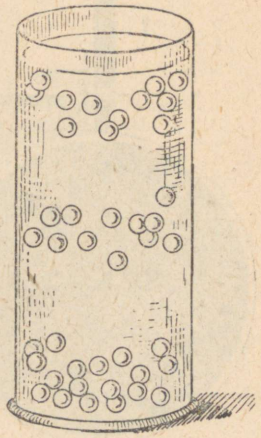
AATOMID ON MÕÕDETUD JA KAALUTUD

Kontrollinud mitmete meetoditega kerakeste kaalu ja suurust, asus Perrin katse teostamisele. Ta võttis väikese klaasi, valas sellesse vett koos vähese hulga piiritusega, puistas sinna oma kerakesed, kattis klaasi klaasplaadiga ja valas ääred üle parafiiniga. Siis asetas teadlane klaasi mikroskoobi ette lauale ja hakkas vaatlema, mis selles toimub. Osa gummigutikerakestest langes põhja, ülejäänud jätkasid vede-

likus «rippumist». Klaasi ülemises osas oli kerakesi päris vähe, kuna põhjale lähemal asetsesid kerakesed tihedamalt. Nüüd jäi Perrin'ile üle kõige raskem osa katsest — määrata, milline kõrgus vastab klaasis hõljuvate kerakeste arvu täpselt kahekordsele vähenemisele. Perrin hakkas kerakesi loendama.

Kindlate ajavahemike tagant süttis lamp, mis valgustas hetkeks klaasikest. Mikroskoobi vaateväljale ilmusid kullakarva kerakesed ja teadlane luges nad üle.

Mitu aastat kestnud töö tulemusena tegi Perrin kindlaks, et nõu põhjast kaugenemisel väheneb kerakeste arv täpselt kaks korda iga 34 mikroni (0,0034 sentimeetri) tagant.



Perrin'i katse.

Gummigutikerakesed allusid tiheduse vähenemise seadusele. Nad võisid olla gaasi molekulide mudeliteks ja erinesid tegelikest molekulidest selle katse tingimustes ainult mõõtmetelt.

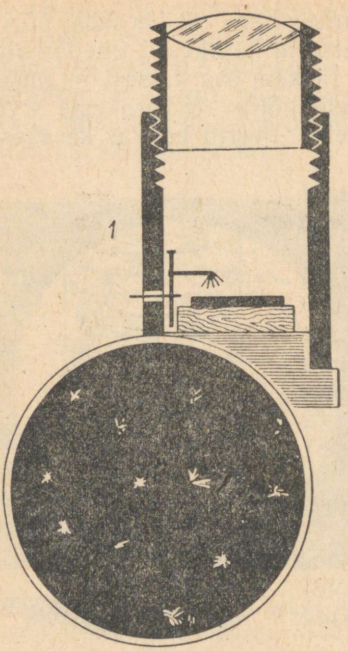
Gaasi molekulide kaalu määramine Perrin'i poolt oli esimeseks ümberlükkamatuks tõendiks aatomite ja molekulide tegeliku olemasolu kohta.

Uusi tõendeid aatomite olemasolust andis radioaktiivsete ainete uurimine. Teadlased valmistasid lihtsa, kuid väga teravmeelse aparaadi. Väikese klaasikese põhi kaeti tsinksulfiidi kihiga. Sel ainel on omadus helendada kiiresti liikuvate osakeste löökide toimel.

Klaasikese sisse kinnitati väike statiiv radioaktiivse aine tillukese tükikesega. Klaasikese ava kaeti suurendusklaasiga. Seda aparaati hakati nimetama spintariskoobiks. Vaadates klaasikese sisemusse, nähti ekraanil süttivat suurt hulka tähekujulisi sähvatusi. Lagunevatest raadiumiaatomitest eralduvad osakesed põrkasid seal vastu tsinksulfiidi molekule ja põhjustasid nende helendamist.

Loendanud sähvatuste arvu, tegid teadlased kindlaks, et 1 milligramm raadiumi eraldab sekundis 362 miljonit osakest. Need osakesed pole midagi muud kui heeliumiaatomid.

Hiljem leiti veel üks viis aatomite vaatlemiseks. Teadla-



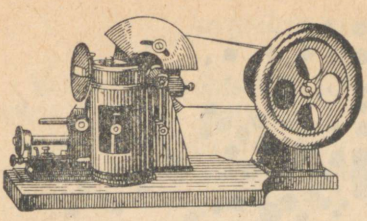
Spintariskoobi skeem läbilõikes (*1*); spintariskoobi helendav ekraan (*2*).

sed ehitasid kolbpumbaga sarnaneva aparaadi, mida nimetatakse vilsoni kambriks.

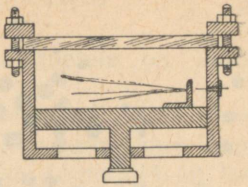
Väike klaassilinder varustati kolvina töötava liikuva põhjaga. Kolvile kinnitati väike alus radioaktiivse aine tükikesega ning silinder täideti niiske õhuga. Seejärel tõmmati kolbi järsku väljapoole — rõhk väheneb, õhk paisus ja temperatuur langes. Kuid on juba ammu teada, et kui veeauruga küllastunud õhku jahutada, siis aur eraldub uduna. Et aga kambris asus veel radioaktiivne aine, siis ei toimunud udu tekkimine nii nagu vabas õhus, vaid vaatleja nägi läbi aparaadi läbipaistva kaane, kuidas radioaktiivse aine osakeselt sirutusid peente niidikestena igasse külge udutilgakeste ahelad.

Laterna kiirtest heledasti valgustatuna olid need valged niidikesed täiesti selgelt nähtavad. Aatomite killud kannavad endaga kaasas elektrilaengut. Selle laengu annavad nad üle veeauru osakestele, millega nad teel kokku põrkavad. Need tõmbavad enda külge teisi osakesi ja kasvavad kiiresti. Nii moodustavad radioaktiivsete ainete laialilendavad osakesed oma teel udutilgakeste ahelaid. Osakesed ise pole nähtavad, nende jäljed aga on näha küllalt selgesti. Nad lendavad nagu kuulid läbi tiheda põõsastiku. Ärarebitud lehed näitavad nende poolt läbitud teed. Osakese jälge võib võrrelda ka suitsuga, mida jätab lennul järele rakett.

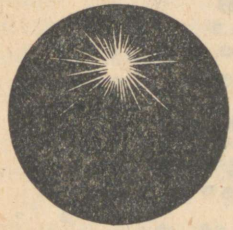
Vilsoni kambrile lisatud fotoaparaadi abil fotografeerivad teadlased lendavate aatomikildude teid. Nagu juba öeldud, kujutavad need killud endast heeliumiaatomeid. Kui jätta radioaktiivne aine kambrisse küllalt pikaks ajaks, siis võib selles kindlaks teha heeliumi olemasolu.



1



2



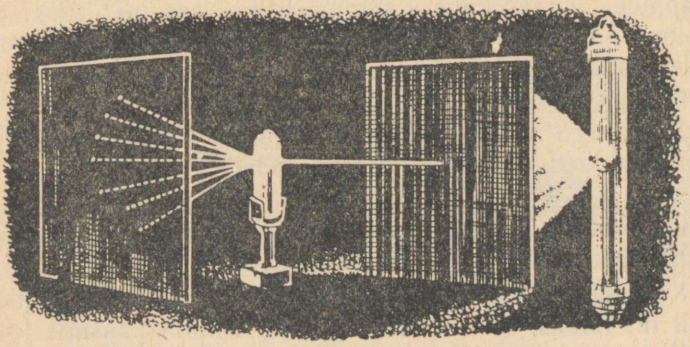
3

Vilsoni kamber:
1 — välisvaade; *2* — ristläbilõige;
3 — elektriiaengut kandvate osakeste tee.

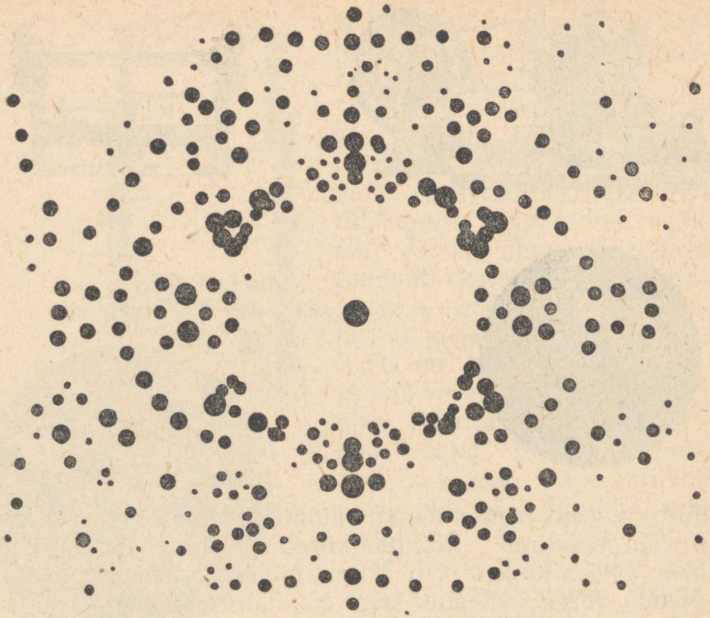
Mitte vähem veenva tõendi aatomite olemasolu kohta andsid röntgenikiired. Röntgenikiired on suutelised tungima läbi inimkeha kudede, läbi puidu, paberi ja metalli.

Nende abiga õnnestus isegi kindlaks määrata kaugust üksikute aatomite vahel.

Selleks kinnitati tugialusele berüllikristall. Vasakule asetati fotoplaat, paremale röntgenitoru. Kiirtekimp suunati kristallile ja kristalli vari jäi jäljena fotoplaadile. See vari ei olnud aga pidev. Ta koosnes paljudest heledatest täpikestest, mis asetsesid kindlas korras ja meenutasid peent pitsi.



Berüllikristalli röntgenogrammi saamise skeem.



Berüllikristalli röntgenogramm.

Röntgenikiired, mis läbisid kristalli tsentri, ei hajunud ja andsid fotoplaadil heleda täpi. Seda tsentraalset täppi ümbritsesid väikestest täpikestest koosnevad keerukad mustrid. Täppide korrapärane, sümmeetriline asetus ülesvõttel osutas mitte ainult aatomite olemasolule, vaid ka sellele, et aatomid paiknevad kristallis range korrapärasusega.

Kõik need katsed tõestasid aatomite olemasolu ja aitasid neid kaaluda, mõõta ning loendada.

Aatomid on erakordselt väikesed. Paberossi kohal helesiniste rõngastena väänleva tubakasuitsu üks osake sisaldab 700 miljonit miljardit aatomit.

Kui võtta vaskne viiekopikaline ja muljuda ta valtside abil nii laiaks, et temast saaks ühe aatomi paksune ja 33 millimeetri laiune lint, siis oleks see lint 65 kilomeetrit pikk.

Vaatamata tühiselt väikestele mõõtmetele on aatomil väga keerukas ehitus.

Aatomi ehituse rohkearvulised uurimised on näidanud, et tema keskel asetseb väike, väga tihe tuum, mis kannab positiivset laengut. Raskete elementide tuumadel on laeng suurem, kergete elementide tuumadel väiksem. Tuuma ümber liiguvad mööda suletud orbiite elektronid — negatiivse elektri väikseimad materiaalsed osakesed. Elektronid moodustavad tuuma ümber elektronkesta. Raskete aatomite elektronkestad koosnevad mitmest kihist.

On kindlaks tehtud, et positiivsete laengute arv mingi elemendi aatomi tuumas vastab selle ruudu numbrile, mille antud element võtab enda alla Mendelejevi tabelis.

Iga keemilise elemendi aatomi elektronkestas võib olla nii mitu elektroni, kui mitu positiivset laengut on selle aatomi tuumas.

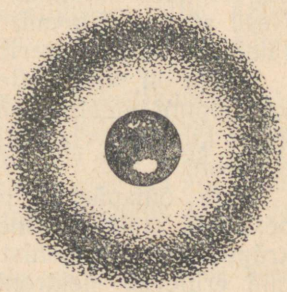
Kui võtta huupi mistahes keemiline element Mendelejevi tabelist, siis ühtuvad selle elemendi aatomi tuuma positiivsete laengute arv, elemendi järjekorranumber ja elektronide arv elektronkestas. Näiteks seatina: tuuma positiivseid laenguid — 82, elemendi number — 82, elektrone kestas — 82.

See aatomi ehitust iseloomustav arv nimetati Mendelejevi arvuks.

Ehituselt kõige lihtsam on vesinikuaatom. Ta koosneb tuumast, mis kannab üht positiivset laengut, ja ühest elektronist. Vesinikule järgneb heelium. Heeliumiaatomi tuuma ümber tiirlevad kaks elektroni, moodustades esimese, tuumale kõige lähemal oleva kihi.

Kolmandal kohal seisab Mendelejevi tabelis liitium. Temal on peale kahe elektroni esimeses kihis veel üks elektron teises, tuumast kaugemal asuvas kihis.

Järgnevatel elementidel kasvab üha elektronide arv: berülliumil on neli elektroni, booril viis, süsinikul kuus, lämmastikul seitse, hapnikul kaheksa, fluoril üheksa, neoonil kümme, s. t. neoonil on kaks elekt-



Vesinikuaatomi mudel.

roni esimeses kihis ja kaheksa teises. Rohkem vabu kohti teises kihis elektronidele ei ole. See kiht on «aatomiarhitektuuri» seaduste järgi arvestatud ainult kaheksale elektronile ja üheksas ei mahu sinna mitte mingil viisil.

Neooniaatom, mille väliskiht on komplekteeritud täielikult, s. o. kaheksa elektroniga, ei astu mitte mingisugusesse keemilisse ühendisse nagu heeliumgi, millel on täidetud esimene kiht.

Üheteistkümnes element on naatrium. Temal on kaks esimest kihti täidetud, kuna kolmandas — välimises — tiirleb nagu liitiumilgi üksainus elektron. Sarnasus liitiumi ja naatriumi väliskihtide ehituses põhjustab nende elementide keemiliste omaduste sarnasuse.

Naatriumile järgnevad elemendid kasvava elektronide arvuga kolmandas kihis. Ja selle rea viimasel elemendil — argoonil — on jälle väliskihis 8 elektroni. Komplekt! Kiht on täis ja argoon nagu heelium ja neoongi ei astu mitte mingisugusesse keemilisse ühendisse. Argoonile järgnevad kaalium, kaltsium, skandium, titaan, vanaadium jt. Mida kaugemale me liigume mööda Mendelejevi tabelit, seda keerukamaks ja mitmekihilisemaks muutuvad aatomite elektronkestad.

Tabeli 92. ruudu hõivab metall uraan. Tema aatomil on esimeses kihis 2 elektroni, teises 8 elektroni, kolmandas 18, neljandas 32 ...

Meile tuttavad mõistatuslikud arvud. Selgub, et nad määravad, mitu elektroni võib sisaldada iga elektronkiht. Kui ühtuvad elektronide arvud aatomite väliskihtides, siis ühtuvad ka nende aatomite keemilised omadused, ja ilmselt võib elektronide üldarv sellistes keemiliselt sugulaslikes aatomites erineda ainult 8, 18, 32 ... võrra. Need arvud näitavad, kui palju elektrone võib sisalduda täielikult komplekteeritud kihis.

Kokku on uraaniaatomil 92 elektroni, millest 60 paiknevad lõpuni täidetud kihtides, kuna ülejäänud asuvad poolikutes kihtides: viiendas 18, kuuendas 12 ja seitsmendas 2 elektroni.

Väga omapärane on inertsete — «laiskade» gaaside perekond, mis koosneb heeliumist, neoonist, argoonist, krüptoonist, ksenoonist ja radoonist. Nende gaaside aatomid erinevad elektronide arvult, kuid peale heeliumi on neil kõigil väliskihis täpselt 8 elektroni. See teebki nad keemiliselt mitteaktiivseteks.

Aatomeid, millel väliskiht on täielikult komplekteeritud kaheksa elektroniga, võib võrrelda siledate kerakestega. Kohtudes teiste ainete aatomitega, käituvad nad elastsete pallikestena — põrkavad kokku ja tõukuvad tagasi. Nende tugevad «soomuskatted» ei võimalda neil astuda keemilistesse ühenditesse.

Elementide aatomid mittetäidetud väliskihtidega, millel ei piisa elektrone täiskomplektini, sarnanevad takjanuppudega. Igal soodsal juhul haakuvad nad oma «kidade»[1] abil teiste elementide aatomitega, mille väliskihid pole samuti elektronidega täidetud. Selliste aatomite ühinemise tulemusena moodustub liht- või liitaine molekul.

Astudes keemilisse ühendisse, ühinevad aatomid nii, et neil kujuneb ühine tugev väliskiht kaheksast elektronist või mõningatel juhtudel kahest elektronist nagu heeliumil. Kaks vesinikuaatomit näiteks moodustavad vesiniku molekuli. Vesiniku molekul saab elektronkesta, mis on ehitatud heeliumiaatomi tüübi järgi, s. t. kahest elektronist. See kest on tugevam kui üksiku vesinikuaatomi kest, ja molekulaarne vesinik ei astu keemilistesse ühenditesse nii energiliselt kui atomaarne vesinik. Ta on tunduvalt «laisem».

Vee molekul koosneb kolmest aatomist: kaks vesinikuaatomit oma kahe elektroniga on ühinenud ühe hapnikuaatomiga, mille väliskihis on parajasti puudu kaks elektroni, ja kõik kolm on ehitanud nagu üksteist abistades ühise «soomuse» kaheksast elektronist.

Samal viisil tekivad väävelvesiniku ja seleenvesiniku molekulid.

Kui aga vesinik reageerib lämmastikuga, mille aatomitel on täiskomplektist puudu kolm elektroni, siis liituvad iga lämmastikuaatomiga kolm vesinikuaatomit.

On võimalikud ka palju keerukamad vastastikused abistamised, mille puhul aatomid annavad kollektiivse elektronkihi moodustamiseks ära kas kõik või osa oma väliselektronidest. Kuid ükski keemiline element ei saa ära anda rohkem elektrone, kui tal neid on mittetäielikus kihis. Ja

[1] Tegelikult aatomitel mingisuguseid haake ega kidasid ei ole. Need mõisted on tarvitusele võetud ainult aatomitevahelise keemilise seose mõistmise kergendamiseks.

täpselt samuti ei ole ükski aatom võimeline liitma endaga rohkem «võõraid» elektrone, kui tal on vabu kohti.

Aatomeid ühendavate «haagikeste» arv on järelikult piiratud. See ei ületa seitset, sest kaheksast elektronist koosneva väliskihiga aatomid on inaktiivsed. Mõned elemendid, millel on mitu täitmata kihti, võivad saada «laenu» sisemistest kihtidest, kui väliskihis on elektrone liiga vähe. Selline on näiteks yask. Tema aatomitel on väliskihis ainult üks elektron, kuid keemilisse ühendisse astudes vaseaatomid nagu «laenavad» sügavamast kihist veel ühe elektroni ja ühinevad teiste aatomitega, lastes käiku mitte ühe, vaid kaks «haagikest».

Üht aatomit teistega ühendavate «haagikeste» arvu nimetatakse valentsuseks. Ilmselt võib valentsus olla kahesugune: ühes ühendis on aatom endale haaranud võõraid elektrone, teises on tal tulnud ära anda oma elektrone.

Klooriaatomil näiteks on seitse väliselektroni. Järelikult puudub tal üks elektron. Naatriumiaatomil vastupidi on väliskihis üks elektron ja seega on tal puudu seitse elektroni. Seetõttu astub naatrium meeleldi klooriga keemilisse ühendisse. Nende aatomid moodustavad ühise, kaheksast elektronist koosneva väliskihi ja annavad naatriumkloriidi — keedusoola — molekuli.

Hapnikuühendeis käitub kloor teisiti — seal tuleb tal jagada oma elektrone teistega.

Kaaliumperkloraadis näiteks annab kloor seitse elektroni neljale hapnikuaatomile, kusjuures neljas hapnikuaatom saab puudujääva elektroni kaaliumiaatomilt.

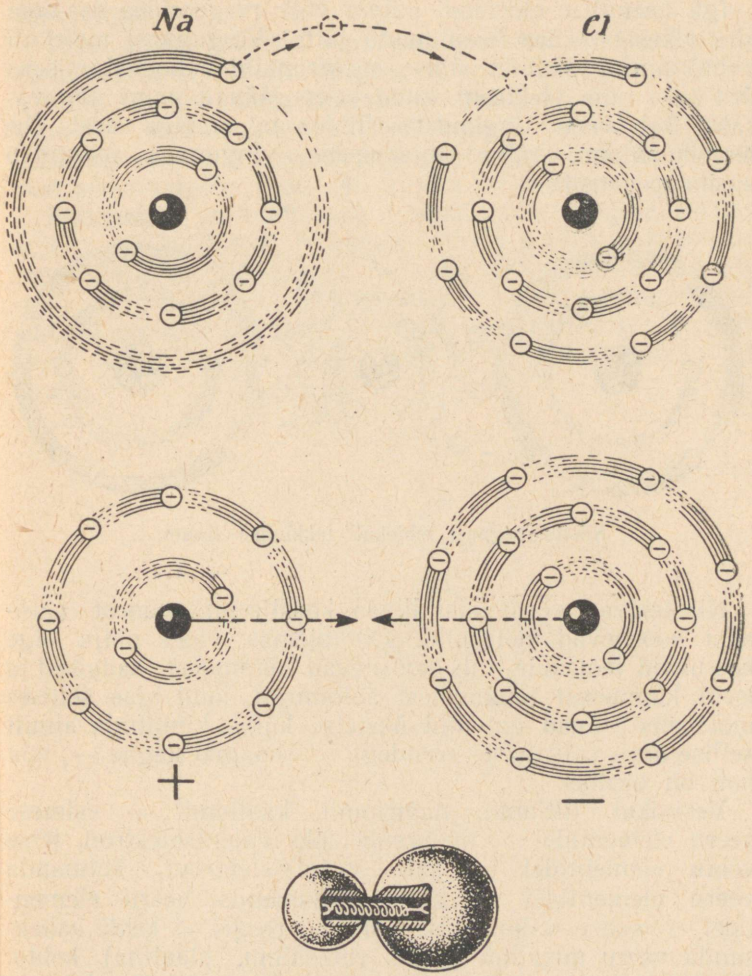
Kloori valentsus on ühel juhul 1, teisel — 7. On võimalikud ka kloori teistsuguse valentsusega ühendid.

Sellist erinevat valentsust omavad paljud metalloidid.

Metallide aatomid erinevad metalloidide aatomitest vähem vastupidavate väliskihtide poolest. Nad annavad eriti kergesti ära oma väliselektrone ning enamiku metallide valentsus on võrdne elektronide arvuga nende aatomite väliskihtides.

Neid elektrone, mis etendavad keemiliste reaktsioonide puhul «ühendushaagikeste» osa, hakati nimetama valentselektronideks.

Väga omapäraselt käitub keemilistes reaktsioonides süsinik. Ta on oma asendilt vahepealne metallide ja metalloidide vahel ning väliselektrone on tal täpselt pool komplekti — neli elektroni. Seepärast on süsinikuaatom nii

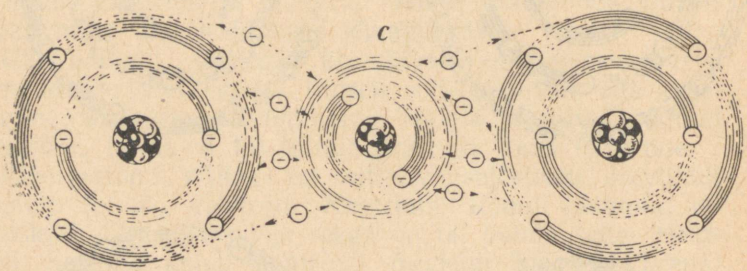


Keedusoola molekuli tekkimise skeem.

Ülal — naatriumiaatom annab oma elektroni klooriaatomile; keskel — elektriliste jõudude toimel tõmbuvad ioonid kokku ja moodustavad lõpuks ühe terviku nii, nagu see oleks toimunud kahe vedruga ühendatud keraga (all).

oma elektrone ära andes kui ka endaga võõraid elektrone liites võimeline käiku laskma ainult neli «haagikest». Süsiniku valentsus on kõigil juhtudel võrdne neljaga.

Iga keemilise elemendi aatom võib reageerides osa oma «haagikestest» ära kasutamata jätta. Vingugaasi molekuli puhul annab süsinik ühise elektronkihi moodustamiseks ära kaks oma elektroni, kuna kaks jäävad nagu tagavaraks. Soodsates tingimustes liidab ta endaga veel ühe hapnikuaatomi, mille tulemusena vingugaas muundub süsihappegaasiks.



Süsihappegaasi molekuli tekkimise skeem.

Nii tekivad võrdlemisi lihtsa koostisega, mõnest aatomist koosnevad molekulid. On olemas väga palju õige keerukaid molekule, mis koosnevad kümnetest, sadadest ja isegi kümnetest tuhandetest aatomitest, kuid igas sellises molekulis võivad aatomid üksteise külge kinnituda ainult sellise arvu valentselektronidega — «haagikestega» —, mis neil on olemas.

Vesinikul, liitiumil, naatriumil, kaaliumil — esimese veeru elementidel — on igaühel üks valentselektron, teise veeru elementidel — kaks valentselektroni, kolmanda veeru elementidel — kolm, seitsmenda veeru elementidel — seitse valentselektroni. See reegel ei kehti kaheksanda veeru metallide (raud, ruteenium, plaatina) kohta. Need metallid nagu teisedki rasked elemendid Mendelejevi tabeli alumistest ridadest lasevad käiku mitte ainult väliskihi elektronid, vaid ka valentselektronid järgmisest kihist, mis neil samuti ei ole täidetud.

Tänu sellele, et teadlased mõistsid, kuidas on ehitatud aatomite elektronkestad, õnnestus avastada uusi elemente.

Mendelejevi tabeli 72. ruut näiteks seisis kaua aega tühi. Tundmatut elementi otsiti kaua ja edutult tantaalimaakidest, eeldades, et ta peab sarnanema oma tabelinaabri tantaaliga.

1922. aastal taipasid teadlased koostada elemendi nr. 72 elektronkihtide plaani. Selgus, et selle elemendi elektronkest ei sarnane tantaali, vaid elemendi nr. 40 — tsirkooniumi — elektronkestaga. Pärast seda hakati tundmatut elementi otsima tsirkooniumimaakidest, kust ta ka tõepoolest päevavalgele ilmus. Nii avastati hafnium.

Elementide perioodilisuse seadus, mille avastas Mendelejev, on olnud teed näitavaks täheks paljudele keemikute sugupõlvedele. See seadus on kogu tänapäeva keemia aluseks. Ta võimaldas mitte ainult tungida sügavamale aatomi ehituse saladustesse, vaid aitas teadlastel ka paremini orienteeruda väikeste ja suurte molekulide struktuuris.

BUTLEROVI STRUKTUURI-TEOORIA

TÄITUNUD ENNUSTUS

Kohe pärast õppetundide lõppu tormasid pansioni kasvandikud trobikonnas avarale õuele ja hakkasid laptuud mängima. Päikesepaistel tukkus rahulikult kasvataja Roland, keda kasvandikud tema äkilise iseloomu ja liigse valjuse tõttu nimetasid «pööraseks». Näis, et miski ei häirinud «pöörase» rahu ja vallatlevate laste lõbu.

Äkki kostis köögi poolt mürinat, nagu oleks kuskil kokku varisenud kivisein või tulistanud kahur.

«Pöörane» Roland söösti kassihüppega kööki ja tiris mõne minuti pärast kraedpidi õue plahvatuse süüdlase, kõrbenud juuste ja kulmudega ning üleni määrdunud pihtkuues kümneaastase Saša Butlerovi.

Et Butlerovi süütegu oli erakordne, otsustati pedagoogilises nõukogus, mis oli kokku tulnud selle juhtumi arutamiseks, Aleksandrit tublisti karistada.

Roland teatas nõukogus, et ta oli juba varem märganud Aleksandri huvi keemiliste katsete vastu. Butlerov askeldas alatasa mingisuguste klaaside, purkide ja lehtritega ning valas ühest pudelist teise mitmesuguseid värvilisi vedelikke.

Butlerovi keemilised katsed olid Rolandi sõnade järgi alati leidnud toetust füüsika õpetaja poolt, kes oli talle muretsenud vajalikke aineid ja andnud nõu.

Vaatamata sellele, et Roland igati segas Aleksandrit tema keemia-alases tegevuses ja sageli võttis temalt ära kolvid, pudelid ja reaktiivid, ei loobunud viimane ja jätkas köögi keldris vargsi oma kütkestavaid katseid.

Järgmisel päeval pärast õnnetut plahvatust kogunesid kõik pansioni kasvandikud ja õpetajad pansioni söögi-

tuppa. Siia vedas Roland süüaluse Butlerovi musta tahvliga rinnal. Sellele tahvlile oli suurte valgete tähtedega maalitud pealkiri «Suur keemik».

«Pöörane» juhtis Aleksandri viirgudesse rivistatud seltsimeeste eest mööda ja viis ta kartserisse. Mitu päeva järjest toodi Butlerov seltsimeestele näitamiseks kartserist välja. Ükski pedagoogidest ega õpilastest ei aimanud sellal, et pilkav pealkiri mustal tahvlil osutub prohvetlikuks ja et Butlerovist tõepoolest saab keemiateaduse korüfee.

Varsti pärast seda juhtumit võttis isa Aleksandr Butlerovi pansionist ära ja pani ta Kaasani gümnaasiumi.

Õppimine edenes Butlerovil hästi. Isa soovis, et temast saaks matemaatik, kuid noort Butlerovi huvitasid rohkem loodusteadused — botaanika ja keemia.

Kuueteistkümne aastaselt lõpetas Butlerov gümnaasiumi ja astus Kaasani ülikooli füüsika-matemaatikateaduskonna loodusteaduste' osakonda. Nooruse tõttu ei kantud teda aga veel üliõpilaste nimestikku. Tal lubati ainult loenguid kuulata.

Armastus keemia vastu avaldus ülikoolis uue jõuga. Butlerovi keemia-alane tegevus muutus nüüd mõtestatumaks, kuigi sel ajal ei viidud veel läbi süstemaatilisi laboratoorseid töid keemia üksikute harude järgi, nagu neid teostatakse meie kõrgemates õppeasutustes.

Üliõpilased täitsid ainult juhuslikke ülesandeid, mida neile andsid lahendada praktilisi töid juhendavad professorid ja assistendid.

Ülikooli laboratoorium oli halvasti sisustatud. Eriti tekitas Butlerovile meelehärmi hõõguvate sütega jändamine laboratooriumiahjudes. Kakskümmend aastat hiljem, olles juba Peterburi ülikooli professor, kirjutas ta oma üliõpilasaastaid meenutades:

«Tänapäeva õnnelikud noored keemikud, kes kasutavad gaasi ja pole proovinud põletamist sütel, suudavad vaevalt küllalt selgesti kujutleda niisuguse töö kogu vaevanõudvat raskust, mis on seotud hõõguvate süte järkjärgulise tähelepaneliku lisamisega.»

Eriti õigeteks osutuvad need Butlerovi sõnad meie ajastul. Nõukogude üliõpilased töötavad mitte poolpimedates süngetes ruumides, mis on täidetud tahma ja suitsuga, vaid valgetes hästi sisustatud laboratooriumides, mis on varustatud elektripliitide ja gaasipõletitega.

Algul töötas Butlerov väljapaistva teadlase C. Clausi

TRÜ Raamatukogu

juhendamisel, kes avastas tol ajal veel tundmatu keemilise elemendi ruteeniumi, mille ta nimetas nii Venemaa auks.[1]

Siis siirdus ta erksa ja kogenud pedagoogi, tulevase akadeemiku N. N. Zinini juurde, kes tegi kodumaise



N. N. Zinin.

keemia kuulsaks aniliini tootmise meetodi avastamisega.

Butlerovi õpetajad, mõlemad andekad teadlased, erinesid teineteisest järsult oma vaadete poolest. Claus töötas anorgaanilise keemia alal ja oli Berzeliuse teooria tuliseks

[1] Venemaa ladinakeelne nimetus on R u t h e n i a. *Toim.*

pooldajaks. Ka oma loengutes seletas ta mineraalainete kõiki tähtsamaid omadusi selle teooria valgusel.

Zinin aga tegeles orgaaniliste ainete uurimisega ja õpetas orgaanilist keemiat, s. t. keemiaharu, mis uurib süsinikuühendeid. Ta kritiseeris teravalt Clausi elektrokeemia-alaseid vaateid. Berzeliuse teooria, mis seletas küllalt rahuldavalt anorgaaniliste ühendite omadusi, ei olnud suuteline haarama orgaaniliste ainete kogu mitmekesisust.

Butlerov suhtus sügava austusega mõlemasse teadlasse.

Teoreetilised vaidlused, armastatud õpetajate kirglikud diskussioonid sundisid Butlerovi sügavamalt mõtlema keemiateaduse aktuaalsete küsimuste üle.

Pidevate teaduslike vaidluste atmosfäär tekitas noores keemikus püüdu leida ise tõde, põhjustas kriitilist suhtumist õpitavasse ainesse ja võõrutas teda teaduse «tähtede» pimedast kummardamisest.

Butlerov otsustas õppida iseseisvalt orienteeruma vasturäägivates teooriates, mis sel ajal valitsesid keemias.

VASTANDLIKE TEOORIATE VÕITLUS

Töötades oma dissertatsiooni kallal, õppis Butlerov tundma kõigi oma aja suurimate keemikute töid. XIX sajandi esimesel poolel tegi keemia hiiglasuuri edusamme. Tekkisid ja varisesid kokku mitmesugused teooriad, avastati ja saadi varemtundmatuid aineid.

1808. aastal lagundas Berzelius elektrivoolu abil mitmesuguseid keemilisi ühendeid. Pistes kaks plaatinatraati vaskkloriidi lahusesse, mis oli valatud klaasvanni, vaatles ta, kuidas ühele elektroodile ladestus voolu toimel punase vase läikiv kiht, teisele aga kogunesid gaasi — kloori — mullid.

Berzelius katsetas hapetega, alustega, mitmesuguste soolade — salpeetri, sooda, booraksi — lahustega. Alati kogunes ühele elektroodile üks aine, teisele teine aine.

Järelikult, arutles Berzelius, on vooluga lagundatud aine see koostisosa, mis koguneb positiivsele elektroodile, laetud negatiivselt, negatiivsele elektroodile kogunev osa aga positiivselt.

Vesinik ja kõik metallid käituvad keemilistes reaktsioonides positiivselt laetutena, kloor, hapnik ja mõned teised elemendid aga negatiivselt laetutena. Tähendab, mitte

kloori saladuslik kiindumus naatriumisse ei põhjusta keedusoola moodustumist ning mitte väävli ja vesiniku iseloomude sugulus ei vii väävelvesiniku tekkimisele. Keemilised ühendid tekivad seetõttu, et negatiivsed ja positiivsed elemendid tõmbuvad vastastikku. Just elektrilised jõud seovad erinevate elementide aatomeid püsivateks keemilisteks ühenditeks.

See mõte sai Berzeliuse molekulide tekkimise elektrokeemilise teooria aluseks. Selle teooria järgi on iga aatom üheaegselt laetud nii positiivse kui ka negatiivse elektriga, ent kuigi aatomid kannavad kaht märgilt erinevat laengut, ületab üks laeng tugevuselt teise, ja seepärast astuvad ühed elemendid keemilistesse reaktsioonidesse alati elektropositiivsetena, teised elektronegatiivsetena.

Glaubri soola tekkimist näiteks seletas Berzelius järgnevalt.

Metalli naatriumi aatom, reageerides gaasi hapniku aatomiga, moodustab oksüüdi. Et naatriumi positiivne laeng domineerib hapniku negatiivse laengu üle, siis on see oksüüd laetud positiivselt.

Väävel aga moodustab hapnikuga ühinedes negatiivse oksüüdi, sest väävliaatom on vähem positiivne kui hapnikuaatom.

Mõlemad oksüüdid moodustavad märgilt erinevate elektrilaengute vastastikuse külgetõmbe tulemusena glaubri soola.

Elektrokeemiline teooria seletas hästi anorgaaniliste ainete molekulide ehitust. Seepärast tekkis küsimus: miks mitte püüda tema abil seletada ka orgaaniliste ainete molekulide tekkimist?

Berzelius uuris äädik-, oblik-, õun- ja sidrunhapet, hiniini, nikotiini, suhkruid, rasvu, alkohole, eetreid. Enamik orgaanilisi ühendeid ei lagunenud positiivselt ja negatiivselt laetud pooleks.

Orgaaniliste molekulide koostisse kuuluvatel aatomitel ei olnud püsivaid laenguid nagu metallide ja metalloidide aatomitel.

Mida rohkem Berzelius uuris orgaanilisi aineid, seda rohkem ta takerdus vasturääkivate faktide läbipääsmatusse rägastikku.

«Üleminekul anorgaanilise looduse uurimiselt orgaanilise looduse uurimisele satub keemik temale täiesti võõrasse valdkonda,» kirjutas Berzelius.

Möödunud sajandi kolmekümnendatel aastatel avastasid

keemikud, et ühest süsinikuaatomist ja kolmest vesinikuaatomist koosnev rühmitus kuulub nii atsetooni kui ka äädikhappe, puupiirituse ja metüüleetri koostisse. See rühmitus esineb peale selle veel sinises värvis, mis hästi värvib siidi ja villa, stearinküünlas, päevalilleõlis ja tuhandetes teistes orgaanilistes ainetes.

See aatomite rühmitus nimetati metüüliks.

Paljude orgaaniliste ühendite molekulides leidsid keemikud rühmitusi, mis koosnesid ühtede ja samade elementide aatomitest mitmesugustes vahekordades. Nii näiteks esineb viinapiirituses ja etüüleetris rühmitus, mis koosneb kahest süsinikuaatomist ja viiest vesinikuaatomist, — see rühmitus nimetati etüüliks.

Ühest lämmastiku- ja kahest vesinikuaatomist koosnev rühmitus sai nimeks amiin.

Need rühmitused, väitsid keemikud, ongi orgaaniliste ühendite «juured». Seepärast nimetati nad radikaalideks (ladina keeles «radix» — juur) ehk rühmadeks.

Mitme elemendi aatomitest võib moodustuda suur arv mitmesuguseid radikaale, erinevatest radikaalidest aga võib saada lõpmata palju orgaanilisi ühendeid. Selles peitubki elava looduse nii tohutu mitmekesisuse põhjus.

Nagu standardplokkidest on võimalik ehitada nii väikest majakest kui ka kolossaalset paljukorruselist pilvelõhkujat, nii ka üksikutest radikaalidest moodustuvad kõige mitmekesisemate orgaaniliste ühendite molekulid.

Radikaalide teooria viis Berzeliuse ja tema poolehoidjad vaimustusse. Nad said sellest uut ergutust. Näis, et nüüd on võimalik orgaaniliste ainete molekulide ehitust seletada elektrilaengute abil.

Et need aatomirühmitused — radikaalid — lähevad ühest ühendist teise muutumatu koostisega, siis, väitsid nad, tuleb neid rühmitusi vaadelda nagu üksikuid aatomeid anorgaanilistes ühendites. Nii annab radikaal metüül klooriga ühinedes metüülkloriidi täpselt samuti, nagu naatrium annab klooriga reageerides keedusoola. Hapniku ja vesinikuga liitudes moodustab seesama metüül puupiirituse, nagu naatrium annab nendesamade elementidega liitudes sööbeleelise (seebikivi).

Samuti käituvad ka teised radikaalid. Näiteks moodustab etüül hapniku ja vesinikuga ühinedes viinapiirituse, klooriga ühinedes — etüülkloriidi, broomiga — etüülbromiidi; samal viisil liitub nende elementidega propüül.

Radikaalide teooria võimaldas rohkearvulised orgaanilised ained jaotada klassidesse ja see andis võimaluse märgata mitmesuguste ühendite ühiseid jooni.

See oli esimene teooria, mis aitas korda luua orgaanilises keemias möödunud sajandi kolmekümnendatel aastatel valitsenud kaoses.

See oli aga Berzeliuse viimane võit.

1834. aastal tegi kuninglik intendant tolleaegsele tuntud prantsuse keemikule Jean Dumas'le ettepaneku teostada Tuileries' kuningalossi valgustavate vahaküünalde keemiline analüüs. Nimelt põlesid küünlad viimasel ballil millegipärast tahma tekitava leegiga ning saalid täitusid järkjärgult tugevalt ärritavate, lämmatavate gaasidega. Paljudel daamidel tekkis peapööritus ja kogu kuninglik pidu oli rikutud.

Uurides küünalde koostist, tegi Dumas kindlaks, et vabrikant, kes varustas lossi küünaldega, oli vaha klooriga valgeks pleegitanud. Küünalde põlemisel aga eraldus kloor soolhappeauruna. Selgus, et pleegitamisel oli vesinikuaatomite arv vaha molekulides vähenenud, kuna nende asemele oli ilmunud just niisama palju klooriaatomeid.

Positiivsed vesinikuaatomid olid asendunud negatiivsete klooriaatomitega. See oli vastuolus nii elektrokeemilise kui ka radikaalide teooriaga. Positiivse laenguga aatomi asemele oli astunud negatiivse laenguga aatom. Niisugune vahetus oleks ju pidanud täielikult muutma vaha omadusi, kuid sellest hoolimata valmistati pleegitatud vahast samasuguseid küünlaid kui pleegitamata vahast.

Tahtmatult tekkis järeldus: radikaalide teooria on vale.

Oma mõtete kontrollimiseks uuris Dumas paljusid orgaanilisi ühendeid. Uurides kloori toimet piiritusele, selgitas ta kloroformi tekkimise tingimused.

Veel üllatavamaid tulemusi andis aga metüülradikaali sisaldava äädikhappe töötlemine klooriga. Radikaali kõik kolm vesinikuaatomit asendusid klooriga. Moodustus trikloroäädikhape, mille juba 50 aastat varem oli avastanud vene akadeemik Lowitz.

«Nii sain ma äädikhapet, mis ei sisalda vesinikku,» kirjutas Dumas. «Saadud kloroäädikas osutub ikkagi samasuguseks happeks nagu harilik äädikas ja tema happelised omadused pole millegi poolest muutunud.»

See avastus andis radikaalide teooriale raske löögi. Ta lükkas ümber kujutluse radikaalide muutumatusest.

Vesinik asendus orgaaniliste molekulide radikaalides vabalt mitte ainult klooriga, vaid ka broomi, joodi ja lämmastikuga.

Asendusteooria tõrjus välja radikaalide teooria. Dumas' ideed leidsid elavat vastukaja paljude keemikute hulgas, kes püüdsid uue teooria abil seletada orgaaniliste ühendite mitmesuguste klasside moodustumist.

Mõned keemikud arvasid, et radikaalides saab asendada mitte ainult vesinikuaatomeid, vaid isegi süsinikuaatomeid.

Ühes tolle aja ajakirjas ilmus artikkel, mis naeris välja asendusteooria sellise tõlgenduse. Artikli autor kirjutas, nagu oleks inglise keemikutel õnnestunud asendada puuvillas kõik süsinikuaatomid klooriga ja tulevikus valmistatavat kõik kangad puhtast kloorist. See nali osutus muide prohvetlikuks.

Siis aga tehti kindlaks, et radikaalide süsinikuaatomid ei asendu mitte mingisugustes tingimustes ja mitte millegagi, ning asendusteooria hävis nagu ühepäevalibblikas.

Dumas' ja teiste uurijate katsed võimaldasid prantsuse keemikutel Laurent'il ja Gerhardt'il luua uue teooria.

Nende poolt esitatud uue teooria põhjal jagunevad orgaanilised ained nelja tüüpi, mis vastavad anorgaaniliste ainete lihtsamate tüüpide — vesiniku, vee, ammoniaagi ja kloorvesiniku — molekulidele. Asendades nendes ühendite põhitüüpides vesinikuaatomid radikaalidega, saadakse mitmesugused orgaanilised ained.

Vesinikuaatomi asendamisel vee molekulis metüülradikaaliga tekib näiteks puupiiritus, etüülradikaaliga — viinapiiritus. Asendades täpselt samal viisil ammoniaagi molekulis ühe vesinikuaatomi fenüülradikaaliga[1], võib saada aniliini.

Laurent'i ja Gerhardt'i arvates ei koosne orgaanilise aine molekul negatiivselt ja positiivselt laetud pooltest, vaid kujutab endast kindla korra järgi ehitatud ühtset aineosakest.

Molekul näis neile hoonena, milles üksikuid telliseid ja plokke saab asendada teiste detailidega, rikkumata seejuures ehituse üldist kuju, tüüpi. Tõepoolest — ei muutu ju

[1] Fenüülradikaal — kuuest süsiniku- ja viiest vesinikuaatomist koosnev aatomirühmitus (C_6H_5). *Toim.*

hoone kuju, kui puu-uksed asendada raudustega või papp-katus asendada kivikatusega.

Orgaaniline molekul, orgaaniline tüüp kujutab endast hoonet, kirjutas Dumas, «milles saab asendada ühe seina (vesiniku) teise seinaga (kloori, broomi või hapnikuga), rikkumata seejuures hoone väliseid kontuure. Eemaldades ühe seina — vesiniku —, on aga kindlasti vajalik seda millegagi asendada, et vältida kogu hoone lagunemist või muutumist».

Tüüpide teooria seletas rahuldavalt ainult nende orgaaniliste ühendite loomust ja omadusi, mille molekulid koosnevad väikesest arvust aatomitest, kuid ta osutus otsekohe võimetuks, kui asi puutus suurtesse, paljuaatomilistesse molekulidesse. Seejuures loendatakse arvukatel orgaanilistel ainetel aatomite arvu molekulis kümnete ja sadadega.

Mida keerukam on orgaanilise aine molekul, seda raskem on lugeda teda kuuluvaks ühte või teise algtüüpi.

Seepärast panid mõned keemikud ette võtta kasutusele segatüübid ja mõtlesid välja uusi tüüpe, millesse saaks liigitada keerukamaid orgaanilisi ühendeid.

Kõik see muutis tüüpide teooria veelgi keerukamaks.

BUTLEROV ASTUB VAIDLUSSE

Uurides oma eelkäijate ja kaasaegsete töid, vaatas Butlerov hoolikalt läbi vanad faktid ning kõrvutas neid uute avastustega.

Tema silmade all toimus terav ja pinev võitlus radikaalide teooria ja tüüpide teooria pooldajate vahel. Ei ühed ega teised suutnud anda kogu orgaanilise keemia poolt kogutud materjalile ammendavat seletust.

Butlerov nägi, et teadlased, kes olid loonud need teooriad, toetusid ainult juhuslikele, katkendlikele andmeile.

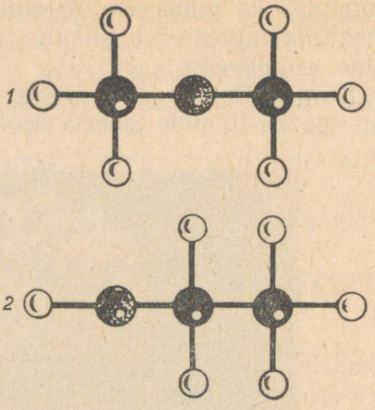
Nad ei haaranud keemiliste nähtuste kogu mitmekesisust. Keegi näiteks ei suutnud seletada, miks mõnedel ainetel on küll täiesti ühesugune koostis, kuid erinevad omadused.

Kaks süsinikuaatomit, kuus vesinikuaatomit ja üks hapnikuaatom võivad ühinedes moodustada nii kõigile tuntud viinapiirituse kui ka metüüleetri, mis on terava, ebameeldiva lõhnaga gaas.

Neli süsinikuaatomit, kaheksa vesinikuaatomit ja kaks

hapnikuaatomit annavad kaheksa erinevat keemilist ühendit: võihappe, mis tekib koorevõi roiskumisel, väga tugeva ja meeldiva lõhnaga etüülatsetaadi jne.

Selliseid aineid hakati nimetama isomeerideks. See termin on moodustatud kreekakeelsetest sõnadest «isos» — võrdne, ühesugune — ja «meros» — osa.



Ühesugune arv aatomeid moodustab molekulides erinevalt asetudes omadustelt erinevaid aineid (isomeere):
1 — metüüleeter; *2* — etüülpiiritus.

Isomerism paistis teadlastele seitsme pitseriga saladusena, millesse nad isegi ei julgenud sisse tungida. See oli lahendamatu mõistatus, mis viis selleni, et tolle aja teadlased hakkasid pidama orgaanilise aine loomust üldse tunnetamatuks.

Geniaalse ettenägelikkusega mõistis Butlerov, et võtmeks orgaaniliste ainete kogu mitmekülgsuse mõistmisel saab olla ainult niisugune teooria, mis põhineb aine loomuse enda sügaval tundmisel.

Juba ammu oli möödas see aeg, kus orgaanilisteks ühenditeks nimetati ainult neid aineid, mida tootsid taimed ja loomorganismid. Keemikud olid laboratooriumis sünteesinud palju uusi orgaanilisi aineid, mida ei esinenud taimeega loomariigis.

Enamasti aga tegid keemikud seda nagu kobamisi, huupi. Neil puudus selge ettekujutus nende kolbides toimuvatest reaktsioonidest.

Nii näiteks tegi 1856. aastal inglise teadlane Perkin katseid aniliiniga, mille tootmise meetodi oli avastanud vene keemik N. N. Zinin juba 1842. aastal. Perkin püüdis kunstlikul teel saada aniliinist hiniini.

Missugune oli aga tema üllatus, kui hiniinikristallide asemel kogunes katse lõpuks kolvi põhja tihke tõrvataoline mass, mis kleepus tihedalt klaasi külge.

Perkin hakkas seda massi piiritusega pesema ja äkki värvus piiritus purpurpunaseks. Samasuguse värvuse

omandas ka lahusesse pistetud villane lõngaviht. Nii nägi maailmavalgust juhuslikult leiutatud uus kunstlik värvaine — moveiin.

Kuid mitte keegi — ei asendusteooria, radikaalide teooria ega ka tüüpide teooria poolehoidjad — ei suutnud sele-



A. M. Butlerov.

tada, miks hiniini asemel saadi aniliinist moveiini — eredat purpurpunast värvainet.

Sellised juhuslikud leiutised suurendasid kunstlikul teel saadud orgaaniliste ainete arvu, kuid ei viinud teadust edasi.

Ilma juhtiva teooriata ei saanud keemikud teadlikult

valmistada uusi, vajalike omadustega aineid. Kiiresti kasvav tööstus aga esitas üha uusi ja uusi nõudeid.

Värvijad nõudsid odavaid kunstlikke värvaineid, mis oleksid võinud asendada kalleid taimevärve, mida veeti sisse kaugetest maadest.

Koksistajad tahtsid ära kasutada kivisöetõrva, mis täitis tehaste ladusid.

Arstiteadlased tundsid puudust ravimite järele, sõjatööstus vajas lõhkeaineid.

Kõiki neid nõudeid oli võimatu rahuldada ilma orgaaniliste ühendite loomust selgitava ülevaatliku ja täpse teooriata.

Juba tema teadusliku ja pedagoogilise tegevuse esimestel aastatel kujunesid Butlerovil välja tulevase teooria alused. See teooria põhjustas peagi orgaanilises keemias täieliku murrangu.

1853. aastal avastas inglise teadlane Frankland, et metalliaatom võib endaga liita ainult rangelt määratud arvu teisi aatomeid või radikaale. Kaaliumiaatom näiteks võib kinni hoida ainult üht radikaali, kuna tsingiaatomiga võib liituda kaks korda rohkem radikaale. Alumiiniumiaatom aga võib endaga liita ainult kolm radikaali.

Selgus, et kõikide keemiliste elementide aatomid ühinevad üksteisega või orgaaniliste radikaalidega kindlates vahekordades.

See avastus sundis keemikuid uuel viisil vaatama ka keemilisele sugulusele, s. t. erinevate aatomite omadusele üksteisega ühineda.

Igal aatomil on rangelt määratud arv «haagikesi» ehk sidemeid. Kui aatomitel on ühesugune arv «haagikesi», siis ühinevad nad aatom aatomiga, nagu kloor ja naatrium, kaltsium ja väävel, hapnik ja tsink jne.

Kui aga ühel aatomil on sidemete arv suurem kui teisel, siis tuleb ühe aine ühe aatomi kohta kaks või kolm teise aine aatomit.

Alumiiniumkloriidis näiteks tuleb ühe alumiiniumiaatomi kohta kolm klooriaatomit, kuna väävelvesinikus on väävliaatom liitunud kahe vesinikuaatomiga.

Ühe elemendi aatomite omadust liita endaga rangelt määratud arv teise elemendi aatomeid hakati hiljem nimetama valentsuseks.

Elementide valentsuse mõiste sisseviimine keemiasse

andis võimaluse ennustada ühtede või teiste aatomite ühinemisel tekkivate molekulide koostist.

1857. aastal tehti teine tähtis avastus. Keemik Kekule tegi kindlaks, et süsinikuaatom on neljavalentne, s. t. et tal nagu oleks neli «haagikest», neli sidet, mis võivad endaga liita neli vesiniku või mõne teise ühevalentse elemendi aatomit. Kekule tegi peale selle kindlaks, et süsinikuaatomid võivad ühineda üksteisega.

Tõepoolest, üks süsinikuaatom liidab endaga kaks kahevalentset hapnikuaatomit, moodustades süsihappegaasi molekuli, või neli ühevalentset vesinikuaatomit, moodustades soogaasi — metaani — molekuli.

Täpselt samuti ka väävelsüsinikus, rasvade ja õlide suurepärases lahustajas, seob üks süsinikuaatom kaht kahevalentset väävliaatomit ning kloroformis kolme ühevalentset klooriaatomit ja üht ühevalentset vesinikuaatomit.

Kekule kätes oli nüüd kõik vajalik selleks, et luua orgaanilises keemias uus teooria, kuid Kekule ei olnud suuteline end lahti kiskuma juba oma aja ära elanud tüüpide teooriast. Selle asemel, et see julgelt kõrvale heita ja rakendada oma avastust uue ja progressiivse teooria loomiseks, kasutas Kekule seda... tüüpide teooria tugevdamiseks. Ta mõtles välja uue tüübi — süsinikuaatomi ühendi nelja vesinikuaatomiga.

Tüüpide teooria valitses kindlalt ka teiste välismaiste keemikute mõtteis.

EESRINDLIKU TEOORIA VÕIT

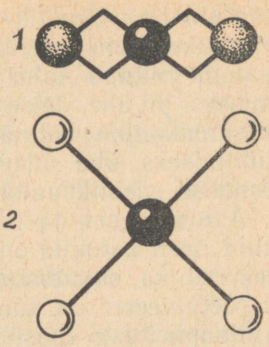
Ainult A. M. Butlerov üksinda hindas selle avastuse tähtsust. Ta asus innuga uute uurimiste teostamisele ja lõi oma teooria harmoonilise hoone. Süsiniku neljavalentsuse avastamine oli selleks viimaseks ehituskiviks, mis tal senini puudus.

Molekul pole sugugi juhuslik ega meelevaldne aatomite kogum, vaid kujutab endast ranget arhitektuurilist ehitust, milles iga aatom võtab enda alla kindla koha.

Kui aatomid haakuvad oma sidemete abil molekuliks, siis ei asetu nad juhuslikult, vaid kindla korra kohaselt. Vee molekulis näiteks on kaks vesinikuaatomit ühinenud ühe hapnikuaatomiga. Kui vesinikuaatomid haakuksid oma ainukeste sidemetega teineteise külge, siis poleks

neil millegagi siduda hapnikku. Järelikult võib aatomite asetuse järjekord vee molekulis olla ainult järgmine: vesinik — hapnik — vesinik.

Täpselt samuti asetsevad aatomid alati kindlas järjestuses ka orgaanilistes molekulides, kusjuures süsinikuaatomid võtavad enda alla erilise, juhtiva koha. Nendega on liitunud teiste ainete aatomid. Seepärast ei saa orgaanilistes ühendites süsinikku asendada millegi muuga. Tema aatomid moodustavad nagu orgaaniliste ainete molekulide luustiku ehk skeleti.



Molekulide mudelid: *1* — süsihappegaasi molekul; *2* — metaani molekul.

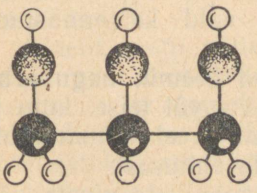
Glütseriini molekuli skelett näiteks koosneb kolmest süsinikuaatomist, millega on liitunud kaheksa vesinikuaatomit ja kolm hapnikuaatomit. Kõik süsinikuaatomid on omavahel seotud, kuna ülejäänud sidemetega on nad ühendatud vesiniku- ja hapnikuaatomitega.

Eri molekulides võivad ühed ja samad aatomid nagu tähed sõnades esineda erinevates kombinatsioonides.

Nagu tähtede ümberasetamisel muutub sõnade mõte (näiteks: sarv ja vars, aken ja kena), nii muutuvad ka aatomite ümberasetamisel aine omadused.

Isomerismi kauapüsinud mõistatus, mille ees taganesid kõik keemikud, sai tänu A. M. Butlerovi teooriale geniaalselt lihtsa seletuse.

Isomeerid on ained, mis erinevad üksteisest ainult aatomite asetuselt molekulis. Väike orgaanilise aine molekul, mis koosneb üheksast aatomist — kahest süsinikuaatomist, kuuest vesinikuaatomist ja ühest hapnikuaatomist, võib olla ehitatud kahel viisil (vt. lk. 59).



Glütseriini molekuli skeem.

Ühel juhul liitub kumbki süsinikuaatom kolme «haagikese»-sideme abil vesinikuaatomitega, neljanda «haagikese» abil aga hapnikuaatomiga, mis asetseb keskel.

Tekib sümmeetriline molekulaarne ahel.

Kuid on võimalik ka selle molekuli teistsugune ehitus. Hapnikuaatom asetub ahela äärele. Äärmine süsinikuaatom kulutab kolm sidet kolme vesinikuaatomiga liitumiseks ja ühe teise süsinikuaatomiga liitumiseks; teine süsinikuaatom kulutab kaks sidet kahe vesinikuaatomiga liitumiseks, ühe sideme hapnikuaatomiga ning ühe sideme esimese süsinikuaatomiga liitumiseks.[1]

Aatomite arv ja liik on mõlemas molekulis ühesugune, kuid need aatomid on üksteisega erinevalt seotud. Seetõttu tekivad ka omadustelt erinevad ained — isomeerid.

Metüüleeter on sümmeetrilise molekuliga, etüülalkohol (viinapiiritus) ebasümmeetrilise molekuliga aine.

Orgaaniliste ainete molekulide omadused ei sõltu järelikult elektrilaengutest, radikaalidest või sarnasusest tüüpidega, vaid ainult aatomite arvust, liigist ja asetusest molekulis. Teooriat, mis seletab orgaaniliste ühendite kogu mitmekesisust molekulide ehitusega, struktuuriga, hakati nimetama struktuuriteooriaks.

See teooria kohtas algul tugevat opositsiooni paljude välismaiste teadlaste poolt. Kui aga elu lükkas ümber tema vastaste vastuväited, hakati välismaal väitma, et teda ei loonud Butlerov, vaid Kekule. Kordus midagi sarnast looga Lomonossovi poolt avastatud mateeria ja liikumise jäävuse seadusest, mida välismaal visalt kirjutati Lavoisier' arvele, või nagu hiljem juhtus Mendelejevi perioodilise süsteemiga, mida sakslased agaralt omistasid L. Meyerile.

Kuni Butlerovini kujutas orgaaniline keemia endast vastuoluliste vaadete korrapäratut kogumit. Ta sarnanes tiheda, teede ja jalgradadeta padrikuga. Teadlaste uurimised meenutasid ebakindlat liikumist pimeduses.

Butlerovi teooria valgustas uurijatele teed. Ta andis võimaluse mitte ainult seletada tol ajal juba tuntud ühendite omadusi vastavalt nende ehitusele, s. t. aatomite asetusele ja vastastikusele seosele, vaid ka ennustada uusi ühendeid.

Kasutades seda teooriat, võis nüüd keemik nagu arhitekt või insenergi, kes projekteerib ühe või teise kuju ja kõrgusega hoonet, ette ära määrata veel tundmatute ainete omadusi, lähtudes nende ainete ehitusest.

Butlerov näitas, kuidas tekivad orgaaniliste ainete väi-

[1] Hapnikuaatomi teise sidemega liitub kuues vesinikuaatom. *Tõlk.*

kesed molekulid. Kuid looduses esinevad mitte ainult molekulid-mudilased, vaid ka molekulid-gigandid.

Missugune on siis suurte molekulide arhitektuur?

Kuidas on ehitatud kautšuki, tselluloosi, tärklise ja valgu molekulid? Kas nad koosnevad samasugustest «tellistest» ja «plokkidest»?

Vastused kõigile neile küsimustele andsid teadlaste järgnevad uurimised.

SUURED JA VÄIKESED MOLEKULID

Mitmesuguste ainete molekulid erinevad üksteisest mitte ainult omadustelt, vaid ka mõõtmetelt. Atsetüleeni molekul, mis koosneb ainult kahest süsinikuaatomist ja kahest vesinikuaatomist, või äädikhappe molekul, mis koosneb kaheksast aatomist, näib meile väikese tagasihoidliku hurtsikuna paljukorruselise hoone — 48 aatomist koosneva hiniini molekuli — kõrval.

Kuid hiniini molekul omakorda näeb välja kääbusena võrreldes hiiglasega — klorofülli molekuliga, mis koosneb 137 aatomist.

Kui aga võrrelda klorofülli molekuli kautšuki molekuliga, mis koosneb umbes 26 000 aatomist, või tselluloosi molekuliga, milles aatomite arv ulatub 300 000-ni, siis näib ta väikese nõrga lootsikuna ookeaniauriku kõrval.

Missuguse plaani järgi on ehitatud suured ja väikesed molekulid?

Kuidas on nendes ühendatud aatomid?

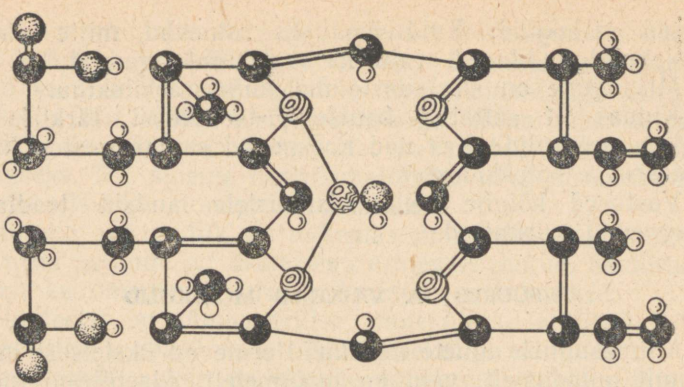
Missuguse kujuga on «tellised» ja «plokid», millest on moodustunud mineraalid ja soolad, gaasid ja vedelikud, taim- ja loomorganismid?

Viimase kahe sajandi jooksul erutasid need küsimused teadlasi sügavalt ning olid elavate vaidluste objektiks.

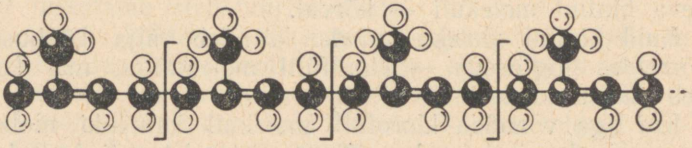
Nad põhjustasid paljude teaduslike teooriate tekkimist ja hävimist.

Aineid, nagu näiteks vaigud, kautšuk, tselluloos ja valgud, mis koosnevad suurtest molekulidest, nimetatakse keemias kõrgemolekulaarseteks ühenditeks erinevalt aineist, mis on ehitatud väikestest molekulidest ja mida nimetatakse madalmolekulaarseteks aineteks.

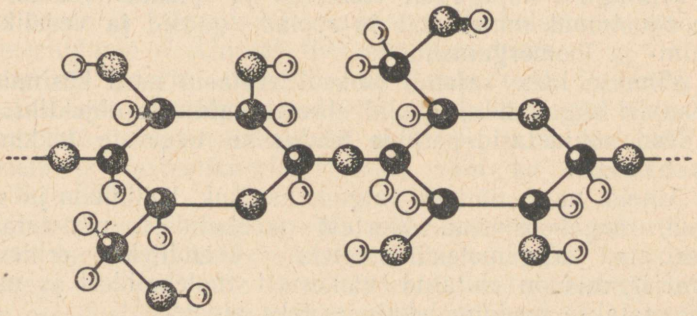
Kaua aega valitsesid teaduses ebaõiged kujutlused kõrgemolekulaarsete ainete — kautšuki, villa, siidi, vaikude, tselluloosi — ehitusest.



Hematiini — vere värvaine — molekuli skeem.



Kautšuki molekul, mis koosneb umbes 26 000 aatomist, kujutab endast üksikutest lülidest koosnevat pikka ahelat. Joonisel on näidatud üks osa sellest molekulist.



Hiiglasuurest arvust aatomitest koosneva tselluloosi molekuli skeem. Joonisel on näidatud aatomite lüli, mille mitmekordsel kordumisel tekib tselluloosi molekul.

Need ained ei lahustu vees; kuumutamisel nad lagunevad, seejuures mitte sulades.

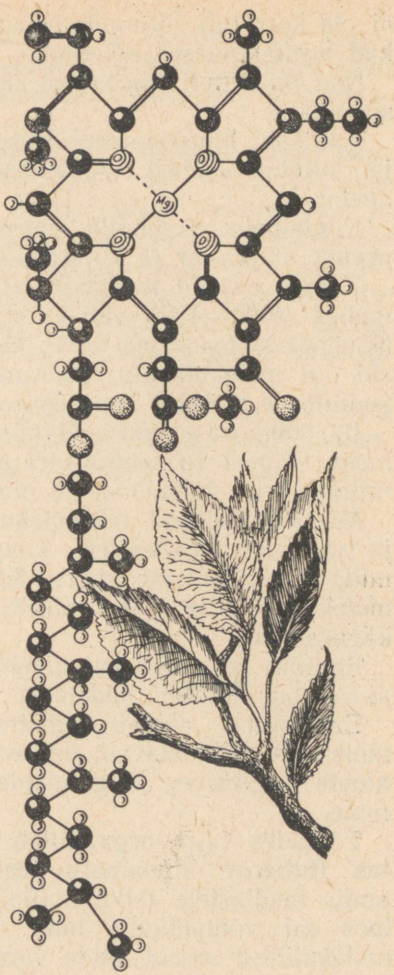
Nõrgad happed ja alused neile toimet ei avalda, tugevad lagundavad neid.

Looduses esinevad nad alati segus teiste ainetega. Neid on väga raske puhtal kujul eraldada.

Mõned arvasid, et suured molekulid koosnevad kolloidosakestest, s. t. suhteliselt suurtest klompidest või tompudest, mis koosnevad paljudest omavahel liitunud väikestest molekulidest. Nad võrdlesid suuri molekule liimi, seebi ja süldi osakestega.

Teised teadlased arvasid, et suured molekulid omavad väga keerukat arhitektuuri.

Isegi selline madalmolekulaarne aine, rääkisid nad, nagu näiteks hematiin — vere värvaine, mille molekulis on ainult 77 aatomit —, kujutab endast keerukat, kummaliselt põimuvatest ringidest ja ahelakestest koosnevat ehitust.



Klorofülli — taimede rohelise värvaine — molekuli keerukas muster.

Veelgi kummalisemat mustrit omab klorofülli — taimede rohelise värvaine — molekul.

Teadlastele näis, et hiiglaslikud molekulehitised, mis koosnevad kümnetest ja sadadest tuhandetest aatomitest, omavad veelgi keerukamat struktuuri.

Kaasaja teadlased on uusimaid füüsikokeemilisi uurimismeetodeid kasutades tõestanud, et suured molekulid

ei ole korratult liitunud molekulide tombud ega ka keerukad arhitektuursed ehitised.

Nad on ainult üksikutest lülidest koosnevad ahelad või sõrestikud.

Kautšuki hiigelmolekul koosneb umbes 26 000 aatomist ja kujutab endast üksikutest lülidest koosnevat pikka ahelat.

Kiudainete molekulid koosnevad samuti hiiglasuurest arvust aatomeist ja kujutavad endast pikki peeni niite.

Varem arvasid teadlased, et tselluloosi molekul koosneb umbes 3000—4000 lülist ehk 60 000—80 000 aatomist. Nõukogude teadlased O. P. Golova ja V. I. Ivanov näitasid uut molekulkaalu määramise meetodit kasutades, et tselluloosi molekul koosneb rohkem kui 300 000 aatomist. 100 000-kordsel suurendamisel näiks tselluloosi molekul meile kõigest 10 sentimeetri pikkuse ja seitsme sajandiku millimeetrise läbimõõduga niidijupina.

Miljonid sellised niitmolekulid tõmbuvad üksteise ligi ja asetuvad paralleelsete kimpudena, moodustades selle, mida me nimetame kiuks. Kautšukis seevastu asetuvad molekulid mitte paralleelselt, vaid korratute segiaetud kägaratena.

Enamik kõrgemolekulaarseid looduslikke ja sünteetilisi aineid on ehitatud pikkadest niiditaolistest molekulidest.

Erinevused ahelate mõõtmetes ja nende paigutuses molekulis põhjustavad erinevusi ka kõrgemolekulaarsete ainete omadustes, kuigi nende molekulide kuju on sarnane.

Töötades välja orgaaniliste ainete ehituse teooria, osutas Butlerov hindamatu teene kogu inimkonnale. Ta andis teadlastele relva, mille abiga esimest korda ajaloos sai võimalikuks luua nägematutest aatomitest ja molekulidest aineid, mida varem valmistati ainult looduse «laboratooriumis».

«Võib garanteerida,» kirjutas Butlerov 1864. aastal, «iga orgaanilise aine sünteetilise saamise võimalust.»

Butlerovi struktuuriteooria on ka praegu tuletorniks, mis suunab keemikute loomingulisi otsinguid.

Väljapaistvad nõukogude teadlased, Stalini preemia laureaadid N. D. Zelinski, B. A. Kazanski, A. J. Arbuzov, A. N. Nesmejanov, S. S. Namjotkin, P. P. Šorõgin, S. N. Danilov, N. I. Nikitin, I. N. Nazarov, S. S. Medvedjev, V. V. Koršak, I. L. Knunjants, S. N. Ušakov,

V. A. Kargin, B. A. Dolgoplosk, G. S. Petrov, Z. A. Rogovin ja teised keemikud-orgaanikud jätkavad edukalt oma õpetaja Butlerovi tööd, väsimatult rikastades keemiateadust uute saavutustega.

Keemikud loovad uusi mineraale, mida ei leidu isegi Uraali mägede tohutus varaaidas. Nad leiutavad uusi materjale, mis ühendavad endas kõige erinevamaid ja vahel isegi kõige vastandlikumaid looduslike materjalide omadusi. Meie käsutuses on praegu aineid, mis on läbipaistvad nagu õhk ja tugevad nagu teras. Me oskame valmistada klaasi, millest võib teha nii vatti kui ka vedrusid. Me kasutame materjale, mis on kõvad nagu malm ja elastsed nagu kummi.

Nõukogude inimene mitte ainult alistab loodust, vaid parandab teda ja loob uut loodust — loodust, mis on kommunistliku ühiskonna inimese vääriline.



RÉAUMUR SAAB KIRJA

1734. aasta suvel sai prantsuse füüsik ja bioloog Réaumur ebahariliku kirja. Ümbrikus asetses peale lühikese läkituse tükike ülipeent riiet, mis oli läbipaistev nagu õhk.

«Härra René Antoine Réaumur,» kirjutas kirja saatja, «olles teadlik Teie huvist putukate elu ja loodusteaduste vastu, saadan Teile tükikese riiet, mille olen kudunud ämblikuvõrgust.»

Teadlane sattus sellest peenest, läbipaistvast ja ebaharilikult kergest riidest vaimustusse.

Ämblikuvõrk võiks siidi asemel olla suurepäraseks materjaliks väga peene pesu ja ilusate kleitide valmistamisel, mõtles Réaumur. Siid maksab ju väga palju.

Mitmeid kuid rändavad hiina siidi pallid mööda Kesk-Aasia ja Lähis-Ida karavaniteid, mööda meresid ja ookeane, enne kui jõuavad Euroopasse. Mida suurem on vahemaa, mida siidil tuleb läbida teel tarbijani, seda kallimaks ta muutub.

Siidiliblika röövikuid — siidiusse — saab aretada ainult seal, kus kasvab mooruspuu, mille lehtedest siidiuss toitub. Kuid mooruspuu on kapriisne puu, ta armastab sooja kliimat.

Ämblikke, neid looduslikke kangruid, leidub aga kõikjal — nad elavad igasuguses kliimas. Ja nad ei anna sugugi halba kiudainet, mõtles Réaumur.

Ämblikuvõrgust punutud nöör on kuus korda tugevam sama ristlõikepindalaga nahkrihmast ja kolm korda tugevam kanepinöörist.

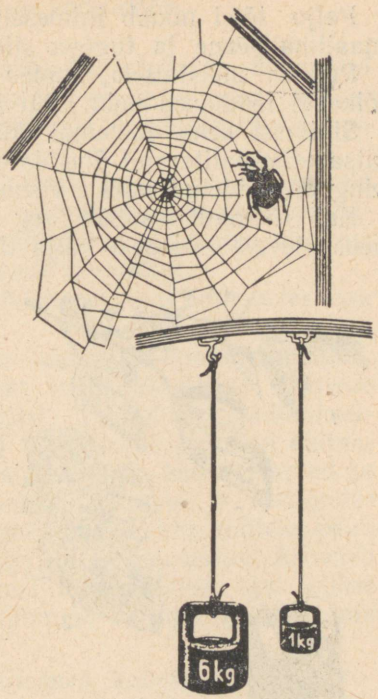
Kas ei saaks siidiusse asendada ämblikega?

Kuid arvutanud, kui palju kiudainet on võimalik saada ühelt ämblikult, tegi Réaumur järelduse, et Prantsusmaa kõikide ämblike võrkudest ei jätkuks toorainet isegi ühele kudumisvabrikule.

Oleks muidugi võinud rajada ämblikufarme ja aretada neis ämblikke, kes oleksid nagu ehtsad ketrajad kedranud suurepärast kiudu.

Kuid ämblike toitmiseks oleks olnud vaja aretada kärbseid. Kärbeste toitmiseks aga ... Ämbliku-kärbsefarmide teenindamine oleks läinud liiga kalliks ja nad oleksid andnud liiga vähe kiudainet.

Ja ka tugevuselt on ämblikuniit siiski poolteist korda nõrgem siidniidist!



Ämblikuvõrgust nöör on kuus korda tugevam nahkrihmast.

Ämblik on ebasobiv tooraine tootja tekstiilivabrikuile, kuid ka siidiuss ei ole eriti hea. See röövik toitub ainult mooruspuulehtedest. Et toita siidiusse, tuleb rajada suured aiad ja hoolitseda mooruspuude nagu õunapuude eest.

Iga päev tuleb siidiliblika nõudlike röövikute jaoks korjata terveid hunnikuid värskeid lehti ja toita röövikuid kolm kuni viis korda ööpäevas.

Siidiusside jaoks tuleb ehitada erilised majakesed ja hoida neis ideaalset puhtust. Mustusest jäävad siidiussid haigeks ning nõrgaks, nõrgalt siidiussilt aga saadakse väike hõre tupp ning siidi saagis väheneb kaks-kolm korda.

Hiljem, kui röövikud end tupega ümbritsevad ja nukkuvad, tuleb nukud tulise auruga surmata, tuped — kookonid — pehmeks leotada ja painduvaks muuta ning seejärel siidikiud lahti kerida ja need niidiks kedrata.

Palju tööd nõuab inimeselt see röövik, kes varustab maailma peene ja tugeva siidniidiga.

Püüdes mõistatada, kuidas röövikute kehas tekib siid, lõikasid teadlased neid lahti ja vaatlesid mikroskoobi all. Siidiussi keha mõlemal küljel on näärmed. Need on kitsaste kanalite abil ühendatud peas asetsevate avaustega ning on täidetud paksu viskoosse vedelikuga.

Kui röövikul saabub aeg nukkumiseks, siis surub ta peas olevast avausest välja tilgakese seda vedelikku, kinnitab selle oma keha külge ja venitab tilgakese ülipeeneks siidniidiks. Liigutades aeg-ajalt pead ühelt küljelt teisele, eritab röövik pidevalt siirupipaksust õhus hanguvat vedelikku. Siis mähib ta end siidniidi peentesse keerdudesse ja ehitab endale nii tupe. Valmis kookon kaalub umbes pool grammi, kuid selle valmistamiseks eritab siidiiblika röövik ühe kilomeetri siidniiti!



Siidiuss:
1, 2 — mooruspuulehed;
3 — tupp; *4* — röövik.

Kui siidiliblika rööviku organism toodab viskoosset venivat vedelikku, mis hangub õhu käes peeneks tugevaks niidiks, kas siis tõepoolest ei saa inimene, mõtles Réaumur, kunstlikul teel valmistada samasugust vedelikku ja saada sellest pidevat niiti?

«Idee, mis esimesel pilgul võib näida fantastilisena, ei olegi asja sügavamal uurimisel tegelikult nii teostamatu,» kirjutas Réaumur 1734. aastal.

Katsed kunstsiidi valmistamiseks algasid möödunud sajandi keskel. Mitte teades, kuidas asjale läheneda, otsustasid teadlased jäljendada siidiussi ja võtsid toorainena kasutusele noored mooruspuuvõsud.

Süües rohelisi lehti, töötab röövik need oma organismis ümber viskoosseks vedelikuks, järelikult, arutlesid teadlased, tuleb leida aine, mis on võimeline lahustama mooruspuuvõsusid ja muutma need «siidisiirupiks».

Mooruspuu kude aga ei lahustu ei vees, piirituses ega ka eetris.

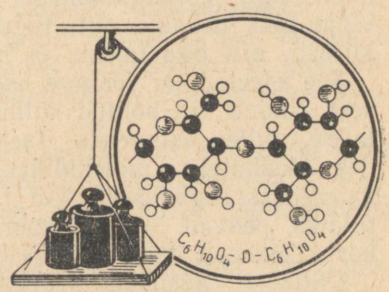
Siis teostati mooruspuu koe keemiline analüüs. Selgus, et see ei erine millegi poolest kõigi ülejäänud taimede kudedest ja koosneb tselluloosist. Tselluloos (ladinakeelsest sõnast «cellula» — rakk) on taimede peamine ehitusmaterjal. Sellest ehitavad taimed oma lehed, varred ja juured. See annab taimekudedele tugevuse ja vastupidavuse (tuletiku jämedune taimekiudude kimp näiteks peab vastu koormusele kuni 75 kg). Tselluloosikiud koosneb paljudest suurtest niiditaolistest molekulidest, iga selline molekul aga koosneb mitmekümnest tuhandest lülist, mis on nagu väikesed molekulid.

Niisugune väike molekul koosneb kuuest süsinikuaatomist, kümnest vesinikuaatomist ja viiest hapnikuaatomist.

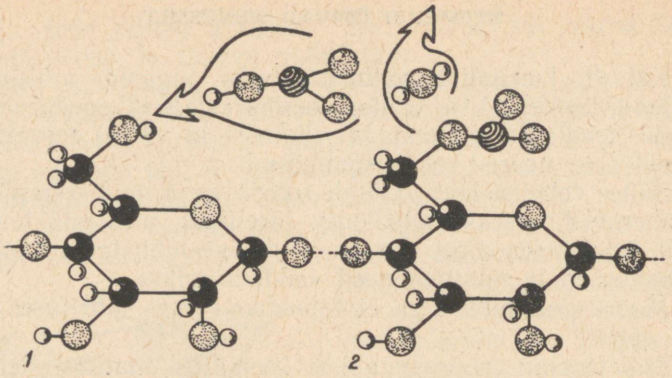
Peaaegu puhta tselluloosi esindajaiks meie igapäevases elus on hügroskoopne vatt, valge kuivatuspaber ja linane riie.

Siidi keemiline koostis osutus teistsuguseks. Siidis on samuti suured ja väikesed molekulid, kuid need koosnevad teistsugusest arvust süsiniku-, vesiniku- ja hapnikuaatomitest ning sisaldavad peale selle veel lämmastikuaatomeid.

Siidi analüüsi andmed viisid teadlasi mõttele töödelda mooruspuulehti lämmastikhappega, et viia sisse puuduv lämmastik ja



Tuletiku jämedune taimekiudude kimp kannatab kuni 75-kilogrammist koormust. Sõõris osa tselluloosi molekulist, millest on ehitatud taimekiud.



Nitrotselluloosi tekkimise reaktsiooni skeem:
1 — tselluloos allub lämmastikhappe toimele; *2* — tekkis nitrotselluloos ja eraldus vesi.

muuta tselluloos lahustuvaks. Teadlaste oletus osutus õigeks. Pärast lämmastikhappega töötlemist lahustus tselluloos hästi piirituse ja eetri segus. Lämmastikhappe molekulid liitusid tselluloosi molekulidega [1], kuid nad ei rikkunud tselluloosi ehitust, vaid ainult muutsid ta lahustuvaks piirituse ja eetri segus.

Teadlaste poolt saadud aine osutus nitrotselluloosiks, mille siirupitaolisest lahusest eetri ja piirituse segus oli võimalik välja venitada niiti. Lahusesse pistetud peenikese klaaspulga väljatõmbamisel venis pulga järel lahusest välja pikk peenike niit. Eeter ja piiritus aurustusid õhus kiiresti, niit aga tardus ja muutus sarnaseks siidniidile.

See meetod ei leidnud aga tööstuslikku rakendamist, sest saadud niit polnud küllalt tugev. Siis selgitasid teadlased, milles asi seisis. Tselluloosimass laguneb lahustudes üksikuteks molekulideks. Need asetsevad lahuses kaootilises segaduses. Kui tselluloosilahuse nire muutub niidiks, peavad üksikud suured molekulid asetuma kindla korra kohaselt nagu näiteks õled kubus.

Ühtlaselt aheneva vedelikunire väljavenitamisel seda aga ei toimunud. Tselluloosi molekulid asetusid ebaõigesti. Tuli jäljendada siidiussi ja niiti mitte välja venitada, vaid suruda tselluloosilahus läbi üliväikeste avade.

---

[1] Lämmastikhappe molekulid astuvad tselluloosiga kondensatsioonreaktsiooni. Iga happemolekuli kohta eraldub üks molekul vett.

Peale selle oli nitrotselluloosi valmistamiseks veel vaja leida odav tooraine ning leiutada masinad, mis suudaksid toota suurel hulgal siidniiti.

Möödunud sajandi keskel oli nii keemia- kui ka masinaehitustööstuse arenemistase väga madal. Tööstus ei suutnud kunstsiidi tootmist juurutada ja see leiutis jäi keemialaboratooriumide seinte vahele, leidmata praktilist rakendamist.

TSELLULOOSI MOLEKULI TALUTAJAD

1857. aastal leidsid teadlased teise menetluse tselluloosi töötlemiseks. Nad kasutasid vaskoksüüdi lahust nuuskpiirituses. Sellesse vedelikku sattudes tselluloosi valged helbed nagu sulavad, moodustades paksu püdela siirupi. Tselluloosi molekulid liidavad endaga vaseaatomid ja ammoniaagi molekulid ning muutuvad lahustuvateks.

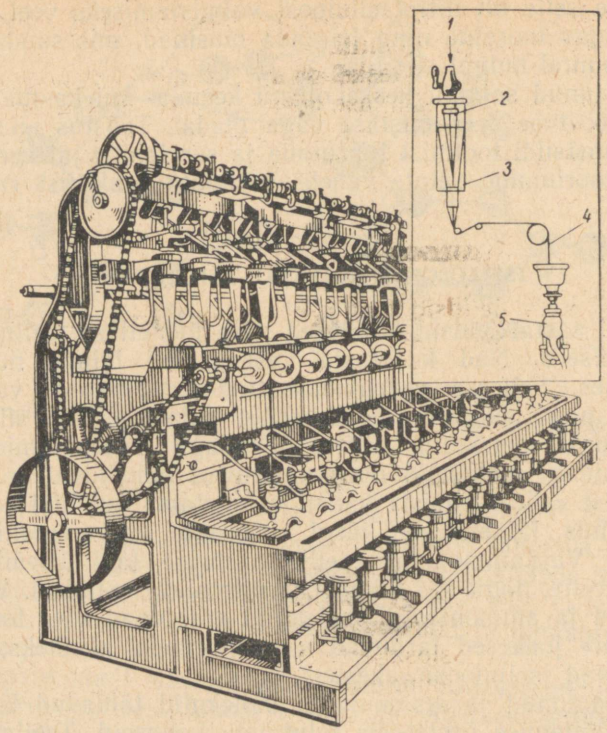
Sellest «siidisiirupist» hakati valmistama uut liiki kunstsiidi, mis lähtelahuse järgi nimetati vaskammoniaaksiidiks. Vaskammoniaakvedelik surutakse läbi üliväikeste avade vette, nagu see toimub ka nitrosiidi tootmisel. Vaseaatomid ja ammoniaagi molekulid eralduvad vee toimel. «Siirupi» joakesed tarduvad väga peenteks niitideks, mis koosnevad tselluloosiosakestest.

Vaseaatomid ja ammoniaagi molekulid täidavad tselluloosi töötlemise protsessis talutajate kohuseid. Tselluloosi molekuli aga võib võrrelda pimedaga, kes kõrvalise abita ei saa minna üle kärarikka tänava. Möödaminejad võtavad tal käe alt kinni, viivad ta üle tänava ja seal lahkuvad temast. Täpselt samuti saadavad vaseaatomid ja ammoniaagi molekulid tselluloosi molekuli, ja täitnud oma ülesande, jätavad ta maha.

See teravmeelne kunstsiidi saamise viis ei leidnud kohe rakendamist. Vaskammoniaaksiid osutus küllaltki kalliks. Keemikud jätkasid odavama tooraine ja töötlemisviisi otsimist.

1884. aastal töötati välja tööstuslik meetod siidi valmistamiseks nitrotselluloosist ja nitrotselluloosi valmistamiseks lühikiulisest puuvillast, väga odavast toorainest.

Nitrotselluloosi lahus piirituse ja eetri segus suruti läbi peente klaastorukeste, mille läbimõõt oli üks kümnendik millimeetrit. Lahuse joakesed voolasid pidevalt



Masin vaskammoniaaksiidi ketramiseks:
1 — ketruslahus; *2* — filjeer; *3* — vesi; *4* — lõng; *5* — tsentrifuug.

reservuaari, mis oli täidetud lämmastikhappega hapustatud veega. Vesi imes endasse piirituse ja eetri, nitrotselluloos aga hüübis peente kunstsiidikiududena.

1890. aastal lasti käiku esimene vabrik nitrosiidi tootmiseks. Nitrosiidi pool sajandit kestnud tootmine on kaasajal täiesti lõpetatud, sest on ilmunud uusi odavamaid kunstsiidisorte.

TOORAINET ANNAVAD KUUSED

Odava tooraine otsingud siidi valmistamiseks juhtisid keemikuid lõpuks puidu juurde. Koosneb see ju samuti tselluloosist, ja mis võib olla odavam puidust!

Tselluloosi leidub teatavasti suuremal või väiksemal

hulgal igas taimes. Teda on kases, tammes, männis, kuuses ja puuvillas. Kõige rohkem on tselluloosi puuvillas — umbes 94 protsenti; männis ja kuuses on teda vähem — 60 protsendi ümber, teistes puuliikides veel vähem.

Puuvill on kallis tooraine, pealegi ei ole mõtet kiudainest teha kiudainet, kui seda võib valmistada puidust.

Kuuske eelistatakse teistele okaspuuliikidele, sest mänd ja lehis sisaldavad palju vaiku, vaik aga raskendab viskoosiks nimetatava «siidisiirupi» valmistamist.

Kõikidest olemasolevatest kunstsiidi saamise viisidest on tänapäeval kõige suurema levikuga just viskoossiidi tootmine. Viskoossiidi toodang suureneb iga aastaga. 1951. aastal kedrati kogu maailmas rohkem kui kuussada tuhat tonni viskooskiudu, mis moodustab peaaegu poole kogu maailma kunstkiutoodangust.

«Kuusesiidi» eelised peituvad tooraine odavuses ja töötlemise lihtsuses ning odavuses. Metsas maha raiutud puude tüved puhastatakse koorest ja okstest ning saetakse ühesuguse pikkusega palkideks — niinimetatud propsideks. Tselluloositehases lõigatakse ja purustatakse propsid väikesteks laastudeks.

Tselluloos, millest on ehitatud kuusepuidu rakkude seinad, on seotud teiste ainetega. Need ained segavad siidi valmistamist ning need tuleb eemaldada.

Laastud laaditakse suurtesse keedukateldesse. 4-atmosfäärise rõhu all ja 140-kraadisel temperatuuril keedetakse laaste 12 tundi kaltsiumvesiniksulfiti lahuses. Keetmisel eralduvad kõik üksikuid puidukiude kokku liimivad ained ning laastud muutuvad puidukõrdiks.

Keedetud puitu pestakse hoolikalt veega. Siis suunatakse ta aparaatidesse, mida nimetatakse hollendriteks. Hollender koosneb vannist ja nugadega varustatud lõiketrumlist.

Hollendri vannil on pikergune kuju ja ümmargused otsad ning ta on pikivaheseinaga jaotatud kaheks kanaliks. Ühes neist asetseb lõiketrummel.

Lõiketrummel on asetatud lähemale vanni ühele äärele. Vanni eesosa põhjas asub süvend, mis on pealt kaetud metallrestiga. Seda süvendit nimetatakse liivakastiks, sest selles püütakse kinni liivaterad ja muud rasked osakesed, mis võisid sattuda hollendrisse koos puidukõrdiga.

Teisel pool lõiketrumlit asub kõrgend, mis eraldab trumlit vanni ülejäänud osast. Pestud mass läheb hollendrisse

ja satub trumli nugade alla. Trummel pöörleb kiiresti, noad haaravad puidukördi, raiuvad ja peenendavad seda ning heidavad üle kõrgendi.

Kõrgendi taha sattunud mass voolab trumli poolt üle kõrgendi heidetavate uute kördiannuste survel piki hollendrit edasi.

Peale peenendamise toimub hollendris teine tähtis operatsioon — tselluloosi pleegitamine. Kördile lisatakse kaltsium- või naatriumhüpokloritit. Nende ainete koostisse kuulub kloor, millel on omadus lagundada värvaineid.

Pärast hüpokloritiga töötlemist valatakse tselluloosimass üle lahja soolhappega, et hävitada hüpokloriti jäägid ja lahustada mineraalsed lisandid, mida võib leiduda puidus.

Siis pestakse massi soolhappejääkide eemaldamiseks veega. Pärast pesemist satub tselluloosimass masinasse, mis surub temast välja vee ja pressib ta laiadeks papitahvliteks. Tselluloospapp kuivatatakse ja lõigatakse tahvliteks mõõtmetega 60×80 sentimeetrit. Tselluloositahvlitest valmistatakse pakid ja need veetakse kunstsiidivabrikusse.

Seal läheb tselluloos lattu. Laost toimetatakse teda vajaduse järgi kuivatisse. Vedamise ja laos hoidmise ajal imab tselluloospapp õhust niiskust.

Välimised kihid imavad niiskust rohkem, sisemised kui pinnast kaugemal asuvad vähem. Viskoosi tootmisel on aga vaja tselluloospappi, milles niiskus oleks ühtlaselt jaotunud kogu tahvli ulatuses. Ebaühtlane niiskusesisaldus põhjustab tselluloosi ebaühtlast töötlemist keemiliste ainete poolt.

Et ühtlustada tselluloosi niiskust, kuivatatakse teda 55-kraadisel temperatuuril.

Pärast kuivatamist tselluloos kaalutakse, paigutatakse suurtesse vannidesse ja valatakse üle leeliselahusega, nii et tselluloospapi pakid oleksid vedelikuga kaetud. Algab tähtsaim operatsioon — tselluloosi üleviimine lahustuvasse olekusse.

KSANTOGENAAT — «KOLLASENA SÜNDINU»

Vaadates poole tunni pärast vanni, näeme tselluloospapi lumivalgete õhukeste tahvlite asemel helekollaseid tursunud kooke, mis meenutavad laiaks rullitud taigna-

lehti. Leelise juuresolekul tursuvad tselluloosikiud palju tugevamini kui puhtas vees. Leelise molekulid tungivad tselluloosikiudude vahele ja nagu suruvad nad laiali. Tselluloosikiud muutuvad jämedamaks ja ühtlasi veidi lühemaks.

Vanniga on ühendatud hüdrauliline press. Kui tselluloos on hästi tursunud, tavaliselt poolteise-kahe tunni pärast, avatakse väljalaskekraan. Liigne leeliselahus voolab ära. Siis pannakse hüdraulilise pumba abil liikuma pressi kolb, mis surub välja ülejäänud osa leeliselahusest. See operatsioon kestab seni, kuni tselluloosi kaal saab võrdseks töötlemiseks võetud tselluloosi kolmekordse kaaluga.

Ainet, mida saadakse papi töötlemisel leelisega, nimetatakse alkalitselluloosiks (alkali tähendab leelist). Leelise toimel tselluloos mitte ainult tursub, vaid moodustab temaga ka keemilise ühendi. Tselluloosi molekulidega liituvad leelise osakesed — esimesed teekaaslased-talutajad, kes aitavad tal üle minna lahustuvasse olekusse.

Kuivaks pressitud alkalitselluloos suundub peenendajasse. Selles aparaadis, mis kujutab endast nugadega varustatud pöörlevat trumlit, lõigatakse, purustatakse ja rebitakse alkalitselluloosi kaks kuni kolm tundi ning ta muutub kohevaks sulgjaks massiks. Tema maht suureneb ja kiududevaheline ruum täitub õhuga. Keskmiselt neelab üks kilogramm hästi pressitud kuiva alkalitselluloosi 1,22 liitrit õhku.

Peenendatud tselluloos laaditakse silindrilistesse plekkanumatesse ja veetakse erilisse laoruumi, kus alkalitselluloos pikemat aega seisab ehk, nagu ütlevad töölised, küpseb. Küpsemine on tarvilik selleks, et saada vajaliku viskoossusega siidisiirupit, mida oleks kerge järgnevates tootmisoperatsioonides mööda torusid pumbata. Õhuhapniku toimel, mida alkalitselluloos küpsemisel neelab, toimub teatud arvu tselluloosimolekulide lagunemine. See tõstab alkalitselluloosi lahustuvust.

Teadlased on arvutanud, kui palju hapnikku neelab alkalitselluloos laos.

Üks teadlane teostas järgmise katse. Ta paigutas purki, mis oli täidetud õhuga ja ühtlasi varustatud manomeetriga, 3 grammi hästi pressitud, absoluutselt kuiva alkalitselluloosi. Purk suleti tihedalt kaanega. Iga päev mõõdeti rõhku, mis pidevalt vähenes. 20 päeva möödumisel mää-

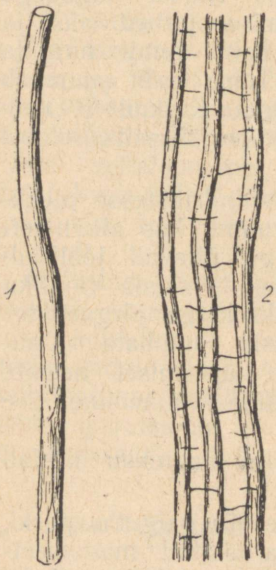
rati purki jäänud õhu maht. Selgus, et see oli vähenenud $^1/_{10}$ võrra.

Laos säilitatakse alati ühtlane temperatuur — umbes 20—21 kraadi. Iga kraad on alkalitselluloosi küpsemisel suure tähtsusega, sest temperatuuri alanemisel küpsemine aeglustub, tõusmisel aga kiireneb. Mida kõrgem on temperatuur ja mida kauem asub alkalitselluloos eelküpsemiskambris (nagu seda laoruumi tehnikas nimetatakse), seda väiksem on viskoosi viskoossus.

Nüüd liidetakse alkalitselluloosi molekulidele teised teekaaslased-talutajad — väävelsüsiniku molekulid. Need viivadki tselluloosi lahustuvasse olekusse.

Tselluloos laaditakse hermeetiliselt suletava kaanega varustatud aeglaselt pöörlevasse kuuekandilisse trumlisse, millesse on otsapidi sisse viidud torud. Seda nimetatakse ksantaat-trumliks. Torude kaudu suunatakse ksantaat-trumlisse külma vett, mis tsirkuleerib tema kahekordsete seinte vahel.

Väävelsüsinik, mis kujutab endast ebameeldiva lõhnaga, kergesti lenduvat mürgist värvitut vedelikku, juhitakse trumlisse.



1 — loodusliku siidi kiud;
2 — villakiud.

Kui vaadata trumlisse läbi vaateakna, mis on tehtud trumli ühele kandile, siis on näha, et väävelsüsiniku toimel on alkalitselluloos muutunud oranžkollaseks massiks.

Väävelsüsiniku ja alkalitselluloosi vahelise reaktsiooni tulemusena on tekkinud uus keemiline ühend, uus aine. See kannab kõlavat nime «ksantogenaat», mis tähendab «kollasena sündinu» («ksanthos» on kreeka keeles kollane).

Ksantogenaadiks muutunud tselluloos on vees lahustuv, kuid tema lahustuvust saab tõsta, lisades veele veidi leelist. Seepärast kasutataksegi tööstuses tema lahustamiseks odavat leelist — sööbenaatriumi.

Ksantogenaadi lahus vees või



Viskoossiidi



valmistamise skeem.

lahjas leelises kannab viskoosi nimetust. Sõna «viskoos» on ladina päritoluga («viscosus» — kleepuv).

Ksantogenaat lahustatakse suurtes raudkateldes. Neil nagu ksantaat-trumlitelgi on kahekordsed seinad, millede vahel tsirkuleerib vesi lahustuva ksantogenaadi jahutamiseks.

Katelde sees pöörlevad pidevalt segajad. Nende labidad segavad pööreldes ksantogenaati, et see kiiremini lahustuks.

Pärast viis-kuus tundi kestnud tööd laaditakse lahustamistrumlitest välja viskoosne pruun vedelik. See ongi viskoos, kuid see ei ole veel kõlblik siidlõnga valmistamiseks. Teda on vaja puhastada kõrvalistest lisanditest. Selles mustjaspruunis vedelikus esineb mitmesuguseid kiukesi, mittelahustunud ksantogenaadi tükke, juhuslikult sisse sattunud prahiübemeid. Peale selle on temas palju õhumullikesi ning vajaliku viskoossuse saavutamiseks peab ta veel küpsema. Kui viskoosisse jääb õhumulle, siis esineb ketramisel palju lõnga katkemisi. Et viskoosi filtreerida, vabastada teda õhumullidest ja lasta teda küpseda, juhitakse ta niinimetatud viskoosikeldrisse.

Viskoosi hoitakse keldris mitte üle 36 tunni ja surutakse siis neli korda läbi filtri.

TSELLULOOS ON VABASTATUD TEEKAASLASTEST

Filtrit läbides muutub viskoos heledaks, täiesti läbipaistvaks vedelikuks, mis värvilt meenutab kalja või õlut.

Suruõhu abil toimetatakse viskoos torusid mööda ketrustsehhi ketrusmasinatesse.

Igaüks nendest ketrusmasinatest suudab anda nii palju siidi, kui palju ei anna isegi mitusada tuhat siidiussi.

Kunstkiu ketramine ei sarnane hoopiski kedruse valmistamisega villast või puuvillast. Tekstiilivabrikutes kraasitakse puuvilla või villa lühikesi sasitud kiude enne pika lõnga saamist, et nad asetuksid üksteisega paralleelselt, seejärel venitatakse nad sirgeks ja korrutatakse.

Kunstkiu ketramisel saadakse kohe pidev lõng.

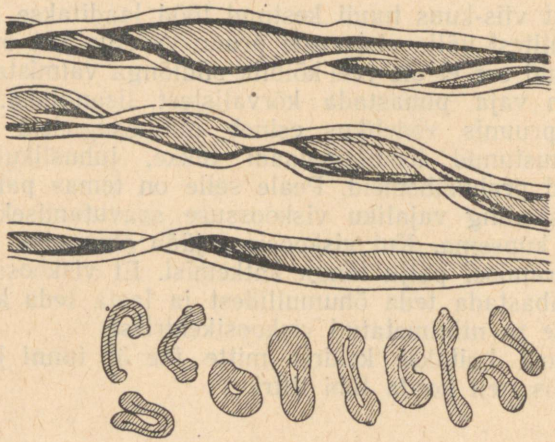
Väike pump pumpab viskoosi klaastorukestesse, mis lõpevad kulla ja plaatina sulamist valmistatud, sõrmkübaratega sarnanevate otsikutega. Otsikute põhjas on

üliväikesed avad, mille läbimõõt ei ületa paari sajandikku millimeetrit.

Neid otsikuid nimetatakse filjeerideks.

Plaatinaotsikutega klaastorukesed ulatuvad piki ketrusmasinat suunduvasse renni. Mööda renni voolab pidevalt vesi, milles on lahustatud väävelhapet ja mõningaid tema sooli.

Filjeerist välja voolavad peened viskoosijoakesed satu-



Puuvillakiud mikroskoobi all.

vad väävelhappelahusesse. Väävelhape võtab ksantogenaadi molekulilt ära naatriumi ja väävelsüsiniku.

Talutajad on oma ülesande täitnud ja võivad lahkuda. Tselluloosi molekul vabaneb oma teekaaslastest. Tselluloos muutub jälle iseendaks ja eraldub siidlõngana.

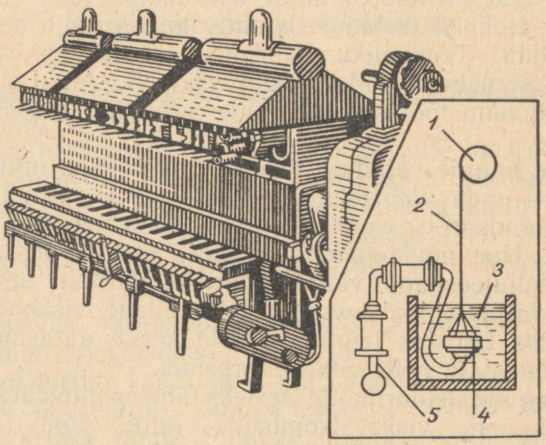
See lõng keritakse kas poolidele — suurtele rullidele — või vihtidesse. Vihte pestakse puhta veega, et eemaldada väävelhappe jääke ja aineid, mis tekkisid väävelhappe reageerimisel leelise ja väävelsüsinikuga.

Poolidelt saadakse korrutamata lõng, mistõttu poolid asetatakse pärast pesemist ja kuivatamist korrutusmasinate kiiresti pöörlevatele värtnatele. Igas sellises masinas on kuni 300 värtnat.

Korrutatud lõng keritakse kerimismasinatel kindla suurusega vihtideks.

Viskoossiidi valmistamine lõpeb valmiskiu pleegitamise, kuivatamise, värvimise ja sorteerimisega.

Asunud võistlusse siidiussiga, püüdsid keemikud teda jäljendada ainult esimesel etapil, edaspidi aga läksid oma teed mööda, mis viis neid võidule. Keemikute loomingulise mõtte poolt loodud kiudaine, mida nimetatakse kunstsiidiks, pole oma keemiliselt koostiselt ühesugune looduslikku siidiga. Tselluloosi suured molekulid, milledest koos-



Masin viskoossiidi ketramiseks:
1 — värten; *2* — lõng; *3* — hape; *4* — filjeer; *5* — viskoosijuhe.

neb kunstkiudaine lõng, ei sisalda lämmastikuaatomeid. See on uus materjal, mis on aga siiski loodud looduslikust toorainest.

NÕUKOGUDE VISKOOSIKOMBAINID

Juba mitmeid aastakümneid kasutatakse kogu maailmas viskoossiidi valmistamise astmelist meetodit, mille puhul tselluloosimass liigub ühest aparaadist teise, muutudes järk-järgult viskoosiks. Seni peeti seda vana meetodit kõige otstarbekamaks, sest midagi paremat keemikud ei tundnud.

Meie maal, pideva tehnilise progressi maal ei ole ükski tööstusalane saavutus piiriks. Kõike on võimalik parendada

ja täiustada, sest nõukogude inimesed ei peatu kunagi saavutatul. Kommunistlik partei innustab nõukogude inimesi väsimatule tööle, pidevale edasiliikumisele.

Meie teadlastel ja inseneridel õnnestus täiustada viskooskiu tootmist. Vana meetod nõudis palju erinevaid masinaid ja sadu töölisi nende teenindamiseks. Tuli ehitada suuri vabrikukorpusi igasuguste lao- ja settimisruumidega. Tselluloosi töötlemine kestis peaaegu terve nädala, sest tselluloosi ühest aparaadist teise laadimine ja tema tsehhist tsehhi vedamine nõudis palju aega.

Kunstkiu Teadusliku Uurimise Instituudi insenerid F. I. Lavrušin, J. M. Mogiljovski, B. M. Lotarjov ja N. J. Aljohhin töötasid välja uue meetodi viskoosi valmistamiseks.

Ei ole mingit vajadust töödelda tselluloosi mitmes aparaadis — seda võib teha ühes agregaadis, s. t. ühendada kõik tootmisprotsessi staadiumid lakkamatuks, pidevaks vooluks. Uue nõukogude aparaadi vastuvõtuossa asetatakse tselluloospapi valged tahvlid, teisest otsast aga voolab välja läbipaistev merevaik-kollane viskoosijuga.

Valitsus tähistas leiutajate tööd kõrge autasuga: 1948. aastal omistati neile Stalini preemia.

Nõukogude leidurimõtte teiseks tähelepanuväärseks saavutuseks on viskoosikombain, mille lõid insenerid L. N. Lifšits, J. M. Mogiljovski ja N. I. Morozov. Nende kombainis surutakse viskoos läbi filjeeri sadestusvanni. Sadestusvannist satub lõng valtsidele, mis teda venitavad, siluvad ja pehmendavad. Seejärel lõng pestakse, värvitakse, kuivatatakse, keritakse värtnatele ja korrutatakse.

Nii on kogu tselluloosi siidiks muundamise ahel taandatud töötlemisele kahes aparaadis, mida teenindab väike tööliste brigaad.

Tuleb ära märkida ka nõukogude keemikute teist tähtsat saavutust. Kui varem värviti valmis kunstkiudainest lõnga, siis nüüd on õpitud värvima viskoosimassi. Nii võib ketramisel kohe saada värvilist lõnga. Sellega saavutatakse hea värvus ja paraneb kiu kvaliteet.

Hiljuti töötasid keemikud välja veel ühe viskooskiudaine liigi. Kui vaadelda mikroskoobi all tavalise viskooskiu ristlõikepinda, siis on näha peeni poolläbipaistvaid, otsekui valatud kepikesi. Puuvillakiududel on mikroskoobi all teistsugune ilme. Need on peened lamedad torukesed, mis

on täidetud õhumullidega. Õhk aga on, nagu teada, halb soojusjuht. Seepärast puuvillriie soojendabki, kuna kunstkiudainest riie, milles pole õhumulle, jahutab. Uue meetodi järgi väljub viskoosilahus filjeeridest väga peente, seest tühjade makaronitaoliste torukestena.

Torukujulisest kiust valmistatakse riiet, mis kaitseb ühesuguselt hästi nii külma kui ka kuumuse eest.

VISKOOS VÕIDAB TUNNUSTUSE

Kunstsiidi tootmisel on loodusliku siidi tootmisega võrreldes suuri eeliseid.

Ta ei sõltu kliimast ega saagist. Tooraine hind ja kunstkiu töötlemise maksumus on mitu korda madalam kui loodusliku siidi tootmisel. Üks kuupmeeter puitu asendab 320 000 siidiussi — ta annab 160 kilogrammi siidi, millest saab valmistada 4000 paari sukki või 1500 meetrit siidriiet.

Viskoossiidi valmistamise odavus ja lihtsus on muutnud ta laiatarbekaubaks.

Kui loodusliku siidi toodang ulatub kogu maailmas vaevu 60 000 tonnini, siis viskoossiidi toodeti 1951. aastal üle 600 000 tonni. Pidevalt kasvab viskoossiidi toodang ka meie maal. NLKP XIX kongressi otsuste alusel suureneb meil 1955. aasta lõpuks tootmisvõimsus kunstsiidi alal 1950. aastaga võrreldes peaaegu 5 korda.

Viskoossiidi võib segada puuvillaga. Viskooslõnga sissekudumine puuvillkangasse muudab selle ilusamaks ja tõstab tema kvaliteeti.

Kunstsiidi kasutatakse ka segatuna loodusliku siidiga. Sellisest segust valmistatud kangad, mis välimuselt peaaegu ei erine puhtast siidist kangastest, on tunduvalt odavamad ja muutuvad kättesaadavaiks tarbijate laiadele hulkadele.

Isegi kõige paremate villaste kangaste valmistamiseks ei kasutata puhast villa. Seda segatakse harilikult mingi teise kiudainega. Viskoossiidi lisand muudab villased tooted nägusamaks ja odavamaks, alandamata seejuures nende kvaliteeti.

Viskoossiid tõrjub loodusliku siidi välja mitte ainult meie igapäevasest elust, vaid ka tehnikast. Auto ja jalgratta väliskummidesse on pressitud lõngu. Nad on seal

tugevuse tõstmiseks nagu raudvõrestik raudbetoonis. Neid lõngu nimetatakse koordiks.

Varem valmistati koordi auto- ja lennukitööstuse vajadusteks eranditult looduslikest kiududest — linast, puuvillast, kendõrist. Nüüd tehakse teda viskoossiidist.

Autode suurtel liikumiskiirustel kuumenevad väliskummid 120 kraadini. Puuvill-lõng muutub sellel temperatuuril jäigaks ja hapraks — ta «väsib», nagu öeldakse tehnikas. Viskooskiud aga ei tunne «väsimust» — ta talub suurepäraselt 100—120-kraadist temperatuuri.

Peale selle koosneb viskooskiud erinevalt puuvillast mitte lühikestest kiukestest, vaid pikkadest niitidest, mistõttu ta on tugevam. Viskooskoordiga kummide iga on peaaegu poolteist korda pikem. Viskooskoordi tarvitamine võimaldab tonni kiudaine kohta kokku hoida 600 kilogrammi kummit.

Viskoosist saab valmistada mitte ainult peent elastset kunstsiidlõnga, vaid ka palju muud. Kui suruda viskoos läbi millimeetrise läbimõõduga ümmarguste avadega filjeeride, siis saadakse mitte peent siidlõnga, vaid kellatraadi jämedust niiti. Selline viskoosniit asendab looduslikku jõhvi, millest valmistatakse harju ja pintsleid.

Kui ava läbimõõtu suurendada ja teha ava rõngataoliseks, siis ei välju sellest enam niit, vaid õõnes õhukeseseinaline toru. Neid torusid kasutatakse soolte asemel vorstitööstuses. Sellised kunstsooled takistavad vorsti riknemist, sest viskooskile on bakteritele läbimatu.

Filjeeride avad ei pea tingimata olema ümmargused või rõngakujulised. Võib valmistada igasuguse suurusega ja mistahes-kujuliste avadega filjeere. Surudes viskoosi läbi meetripikkuse kitsa pilu, saadakse kelme, nn. laid.

Ketrusmasinast läheb viskooslaid nagu lõngki kõigepealt tavalisse sadestusvanni. Siis läbib laid üle rullikute veeredes mitu erinevate lahustega täidetud vanni. Need lahused annavad talle pehmuse ja elastsuse. Laid muutub tsellofaaniks.

Väljudes viimasest viimistlusvannist, suundub tsellofaanlaid kuivatisse. Ta tõmmatakse üle kuuma õhuga köetavate trumlite. Kuivatatud tsellofaanlaid keritakse rullideks.

Tsellofaanlaiasse pakitakse toiduaineid, kondiitritooteid, masinaosi, kantseleitarbeid, ravimeid.

Tsellofaanist pakend asendab klaaspurke ja pappkarpe, plekktoose ja paberkotte.

Tsellofaanlaiale saab nagu paberilegi trükkida teksti ja värvilisi jooniseid.

Tsellofaanpakend on omandanud laia leviku mitte ainult seetõttu, et ta on ilus. Tsellofaan on ka läbipaistev. Läbipaistvuselt ei jää ta maha klaasist ja võimaldab näha temasse pakitud kaupa.

Ta on elastne, kannatades välja üle kolmesaja painde, samal ajal kui tavaline pakkimispaber ei kannata välja üle saja painde.

Ta on ka tugev, pidades vastu kuni 10-kilogrammisele koormusele 1 ruutmillimeetri kohta, samal ajal kui paber peab vastu keskmiselt 4—5 kilogrammile.

Tsellofaan ei karda külma ega tuult ja ei lase läbi õhku. Vees ta tursub, kuid ei ligune läbi ja seetõttu kaitseb hästi niiskuse eest.

Tsellofaantahvleid kasutatakse klaasi asendajana näiteks ajutiseks klaasimiseks ehitusplatsidel. Ühe tavalise suurusega tsellofaanirulliga saab klaasida üle poolteise tuhande akna.

Insenerid hakkasid tsellofaani kasutama kallihinnalise pauspaberi asemel — tsellofaanile tehtud joonistest on väga hea võtta valguskoopiaid.

Fotograafid kasutavad tsellofaankettaid värviliste valgusfiltrite asemel, sest nad värvuvad hästi.

Viskooslaiast valmistatakse nüüd tugevaid pakendeid pudelitele ja ilupudelitele ning tuube mitmesuguste kreemide ja vaseliini jaoks. Tsellofaan võimaldab säästa sadu tuhandeid kilogramme plekki, stannioli ja lehtmetalle.

Viskooskapslite ja -tuubide kasutamine põhineb viskoosi omadusel vees tursuda ja kuivamisel peaaegu 30—50 protsendi võrra kokku tõmbuda. Tsellofaanist kapsel suleb kuivades tihedalt pudeli või ilupudelikese kaela. Tsellofaani võime tursuda võimaldab temast valmistada isegi... käsnu.

Väliselt meenutab tsellofaanist käsn kummikäsna. Ta on punaka värvusega ja omab enam-vähem korrapäraseid siledate äärtega augukesi, mis meenutavad kärgi. Kuivas olekus on selline käsn kõva. Kui teda aga vette pista, siis tursub ta kiiresti, muutub pehmeks ja kasvab mahult tugevasti (umbes poolteist korda). Looduslikud käsnad tursu-

vad vees kõigest 20—25 protsendi võrra, kummikäsnad ainult 5 protsendi võrra.

Kakskümmend aastat tagasi kirjutas poeet S. J. Maršak luuletuse:

Istutad metsa — siis katavad maad
purjede kandmiseks mastid ja raad,
kasvab siis laevatekk, ribi ja kiil,
laev läbi tormi sind merele viib...
Kasvab su kirjutuslaud sellest puust,
joonlaud ja vihik ja sulepea uus,
maja ja süstik, puuhobu ja kiik —
kõik selle saada võid endale siit.

Kui poeet oleks kirjutanud selle luuletuse hilisemail aastail, siis oleks tal tulnud lisada oma loetelusse veel paljugi: ilusad kleidid, sportlase kampsuni, sukad, langevarjuriide, tsellvillast lõuendi, käsnad, pauspaberi, läbipaistva laia, sooled vorstide jaoks, kapslid pudelitele, harjad ja pintslid, lõnga koordi jaoks.

Kõike seda annab meile igihaljas põhjamaine kuusk — tselluloosi ema ja siidi vanaema.

SIID VÕISTLEB TERASEGA

Umbes kakskümmend aastat pärast seda, kui teadlased leiutasid meetodi siidi tootmiseks lämmastikhappega töödeldud tselluloosist, ilmus uus kunstsiidi liik. See nimetati atsetaatsiidiks ladinakeelse sõna «acetum» järgi, mis tähendab äädikat.

Atsetaatsiidi tootmiseks on vaja küllaltki kalleid keemilisi aineid — äädikhapet, äädikhappe anhüdriidi ja lahustina atsetooni.

Atsetoon kujutab endast värvitut, iseloomuliku terava lõhnaga vedelikku ning on suurepäraseks lahustiks paljudele orgaanilistele ainetele.

Atsetooni kalliduse tõttu algas atsetaatsiidi laialdane tööstuslik tootmine alles pärast Esimest maailmasõda, kui rajati laialdane atsetoonitööstus.

Atsetaatsiidi ei valmistata puidutselluloosist, vaid puuvillatselluloosist. Puuvillakiust võib aga riiet saada ka ilma keemikute abita. Seepärast kasutatakse atsetaatsiidi tootmiseks puuvillatupsusid. Nii nimetatakse lühikiulist



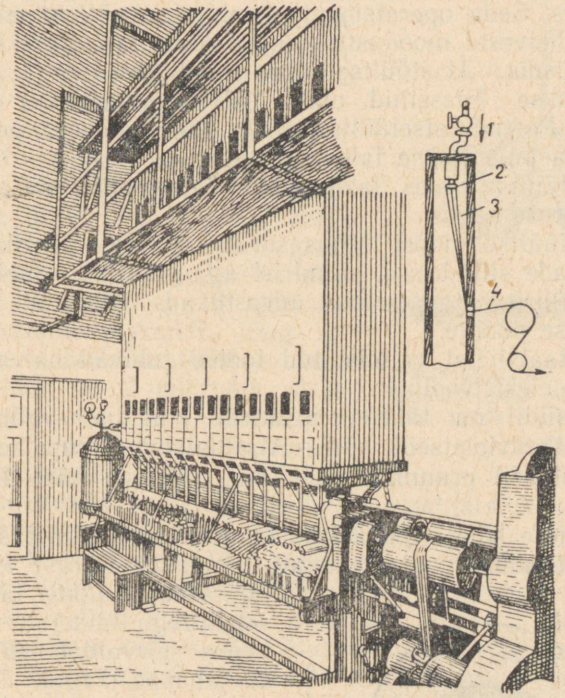
Millega on võrdne ühest kuupmeetrist puidust saadud kunstkiudaine hulk.



Mida võib saada ühest kuupmeetrist puidust.

puuvilla, mida ei saa puuvilla puhastamise masinatega seemnetest eraldada.

Kõigepealt puhastatakse puuvillatupsud keemiliselt. Selleks keedetakse neid lahja leeliselahusega mõneatmosfäärise rõhu all. Pestud puuvillatupsud lähevad pleegitamisele, siis pestakse neid veel paar korda veega ja lõpuks



Masin atsetaatsiidi ketramiseks:
1 — ketruslahus; *2* — filjeer; *3* — silinder; *4* — lõng.

kuivatatakse. Kuivatatud puuvillatupsud laaditakse suurtesse kinnistesse anumatesse (atsetülaatoritesse), mis on varustatud pöörlevate labidassegajatega, ning neid töödeldakse äädikhappe, äädikhappe anhüdriidi ja väikese hulga väävelhappe seguga.

Tselluloos reageerib keemiliselt äädikhappega ning tekib uus ühend, mida nimetatakse atsetüültselluloosiks.

Siis peatatakse segajad ning pudrutaoline mass jäetakse

12—15 tunniks rahule, lastes atsetüültselluloosil küpseda. Nagu viskoosi tootmisel, nii kiirendab küpsemine ka atsetüültselluloosi ketruslahuseks muutumist.

Küpsenud atsetüültselluloos laaditakse ümber teistesse aparaatidesse, milledesse on valatud vett. Need aparaadid on samuti varustatud kiiresti pöörlevate segajatega. Atsetüültselluloos lüüakse kokku helvesteks nagu koor võimasinas. Seda operatsiooni nimetatakse väljaajamiseks.

Kui helveste moodustumine on lõppenud, jäetakse segajad seisma. Atsetüültselluloos laaditakse välja ja teda pressitakse. Pressitud massi pestakse hoolikalt voolava veega. Pestud atsetüültselluloos kuivatatakse, peenendatakse ja puistatakse lahustamispaakidesse.

Atsetüültselluloos lahustatakse atsetoonis või atsetooni ja piirituse segus.

Atsetüültselluloosi lahus surutakse läbi üliväikeste filjeeriavade silindrisse, silindrist aga puhutakse läbi kuuma õhku. Piiritus ja atsetoon aurustuvad. Tardunud siidlõng keritakse poolile.

Atsetaatsiidist valmistatud tooted juhivad halvasti soojust ja elektrivoolu.

Sel siidil on tähelepanuväärne omadus — võime läbi lasta ultravioletseid kiiri. Atsetaatsiidist supelkostüümis saab plaažil pruuniks päevituda niisama hästi kui ilma temata.

Esimese sõjajärgse viisaastaku aastatel täiustasid teadlased tunduvalt atsetaatsiidi tootmist. Pärast ketramist juhitakse siidlõng läbi leeliselahusega täidetud vannide. Leelis kõrvaldab siidlõngalt äädikhappe jäägid.



Mitmesuguste niitide jämedus (läbimõõt, mikronites):

1 — vaskammoniaaksiid (2); *2* — ämblikuniit ja atsetaatsiid (3—5); *3* — viskoossiid (7—15); *4* — kaproon (10); *5* — puuvill (15); *6* — looduslik siid (18); *7* — looduslik vill (29); *8* — inimese juus (50—60).

Pärast niisugust keemilist töötlemist venitatakse lõnga sel määral, et tema pikkus suureneb 8—10 korda.

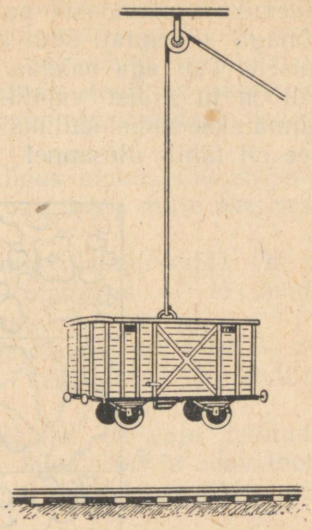
Venitamine sunnib tselluloosi molekule asetuma piki lõnga. See tõstab tugevasti lõnga vastupidavust.

Teiste kunstsiidiliikidega võrreldes on atsetaatsiid tuhmim ja vastupidavam niiskuse suhtes. Tema tugevus on

märjas olekus ainult ühe kolmandiku võrra väiksem, samal ajal kui teiste siidiliikide puhul see väheneb peaaegu 60 protsenti.

Atsetaatsiidi väärtuslikud omadused kindlustasid talle laialdase kasutamise. Atsetaatsiidi toodang moodustab tänapäeval umbes 22 protsenti maailma kunstkiutoodangust.

Võistluses siidiussiga saavutasid keemikud vaieldamatu võidu. Nad õppisid valmistama siidi, mille kiud on mitu korda peenem loodusliku siidi kiust. Siidiussi poolt toodetava siidniidi läbimõõt on 18 mikronit. Vaskammoniaaksiidi lõng on peenem ämblikuniidist — tema läbimõõt on 2 mikronit. Atsetaatsiidil on lõnga läbimõõt 3 kuni 5 mikronit, viskoossiidil 15 mikronit.



2-sentimeetrise läbimõõduga atsetaatsiidist köis suudab ülal hoida laaditud kaubavagunit.

Tugevuselt erineb kunstlikust atsetaatsiidist lõng vähe samasuguse ristlõikepindalaga terastraadist. Viimane peab vastu koormusele 110 kilogrammi ruutmillimeetri kohta, kuna siidniit kannatab välja 126 kilogrammi.

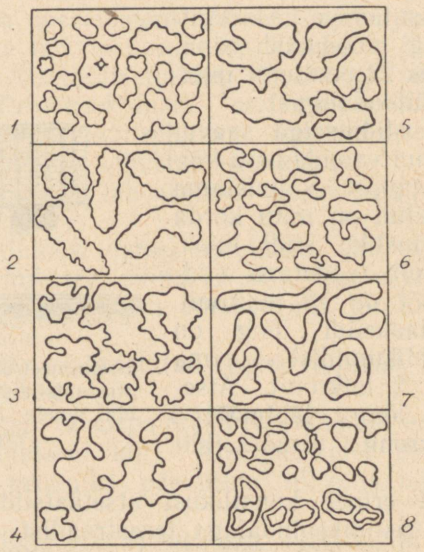
Atsetaatsiidi kiududest punutud umbes 2-sentimeetrise läbimõõduga köis suudab ülal hoida koormat, mis on laaditud kaubavaguni raskune — üle 30 tonni.

See oli toorainena looduslikku kiudainet — puidu- või puuvillatselluloosi — kasutanud keemikute võit.

KEEMIKUD EHITAVAD «SILDU»

Umbes viiskümmend aastat kestis keemikute võistlus siidiussiga. Selle aja jooksul rikastasid teadlaste rohkearvulised uurimised teadust teadmistega kiudainete ehitusest. Teadlased avastasid, kuidas väikesed molekulid pikki ahelaid moodustades üksteise külge kinnituvad. Insenerid õppisid ehitama häid masinaid kunstsiidi valmistamiseks.

Keemikud omandasid palju tootmisalaseid kogemusi. Ühe sõnaga — leiutati siidi asendaja ja pandi alus tema tootmisele. Tuli aga mõelda ka kunstliku villa loomisele, sest vill on ju siidist vajalikum materjal. Head villast riiet hinnatakse siidist kallimaks. Leida villale odav asendaja — see oli tähtis ülesanne!



Kunstkiudude ja loodusliku siidi kiudude ristläbilõiked:

1 — vaskammoniaaksiid; *2, 3* — viskoossiid; *4, 5, 6* — nitrosiid; *7* — atsetaatsiid; *8* — looduslik siid.

Koos Nõukogude Liidu töötajate heaolu kasvuga kasvab pidevalt nõudmine villaste toodete järele ja see kasvab kiiremini, kui võib kasvada peene villaga meriino lammaste kari.

Aastatel, mil NSV Liidu Riiklikus Plaanikomisjonis visandati esimese viisaastaku näitarve, kaalutlesid majandusmehed: selleks, et suurendada villase riide toodangut ainult 10 miljoni meetri võrra aastas, on vaja olemasolevate lammaste üldarvule lisada veel üle miljoni lamba. Miljon lammast! Kui ajada mööda teed sellist lambakarja, siis venib see peaaegu 100 kilomeetri pikkuseks! Kui

see aga valgub karjamaale laiali, siis ei jõua päeva jooksul selle ümber ringi teha. Miljoni lamba jaoks on vaja ette valmistada karjamaad ning joogikohad, kindlustada nende kaitset kiskjate eest, ehitada neile talvekorterid, varuda sööta. Lambaid on vaja kasvatada, ravida, pügada...

1929. aastal oli Nõukogude Liidus umbes 150 miljonit lammast ja kitse. Nende arvu oli vaja tõsta mitte ühe, vaid kümnete miljonite võrra.

Kas poleks lihtsam ehitada kunstvillavabrikuid? On ju selge, et looduslik villaandja — lammas — ei suuda meile anda kogu vajalikku villahulka.

Endastmõistetavalt on vaja teha nii üht kui teist — nii suurendada lammaste arvu kui ka ehitada kunstvillavabrikuid.

Kuid enne, kui mõelda vabrikutest, on vaja leiutada meetod kunstvilla valmistamiseks, leida sobiv ja odav tooraine, töötada välja kogu tootmisprotsess, kontrollida seda laboratooriumides.

Käesoleva sajandi kolmekümnendatel aastatel alustasid nõukogude teadlased visasid otsinguid kunstvilla valmistamise meetodi leidmiseks.

Teostati uuesti loodusliku villa analüüs. Vill koosneb valkainest — keratiinist. Keratiin on karvade, sarvede, sõrgade, küünte ja villa peamine ehitusmaterjal. Ta kujutab endast keerukat keemilist ühendit, mis nagu kõik valkained koosneb süsiniku-, hapniku-, lämmastiku-, vesiniku-, väävli- ja fosforiaatomeist.[1]

Vill ei sarnane hoopiski tselluloosiga, millest ehitavad oma kiude taimed. Tselluloosis pole ei lämmastikku ega ka väävlit. Järelikult ei saa ta olla tooraineks kunstvilla valmistamisel, vaid selleks tuleb võtta mingi valkaine.

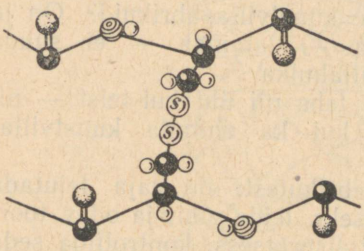
Kuid ka igasugune valkaine ei sobi. Asi seisab ju mitte ainult lämmastiku või väävli olemasolus, vaid ka molekulide ehituses — nad peavad sarnanema keratiini molekulidega: peavad olema niidikujulised, sobivad ketramiseks ja vees lahustumatud.

Keratiinis moodustavad süsiniku-, hapniku-, lämmastiku- ja vesinikuaatomid väikesi molekule. Omavahel haakudes

[1] Valkaineid on väga palju ja nende koostis on erinev. Keskmiselt leidub valkainetes 50—55 protsenti süsinikku, 20—24 protsenti hapnikku, 15—17,6 protsenti lämmastikku, 6,5—7,5 protsenti vesinikku, 0,3—2,4 protsenti väävlit ja 0,4—0,9 protsenti fosforit.

moodustavad need pisimolekulid pikki ahelaid.[1] Ahelad omakorda ühinevad paarikaupa, asetudes üksteise kõrvale nagu raudteeröövpad. «Liipriteks» on väävliaatomid, mis ühendavadki paralleelsed ahelad keratiini suureks molekuliks.

Seda liiki seoseid, millede puhul molekulide ahelaid ühendavad omavahel teiste ainete aatomid, nimetatakse keemias sildadeks. Sillad hoiavad molekuli tugevasti koos, mistõttu sildu omavad valkained ei lahustu vees, vaid ainult tursuvad. Mida tugevamad on sillad, seda vähem aine tursub.



Väävelsild keratiini molekulis.

Järelikult on niiditaoliste molekulidega valkaine leidmisest vähe: tuleb osata neid molekule liita tugevate sildadega, et saada villa keratiiniga sarnanevat ainet.

Esialgu jäljendasid kunstvilla loomisega tegelevad teadlased kunstsiidi leiutajaid. Nad kasutasid looduslikku toorainet — loodusliku villa ja loodusliku siidi jäätmeid. Ka siid sobis selleks otstarbeks, sest siid koosneb samuti niiditaoliste molekulidega valkainest — fibroiinist.

Keemikud valisid välja sobivad lahustid ning lahustasid nendes villa ja siidi. Nad said viskoosi meenutava veniva vedeliku. Seda «villasiirupit» juhtisid nad läbi ketrusmasinate ja valmistasid nii lõnga, kuid see lõng oli nagu suhkrust: ta kartis vett. Selgus, et villa keratiini ja siidi fibroiini lahustumisel purunesid ka sillad. Seepärast lagunes kunstvillast lõng vette sattudes.

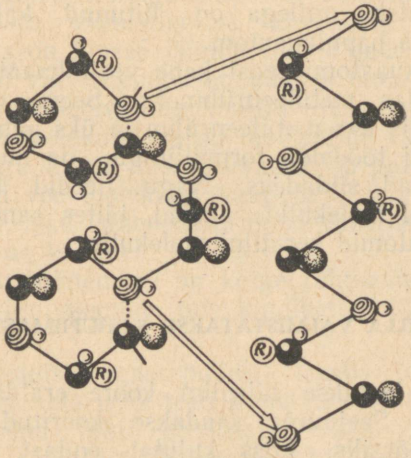
Looduslikust kiudainest tuli loobuda, sest ei õnnestunud säilitada keratiini sildu.

Hakati otsima, kas ei leidu mõnda teist valkainet niiditaoliste molekulidega, mida õnnestuks omavahel siduda sildadega. Kunstvilla leiutamisega tegelevad teadlased valisid oma õpetajateks mitte ainult keemikuid — kunstsiidi loojaid —, vaid ka nahaparkijaid.

[1] Ahelasse ühinemisel kaotab iga molekulide paar ühe molekuli vett. Seega on keratiini suur molekul ehitatud väikeste molekulide jääkidest.

Juba kauges minevikus oskasid inimesed parkida nahka, s. t. immutada parkainetega toornaha ebapüsivaid kiude ja muuta see vastupidavaks veekindlaks pargitud nahaks. Vanasti pargiti nahku ainult taimsete parkainetega — ainetega, mida leidub paju, tamme ja teiste puude koores. Hiljem leiti paremaid parkimisviise, nagu parkimine alumiiniummaarjatega, kroomisooladega jt.

Parkimisel viiakse toornaha valkaine molekulidesse parkaine aatomeid või aatomirühmitusi, mis sildadena



Keratiini molekuli muutumine venitamisel.

seovad omavahel naha valkaine molekule. Tugevad sillad muudavad naha veekindlaks.

Kunstvilla saamiseks püüdsid teadlased parkida mitmesuguseid valkaineid. Mõned neist, nagu želatiin, ei andnud soovitud tulemusi. Kõige sobivamaks osutus kaseiin — piimas leiduv valkaine (kohupiim). Nii oma keemiliselt koostiselt kui ka molekulide ehituselt on ta kõige lähedasem keratiinile. Kaseiin koosneb samuti väikeste molekulide jääkidest moodustunud ahelaist, kuid erinevalt keratiinist pole tema ahelad seotud sildadega ja seepärast pole kaseiin vee suhtes püsiv.

Tuli järelikult leida materjal sildade jaoks, s. t. leida sobiv parkaine. Prooviti alumiiniummaarjaid ja kroomi-

soolasid. Teadlased arvasid, et võib-olla aheldavad alumiiniumi- või kroomiaatomid nõrku kaseiini molekule samuti, nagu nad aheldavad molekule nahakiududes. Need lootused kahjuks ei õigustanud ennast.

Proovinud paljusid erinevaid parkaineid, jäid teadlased peatuma formaliini (formaldehüüdi 40-protsendilise vesilahuse) juurde. Seda vedelikku kasutatakse tavaliselt arstiteaduses tugeva desinfitseeriva vahendina — ta surmab haigusttekitavaid mikroobe.

Formaldehüüdi molekul on lihtne. Ta koosneb ühest süsinikuaatomist, millega on liitunud kaks vesinikuaatomit ja üks hapnikuaatom.

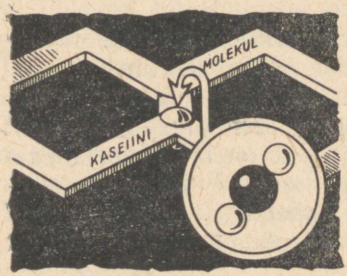
Ühe süsinikuaatomi seost kahe vesinikuaatomiga nimetatakse keemias metüleenrühmaks. Seega on formaldehüüdi molekulis üks metüleenrühm ja üks hapnikuaatom.

Kui kaseiini töödelda formaliiniga, siis muutuvad selle metüleenrühmad sildadeks. Nagu needid liidavad nad kokku kaseiini molekulide ahelad, täites sama ülesannet, mida väävliaatomid keratiini molekulis.

VILLA VALMISTATAKSE KOHUPIIMAST

Meiereides lastakse täispiim koore eraldamiseks läbi separaatorite. Seejuures saadakse kooritud piim, mida nimetatakse lõssiks. Lõss kujutab endast või tootmise jääki, kuid on väärtuslikuks tooraineks keemikutele. Lõss sisaldab 3—3,5 protsenti kaseiini.

Kaseiin eraldatakse veest kalgendamise teel. Saadud kohupiim kuivatatakse ja peenendatakse.



Metüleensildadega kaseiinimolekuli skeem.

Et hästi peenendatud kaseiin üle viia lahustuvasse olekusse, puistatakse ta segajatega varustatud trumlitesse ja segatakse hoolikalt lahja sööbenaatriumi-lahusega. Saadakse paks sitke kört.

Kaseiinlõnga saamise edasised operatsioonid sarnanevad viskoosi siidiks muutmise operatsioonidega.

Täpselt samuti suunatakse kaseiinilahus pumba abil

ketrusmasina filjeeridesse. Täpselt samuti voolavad ketruslahuse ülipeened joakesed sadestusvanni, milles on väävelhapet ja glaubri soola. Seal tarduvad nad lõngaks.

Kõikidest filjeeridest väljuvad lõngad koondatakse ühiseks palmikuks. Sellises palmikus on kümneid tuhandeid üksikuid kiukesi.

Palmikud pestakse väävelhappest puhtaks ja suunatakse viimistlusmasinasse. Sellega lõpeb sarnasus kaseiinkiu ja viskoossiidi töötlemises. Kaseiinvilla viimistlemine erineb järsult tselluloosist lõnga edasisest töötlemisest.

Tsellulooskiu viimistlemine kõrvaldab mitmesugused lisandid, mis on kiusse jäänud pärast sadestusvanni.

Kaseiinkiu viimistlemine on midagi muud.

Kui asetada poolvalmis kaseiinvillast palmik vette, siis tungivad vee molekulid valgu molekulide vahelistesse tühikutesse. Nagu kiilud, mis suruvad lõhki puuhalu või palgi, suurendavad vee molekulid kaugust üksikute valgu molekulide vahel. Nad vähendavad nendevahelist tõmbejõudu ja lõnga tugevus kahaneb.

Kaseiinkiu töötlemisel on kõige tähtsamaks operatsiooniks just viimistlemine, mis kindlustab lõngale vajaliku tugevuse.

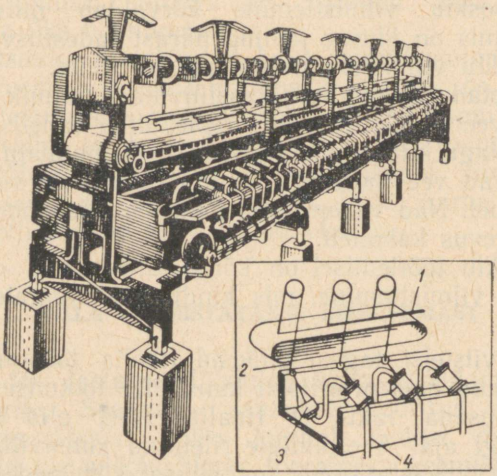
Aastat viisteist tagasi püüdsid itaalia töösturid tungivalt tõestada oma prioriteeti kunstvilla tootmises ja esitasid tõendusena fakti, et Itaalia väed olid salakavala kallaletungi ajal Abessiiniale riietatud kunstvillast mundritesse. 1936. aasta suvel aga vilksatas mõnedes ajalehtedes teade ühe Itaalia fašistliku armee üksuse haledast olukorrast. Kuumusest piinatuna liikus uutes villastes mundrites üksus edasi Abessiinia mägedes. Ootamatu pääsemise lämmatavast palavusest tõi teed tõkestava mägioja külm vesi. Jõudnud vastaskaldale, jätkasid sõdurid ronimist mööda kitsast mägirada. Märg riietus leevendas palavust ja tõi kergendust, kuid fašistide rõõm oli üürike. Peagi hakkasid mundripluuside küljest käised ära tulema ning seejärel hakkasid lagunema püksid. Uued mundrid muutusid sõdurite seljas räbalateks. Üksuse tee kattus kaltsudega. Sõdurid jäid sõna tõsises mõttes pesuväele. Rännak tuli katkestada. Itaalia tehaste vill demonstreeris kujukalt fašistlike inseneride «saavutusi»: nad ei olnud suutnud seda probleemi lahendada.

Nõukogude insenerid töötasid välja tõeliselt vastupidava kunstvilla tööstusliku tootmise meetodi.

Nad toetusid väljapaistvate nõukogude teadlaste N. D. Zelinski, V. S. Sadikovi ja N. I. Gavrilovi töödele.

Et tõsta lõnga vastupidavust märjas olekus, tööddeldakse teda formaliiniga. Formaldehüüdi molekulid nagu «õmbleksid» hajutatud valgumolekulid kokku ühtseks «ülimolekuliks».

Kuid ka pärast formaliiniga töötlemist ei kujuta kaseiinkiud endast veel valmisvilla. Kaseiinkiud on sirged nagu



Masin kunstvilla ketramiseks:
1 — palmik; *2* — lõng; *3* — filjeer; *4* — ketruslahuse etteandmine.

vibunöörid ning nende pind on peaaegu täiesti sile, kuna looduslikku villa kiud on kräsus ning kaetud peente soomustega.

Siledad kiud on halvemini kedratavad kui kräsus kiud. Seetõttu kähardatakse kaseiinkiude ja alles seejärel toimetatakse nad edasi harilikele ketrusvärtnaile.

Kunstlik kaseiinvill meenutab looduslikku villa.

Kui põletada kaseiinkiudu, siis jäävad temast järele söestunud kerakujulised jupid. Lõhn on põlemisel samasugune kui villa puhul.

Väliselt sarnaneb kunstvill peene kalevivillaga — ta on läikiv ja pehme. Ta soojendab hästi nagu harilik villgi,



1000 liitrist piimast võib saada niisama palju villa kui kümnelt lambalt aastas.

kuid kahjuks jääb ta sellest veel maha vastupidavuselt. Ainuüksi kaseiinvillast villaseid kangaid ei valmistata. Tavaliselt segatakse teda lamba-, kitse- või mõne muu loodusliku villaga.

Kaseiinvillal on loodusliku villaga võrreldes ka mõningaid eeliseid. Loomadel on villakiud ebaühtlase pikkuse ja erineva jämedusega. See raskendab villa töötlemist.

Kaseiinkiudu võib aga saada ühtlasena nii pikkuselt kui ka jämeduselt.

Peale selle on ta odavam. Tuhandest liitrist piimast saadakse niisama palju kaseiinvilla, kui palju saadakse looduslikku villa kümnelt lambalt aastas. Ühe lehma aastasest piimatoodangust saadakse rohkem villa kui 50 lambalt. Ühest kilogrammist kaseiinist saab valmistada ühe kilogrammi kunstvilla ehk 3—4 meetrit villast riiet.

VILL HERNESTEST JA UBADEST

Kaseiin on väärtuslik tooraine mitte ainult kunstvilla saamiseks. Temast toodetakse ka plastmasse ja kõrgekvaliteedilist liimi.

Teadlased püüdsid villa valmistamiseks leida kaseiinist veel odavamat toorainet.

Selle eesmärgiga uurisid nad valkaineid, mida sisaldavad kaunviljad — türgi oad, herned, sojaoad.

Taimevalkude molekulid koosnevad samuti mitmekümne tuhandest väikese molekuli jäägist, kuid erinevalt tselluloosi ja kaseiini molekulidest on nad kerakujulised. Nende valkude lahused osutusid harilikel temperatuuridel mittekedratavaiks.

Nõukogude teadlaste üksikasjalised uurimised näitasid, et molekulide kuju saab muuta. Selleks peenendatakse herned või sojaoad hoolikalt. Saadud jahu valatakse üle väga lahja äädikhappega. Kui osakesed hakkavad tursuma, pestakse neid veega ja valatakse siis üle sooja ning lahja leeliselahusega.

Valgu kolloidosakesed kujutavad endast kerasse tõmbunud ahelmolekule, mis võivad teatud tingimustes sirgestuda.

Taimevalkude kerakujulised molekulid lagunevad leelise ja soojendamise mõjul ning tekivad niitjad molekulid. Pärast 8—10-tunnist leelises seismist filtreeritakse tärklis ning tselluloos lahusest välja. Valkainelahusele lisatakse veidi äädikhapet ja valk sadestub.

Pärast rasvaosakestest puhastamist ei erine saadud valkaine välisilmelt mitte millegi poolest piimakaseiinist. Nüüd on taimevalgu molekulid võimelised andma peent kunstvillakiudu.

Edasine töötlemine toimub samuti nagu villa tootmisel

piimakaseiinist. Jällegi tuleb abiks formaliin. Taimevalgu molekulid liidetakse omavahel tugevate sildadega.

100 kilogrammist sojast saadakse 24 kilogrammi valku. Sellest valguhulgast võib saada peaaegu niisama palju villa. 24 kilogrammist villast toodetakse 100 meetrit kangast. Üks kilogramm soja on järelikult võrdne ühe meetri villase riidega.

Viskoossiidi tootmise tehnikas saavutatud edusammud võimaldasid viskoosist valmistada ka teist liiki kiudainet, mis meenutab omadustelt looduslikku villa.

Selle tootmine on peaaegu samasugune kui viskoossiidi tootmine. Põhiline erinevus esineb ainult ketramisprotsessis. Puitvillatööstuses on ketrusmasina filjeeridel väga palju avasid — mitte alla viiesaja.

Ketrusmasina kõikidest filjeeridest väljuvad viskoskiud koondatakse üheks ühiseks palmikuks, mis koosneb umbkaudu 100 000 ülipeenest niidist.

Viskooskiude ei korrutata lõngaks nagu siiditööstuses, vaid nad lõigatakse 9—12 sentimeetri pikkusteks osadeks, s. o. peaaegu niisama pikkadeks kui on loodusliku villa kiud. Sellist kiudu nimetatakse staapelkiuks ehk lõigatud kiuks.

Et muuta staapelkiudu sarnasemaks loodusliku villaga, kähardatakse ja pehmendatakse teda. Siis läheb staapelkiud tavalistesse ketrusmasinatesse, mis ketravad temast lõnga nagu puuvillast või looduslikust villast.

Viskoosvillast ehk, nagu seda teisiti nimetatakse, puitvillast riie on pehme, soe ja ilus.

Viskoosvill on hästi värvitav ega anna värvi välja. Puitvillast riie ei takista naha auramist, mistõttu ta on tervislikum teistest materjalidest riietest.

Ta on väga hästi pestav, ei lähe pärast pesemist kokku ja säilitab kaua oma kauni välisilme.

Staapelkiu kasutamine puuvilla asemel poolvillaste kangaste valmistamisel parandab tunduvalt nende kangaste kvaliteeti ja välisilmet. Tekstiilivabrikuis valmistatakse loodusliku villa lisandiga puitvillast ülikonnariiet. Tehased, mis valmistavad puitvilla, toodavad seda mitu korda rohkem kui viskoossiidi. Nii lastakse ühes tehases ööpäevas välja 15 000—20 000 kilogrammi viskoossiidi, staapelkiudu aga võib valmistada 60 000—100 000 kg ööpäevas.

Tooraine ja töötlemise odavus avab viskoosvillale laial-

dased perspektiivid. Tema tootmine kasvab kiiresti. Juba praegu ulatub viskoosvilla toodang rohkem kui 30 protsendini kunstkiudaine maailmatoodangust. 1951. aastal valmistati kõigis maades kokku üle 400 000 tonni viskoosvilla. Sellise hulga looduslikku villa saamiseks oleks olnud vaja 70—80 miljoni pealist lambakarja.

1948. aastal autasustati rühma insenere — Z. F. Kiperšlakki, J. M. Mogiljovskit, P. K. Korjukovskit ja V. J. Solovjovi — staapelkiu saamise ja töötlemise uue, täiustatud meetodi väljatöötamise ja juurutamise eest Stalini preemiaga.

Viskoosi suurepärased omadused võimaldasid keemikutel saavutada võistluses lambaga veel ühe võidu. Nõukogude keemikud õppisid saama viskoosist mitte ainult villa, vaid ka kunstlikku karusnahka.

Hiljuti töötasid teadlased koostöös tekstiilitööstuse eesrindlastega välja viskoosist kunstliku karakulli valmistamise tehnoloogia. Ainult vilunud spetsialist suudab eristada looduslikest karakullnahkadest neid tumehalle nahku, mis on tihedate ridadena kaetud õrnade lokkide läikivate keerdudega.

Peened siidised viskooskiu niidid lähivad pika tee, enne kui nad muutuvad kunstliku karakulli jäikadeks usjateks keerdudeks.

Kõigepealt värvitakse kiud mustaks või pruuniks, seejärel töödeldakse teda veekindluse andmiseks spetsiaalsete keemiliste ühenditega ja kuivatatakse termostaadis 120—140-kraadisel temperatuuril. Sellega aga kiu eeltöötlus ei lõpe — on veel vaja kõrvaldada mõned kahjulikud lisandid.

Selleks pestakse viskooskiudu hoolikalt kuuma veega, kuivatatakse uuesti ja keritakse poolidele.

Mõnesajast niidist (kolmsada valget ja sada musta) koosnev kimp suundub nüüd niinimetatud šenillimasinasse. Pidevalt pöörlev väike nuga lõikab pika kiupalmiku üsna lühikesteks kiukesteks, mis pigistatakse kahe puuvillniidi vahele. Lõputu lindina väljub masinast udejas lõng. Tootjad nimetavad seda šenilliks.

Šenill satub kähardamisaparaati. Kaks väikest torukest pöörlevad kiiresti hõõguvate elektrispiraalide vahel. Kui šenill möödub spiraalidest, siis muutub ta torukeste pöörlemise ja kõrge temperatuuri mõjul jäigaks palmikuks.

Kähardatud šenill sarnaneb karakulli lokkidega. Jääb

ainult kinnitada ta alusele — riidele — ja kunstlik karusnahk on valmis.

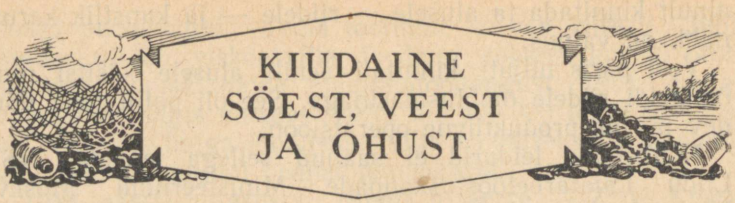
Veel päris hiljuti kinnitati šenill alusele käsitsi ning õmmeldi riidele õmblusmasinaga. See oli palju tööd nõudev ja väheproduktiivne operatsioon.

Nõukogude leidurid ei saanud sellega leppida. NSV Liidu Laiatarbetööstuskaupade Ministeeriumi Moskva Katsetehase nr. 2 direktor insener P. F. Sapilevski konstrueeris spetsiaalse masina, mis tõstab mitu korda töö tootlikkust ja kiirendab selle operatsiooni teostamist.

Palmik suunatakse masinasse ühest otsast, kuna temale vastu liigub alus — puuvillriie, mis on kaetud õhukese kummiliimikihiga. Šenill läbib järjestikku kaks transportööri, milledest üks liigub kiirusega 20 meetrit minutis, teine umbes 0,3 meetrit minutis. Transportööride erinevate liikumiskiiruste tõttu kihistub šenill teisele transportöörile kääruliste ridadena. Riidega kohtudes kleepub ta sellele ja pärast läbiminekut trumli kuumutatud võlli alt kinnitub tugevasti selle külge.

Insener Sapilevski poolt konstrueeritud karakullimasin võib aastas toota nii palju karakulli, kui palju on võimalik koguda 500 000 lambatallelt.

1955. aastal annavad NSV Liidu Laiatarbetööstuskaupade Ministeeriumi tehased maale üle poole miljoni meetri kunstlikku karusnahka. Õmblus- ja jalatsivabrikuis lõigatakse temast välja mitmesuguseid kraesid ja kätiseid, mütse ja pealistükke soojadele jalanõudele. Nagu looduslik, nii ka kunstlik karakull kaitseb külma eest, ei karda vihma ega lund ja ei pleegi päikese käes.



ÕPIME MOLEKULE KOKKU ÕMBLEMA

Kunstlikke kiudaineid luues kasutasid teadlased looduslikke valmismaterjale, mis olid ehitatud suurtest molekulidest: kuuse- või puuvillatselluloosi, kaseiini, herneste ja sojaubade valkaineid.

Aga miks mitte õppida ise ehitama samasuguseid suuri molekule? Võtta needsamad lähteosised, millest neid ehitab loodus — süsihappegaas, vesi ja lämmastik — ning luua laboratooriumis uusi kiudaineid. Valmistada neist aineist ketruslahus, suruda see läbi filjeeride ja saada täielikult sünteetiline kiudaine, mida võiks nimetada nõnda erinevalt kunstlikust kiudainest, mis on valmistatud looduses valmiskujul esinevatest molekulidest.

Ja selles pole midagi võimatut. Tuleb vaid lõplikult loobuda siidiusside ja lammaste jäljendamisest ning minna oma teed, ennetades ja muutes loodust.

Keemikud õppisid juba ammu ühendama üksikuid aatomeid väikesteks molekulideks. Süsiniku-, vesiniku- ja hapnikuaatomeist valmistatakse suurel hulgal — tööstuslikus mastaabis — atsetüleeni, metaani ja veel mitme tuhande erineva aine molekule.

Selleks aga, et luua suuri molekule, on vaja õppida väikesi molekule «kokku õmblema» lõpmata pikkadeks ahelateks.

Teadlased proovisid omandada keemilise «juurdelõikamise ja õmblemise» kunsti. Selgus, et kaugeltki mitte kõiki orgaanilisi molekule ei saa «kokku õmmelda» pikkadeks ahelateks.

Kui süsinikuaatom on kõik oma neli valentshaagikest ära kasutanud teiste aatomite sidumiseks, siis pole tal ilmselt millegagi haakuda — kõik tema sidemed, nagu ütlevad

keemikud, on küllastatud. On tekkinud molekul, mis pole võimeline aheldumiseks teiste molekulidega. Ühendeid, milles süsinik ei oma vabu sidemeid, nimetatakse küllastatud ühendeiks. Näitena võib tuua gaasi metaani molekuli. Metaani molekulis on süsinikuaatomiga liitunud neli vesinikuaatomit. Metaani molekulidest ei saa «õmmelda» ahelat.

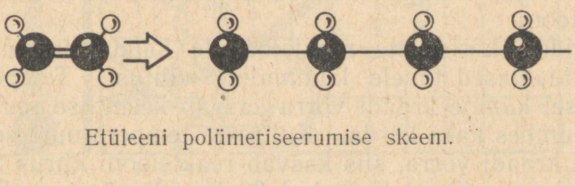
Teine lugu on süsinikuühenditega, milles pole ära kasutatud kõik valentshaagikesed. Etüleeni molekul näiteks sisal-



«Molekulrong».

dab kaks süsiniku- ja neli vesinikuaatomit. Kumbki süsinikuaatom on kahe haagikese abil endaga liitnud kaks vesinikuaatomit, kahe ülejäänud sidemega aga haakuvad nad omavahel.

Ühendeid, milles süsinikuaatomid on ühendatud kaksik- või kolmiksidemetega, nimetatakse küllastumata ühen-



Etüleeni polümeriseerumise skeem.

deiks. Need süsinikuaatomite-vahelised kaksik- ja kolmiksidemed osutuvadki niisuguste molekulide nõrkadeks kohtadeks. Välismõjutuste toimel katkevad nad kergesti. Molekulide otstes tekivad vabad sidemed, millede kaudu nad võivad omavahel haakuda.

Nagu raudteejaamas koostatakse üksikuist vaguneist rong, nii ka küllastumata ühendite molekulid, kasutades oma «tagavarasidemeid», ühinevad omavahel, moodustades pikki ahelaid.

«Molekulrongide» koostamist, s. o. molekulide «kokkuõmblemist» nimetatakse keemias polümerisatsiooniks. See termin on moodustatud kahest kreekakeelsest sõnast — «poli» — palju ja «meros» — osa. Paljudest osakestest koosnevaid suuri molekule nimetatakse polümeeri-

deks, lähteainete väikesi molekule aga monomeerideks («monos» — ainus).

Et monomeeri molekulidest moodustada ahelat, tuleb osa neist viia ergastatud olekusse, kus nende otstes esinevad vabad sidemed. Need aktiveeritud molekulid reageerivad monomeeri aktiveerimata molekulidega, andes sel viisil suuremaid aktiveeritud molekule, mis edasi reageerivad. Kahe sellise aktiveeritud molekuli omavahelisel reageerimisel tekib vabade sidemete ühinemise tulemusena suur polümeeri molekul.

Molekulid võivad üksteist mõjutada ainult kokkupõrkamisel (et haakida kaht vagunit, tuleb need tingimata tihedalt teineteise vastu lükata). On täiesti selge, et mida sagedamini molekulid kokku põrkavad, seda kiiremini kulgeb keemiline reaktsioon. Järelikult selleks, et kiirendada reaktsiooni käiku, tuleb kas molekule üksteisele lähendada või panna nad kiiremini liikuma.

Molekule saab lähendada ainult rõhu suurendamisega, nende liikumist kiirendada — soojendamisega.

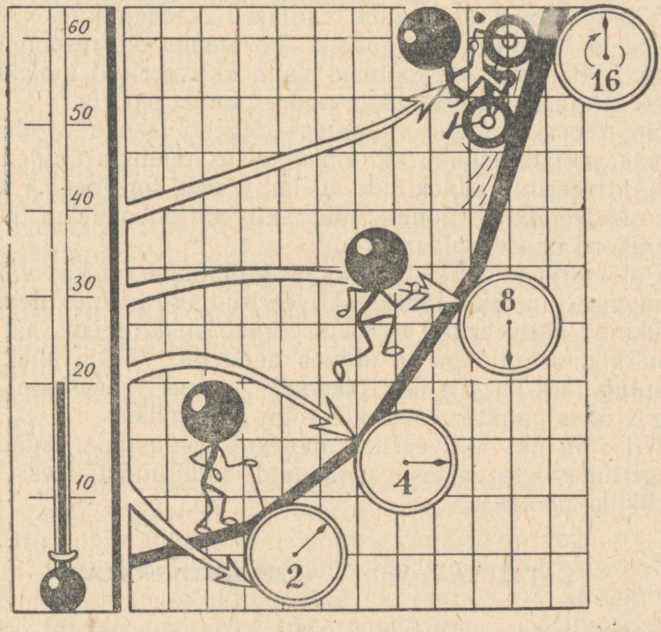
Et «sepistada» molekulidest ahelat, kasutab keemik nagu seppki kuumust ja lööki — temperatuuri ja rõhku. Need on keemiku alatisteks abilisteks tema keerukas töös. Suurendades rõhku ja eriti tõstes temperatuuri, kiirendab keemik reaktsiooni.

Jälgides keemiliste reaktsioonide käiku kuumutamisel, panid teadlased tähele kummalist nähtust. Temperatuuri tõstmisel kümne kraadi võrra kasvab keemilise reaktsiooni kiirus umbes kaks korda. Kui tõsta temperatuuri veel kord kümne kraadi võrra, siis kasvab reaktsiooni kiirus $2 \times 2 = 4$ korda, temperatuuri tõstmisel 30 kraadi võrra — 8 korda, 40 kraadi võrra — 16 korda.

Tuleb välja, et reaktsiooni kiirus suureneb palju rutemini, kui tõuseb temperatuur. See esimesel pilgul kummaline seaduspärasus jäi kauaks ajaks seletuseta. Mõistatus lahendati alles 1913. aastal.

Nagu teada, liiguvad gaaside ja vedelike molekulid pidevalt suure kiirusega. Tavalisel toatemperatuuril kihutavad süsihappegaasi molekulid kiirusega 372 meetrit sekundis. Veeauru molekulide liikumiskiirus on veel suurem — 582 meetrit sekundis, vesiniku molekulide kiirus aga 1740 meetrit sekundis. Kuid see on nende keskmine kiirus. Teadlased on selgitanud, et molekulid ei liigu ühesuguse kiirusega. Nende hulgas on üksikuid ülikiireid molekule, mis

kihutavad nii, nagu oleks ainet soojendatud mitte 10—20 kraadi, vaid mõne tuhande kraadi võrra. Temperatuuri tõusmisel kasvab selliste ülikiirete molekulide arv kiiresti. Reaktsiooni aga ei astu kõik molekulid, vaid peamiselt ülikiired.[1] Seepärast kasvabki keemilise reaktsiooni kiirus temperatuuri tõusust kiiremini.



Temperatuuri tõus ja rõhu kasv põhjustavad molekulide liikumise kiirenemist. Temperatuuri tõusmisel 10° võrra kasvab molekulide liikumise kiirus 2 korda, temperatuuri tõusmisel 20° võrra — 4 korda jne.

Sellised aktiveeritud molekulid on nendeks punktideks, tsentriteks, mille ümber algab keemiline reaktsioon. Mida rohkem tekib aktiveeritud molekule, seda kiiremini ühinevad ained omavahel, seda kiiremini «õmmeldakse» väikesed molekulid pikkadeks ahelateks.

Paljud ained eraldavad keemilistel reaktsioonidel ener-

[1] Sellised molekulid omavad kokkupõrkamise momendil suurt energiat (kõrgendatud siseenergiat), s. t. on ergastatud olekus.

giat — soojust; seepärast ergastatud molekuli energia ei kahane, vaid vastupidi — kasvab.

Molekul kihutab veel suurema kiirusega, tõugates järsult eemale teisi molekule, mis satuvad tema teele. Ja osa neist molekulidest aktiveerub omakorda. Keemilise reaktsiooni tsentrite arv suureneb iga silmapilguga. Aktiveeritud molekulide hulk kasvab nagu mäest alla laskuv lumelaviin.

Väljapaistvad nõukogude teadlased akadeemik N. N. Semjonov ja NSV Liidu Teaduste Akadeemia korrespondeeriv liige J. B. Zeldovitš töötasid välja aktiveeritud molekulide poolt tekitatavate keemiliste reaktsioonide teooria.

See teooria andis võimaluse õigesti seletada mõnede ainete mõistatuslikku käitumist teiste ainetega ühinemisel. «Aktiveeritud molekulide ahelad võivad hargneda,» kirjutas akadeemik Semjonov, «üks aktiveeritud molekul tekitab mõnikord üheaegselt mitu uut.»

Polümerisatsiooni alguseks on küllaldane, et kas või üks monomeeri molekul läheks aktiveeritud, ergastatud olekusse. Tekkinud aktiveeritud molekul põrkab kokku teiste, aktiveerimata molekulidega ja ühineb nendega. Tekib ahel, mis muutub järk-järgult üha pikemaks, kuna reaktsioon, mis algas ühes punktis, levib üle kogu aine massi.

Nii võib üks aktiveeritud molekul põhjustada sadade ja isegi tuhandete väikeste molekulide muutumist üheks hiiglaslikuks ahelaks.

KATALÜSAATORID — «KEEMILISED NÕELAD»

Tegelikkuses selline ahel alati väga suureks ei kasva. Mingil etapil ta katkeb ja moodustub polümeeri molekul, milles lülide arvu ei saa enam suurendada. Endastmõistetavalt huvitas molekulide maailma teadmishimulisi uurijaid, miks molekulide ahel ei muutu lõputuks niidiks, vaid katkeb. Sellele nähtusele leiti lihtne seletus.

Aines ei moodustu üksainus ahel, vaid miljardid ahelad. Kõik nad kasvavad üheaegselt. Kui selline kasvav ahel reageerib juhuslikult monomeeri asemel aktiveeritud molekuliga, siis tekib stabiilne polümeeri molekul, mis enam ei kasva.

Teiseks põhjuseks on ahelate katkemine, sest nemadki liiguvad, põrkavad üksteise vastu ja rebenevad.

Kui temperatuur, mille juures toimub polümerisatsioon, on liiga kõrge, siis enamik ahelaid rebeneb tükkideks. Polü-

meeri molekulide asemel saadakse «pooltäiskasvanud» molekulid.

Temperatuur osutus keemikule kaugeltki mitte laitmatuks abiliseks. Ta on kahe teraga mõõk. Temperatuur mitte ainult aitab molekule ühineda pikkadeks ahelateks, vaid soodustab ka nende ahelate purunemist.

See on väga ebameeldiv nähtus, sest ahela pikkusest sõltub kiu kvaliteet.

Et saada head kunstkiudu, on vaja ahel «kokku õmmelda» kindlast arvust lülidest. Üks teadlane «õmbles kokku» mitmesuguse suurusega ahelaid ja uuris tekkinud kiudude omadusi. Selgus, et tema poolt katseks võetud aine 33 molekulist moodustusid väga lühikesed ja vähevastupidavad kiud, 43 molekulist pikemad, kuid ikkagi veel haprad kiud, ja alles 100 väikesest molekulist õnnestus saada kiudu, mis millimeetrise läbimõõdu juures katkes 12,5-kilogrammise raskuse mõjul. Selline niit oli ikkagi veel kaks korda nõrgem viskooskiust. Kui aga «õmmelda» ahel kokku kolmesajast või rohkemast molekulist, siis moodustub aine, mis annab täiesti tugeva kiu.

Tähendab, kiudainete molekulidel peab olema vähemalt 300 lüli.

Mida rohkem, seda parem!

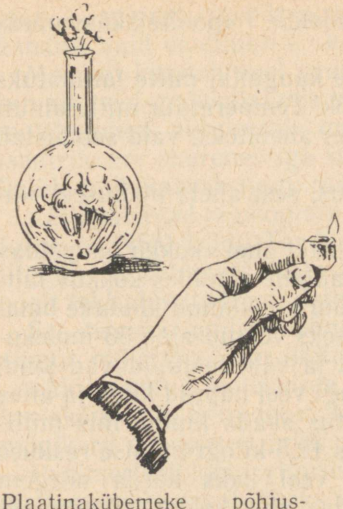
See tingimus asetas teadlased raskesse olukorda. Madalatel temperatuuridel aktiveeruvad molekulid aeglaselt ja seetõttu kulub polümerisatsiooniks väga palju aega.

Kui tõsta temperatuuri, põrkavad molekulid sagedamini omavahel kokku ja aktiveeritud molekulide arv kasvab kiiresti. Ahelad «sünnivad» suure kiirusega. Seejuures aga sagenevad kasvavate ahelate kokkupõrked ja katkemised. Järelikult temperatuur mitte ainult sepistab ahelaid, vaid rebib neid ka katki.

Tuli välja nõiaring: soojendada on halb ja ka mitte soojendada on halb.

Ja see ring oleks olnud väljapääsuta, kui keemikute! poleks leidunud veel üht liitlast. Molekulide «kokkuõmblemist» on võimalik kiirendada ka ilma kõrge temperatuuri ja suure rõhuta. Selleks tuleb kasutada niinimetatud «keemilisi nõelu».

Samuti nagu me terasnõelaga õmbleme kokku riidetükke, «õmblevad» keemikud oma katalüsaatoriteks nimetatavate «nõelte» abil kokku molekule, muundades ühtesid aineid teisteks. Vahel jätkub katalüsaatori pisimast kübemekesest,



Plaatinakübemeke põhjustab hapniku tormilist reaktsiooni vesinikuga. Tuhakübemetega kaetud suhkrutükk põleb ühtlase sinise leegiga. Tuhk ja plaatina on katalüsaatorid.

et panna kaks «kangekaelset» ainet omavahel ühinema.

Nii näiteks hapnik harilikes tingimustes peaaegu ei reageeri vesinikuga, kuid piisab, kui visata nende gaaside seguga täidetud kolbi mikroskoopiline plaatinakübemeke, et algaks tormiline reaktsioon — plahvatus. Samuti ei saa suhkrutükki süüdata tikuga — suhkur sulab ja praksub, kuid ei sütti. On aga võimalus muuta ta «sõnakuulelikuks» ja panna põlema. Võtame ahjust või tuhatoosist veidi tuhka ja hõõrume sellega kergelt suhkrutüki serva. Kui nüüd suhkrutükile lähendada põlev tikk, süttib ta kuulekalt ja põleb ühtlase sinise leegiga.

Suhkur ilma tuhata ei põle. Seejuures on tuhk mittepõlev aine, kuid mõned suhkrule määritud tuhakübemed avaldavad samasugust mõju nagu mustkunstniku kepi puudutused.

«Keemilised nõelad» — katalüsaatorid — ainult viibivad reaktsioonide juures, soodustavad neid, kuid ei võta nendest osa, jäädes muutumatuks, või võtavad osa ainult tühistes hulkades.

Nõukogude teadlane, NSV Liidu Teaduste Akadeemia korrespondeeriv liige S. S. Medvedjev on nüüd tõestanud, et vinüülühendite polümerisatsioonil lähevad katalüsaatori molekulide killud «kokkuõmmeldud» molekuli koostisse. Nii ei saa enam kõiki katalüsaatoreid vaadelda kui muutumatuid «nõelu».

Teadlased tunnevad palju selliseid aineid, mis ainult oma juuresolekuga muudavad teiste ainete omadusi ja aitavad kaasa keemilistele reaktsioonidele. Sellised ained on näiteks savi, plaatina, vesinikülihapend, leelised, happed jt.

Katalüsaatorid aitasid keemikutel-praktikutel monomeeri molekule madalal temperatuuril kiiresti «kokku õmmelda» ja saada vajaliku pikkusega ahelaid.

Üheks tähtsamaks tooraineks, mida keemikud hakkasid kasutama suurte niiditaoliste molekulide ehitamiseks, milliseid ei leidu taime- ega loomariigis, sai aine, mis on inimestele tuntud juba mitmeid aastatuhandeid.

Peaaegu kaks tuhat aastat enne meie ajaarvamist elas Hiina keisri õukonnas vana aednik. Lilled ja puuviljad, mida ta kasvatas keiserlikes aedades, olid kuulsad üle kogu Hiina.

Paljude meretaguste harulduste hulgas kasvas keisri aias väike pirnipuu, mille oli talle kingituseks saatnud India maharadža. See puuke kandis vilja ainult üks kord kümne aasta jooksul, ja sedagi vaid sel juhul, kui suvi oli väga kuum. Kui suvi oli jahe, ilmusid pirnid alles hilissügisel ega jõudnud valmida.

Ükskord kevadel kutsus keiser aedniku enda juurde ja ütles talle: «Sel sügisel tahan ma saada pirnipuult küpseid pirne. Ainult sina üksinda suudad täita minu soovi. Ma annan sulle tasuks nii palju kulda, kui palju kaaluvad pirnid. Kui sa aga minu soovi ei täida, käsin sind hukata.»

Suvi oli sel aastal väga jahe. Sügis saabus varakult. Öökülmad hävitasid palju lõunamaisi lilli ja puuvilju. Polnud mingit lootust, et pirnid jõuaksid küpseda, kuid aednik korjas valmimata pirnid ära, ladus need oma toas suurele lauale laiali ja hakkas viirukit suitsutama.

Keiser saatis iga päev teenri küsima, millal pirnid valmis saavad, kuid nad jäid roheliseks. Keiser käskis aednikule öelda, et kui nädala pärast pole palees lõunaks pirne, siis ta hukatakse.

Määratud tunnil nädala pärast ilmusid keisri saadikud aedniku majja, kuid maja oli tühi. Aednik oli kadunud ja keegi ei teadnud, kus ta end varjas.

Talupojad, kes sõitsid hommikul turule, nägid mingisugust inimest, kes jagas lastele tasuta ilusaid merevaikkollaseid pirne.

Vihane keiser saatis teenri aednikku otsima, kuid teda ei õnnestunud leida. Koos aednikuga kadus ka pirnide küpsemise saladus.

Alles mitme sajandi pärast taipas keegi kontrollida legendi ja proovida vana aedniku meetodit. Selgus, et viiruki aromaatne suits avaldab puuviljadele tõepoolest nõiduslikku toimet — nad muutuvad mahlaseks, tõmbuvad kol-

laseks ja valmivad. Seda aga, miks mõjub viiruk nii soodsalt puuviljadele, ei teadnud keegi ja selle põhjust õnnestus selgitada alles üsna hiljuti.

Keemikud uurisid viirukiaurusid, füsioloogid aga õppisid tundma taimedes toimuvaid protsesse. Analüüsi teel tehti kindlaks etüleeni olemasolu viirukisuitsus. See on kerge värvitu gaas. Tema olemasolu õhus saab avastada erilise magusa lõhna järgi.

Nõukogude teadlane professor J. V. Rakitin töötas NSV Liidu Teaduste Akadeemia Taimefüsioloogia Instituudi laboratooriumis välja tööstusliku meetodi etüleeni kasutamiseks puuviljade küpseks muutmiseks.

Seda meetodit kasutavad juba laialdaselt tomatite, sidrunite ja õunte küpseks muutmiseks meie kolhoosid ja sovhoosid, agrojaamad ja konservitehased.

Etüleeni sisaldavad gaasid, mida saadakse nafta ümbertöötamisel, mistõttu ta on odav tooraine.

Etüleeni molekulis on kaks süsinikuaatomit ja neli vesinikuaatomit. Kui võtta etüleeni molekulilt ära üks vesinikuaatom, siis moodustub rühmitus, mis koosneb kahest süsinikuaatomist ja kolmest vesinikuaatomist. Seda rühmitust, mis nagu metüül ja teised radikaalid kuulub paljude orgaaniliste ühendite koostisse, nimetatakse vinüülrühmaks.

Selle rühma tähtsaks iseärasuseks on kaksiksideme olemasolu süsinikuaatomite vahel. See tähendab, et vinüülrühm on küllastumata ühend. Ta on võimeline moodustama suurte molekulide ahelaid — olema vaguniks molekulide rongis.

SIIDIUSS JÄÄB TAGAPLAANILE

Etüleeni reageerimisel klooriga tekib uus gaas — vinüülkloriid, mis temperatuuril miinus 14 kraadi muutub vedelikuks.

Vinüülkloriid polümeriseerub suurepäraselt. Tekib valge tihke pulber. Puhtas olekus ei saa seda pulbrit mingisuguste meetoditega niidiks muuta. Seepärast segavad keemikud kunstkiu saamiseks vedelat vinüülkloriidi mõnede teiste vinüülühenditega. Koos oma «sugulastega» moodustab vinüülkloriid lahuseid, mida saab kedrata.

Vedelikud valatakse autoklaavi — tihedalt kinni kruvitava kaanega katlasse. Lisatakse tühiselt väike hulk «keemilisi nõelu» — katalüsaatorit. Kõige sagedamini kasutatakse



Kunstlikku kiudainet saadakse kõige erinevamaist aineist:
puit annab viskooskiudu (*1*); süsi ja lubi vinüülkiudu (*2*); klaas klaaskiudu (*3*); karbolhape kaproonkiudu (*4*); adipiinhape nailonkiudu (*5*); piim kaseiinkiudu (*6*).

selleks ainet, mida nimetatakse bensoüülperoksüüdiks. Autoklaavi kaas keeratakse kinni ja lülitatakse sisse elektrimootor.

Katlas asuv segaja hakkab pöörlema. Autoklaavi soojendatakse nõrgalt — umbes inimkeha temperatuurini. Algab polümerisatsioonireaktsioon. Edasi tõuseb temperatuur ise ja autoklaavi tuleb ülekuumenemise vältimiseks jahutada külma veega, sest kõrge temperatuur võib takistada polümeeri pikkade ahelate moodustumist.

Teatud aja möödudes (30—60 tunni pärast) peatatakse segaja ning autoklaav jahutatakse toatemperatuurini.

Autoklaavist võetakse välja valge tihke pulber, mis lahustatakse atsetoonis. Lahus surutakse läbi üliväikeste avade. Atsetoon aurustub sooja õhu toimel nagu atsetaatsiidi tootmiselgi. Saadakse ülipeen siidjas niit.

Sõltuvalt sellest, missugust vedelikku lisati vinüülkloriidile ühiseks polümerisatsiooniks, saadakse erinevate omadustega kiud.

Vinüülkiud ei lõhustu kangete hapete ja leeliste toimel. Temast valmistatakse eririietust ja filterkangaid keemiatööstusele, ajamirihmu transportööride jaoks ja kunstlikku jõhvi.

Vinüülkiust valmistatakse ka paelu, mis asendavad edukalt asbesti laagritihendites. Nad ei karda järske temperatuurikõikumisi, mis ulatuvad miinus 15 kraadist kuni pluss 90 kraadini.

Rühm nõukogude keemikuid — NSV Liidu Teaduste Akadeemia korrespondeeriv liige I. L. Knunjants, V. V. Koršak, Z. A. Rogovin, A. B. Pakšver ja teised — töötas mõni aasta tagasi välja meetodi teise sünteetilise kiudaine saamiseks, mida nagu vinüülkiudugi ei valmistata taimse või loomse päritoluga molekulidest, vaid harilikest keemilistest produktidest.

Uus nõukogude sünteetiline kiudaine nimetati kaprooniks.

Kaprooni valmistatakse kõigile tuntud karbolhappest. Keerukate keemiliste muundamiste teel saadakse sellest valge tahke mass — kaproon.

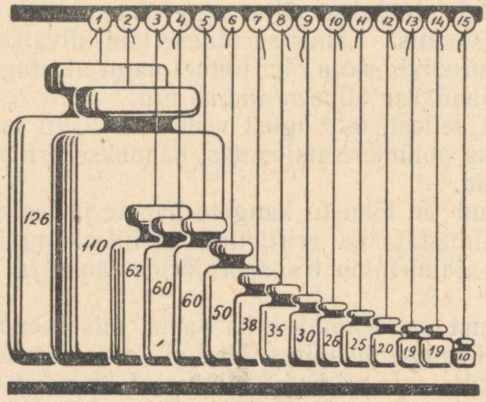
Kaproon purustatakse väikesteks tükikesteks, mis puistatakse ketrusmasina sulatuskambrisse. Kambris kuumenevad need tükikesed 275 kraadini ja sulavad, muutudes glütseriinitaoliseks venivaks vedelikuks.

See «kaproonsiirup» surutakse rõhu all läbi filjeeride silindrisse, millest puhutakse pidevalt läbi külma õhku —

ülipeened joakesed jahtuvad ja tarduvad lõngaks, mis keritakse värtnatele.

Ketrusmasinast väljuv kaproonlõng ei ole veel kõlblik kanga valmistamiseks. Kui kaproonvedeliku joake muutub silindris tardudes lõngaks, siis ei asetu kaprooni molekulid piki lõnga, paralleelselt kiu teljega, vaid telje suhtes nurga all. Niitjad molekulid ise oleksid nagu kägardunud. Seepärast tuleb kaproonlõnga venitada.

Venitamine teostub erineva kiirusega pöörlevatel trumlitel. Selle tulemusena suureneb lõnga pikkus 4—5 korda. Veni-



Eri liiki kiudainete tugevus:

1 — ülitugev atsetaatsiid; *2* — terastraat; *3* — ülitugev viskoossiid; *4* — raudtraat; *5* — ülitugev sünteetiline siid; *6* — inimese juus; *7* — vasktraat; *8* — puuvill; *9* — looduslik siid; *10* — viskoossiid; *11* — atsetaatsiid; *12* — vaskammoniaaksiid; *13* — nitrosiid; *14* — vill; *15* — alumiiniumtraat.

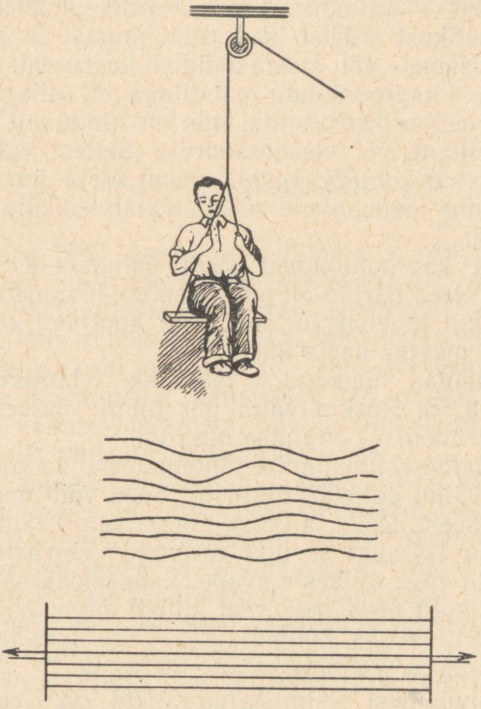
tamisel molekulid tõmbuvad sirgeks ja asetuvad piki telge. Lõng muutub haruldaselt vastupidavaks.

Selle leiutise eest määrati nõukogude keemikutele kõrge autasu — Stalini preemia.

Kasutades adipiinhapet ja heksametüleendiamiini,[1] saab valmistada teist kiudainet — nailonit.

[1] Paljude keemiliste ainete nimetustes väljendub nende koostis. Nimetus heksametüleendiamiin näitab, et selle aine molekul koosneb kuuest («heksa" — kreeka keeles kuus) metüleenrühmast ja kahest («di» — kaks) amiinrühmast, mis koosnevad lämmastiku- ja vesinikuaatomitest.

Kaprooni tugevus on nii suur, et teda on õigem võrrelda mitte kiudainetega, vaid metalltraadiga. Kaproonniit on 3,5 korda tugevam sama läbimõõduga alumiiniumtraadist, poolteist korda tugevam vasktraadist ning on tugevuselt võrdne külmalt valmistatud raudtraadiga. Ainult poolteise-milli-



1,5-millimeetrise läbimõõduga kaproonniit peab vastu inimese raskusele. Molekulid on kaproonniidis kõverdunud. Sellega seletub kaprooni võime venida.

meetrise läbimõõduga kaproonniit peab vastu täiskasvanud inimese raskusele.

Kaprooni hügroskoopsus on kolm korda väiksem villa ja loodusliku siidi hügroskoopsusest ning kaks korda väiksem atsetaatsiidi hügroskoopsusest.

Peale selle ei karda kaproonkedrus niiskust ega hallitust. Uutest sünteetilise kiudaine liikidest püünised võivad ilma

igasuguse kahjustuseta kuude viisi vees olla, samal ajal kui kanepist või puuvillast noodad kaotavad juba kuu aja jooksul 60% oma tugevusest.

Kaproonist või nailonist tekstiilesemeid ei ole vaja ja isegi ei tohi pärast pesemist triikida. Kuivamisel omandavad nad kuju, mis on neile vabrikus valmistamise juures antud.

Kaproonist või nailonist kedrus on peaaegu 20 korda elastsem looduslikust siidist kedratud lõngast ja mitu korda elastsem viskoos- või atsetaatsiidist kedrusest.

Kui segada kaproonkiudu puuvillaga või villaga, siis saadakse uus eriline kedruseliik, mis on tunduvalt vastupidavam kui villane või viskooskedrus. Sellest valmistatakse mitmesugust trikotaaži: sukki, sokke, särke jne. 30% kaprooni lisamine looduslikule villale tõstab sokkide vastupidavust 7 korda.

Jämedast kaproonlõngast saab valmistada hamba- ja riideharju. Need harjad on palju vastupidavamad ja hügieenilisemad kui jõhvharjad, sest tänu kaprooni siledale pinnale ei jää mustus harja külge.

Hiljuti töötas nõukogude teadlane, tehniliste teaduste kandidaat J. S. Roskin välja uut tüüpi sünteetilise kiudaine — nitrilooni — saamise meetodi.

Uue kiudaine valmistamise lähtematerjalina kasutas teadlane kunstvaiku polüakrüülnitriili. Seda võib nagu kaproonigi saada söest, õhust ja veest. Lõnga valmistamiseks surutakse paksu kollakat siirupit meenutav ketruslahus suure rõhu all läbi väga väikeste avade. Lahusejoakesed tarduvad kiududeks, kuid need pole veel küllalt tugevad. Et muuta kiudu väga tugevaks, kuumutatakse teda kuni 140 kraadini Celsiuse järgi ja venitatakse 10—20 korda.

Uuest kiudainest valmistatud sokid on veelgi vastupidavamad kui kaproonist sokid. Kui kaprooni kuumutada mõne päeva jooksul 120-kraadisel temperatuuril, siis väheneb tema tugevus järsult, nitriloon aga säilitab kõik oma kõrged näitajad isegi siis, kui teda kuumutada terve kuu. Nitriloonist saab valmistada igasuguseid tekstiilesemeid, samuti aga ka varjukatuseid, purjesid, eesriideid, ujumistrikoosid ja päikesevarje.

Sünteetiliste kiudainete erakordne tugevus, püsivus niiskuse ja keemiliste mõjutuste suhtes, töötlemise lihtsus ja tooraine piiramatud varud tõotavad neile hiilgavat tulevikku.

Keemia on võitmas võistlust siidiussi ja lambaga.



NÕUKOGUDE KEEMIKUTE VÕIT

NUTVA PUU PISARAD

Kolumbuse 1496. aasta ekspeditsioonist osavõtjad, pöördunud tagasi teiselt meresõidult Ameerikasse, jutustasid, et Haiti saare indiaanlased mängivad tumepruunide kerakestepallidega. Indiaanlaste pallid põrkavad maast üles ja hüplevad, nagu oleksid nad elavad. Nad ei sarnane sugugi eurooplaste kohmakate, kaltsudest või nahast pallidega. Haitilased valmistavad neid imelisi hüplevaid palle puu mahlast, mida nad nimetavad «heveaks».

Kuid XV sajandil ei huvitunud keegi sellest ebaharilikust ainest. Kolumbus ja tema rohkearvulised järglased, kes tuhandetena valgusid Ameerikasse, otsisid sealt ainult kulda ja muid aardeid. Keegi ei osanud siis arvata, et heveamahl saab kunagi kullast vajalikumaks materjaliks.

Tolle ajastu vähearenenud poolkäsitööstuslik tööstus ei osanud uue materjaliga midagi peale hakata ja selle järele ei tekkinud vajadustki. See jäi imeasjaks, mis köitis ainult uudishimulike tähelepanu.

Möödus üle kahesaja aasta.

Prantsuse teadlaste hulgas puhkes vaidlus Maa kuju üle. Ühed kinnitasid, et Maa on kurgitaoliselt pikaks veninud, teised tõendasid, et ta on lapergune nagu mandariin. Selle vaidluse lõpetamiseks tegi akadeemik Charles-Marie de la Condamine (ta oli ka Vene Teaduste Akadeemia liige) ettepaneku saata ekspeditsioon ekvaatorile ja mõõta seal mõned meridiaani kaare kraadid. See ettepanek võeti vastu. Ekspeditsioon saadeti Lõuna-Ameerikasse Quito linna rajooni.

16. mail 1735. aastal maabus ekspeditsioon Vaikse ookeani rannikul Peruus. Condamine, kes võttis ekspedit-

sioonist osa, tahtis tutvuda maa sügavuses troopikametsades elavate peruu indiaanlaste elu-oluga. Ta otsustas ajutiselt oma kaaslastest lahku minna ja jõuda ekspeditsiooni lõpp-punkti — Quito linna — ringteed mööda. Ta asus jala teele piki Andide mäeahelikku, õppides tundma tundmatu maa elu.

Rohkem kui kuu hulkus Condamine Lõuna-Ameerika troopilistes metsades. Majesteetlikud palmid, võimsad viigipuud, ažuursed bambusroosalud, tsirkoonid käpataoliste lehtedega, mis olid alt vooderdatud hõbedase vildiga, ja helepunasesse rõivastatud helikoonid moodustasid tiheda, läbipääsematu tihniku.

Raske laiateralise noata, millega peruulased rajavad tihnikus teed, oli võimatu astuda kümmetki sammu.

Kõigi nende eurooplasele imepäraste puude keskel kasvasid madalates kohtades, mis troopikavihmade ajal olid veega üle ujutatud, hiiglaslikud hevead — puud, millede pärast tekkisid hiljem sõjad, millede pärast pandi toime kuritegusid. Tulude pärast, mida tõi sisse kauplemine heveamahlaga, hävitasid plantaatorid miljoneid elusid. Tol ajal aga, kui Condamine hulkus Peruu tihnikuis, äratasid hevead tähelepanu ainult oma hiiglaslike mõõtmetega.

Need puud kasvavad kuni 40 meetri kõrguseks ja saavutavad 2-meetrise ümbermõõdu. Mõnedesse puudesse olid tehtud sisselõiked, mis meenutasid täkkeid mändides, milledest saadakse vaiku tärpentini tootmiseks. Sisselõikeist immitses venivat piimvalget mahla. Indiaanlased nimetasid heveamahla kaa-o-tšu'ks, mis tähendab «puu nutt» ehk «puu pisarad». Nad korjasid kaa-o-tšu'd pähklikoortest tehtud kausikestesse ja lasksid seista, mille tagajärjel mahl muutus paksuks. Siis kastsid peruulased hevea piimjasse mahla savist vormi. Mahl kleepus vormi külge. Korrates seda toimingut mitu korda järjest, said peruulased vajaliku paksusega kelme, suitsutasid seda siis lõkketule suitsus, purustasid vormi ja eemaldasid toote. Sel viisil valmistasid nad heveamahlast kalosse, pudeleid ja palle.

Peruu indiaanlaste poolt kaa-o-tšu'st voolitud toodete näidised koos kõige selle kirjeldusega, mida ta oli näinud, saatis Condamine Pariisi Teaduste Akadeemiasse. Condamine'i teadaanne ei leidnud akadeemias kuigi elavat vastukaja. Sellele ei omistatud tollal mingit tähtsust, sest kautšukitaoliste materjalide järele ei olnud vajadust.

Tagasiteel kohtas Condamine oma sõpra insener Fresneau'd ja jutustas sellele kaa-o-tšu'st.

Fresneau huvitus Condamine'i jutustusest ja tungis eluga riskeerides Lõuna-Ameerika metsade sügavusse. Ta uuris üksikasjaliselt, kuidas toodetakse kautšukipuudest piimjat mahla — lateksit — ja kuidas seda ümber töötatakse.

Oma uurimiste üksikasjalised tulemused avaldas Fresneau ettekandes, mille ta esitas Teaduste Akadeemiale 1751. aastal.

Fresneau ettekanne leidis laialdasemat vastukaja kui Condamine'i esialgne teadaanne. Kautšuk oli selleks ajaks tuntumaks saanud. Meremehed tõid tihtipeale ookeani tagant kaasa hüplevaid palle ja jutustades kautšukist igasuguseid väljamõeldisi, tõmbasid temale tähelepanu.

KAUTŠUK KAOTAB KLEEPUVUSE

Kuulnud indiaanlaste veekindlast riietusest, saatis Portugali kuningas Brasiilia linna Parásse kolm paari kingi ja käskis need katta imettegeva puupiimaga. Pará linna võimukandjad täitsid kuninga käsu ja saatsid talle lisaks kingina riietuse, mis oli kaetud lateksikihiga. See riietus oli väga kare, tõmbus kaardu ja paindus halvasti, kuid oli absoluutselt veekindel.

Kroonikakirjutaja tunnistuste järgi valati kuningat tähtsaimate aukandjate ja õukondlaste juuresolekul kahe tunni jooksul veega üle, kuid ta jäi täiesti kuivaks.

Jutt Portugali kuninga veekindlast riietusest levis üle kogu Euroopa ning tekitas suurt huvi mõistatusliku vaigu vastu.

Varsti pärast seda tõid inglise meremehed Amazonase kallastelt Londonisse mõned paarid rohmakaid kalosse. Mõne aasta pärast ilmusid samasugused kalossid ka New Yorki.

Kautšuk alustas oma ülemaailmset võidukäiku.

Pandi tähele, et hästi suitsutatud kautšuki tükikesega on mugav kustutada pliiatsikirja — kautšukile leidus veel üks tähtis kasutusala. Tekkis nõudmine kautšuki järele.

Kuid Euroopas ei osatud kautšukist midagi valmistada. Teda sai ümber töötada ainult kohapeal, kuni lateks, s. o. hevea piimjas mahl oli veel värske. Puhtas klaasnõus õnnestus teda hoida paar päeva, kuid tavaliselt muutus lateks õhuga kokkupuutumisel paksuks ja seejärel kalgendus, nagu kalgendub hapuks läinud piim.

Ei olnud mingit võimalust lateksit üle ookeani vedada. Ülesõidu ajal muutus ta tahkeks aineks, mida ei saadud enam töödelda.

Et valmistada tahkest kautšukist mingisuguseid esemeid, tuli õppida teda lahustama. Keemikud asusid energiliselt otsima sobivaid lahusteid.

1761. aastal osati kautšukit lahustada pähkliõlis, mõni aasta hiljem tärpentinis ja eetris. Seejärel algasid viivitamatult katsed uue avastuse tööstuslikuks rakendamiseks. Müügile ilmusid kautšukist torud ja kustutuskummid.

Inglismaal prooviti valmistada veekindlat riietust, kattes kangast väljastpoolt kautšuki lahusega tärpentinis, kuid neist katseist ei tulnud midagi välja.

1819. aastal leidis insener Macintosh veel ühe lahusti — solventnafta, aine, mida toodetakse kivisöetõrvast. Leidur liimis kaks riidekihti kautšukilahusega kokku ja õmbles sellisest kangast vihmamantleid. 1823. aastal organiseeriti tema poolt Glasgow's töökoda vihmamantlite valmistamiseks, mida hakati nimetama mäkintoššideks. Inglismaa märjas ja niiskes kliimas tõotas veekindlate mantlite tootmine hiiglaslikke kasumeid.

Macintoshi edu kutsus esile palju jäljendajaid. Pisivabrikuid tekkis nagu seeni pärast vihma. Kautšukitooted täitsid kaupluste riiuleid ja vitriine; ilmusid müügile mantlid, soojenduskotid, käekotid, mütsid, kalossid. Ja nad olid head, kuni sadas vihma ja püsis jahe ilm. Kuid saabus kevad ja selgus, et toorkautšukist tooted on väga tundlikud temperatuuri muutuste suhtes.

Tõldades sõitjad, kes lahkusid kodust mäkintoššides, kirusid südametäiega neid uudisesemeid maa põhja. Toorkautšuk pehmenes soojuse mõjul, muutus kleepuvaks taignaks ja levitas roiskunud singi vastikut haisu. Kitsas tõllas kleepusid sõitjad üksteise külge ja jäid istmetele kinni.

Mantlid rikkusid lootusetult ära nende rõivad.

Pakasega, vastupidi, muutusid mäkintošid plekk-kõvadeks ja murdusid kiiresti paindekohtadelt.

Ostjad, kes olid varem rutanud endale kautšukist uudisesemete muretsemisega, piirasid nüüd kauplusi, nõudes raha tagasimaksmist.

Kohtud olid üle koormatud tarbijate hagidega, kes nõudsid šarlatanide karistamist ja kahjude hüvitamist. Kautšukesemete vabrikandid laostusid. Nad pakkusid üksteise võidu

suurt tasu sellele, kes leiutab meetodi kautšuki muutmiseks temperatuurist sõltumatuks materjaliks.

Mitmesuguste elukutsetega inimesed, keda ahvatles võimalus rikastuda, otsisid asjatult keemilisi segusid, mis oleksid muutnud kautšuki nii kuumust kui ka külma mitte kartvaks. Nad segasid kautšukit mitmesuguste ainetega, kuid tulemusteta.

Üks selliseist leiutajaist — rauakaupmees Goodyear — laostus nende katsetega täielikult. Ta oli lähedal meeleheitele — raha polnud centigi ja katseteks oli säilinud ainult üks kautšukiplaat. Leidur lõikas järjekordseks katseks plaadist väikese tükikese, ülejäänu aga viskas hajameelselt mitte lauale, vaid tulisele pliidile (laboratooriumi puudumise tõttu teostas Goodyear oma katseid köögis). Märganud eksitust, sööstis leidur pliidi juurde, et päästa väärtusliku plaadi jäänuseid, sest ta teadis hästi, et kautšuk sulab kõrge temperatuuri mõjul nagu või. Milline aga oli Goodyeari hämmastus, kui sulanud kautšuki liimja, kleepuva massi asemel osutus tema käes olevat ebatavaliselt vetruv ja elastne plaat. Kautšuk millegipärast ei sulanud, vaid vastupidi, muutus kõvemaks.

Goodyearile meenus, et plaati oli veeretatud väävlipulbris nagu kotletti kuivikupurus.

«Vaat milles peitub kautšuki ootamatu tulel muutumise põhjus!» mõtles Goodyear.

Nüüd segas ta juba meelega kautšukit väävliga ja viskas selle pliidile. Tulemus oli samasugune. Mitte uskudes ootamatusse edusse, hankis Goodyear veel paar tükki toorkautšukit ja kordas katset uuesti. Ei olnud enam kahtlust. Kautšuki elastseks vastupidavaks kummiks muutmise ülesanne oli lahendatud.

Kautšuki väävliga töötlemise meetodit hakati nimetama vulkaniseerimiseks.

Kautšukil, sel mõistatuslikul vetruval ainel, ilmnes veel üks hämmastav omadus — segus väävliga omandab ta kõrge temperatuuri mõjul elastsuse ega karda enam kuumust ja külma.

Kautšuki selle omaduse põhjus oli tol ajal arusaamatu. Selle selgitas alles tänapäeva teadus tänu vene teadlaste, eeskätt Butlerovi töödele, kes lõi aine keemilise ehituse teooria, ja tema õpilaste Favorski ja Lebedevi töödele, kes süvendasid Butlerovi teooriat ja rakendasid seda küllastumata süsinikuühenditele.

Kõik möödunud sajandi teadlased, kes viibisid lateksi tootmise juures, olid hämmastunud tema sarnasusest piimaga. Lateks oli sama värvi kui piim ja kui teda ei loksutatud, kihistus aja jooksul. Lateksi pinnale kogunes «koor», mis aga ei koosnenud rasvast, vaid kautšukist.

Kauaaegsel seismisel või mingi happe toimel lateks kalgendus.

Uurijad lahjendasid heveamahla veega ja vaatlesid saadud vedeliku tilka mikroskoobi all. Ka mikroskoobi all sar-



Lateksitilk mikroskoobi all.

nanes lateks piimaga. Vaateväljale ilmusid arvutud väikesed kautšukikerakesed, mis harukordselt meenutasid rasvakerakesi piimas.

Neid kautšukikerakesi hakati nimetama gloobuliteks («globule» — kerake).

Möödunud sajandi mikroskoobid ei olnud veel küllalt head. Teadlased said näha ainult kõige suuremaid gloobuleid. Nagu hiljem selgus, on enamik gloobuleid nähtamatud ka tänapäeva optilistes mikroskoopides. Neid õnnestus vaadelda ainult elektronmikroskoobiga.

Gloobulite arv lateksis on hiiglasuur. Ühes heveamahla tilgas, mis kaalub $^1/_{30}$ grammi, loendatakse üle 200 miljoni gloobuli. Ühe gloobuli keskmine läbimõõt on 1,5 mikronit.

Lateks on kautšukist umbes kümme korda rikkam kui

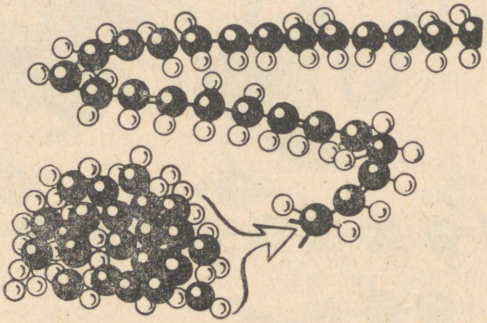
piim rasvast. Piim sisaldab 3,5—4,5 protsenti rasva, lateks aga 35 protsenti kautšukit.

Selliseid segusid kahest vedelikust, milledest üks on väikesteks tilgakesteks pihustunud ja ujub teises, mitte lahustudes temas, nimetatakse emulsioonideks.

Piim on rasva emulsioon kaseiinilahuses, hevea lateks — kautšuki emulsioon taimemahlas.

Sarnasus piima ja lateksi vahel ei ole aga täielik. Erinevus muutub silmanähtavaks, kui nad hakkavad kalgenduma. Hapuks läinud piimas langeb lahusest välja mitte rasv, vaid kaseiin, lateksis aga kautšuk.

Kui lateks kalgendub, siis vedela kautšuki väikesed kera-



Kautšuki molekuli mudel. Kautšuki molekul kujutab endast vetruvate sassis niitide elastset kera.

kesed ühinevad üksteisega, moodustades suuremaid osakesi, mis liituvad ja muutuvad aja jooksul tahkeks massiks.

Kautšuk nagu teisedki kõrgemolekulaarsed ained koosneb suurtest molekulidest. Et moodustada üht suurt molekuli, peavad omavahel haakuma umbes kaks tuhat väikest molekuli.

Moodustunud molekulide ahel ei sarnane aga tselluloosi või keratiini sirgete niitidega. Kautšuki molekul on vetruvate sassis niitide elastne kera.

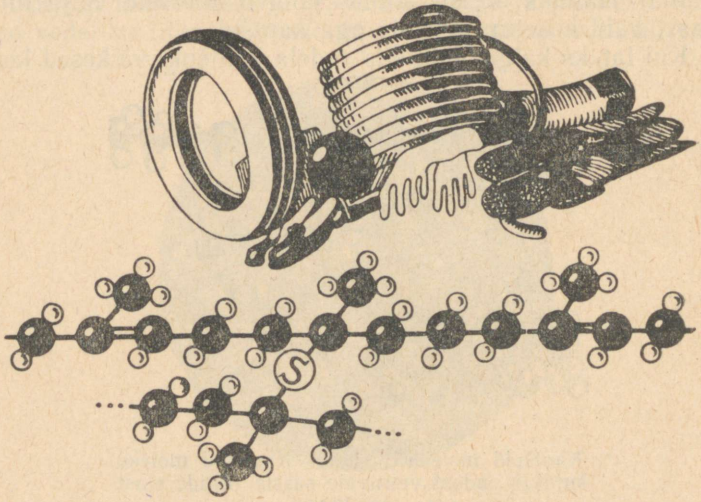
Kui kautšukitükki venitada, siis hakkavad kautšuki molekulide kerad vähehaaval sirgestuma. Mida tugevamini kautšukit venitatakse, seda sirgemaks muutuvad tema molekulid.

Kui aga katkestada kautšuki venitamine, siis keerduvad

tema molekulid jälle kokku vetruvateks keradeks ja kautšukitükk omandab esialgse kuju.

Toorkautšuki suured molekulid on üksteisega suhteliselt nõrgalt seotud. Kuumutamisel omandavad nad suure liikuvuse, kautšuk hakkab pehmenema ja sulab nagu kõik vaigud.

Kui visata toorkautšuki tükk bensiini, eetrisse, väävelsüsinikku, tärpentini või mingisse muusse lahustisse, siis tungivad vahetpidamatult mitmesugustes suundades liiku-



Väävli toimel muutub kautšuk kummiks. Kautšuki molekulide vahele tekivad väävelsillad, mis suurendavad kummitoodete vastupidavust.

vad miljonid väikesed vedelikumolekulid kautšuki niitjate molekulide vahele, tõukavad neid laiali, eemaldavad üksteisest ja rebivad kord-korralt üksteisest lahti.

Kui lahustisse satub soola- või suhkrutaoline tahke aine, mis koosneb väikestest molekulidest, siis vedeliku molekulid «tulevad nendega toime» üsna kiiresti. Kautšuk aga koosneb suurtest molekulidest. Neid ei ole nii kerge lahti rebida. Seetõttu kautšuk algul tursub, imbub lahustiga läbi ja hakkab lahustuma ainult sel juhul, kui vedelikku on võetud küllalt palju.

Kuid ka üksteisest lahti rebitud kautšukimolekulid ei saa vabalt ja kiirelt liikuda. Nad riivavad üksteist, haakuvad

ja segavad oma naabrite liikumist. Seetõttu on kautšukilahus alati veniv ja kleepuv.

Toorkautšuki ja väävli segu kuumutamisel toimub väga omapärane nähtus. Sula väävli aatomid tungivad kautšuki molekulide vahele ja tõukavad neid üksteisest eemale, toimides nagu lahusti molekulid. Samal ajal astuvad nad kautšuki molekulidega keemilisse ühendisse. Iga väävliaatom haakub seejuures korraga kahe kautšukimolekuliga — väävel moodustab samasuguseid «sildu», nagu need esinevad villa keratiini molekulides. Seal aga seovad sillad keratiini pikki ahelaid paarikaupa, just nagu liiprid rööpaid, kuna siin ühendavad väävliaatomid kautšukiahelaid mitmesugustes suundades ühtseks molekulaarseks «ehitiseks». Tekib aine, mida nimetatakse juba kummiks. Oma ehituselt sarnaneb ta silla sõrestikuga. Taladeks on kautšuki niitjad ahelad, soikudeks ja põrkudeks — väävliaatomid.

«Väävelsillad» tõstavad kautšuki vastupidavust. Kummi ei lahustu vedelikes, mis lahustavad kautšukit. Bensiinis, tärpentinis ja eetris kummi ainult tursub.

«Väävelsillad» hoiavad kautšuki molekule kindlalt koos. Mida rohkem väävliaatomeid kinnitub kautšukiahelate külge, seda kõvem on kummi. Nii sisaldab pehme kustutuskumm 3—4 protsenti väävlit. Autokumm sisaldab 5—6 protsenti väävlit, kuna kautšuki küllastamisel väävliga kuni 30 protsendini saadakse kõva sarvjas aine — eboniit.

Tänapäeval on välja töötatud tuhandeid retsepte mitmesuguste kummisegude valmistamiseks. Tugevuse tõstmiseks viiakse nendesse segudesse peale väävli tahma, sooli ja mitmete metallide oksüüde; toodete odavdamiseks lisatakse kriiti ja kaoliini; vulkaniseerimise kiirendamiseks viiakse sisse orgaanilisi aineid.

KAUTŠUKI-SUNNITÖÖ

Vulkaniseerimise leiutamine oli kautšuki ajaloos pöördepunktiks. See avas uuele materjalile laia tee tööstusse. Kalossid ei jäänud enam maa külge kinni, mäkintošid ei kleepunud, pallid hakkasid paremini hüppama, kummid kustutama. Kautšuk muutus täiesti asendamatuks materjaliks.

Mõne aasta jooksul kasvas kautšuki tootmine mitu tuhat





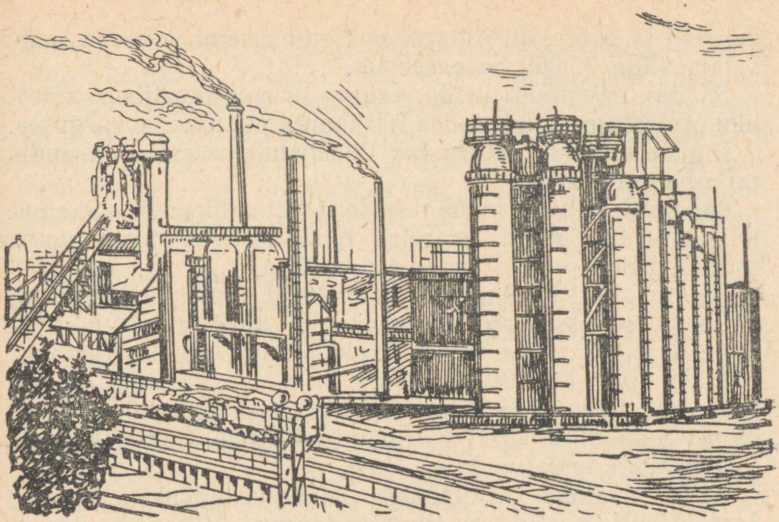
Koloniaalmaades on 1000 tonni loodusliku kautšuki saamiseks vaja 270 000 puud ja tuhande töölise viis aastat kestvat tööd.

korda. 300 tonnist, mis toodeti enne vulkaniseerimise leiutamist, suurenes see kuni 30 000 tonnini 1860. aastal ja on kaasajal tõusnud poolteise miljoni tonnini aastas.

100 aasta jooksul 5000 korda!

Iga aastaga kasvas nõudmine kautšuki järele ning suurenes temast valmistatavate toodete nimestik. Käesoleva sajandi algul oli neid tooteid üle kümne tuhande. Auto leiutamine, elektrivalgustuse ja keemiatööstuse areng suurendasid veelgi nõudmist kummi järele. Enam ei jätkunud kautšukist, mida saadi Brasiilia põlismetsadest.

Jaht kautšuki järele suurendas Lõuna-Ameerika troopiliste maade elanikkonna röövellikku ekspluateerimist. Kuid kautšukit ikkagi ei jätkunud. Tema hind maailmaturul kasvas pidevalt. Sel ajal tekkis idee luua heveaistandusi ka





Tehases valmistavad 1000 tonni sünteetilist kautšukit 150 inimest 3—4 kuuga.

maakera teistesse osadesse, sooja ja niiske kliimaga rajoonidesse: Indoneesiasse, Jaava ja Sumatra saarele, Malaka poolsaarele ja mujale.

Inglise kapitalistid püüdsid endale soetada isiklikke heveaistandusi. Inglise laialdastes kolooniates Tseiloni saarel ja Birmas oli selleks olemas kõik vajalik: kliima, maa ja orjad; ei olnud ainult heveaseemneid.

1872. aastal pöördus Inglise valitsus Brasiilia valitsuse poole palvega müüa kautšukipuu seemneid. Brasiilia valitsus keeldus, mitte soovides kaotada kautšuki monopoli maailmaturul. Siis võtsid inglise kapitalistid kasutusele oma vana lemmikvõtte — majandusliku spionaaži.

1875. aastal rändas inglise «botaanik» Henry Wickham Brasiilia floora uurimise ja herbaariumi kogumise ettekään-

del risti ja põiki läbi Amazonase jõe basseini ja vedas sealt salaja välja 70 000 heveaseemet.

Saades toimunust teada, esines Brasiilia valitsus ametliku protestiga, süüdistades Wickhamit pettuses ja varguses. Inglise valitsus autasustas Wickhamit ordeniga ja andis talle baronetitiitli.

Seemned külvati maha Londoni botaanikaaeda. Saadud istikud veeti Tseiloni saarele. 1900. aastal ilmusid turule esimesed neli tonni istanduskautšukit.

Kolossaalsed kasumid, mida tõotasid kautšukiistandused, tõmbasid sellesse üritusse tuhandeid ettevõtjaid ja hiiglaslikke kapitale. Istandused tekkisid mitte ainult Tseilonil, vaid kõikjal, kus esines palav ja niiske kliima: Jaaval, Sumatral, Borneol ja teistel Indoneesia saartel, Lõuna-Vietnamis Saigoni lähedal ja Annamis, Birmas, Belgia Kongos ja Brasiilias endas.

1910. aastaks moodustas istanduskautšuki toodang 11 protsenti kautšuki maailmatoodangust. Viie aasta pärast andsid istandused juba 70 protsenti kogu kautšukist. Istanduste laiendamisega kaotas metsiku kautšuki kogumine kiiresti oma tähtsuse. Tänapäeval annab ta umbes 30 000 tonni; seega on tema erikaal langenud 2 protsendile.

Toorkautšuki tootmise keskus asetus Brasiiliast ümber Indoneesiasse. Kautšuki kodumaa lakkas olemast peamiseks kautšukitootjaks.

Kuid see ei tähenda, et Brasiilias enam kautšukipuid ei kasva. Hoopiski mitte — umbkaudsete arvestuste järgi on neid seal üle 300 000. Ka pole brasiilia kautšuk halb — ta on parem istanduskautšukist, kuid teda ei toodeta. Selline on kapitalistlik tootmisviis. Selle aluseks on anarhia ja kiskjalik kasumite tagaajamine.

Kautšukipuud kasvavad madalates kohtades. Troopikavihmade ajal — novembrist maini — ujutab vesi heveatihnikud üle. Kautšuki kogumine katkeb paratamatult. Kuid isegi kuival aastaajal on liikumine troopikametsades raskendatud.

Metsamajanduse parandamine Brasiilias nõuab suuri kulutusi, kuid ka kulutused ei peataks kapitaliste. Raha leiduks, kuid küsimus seisab kulutuste iseloomus. Need peavad olema plaanilised, üldriiklikud. Selleks aga pole kapitalistid suutelised. Kapitalist mahutab raha ainult sinna, kuhu ta võib püstitada tara ja riputada üles sildi «minu». Ehitada tuleviku jaoks, luua elu — seda loetakse kapitalistlikus ühiskonnas mittetulusaks ettevõtteks: kauge tulevik ei

anna ju kasumit. Seetõttu Brasiilia loodusrikkusi — mitte ainult kautšukit, vaid ka kõiki teisi — peaaegu ei kasutata.

Kui meie teadlased sõitsid 1947. aastal Brasiiliasse jälgima päikesevarjutust, küsitlesid nad brasiilia botaanikuid nende metsade rikkuste üle. Brasiilias on 500 miljonit hektarit metsa — see on ülirikas maa, mis oma metsarikkuselt jääb maha ainult Nõukogude Liidust, kuid 60 protsenti tema metsadest on senini isegi läbi uurimata ja keegi ei tea, mis seal kasvab.

Palke ja saematerjali ehituste jaoks ei muretseta Brasiilias oma metsadest, vaid ostetakse Kanadast. Pärast seda ei saa enam imestada, et Brasiilias toodetakse vähe kautšukit.

Et varustada end tööjõuga, korraldasid brasiilia istanduseomanikud ekspeditsioone maa sisemusse või Aafrikasse. Relvastatud jõugud ajasid elanikke kokku ja orjastasid neid. Atlandi ookeani ületasid sajad laevad, mis vedasid neegreid Ameerikasse. Orjakauplemine omandas ennenägematu ulatuse ja tõi mitte vähem kasumit kui kautšuki tootmine.

Aafrika suguharude valitsejad müüsid meelsasti oma alamaid piirituse, klaashelmeste ja odava värvilise sitsi eest. Kui orjakauplejail ei õnnestunud valitsejaga kokku leppida, tapsid nad tema, panid kõige tervemad ja tugevamad neegrid raudu, laadisid laeva kiiluruumi ja vedasid orjaturule.

Orjuse ja orjakauplemise vastu anti välja kümneid seadusi. Brasiilias näiteks «tühistati» orjus neli korda — 1852., 1871., 1886. ja 1888. aastal. Iga kord taastus ta uuesti ja eksisteerib varjatud kujul tänapäevani.

Halastamatu ekspluateerimine, julmad arveteõiendamised järelevaatajate poolt, igasuguse meditsiinilise abi puudumine ning raske töö troopiliste soode lämmatavas atmosfääris hävitas tuhandeid elusid.

Peruu kompanii «Peruvian Amazon Co» 53 000 orjast kautšukikogujast hukkusid 10 aasta jooksul (1900—1910) 46 000.

Brasiilia põliselanikud — indiaanlased — moodustavad tänapäeval ameerika andmete järgi ainult 2% Brasiilia elanikkonnast. Ellujäänud indiaanlased on põgenenud maa kõige ligipääsmatumate rajoonide metsade sügavusse ja püüavad Brasiilia praeguste peremeestega mitte kokku puutuda.

Belgia Kongos loendati 1900. aastal umbes 30 miljonit põliselanikku. 1947. aastaks oli nende arv vähenenud peaaegu kolm korda. Põliselanikkonnast oli järele jäänud 10,5 miljonit inimest.

Malai saarestiku istandustes töötavad hiina kulid. Kautšukiistandustes on sisse seatud sunnitöörežiim. Inimesed töötavad kella kolmest hommikul päikeseloojanguni, saades töö eest peotäie riisi. Järelevaatajad jälgivad istandustöölise iga sammu. Ühtelugu langevad bambuskepid vaevatud inimeste selgadele. Vahetevahel kajab metsatihnik paukudest — järelevaatajad tulistavad neid, kes püüavad põgeneda või avaldavad vastupanu.

Veidi enne Esimest maailmasõda oli Inglise koloniaal kohtus arutusel asi hiina töölise-lateksikoguja vigastamisest kautšukiistanduses.

Üle jõu käivast tööst vaevatud hiinlane Li-hou andis lateksit alla normi. Esmalt teda trahviti, siis nuheldi keppidega. Ükskord, kui ta jälle tuli pooliku ämbritäiega, ähvardas agent:

«Kui sa veel kord tuled pooliku ämbriga, siis raiun sul käed otsast ära.»

Järgmisel päeval suutis Li-hou koguda ainult kolmveerand ämbrit. Agent võttis temalt ämbri ja ütles: «Näita oma käed siia!» Li-hou sirutas käed alandlikult välja. Agent haaras koorelõikamise noa ja raius ära osa kämblaist.

Sel ajal saabus Euroopast istandusse komisjon olukorra uurimiseks kolooniates. Saadik, kes seisis komisjoni eesotsas, sõitis istandused läbi ning võttis vastu kaebusi ja avaldusi. Saanud teada juhtumist Li-houga, kutsus ta selle enda juurde, fotografeeris tema õudsed käetombud ja soovitas anda asja kohtusse. Ta kirjutas ise hiinlasele avalduse. Nädala pärast kutsuti hiinlane kohtusse. Eesistuja küsitles tõlgi kaudu enne Li-houd, siis agenti, kes oli vigastanud tema käsi. Seejärel läks kohus otsust tegema. Viie minuti pärast tegi eesistuja kohtuotsuse teatavaks ja tõlk tõlkis selle Li-houle.

Kohtuotsus kõlas: agendi tegu on seadusevastane, sest kellelgi pole õigust raiuda inimeste käsi, kuid et agent tegutses asja huvides ja Li-hou tuli kohtusse rahuldavas olukorras, siis loeb kohus küllaldaseks määrata vigastajale trahv kannatanu kasuks ühe hiina dollari suuruses.

Li-hou ei suutnud end enam vaos hoida. Üks dollar on siis tema vigastuse hind! Vihast moonutatud näoga sööstis

ta ette, hüppas üle barjääri ja haaras kinni kohtu eesistuja kõrist. Tagapool seisev politseinik tõmbas välja revolvri ja tulistas hiinlast lähedalt kolm korda järjest.

Iga aastaga muutub plantaatoreil tööjõu hankimine üha raskemaks. Ei ole ju töötingimused troopilistes soodes karvaväärtki paranenud. Seesama 11—12-tunnine tööpäev ja kerjuslik palk. Needsamad järelevaatajad, ainult bambuskeppide asemel on nad nüüd relvastatud kumminuiadega, mis ei jäta kannatanu kehale selgesti nähtavaid jälgi.

Tööliste kinnistamiseks istanduste juurde otsustasid kolonisaatorid luua niinimetatud kolonisatsioonikülad. Ratš-Gia ja Ha-Tieni rajoonides Lõuna-Vietnamis asustati kautšukiistandustesse üle 100 vietnami perekonna. Igale perekonnale anti maatükk ja hurtsik. Kuid ümberasustatud, keda sunniti töötama istandustes, ei suutnud harida oma maatükki, riisi ostmiseks aga palgast ei jätkunud. Ümberasustatud korraldasid näljaretke Saigoni ja kolonisatsioonikülad jäid tühjaks.

Vietnam on troopilise kliimaga ülirikas maa. Seal kasvavad riis, tee, kohv, hevea, vanill, safran, kaneel, nelk — kõik väga hinnalised produktid. Vietnami talupoeg aga ei toitu riisist, vaid söödajuurviljadest — bataatidest ja ignamidest —, puukoorest, hiirtest, ussidest, röövikuist, kohalike sipelgate munadest jne.

Tööliste värbamiseks kasutavad värbajad mitmesuguseid kavalusi, töötades näiteks tänavafotograafide maski all. Nad teevad ettepaneku teha mõõduka tasu eest foto. Kergeusklik vietnamlane nõustub. Teda fotografeeritakse ja siis palutakse jätta oma näpujälg paberile, mida nimetatakse tellimiskviitungiks. Kirjaoskamatu vietnamlane ei oska «kviitungit» lugeda ja jätab usaldavalt jälje. Seejärel võetakse ta kinni, sest kviitung osutub lepinguks, mis kohustab teda 3—5 aastat töötama istanduses.

Väikseimagi süüteo eest istandustes trahvitakse. Trahve aga ei nõuta sisse rahas, vaid sunnitakse tööga tasa teenima. Viiest aastast saab kümme.

Pärismaalasi, keda saadetakse Lõuna-Vietnami istandustesse, veetakse sinna veoautodel või raudteel relvastatud konvoi saatel. Juba enne sihtkohta saabumist hakkavad nad aru saama, mis neid ootab. Paljud hüppavad meeleheitest aetuna täiel sõidul autost või rongist välja.

Iga kohaletoimetatud kuli eest saab värbaja 15 piastrit. «See on möödunud aegade orjaturu vaatemängu täielik

kordamine XX sajandil,» kirjutab «Rahvusvahelise Töö-büroo Teataja».[1]

Koloniaalrahvaste orjatöö koletislik ekspluateerimine annab kapitalistidele hiiglaslikke kasumeid. Inglise-belgia kautšukikompanii Kongos sai kuue aasta jooksul umbes 4 miljonit dollarit kasumit. Igalt kautšuki tootmisse paigutatud dollarilt said aktsionärid viiskümmend dollarit tulu. Kompanii «Kaysee» saab igal aastal 450% puhaskasu.

Lühikese ajaga imperialistliku Jaapani väed purustanud kangelasliku Nõukogude Armee võidud, samuti reeturi Tšiang Kai-ši ja interventide jõugud maalt välja kihutanud Hiina rahvaarmee tähelepanuväärsed võidud panid liikuma Vietnami, Birma ja Indoneesia rõhutud rahvad.

Ülestõusnud rahvad lõid oma armeed ja võitlevad edukalt sõltumatuse eest, koloniaalse orjuse kaotamise eest. Imperialistide võimsusele kogu Idas tuleb lõpp.

Koondunud kommunistlike parteide ümber, vabastavad Inglise, Ameerika, Prantsuse, Belgia ja Hollandi kolooniate rõhutud rahvad oma maad ja kihutavad orjastajad igaveseks välja.

KUMMI — ASENDAMATU MATERJAL

XIX sajandi lõpuks oli kautšuk laialdaselt kasutusele võetud.

Peale kustutuskummide, kalosside, mäkintoššide ja püksitrakside õpiti kummist valmistama jalgratta- ja autokumme, mänguasju, torusid, isolatsioonimaterjali jm.

Juba 1832. aastal kasutas vene teadlane P. Schilling, kes leiutas elektromagnetilise telegraafi, esimesena kautšukit maa- ja veealuste kaablite isoleerimiseks.

Kummi osutus suurepäraseks painduvaks isolaatoriks valgustusvõrgu ja telefoniliinide juhtmetele.

Elektrivalgustuse tormiline areng suurendas iga aastaga nõudmist kautšuki järele.

Suure leviku omandasid hügieenilised, hästi pestavad laste mänguasjad — nukud, loomad, pallid.

Kummist hakati valmistama korke, käsni, kindaid, tuletõrjevoolikuid ja isegi kunstlilli.

Ainult tänu kummile sai võimalikuks gummeeritud riidest

[1] Правда о Вьетнаме. Изд-во Иностр. Литературы, М., 1949, стр. 61.

õhupallides tõusta taeva alla ja tuukriülikondades laskuda mere põhja.

Kummi on omapärane ja tähelepanuväärne materjal. Ta ei juhi elektrivoolu ja on suurepäraseks isoleeraineks. Ta ei lase läbi vett ega gaase. Seetõttu kasutatakse teda mitmesuguste balloonide, gaasimaskide ja voolikute valmistamiseks.

Kummi on tugev ja painduv. 1-ruutsentimeetrise ristlõikepindalaga kumminöör suudab vastu pidada kuni 350-kilogrammisele koormusele, kummiplaati aga võib sadu tuhandeid kordi kõveraks ja sirgeks painutada või kokku käänata, ilma et ta puruneks.

Kummi peab väga hästi vastu hõõrdumisele. 1000 kilomeetri läbisõitmisel kaotab autokumm kulumise tõttu oma kaalust ainult 70—80 grammi. Mõned kummisordid kuluvad vähem kui teras.

Kummi tähtsaimaks väärtuslikuks omaduseks on tema elastsus. Ta venib hästi, siis aga tõmbub kiiresti kokku peaaegu esialgsete mõõtmeteni. Ükski teine looduslik ega kunstlik materjal ei ole nii elastne kui kummi.

Kummis on liitunud paljud tähtsad tehnilised omadused, mida ei ole ei puidul, kivil, metallidel ega kiudaineil. See teeb kummi täiesti asendamatuks materjaliks ja tähtsaks strateegiliseks tooraineks.

XX sajandi alguses loendati üle 10 000 mitmesuguse kummist valmistatava tooteliigi. Nõudmine kautšuki järele kasvas, kuid nii kautšuki kogumise suurendamine Brasiilia põlismetsades kui ka uute istanduste rajamine ei suutnud täielikult rahuldada «kautšukinälga».

Eriti raskeks osutus nende riikide olukord, mis nagu Venemaa asusid põhjapoolsetel laiuskraadidel ega saanud omada kautšukiistandusi. Nad sõltusid täielikult inglise, hollandi ja brasiilia kautšukikaupmeestest.

Püüdes kodumaad sel alal vabastada välismaisest sõltuvusest, hakkasid vene keemikud I. L. Kondakov ja N. N. Mariutsa otsima viisi kunstliku (sünteetilise) kautšuki valmistamiseks.

Erinevalt paljudest lääne-euroopa teadlastest püüdsid vene keemikud oma saavutusi alati rakendada kodumaise tööstuse kasuks.

Vene teadlased ei olnud nakatatud sellest pehkinud kodanlikust «puhta teaduse teenimise» teooriast, mida jutlustasid XIX ja XX sajandi piiril paljud lääne-euroopa teadlased.

Selle reaktsioonilise teooria järgi ei tohtinud teadlane mõelda oma töö eesmärgile, otstarbele ja kasulikkusele. Ta pidi ainult uurima, tegema katseid, koguma fakte ja tähelepanekuid.

Kui ühelt suurimalt kodanlikult teadlaselt, kes tegi tähtsa avastuse, küsiti, mida ta mõtles, kui ta puutus kokku uue loodusnähtusega, siis vastas see teadlane pahaselt: «Ma ei mõelnud, ma uurisin.»

Eesrindlikud vene teadlased ei unustanud töö ajal mõtlemist. Nad ei sulgunud teaduslike kabinettide ja laboratooriumide seinte vahele ja püüdsid mitte kaotada sidet eluga. Eesrindlikud vene teadlased töötasid väsimatult välja uusi tehnoloogilisi meetodeid, lahendasid uusi tähtsaid probleeme.

Suur Mendelejev uuris naftat ja märkis ära tema kui tähtsaima tooraine kasutamise teed mitte ainult bensiini, ligroiini, petrooleumi ja määrdeõlide, vaid ka värvainete ja naftaliini saamiseks.

V. G. Šuhhov leiutas aparaadi nafta pidevaks astmeliseks destilleerimiseks ja bensiini saamiseks temast. Ta tõestas, et naftat destillatsiooniaparaadis kuumutades saab teda mitte ainult destilleerida, vaid ka lõhustada. Šuhhov on nafta krakkimise (lõhustamise) leiutajaks. Ta töötas selle meetodi välja 20 aastat enne ameeriklast Burtonit.

Sellesse kuulsate väesalka kuulus ka S. V. Lebedev. Lebedev pühendus kogu temale omase kirglikkusega kunstliku kautšuki saamisteede otsinguile, andes sellele üllale üritusele kogu oma elu.

Sergei Vassiljevitš Lebedev sündis 25. juulil 1874. aastal. Temas arenes varakult armastus keemia vastu. Juba gümnasistina otsustas ta saada keemikuks. Tähtsat osa selles otsuses mängis tema sõprus tuntud vene keemiku J. J. Vagneri pojaga.

1895. aastal astus S. V. Lebedev Peterburi ülikooli füüsika-matemaatikateaduskonda (spetsiaalset keemiateaduskonda siis ei olnud). Sel ajal lugesid ülikoolis keemiat väljapaistvad vene teadlased N. A. Menšutkin, D. P. Konovalov, V. J. Tištšenko ning A. J. Favorski.

Lebedevi otseseks õpetajaks oli professor (hiljem akadeemik) Aleksei Jevgrafovitš Favorski, kes saavutas oma teaduslike töödega maailmakuulsuse.

A. J. Favorski koos oma õpilastega tegeles tol ajal mitmesuguste küllastumata orgaaniliste ühendite keemiliste muun-

dumiste uurimisega. Eriti hoolikalt uurisid nad süsivesinikke, mis olid lähedased isopreenile, s. o. ainele, millest koosneb looduslik kautšuk.

Asudes selle ülesande lahendamisele, tutvus Lebedev põhjalikult nende teadlaste töödega, kes juba möödunud sajandil uurisid kautšuki molekuli keemilist koostist ja ehitust.

FARADAY POOLT RAJATUD TEERADA

1826. aastal määras kuulus inglise füüsik Faraday esmakordselt kautšuki keemilist koostist.

Orgaaniliste ainete uurimise põhimeetodiks oli tollal niinimetatud kuivdestillatsioon, s. t. õhu juurdepääsuta kuumutamine. Tükike orgaanilist ainet paigutati klaasretorti või katseklaasi. Retort suleti tihedalt, et temasse ei satuks õhku, ja kuumutati teda. Kuumuse mõjul lagunes aine mitmesuguseiks teda moodustavaiks ühendeiks, mis eraldusid aurudena.

Retordist sattusid aurud jahutajasse. Seal nad kondenseerusid vedelikuks, mis koguti kolbi.

Kuivdestillatsioonil saadud vedelik kujutas endast mitmesuguste ainete segu.

Iga puhas aine keeb alati kindlal temperatuuril. Seda omadust kasutavad keemikud segunenud ainete üksteisest eraldamiseks.

Ühed vedelikud hakkavad kergesti keema ja lenduvad kiiresti, teised muutuvad auruks alles väga kõrgel temperatuuril. Kolmandad keevad mitte väga madalatel ega ka väga kõrgetel temperatuuridel.

Faraday kasutas seda asjaolu kautšuki uurimiseks. Ta võttis tükikese looduslikku kautšukit, paigutas selle klaasretorti ja hakkas kuumutama, järk-järgult tõstes temperatuuri. Helepruun mass muutus algul tumedamaks, siis aga hakkas pehmenema nagu pigi. Proovi kohale ilmus valge aur. Kautšuk pehmenes ja muutus lõpuks paksuks venivaks siirupiks. Selle siirupi nimetasid keemikud «kautšukiõliks».

Mida kauem kestis destillatsioon, seda rohkem moodustus valget auru, mis täitis pilvena retordi ülemise osa. Jahutajat läbides muutus see läbipaistvaks heledaks vedelikuks.

Destillatsiooni lõpuks jäi retordi põhja tilluke söega sarnanev tükike.

Destilleerides saadud vedelikku edasi, eraldas Faraday

teise vedeliku, mis kees temperatuuril 41—54 kraadi. Selle vedeliku analüüs näitas, et ta on süsivesinik, mille molekul sisaldab 10 süsinikuaatomit ja 16 vesinikuaatomit.

Selle süsivesiniku nimetas Faraday kautšukiiniks.

Faraday katsed leidsid jäljendajaid. Järgnevail aastail teostasid paljud keemikud kautšuki kuivdestillatsiooni, muutes teda «kautšukiõliks». Himly eraldas 1835. aastal kautšukist aine, mis oli väga sarnane Faraday kautšukiiniga, kuid omas keemistemperatuuri 33—34 kraadi. Selle vedeliku nimetas Himly esimese kautšukiuurija auks faradeiiniks. Peale selle eraldas ta veel teise vedeliku, mis kees 171-kraadisel temperatuuril ja sarnanes oma koostiselt Faraday kautšukiiniga. Selle süsivesiniku nimetas Himly kautšiiniks.

Kolme aasta pärast sai prantsuse keemik A. Bouchardat kautšuki kuivdestillatsioonil vedeliku, mis sarnanes Himly faradeiiniga. Analüüsil aga selgus, et ta on keemiliselt koostiselt lähedane etüleenile. Tema molekulid koosnesid kahest süsinikuaatomist ja neljast vesinikuaatomist.

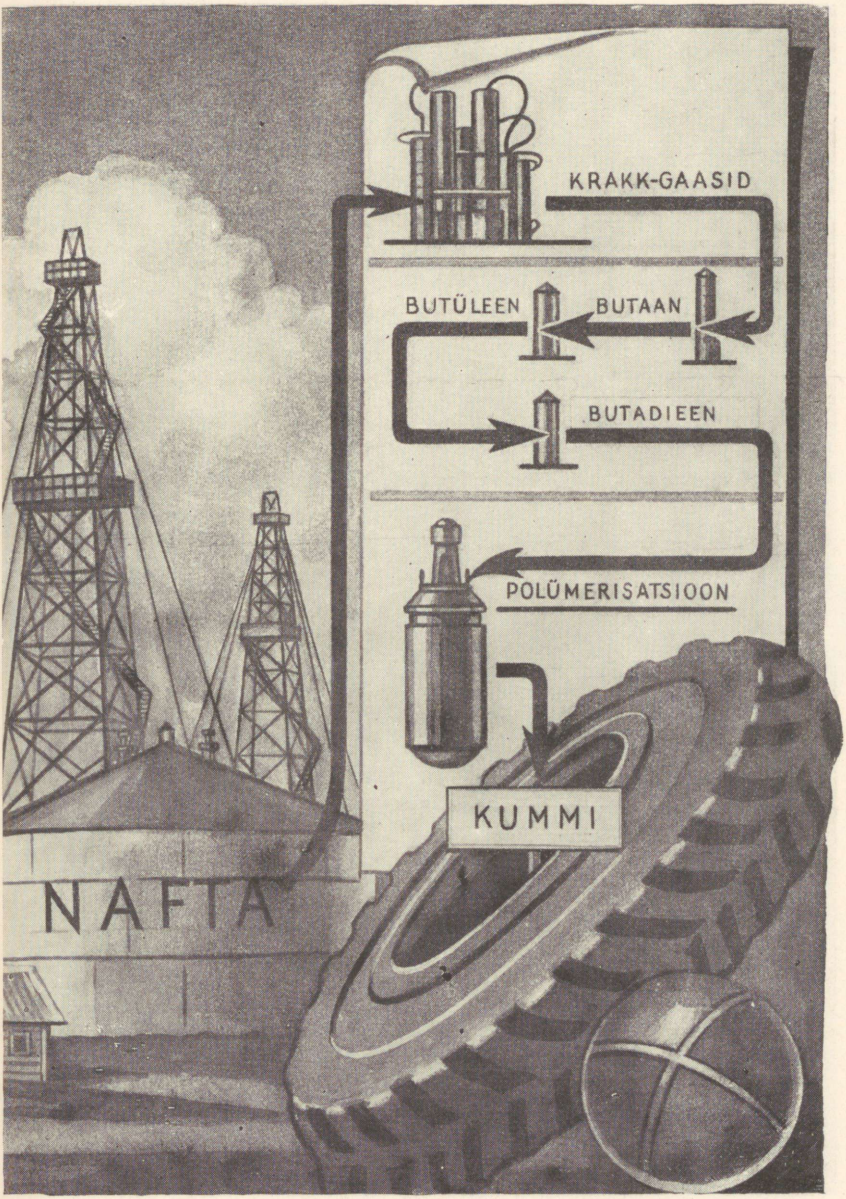
Iga kautšukiuurija sai Faraday katset korrates mingisuguseid uusi aineid, mis ei ühtinud nendega, mida said kautšukist tema eelkäijad. Keemikud läksid päris segi ega suutnud mõistatada, missugune siis õieti on kautšuki koostis.

Täieliku selguse tõi sellesse küsimusse 1860. aastal keemik Williams. Segadust põhjustasid katsetingimuste erinevused. Iga keemik teostas destillatsiooni omamoodi — erineva kiirusega, erinevatel temperatuuridel ja rõhkudel. Peale selle kasutati katseteks sagedasti erinevaid kautšukisorte, mis sisaldasid lisandeid.

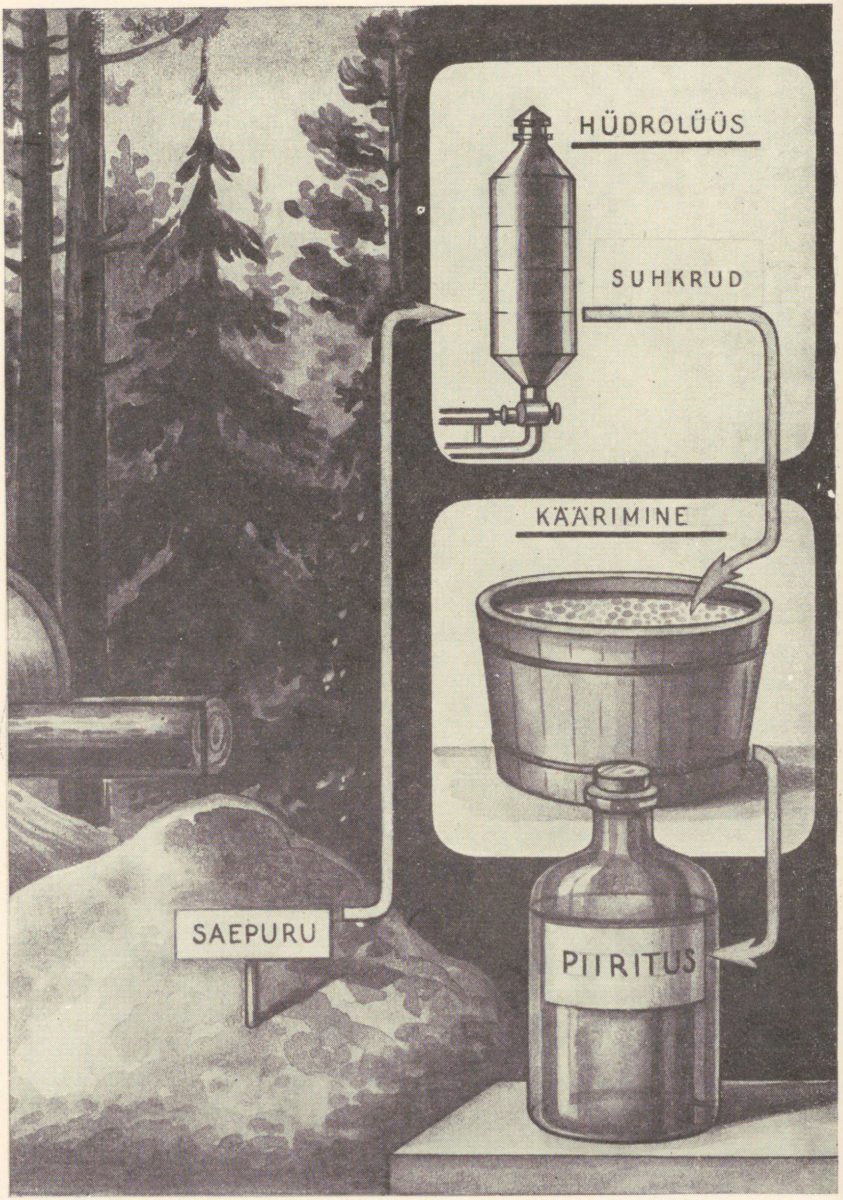
Analoogiliselt oma eelkäijatega viis Williams läbi kautšuki kuivdestillatsiooni ja uuris seejuures produkte, kuid Williams teostas destillatsiooni võimalikult madalal temperatuuril ja ei viinud protsessi lõpuni. Tal õnnestus eraldada ainult kaks vedelikku: üks nendest sisaldas ainet, mille ta nimetas isopreeniks, teine oli kautšiin.

Isopreeni molekul sisaldab 5 süsinikuaatomit ja 8 vesinikuaatomit, kautšiini molekul aga koosneb 10 süsinikuaatomist ja 16 vesinikuaatomist ning on isopreeni molekulist täpselt kaks korda suurem.

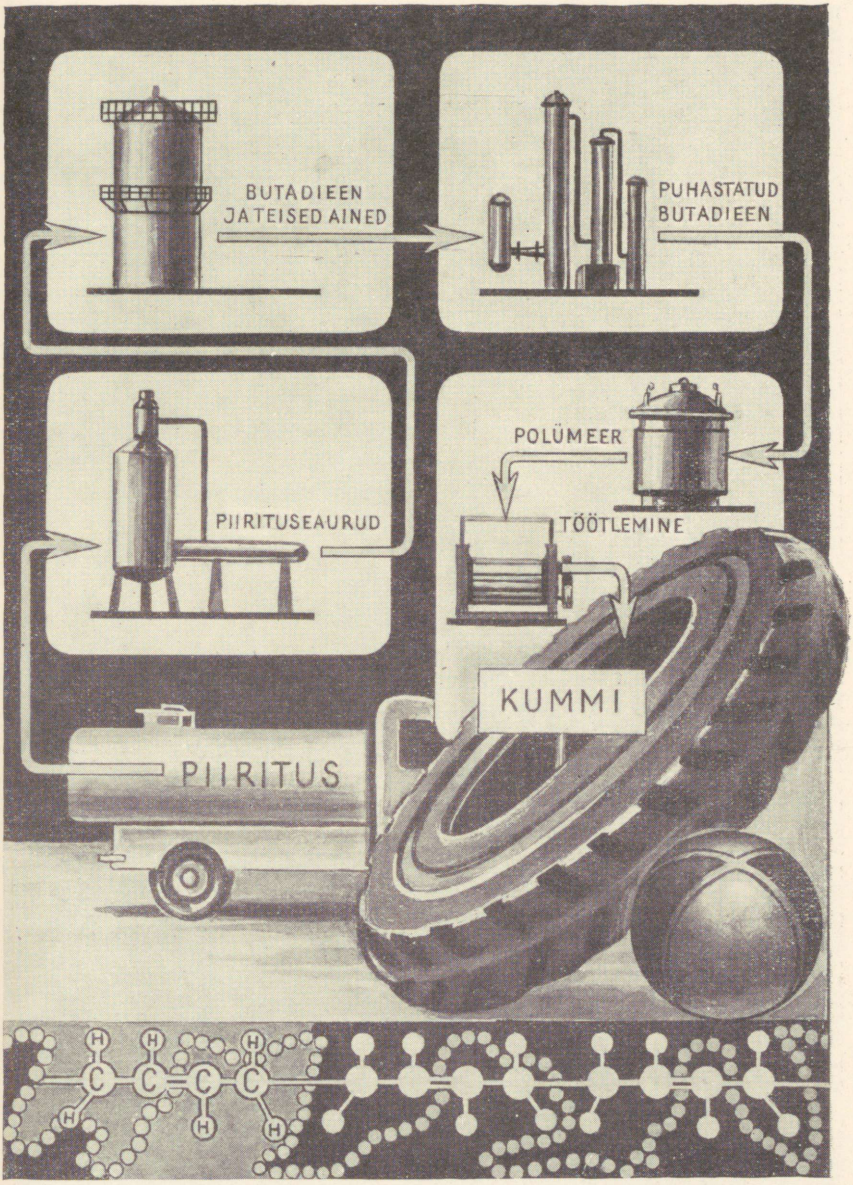
Lisaks märkas Williams, et paarikuisel õhu käes hoidmisel isopreen tiheneb pikkamööda, muutudes püdelaks siirupiks.



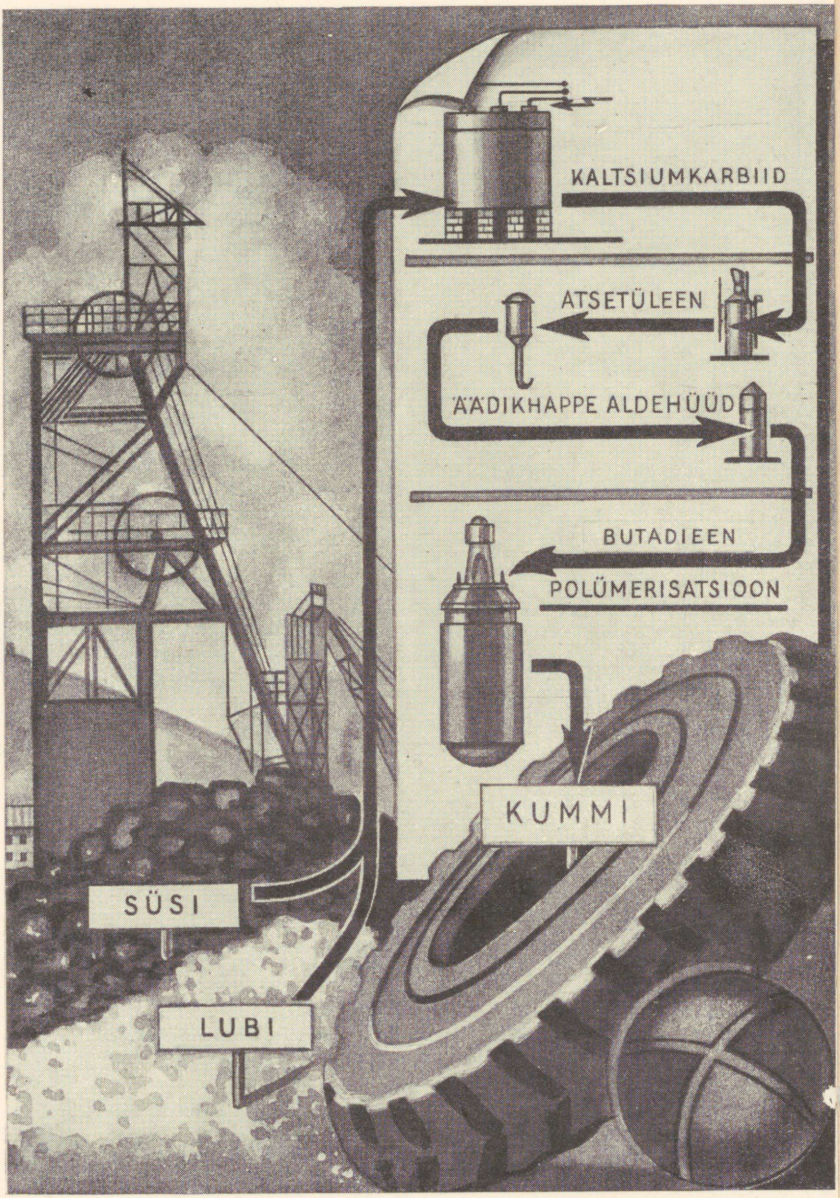
Naftast kummi saamise skeem.



Kuidas saadakse puidust piiritust.



Piiritusest kummi saamise skeem.



Söest ja lubjast kummi saamise skeem.

19 aastat pärast Williams'i kordas keemik A. Bouchardat' poeg G. Bouchardat tema katseid ja kinnitas, et kautšuki kuivdestillatsioonil saadakse värvitu terava lõhnaga vedelik. See vedelik ongi isopreen — kautšuki peamine koostisosa. Iga tema molekul sisaldab 5 süsinikuaatomit ja 8 vesinikuaatomit.

G. Bouchardat märkas samuti, kuidas isopreen kestval seismisel pikkamööda tiheneb, s. t. nähtavasti toimub tema molekulide koondumine.

Bouchardat'le tuli pähe mõte, et tihenenud isopreen ongi kautšuk. Selle oletuse kontrollimiseks kuumutas Bouchardat isopreeni pikemat aega.

Tal õnnestus saada mingit venivat siirupitaolist ainet, mille molekulid olid kaks korda suuremad isopreeni molekulidest, kuid see ei olnud kautšuk, vaid ainult kautšukiin või faradeiin.

Mitme aasta jooksul teostas Bouchardat isopreeniga mitmesuguseid katseid, kuid kõik oli asjata — kautšukit ei läinud tal korda valmistada. Siis lisas ta isopreenile veidi kanget soolhapet, valas segu klaastorru, jootis toru kinni ja jättis selle seisma.

Kolme nädala pärast avas Bouchardat toru ja leidis vedelikust mitu mingisuguse tahke aine tükikest. Sel ainel olid kautšuki omadused.

Bouchardat' avastusel ei olnud ega võinudki olla mingisugust praktilist tähtsust — on ju mõttetu saada kunstlikku kautšukit... looduslikust kautšukist.

Kui aga leida meetod isopreeni saamiseks mitte kautšukist, vaid mingist muust ainest, arutlesid teadlased, siis võib kunstlikku kautšukit saada tööstuslikult.

Algasid tooraine otsingud isopreeni tootmiseks.

Mõni aasta pärast Bouchardat' katseid isopreeniga juhtis teadlane Tilden tärpentiniauru läbi punase hõõguseni kuumutatud raudtoru. Kui aur oli jahtunud, uuris ta saadud vedelikku. See osutus isopreeniks. Ta täitis isopreeniga paar pudelit, asetas need kappi ja, haaratuna teisest teaduslikust tööst, unustas pudelid peagi.

Möödus kolm või neli aastat. Kord hakkas Tilden korrastama kappi, kus seisid pudelid isopreeniga. Milline oli aga tema imestus, kui ta avastas pudelites värvitu läbipaistva vedeliku — isopreeni — asemel veniva, püdela siirupi, milles ujusid tahke aine kollased kübemed. See oligi sünteetiline isopreenkautšuk, mis oli väga sarnane loodus-

liku kautšukiga, kuigi ta oli moodustunud tärpentinist saadud isopreenist. See oli juba suur samm edasi.

Kautšuk tärpentinist! Kuid tärpentin oli kallis tooraine ja isopreeni saadi temast vähe. Seepärast jätkasid keemikud teiste isopreeni saamise meetodite otsimist.

UUS TEE ON LEITUD

XIX sajandi viimasel veerandil astusid heveaga võistlusse vene keemikud. Kõik teadlaste eelnenud, üle 60 aasta kestnud katsed olid rajanud ainult vaevaltmärgatava teeraja ülesande lahendamise poole, ning oli veel täiesti selgusetu, kas see rada viib sihile.

1888. aastal sai keemik I. L. Kondakov esimesena maailmas kunstlikku isopreeni trimetüületüleenist [1]. Ta töötles trimetüületüleeni broomiga ja seejärel leelise lahusega piirituses. Saadud produkti käsitles ta algul broomvesinikuga, siis leelise alkohollahusega. Täitnud ülesande esimese osa, asus Kondakov teise osa kallale — kunstlikust isopreenist oli vaja valmistada kunstlikku kautšukit, s. t. sundida isopreeni polümeriseeruma.

1900. aastal täitis ta oma isopreeniga mitu klaastoru, jootis need torud kinni ja asetas aknale päikesevalguse kätte. Mõne kuu pärast oli vedelik täielikult muutunud valgeks tahkeks massiks. See oli kautšukisarnane aine. Tõsi, sel teel saadud kautšuk läks palju maksma: isopreeni süntees oli liiga keerukas.

Aasta hiljem läks Kondakovil korda saada kautšukit teise, keemilistelt omadustelt isopreeniga sarnase süsivesiniku — dimetüülbutadieeni [2] — polümerisatsioonil. Nagu oma eelmiste katsete puhul, jättis Kondakov ka nüüd vedeliku kinnijoodetud torudes pikemaks ajaks seisma.

Terve aasta ei puutunud Kondakov torusid. Siis ta avas need.

See oli esimene kord, kus kautšukit valmistati mitte isopreenist, vaid tema lähimatest keemilistest «sugulastest».

---

[1] Orgaaniline aine, mis koosneb, nagu näitab nimetus, kolmest metüülrühmast ja ühest etüleenrühmast.

[2] Küllastumata süsivesinikele, mis sisaldavad kaksiksidet, on keemikute poolt antud nimetused, mis sarnanevad küllastatud süsivesinike omadega. Muutuvad ainult lõpud. Etüülist näiteks on tuletatud etüleen, propaanist propüleen, butaanist butüleen. Kui süsivesinik sisaldab kaks kaksiksidet, siis peegeldab seda partikli di (kaks) esinemine nimetuses, näiteks butadieen, propadieen.

Vene teadlane tegi suure tähtsusega avastuse. Ta tõestas, et keemik pole kohustatud oma ülesandeid lahendama taimi jäljendades. Eesmärgile ei vii üksainus teerada. Neid teeradasid on palju ja keemikul on võimalus valida nende hulgast parim ja lühim.

Välismaa keemikud proovisid käia vene teadlaste jälgedes. Ka nemad töötasid välja mitu kautšuki valmistamise meetodit, kuid ükski nende katse ei jõudnud kaugemale laboratoorsete uurimiste staadiumist.

Esimese maailmasõja ajal ehitasid sakslased, kes ägasid blokaadi pihtide vahel ja olid ilma jäetud importkautšukist, Leverkusenisse tehase sünteetilise kautšuki saamiseks dimetüülbutadieenist Kondakovi meetodi järgi. See kautšuk oli aga looduslikust 20 korda kallim ja pärast sõda tehas suleti. Dimetüülbutadieenist saadud kautšuk ei suutnud hinnalt ega kvaliteedilt võistelda loodusliku kautšukiga.

LEBEDEV ALUSTAB UURIMIST

Lebedev nägi selgelt oma ülesannet. See koosnes kolmest osast.

Kõigepealt oli vaja leida sobiv ja odav tooraine kautšuki valmistamiseks ning avastada kõige kiirem ja lihtsam meetod selle tooraine töötlemiseks.

Tuli valida odav lähtematerjal, millest oleks võimalik suurel hulgal valmistada toorainet kautšuki saamiseks.

Oli vaja toota kautšukit mitte grammides laboratoorsetes katseklaasides, vaid tonnides tehasekateldes.

Nende ülesannete lahendamine nõudis Lebedevilt peaaegu kolmkümmend aastat visa tööd.

Oma eelkäijate G. Bouchardat', N. N. Mariutsa ja I. L. Kondakovi tööde põhjal teadis Lebedev, et küllastumata süsivesinike polümerisatsioon toimub iseenesest väga aeglaselt. Selleks, et vedel monomeer tihkestuks ja muutuks polümeeri tahkeks massiks, on vaja kuid ja isegi aastaid.

Ta teadis ka seda, et kuumutamine kiirendab polümerisatsiooni nagu iga teistki keemilist reaktsiooni. Kuid kuumutamisel saadakse teistsuguste omadustega polümeeriahelad kui külm-polümerisatsioonil. Temperatuur on ju keemikule mitte ainult sõber, vaid võib muutuda ka tema tigedaimaks vaenlaseks. Ta mitte ainult aitab väikestel molekulidel omavahel haakuda «molekulniitideks», vaid rebib neid niite ka osadeks.

Lebedev uuris hoolikalt ja järjekindlalt temperatuuri mõju mitmesuguste küllastumata ühendite polümerisatsiooni protsessidele.

Oma katseteks valis ta isopreeni, butadieeni (divinüüli) ja veel 14 samasugust küllastumata ühendit.

Kõigepealt kontrollis ta temperatuuri mõju isopreenile.

Ta võttis 10 grammi puhastatud isopreeni, valas selle klaastorudesse ja jootis torud kinni. Pooled torudest asetas ta termostaati (erilisse kappi, kus säilitatakse ühtlane temperatuur), milles temperatuur ei ületanud 100 kraadi, ülejäänud termostaati temperatuuriga 150 kraadi.

Temperatuuril alla 100 kraadi polnud mõtet katset teostada, sest (nagu Lebedev teadis) madalal temperatuuril toimub polümerisatsioon aeglaselt.

Kuid võib-olla maksab proovida temperatuuriga üle 150 kraadi? Ei, kaalutles Lebedev, see on ohtlik. Väga kõrgel temperatuuril kiireneb ju mitte ainult polümerisatsioon, vaid võivad kulgeda ka teised protsessid, mis muudavad monomeeri molekulide asetust.

«Temperatuur alla 100 kraadi on ebamugav, sest sel juhul toimub protsess enamiku süsivesinikega liiga aeglaselt,» kirjutas Lebedev. «Temperatuuri üle 150 kraadi vältisin ma kartusest kutsuda esile isomerisatsiooniprotsesse, mis oleksid takistanud põhiprotsessi kulgemist.»

Seitsme päeva pärast võttis Lebedev kummastki termostaadist välja paar toru. Nende sisu oli muutunud veidi paksemaks ning vedelikus ujusid mingisugused tahke aine tükid. Ta valas torude sisu ampullidesse, millede kaal oli varem teada.

Ampullidest pumpas Lebedev õhu välja ja täitis vaba ruumi vesinikuga atmosfääri rõhu all. Teadlane kartis, et ballooni sisu võib kuumutamisel reageerida õhuhapnikuga, mis oleks katset seganud.

Siis kuumutati ampulle. Vedelik aurustus. Ampulli jäänud tahke aine, s. t. polümeriseerunud isopreeni, kaalus Lebedev.

Torudest, mida hoiti termostaadis 150-kraadisel temperatuuril, saadi polümeeri 9,8 protsenti katseks võetud isopreeni kaalust, nendest torudest aga, mis seisid termostaadis 100-kraadisel temperatuuril, saadi polümeeri 16,8 protsenti.

9 päeva pärast avas Lebedev termostaadid uuesti, võttis välja veel mõned torud ja määras uuesti polümeeri hulga.

Selgus, et kestvam kuumutamine ei suurendanud polümeeri saagist.

Lebedev ootas veel 20 päeva ja võttis siis jälle torusid välja, kuid isegi nii pikaajaline kuumutamine ei olnud muutnud katse tulemusi.

Viimased torud võttis Lebedev termostaadist välja 60 päeva pärast. Tulemus oli sama. Järelikult nii temperatuuri tõstmine kui ka kuumutamise aja pikendamine ei soodustanud isopreeni väikeste molekulide koondumist. Nähtavasti toimusid torudes mingisugused muud reaktsioonid. Polümeeri asemel tekkisid uued ühendid.

Lebedev uuris vedelikku, mille ta destillatsiooni teel eraldas polümeerist, ja tegi kindlaks kahekordistunud isopreenimolekulide olemasolu selles. Selliseid kahekordsete molekulidega aineid nimetatakse keemias dimeerideks. Isopreeni ja teiste küllastumata ühendite kaks molekuli nagu embaksid teineteist, moodustades suletud ringi.

Vähe sellest, et nende dimeeride molekulid ei seo endaga uusi molekule — nad segavad ka polümeeri pikkade ahelate moodustumist. Ja mida kõrgem on temperatuur, seda rohkem tekib kahjulikke dimeeri molekule ja vähem polümeeri molekule. Parimal juhul sai Lebedev 16,8 protsenti polümeeri. Seda oli liiga vähe. On vaja saavutada polümeeri saagise tõusu, mitte taganedes raskuste ees, mõtles Lebedev ja jätkas oma katseid polümeeride uurimise alal. Odava isopreeni saamise meetodid ei olnud veel välja töötatud ja seetõttu ei olnud mõtet temast kautšukit valmistada.

Teadlane katkestas katsed isopreeniga, koondades kogu oma tähelepanu teise aine — butadieeni — uurimisele.

Butadieen on gaas, mida saab toota kivisöetõrvast, naftast ja piiritusest.

Sel ajal osati juba piiritusest butadieeni saada. Piirituseauru juhiti üle 600 kraadini kuumutatud alumiiniumipulbri. Piiritus lagunes.

Üheks produktiks, mis selle reaktsiooni puhul tekkis, oli butadieen, kuid tema hulk oli väike: 1,5—2 grammi iga 100 grammi piirituse kohta. Vaatamata sellele, et butadieeni saagis oli väike, mõistis Lebedev suurtele teadlastele omase ettenägelikkusega, et just butadieen on kõige kohasem tooraine sünteetilise kautšuki tööstuslikuks valmistamiseks.



Butadieeni molekuli mudel.

Tooraine butadieeni saamiseks on mitmekesine ja odav, rääkis Lebedev. Kui tekib raskusi piirituse töötlemisel, võtame kasutusele kivisöetõrva. Kui ei õnnestu tõrvaga, võtame nafta. Nii või teisiti saab butadieeni valmistamise meetodit täiustada.

Vene teadlase geniaalne ettenägelikkus osutus hiljem täiesti õigeks.

Kulus aga 15 aastat vaevanõudvat ja pingerikast tööd, enne kui butadieen sai kodumaise sünteetilise kautšuki tootmise tooraineks, Lebedevi meetod aga esimeseks sünteetilise kautšuki saamise tööstuslikuks meetodiks maailmas.

3. detsembril 1909. aastal tegi Sergei Vassiljevitš Lebedev Vene Füüsika- ja Keemiaseltsi koosolekul Peterburi ülikooli suures keemiaauditooriumis ettekande oma uurimistest.

Selles vanaaegses, pikkade puupinkidega ja hiiglasuure, plokkidel rippuva musta tahvliga auditooriumis olid vene teaduse korüfeed korduvalt esinenud oma uute avastustega, mis tõid meie kodumaale kuulsust.

Lebedev demonstreeris koosolekust osavõtvatele teadlastele tema poolt saadud butadieenkautšuki väikest tükki, mis ei kaalunud üle grammi. Keegi ei osutanud sellal noore teadlase teadaandele tõsist tähelepanu. Keegi ei osanud siis arvata, et kolmekümne aasta pärast saab Lebedevi meetod sünteetilise kautšuki tööstusliku tootmise aluseks kogu maailmas. Alles 1914. aastal andis Vene Teaduste Akadeemia S. V. Lebedevile preemia ja autasustas teda kuldmedaliga butadieeni ja teiste süsivesinike polümerisatsiooni kohta avaldatud töö eest.

See töö tunnistati klassikaliseks.

See on ülimalt väärtuslikuks panuseks teadusse kautšuki saamisest küllastumata ühendeist.

Peaaegu üheaegselt Lebedevi esimeste uurimiste lõppemisega butadieeni alal võttis Saksa Värvivabrik Elberfeldis patendi butadieeni polümerisatsiooni meetodile.

Kautšuki sünteesi tingimused olid üllatavalt sarnased Lebedevi meetodi omadega. See ei saanud jääda tähelepanematuks. Laenamine oli liiga selgesti tunda. 1911. aastal avaldas Kondakov artikli, milles märkis sünteetilise kautšuki saamise tingimuste identsust sakslastel ja Lebedevil. Ta väljendas arvamust, et «kas mitte Lebedevi töid ei omastatud juba enne nende avaldamist kolmandate isikute poolt».

Kummi on üks tähtsamaid sõjalisi materjale. Temata ei saa õhku tõusta lennuk, temata on määratud tegevusetusele soomusmasinad ja autod. Oma kautšukit meil aga ei olnud. Seepärast pühendasid partei ja valitsus suurt tähelepanu sünteetilise, s. o. kunstliku kautšuki tööstuse loomisele.

Juba 1918. aasta septembris, kodusõja kuumadel päevadel, kutsuti Lenini ja Stalini initsiatiivil kokku silmapaistvate keemikute nõupidamine. Teadlaste ette seati austav ülesanne välja töötada sünteetilise kautšuki saamise tööstuslik meetod.

Nende aastate katsed ei andnud siiski lootustäratavaid tulemusi.

Maa tuli kuidagi toime kasinate kummitagavaradega, mis olid jäänud vana armee ladudesse, kuid tööstuse arendamine oli kautšukita võimatu. Jääda sõltuvusse Inglise—Ameerika imperialistide meelevallast Nõukogudemaa samuti ei saanud.

Partei ja valitsus otsustasid mitte üksnes jätkata tööd ja otsinguid sünteetilise kautšuki tootmise meetodite alal, vaid uurida ka taimeriiki, et avastada kautšukitaimi, mis võiksid kasvada Nõukogude Liidu piirides.

1924. aastal hakkasid nõukogude botaanikud uurima kõiki taimi, mis omasid kas või mingeidki kautšuki olemasolu tundemärke.

1925. aastal sõitis nõukogude teadlaste ekspeditsioon Brasiiliasse, et tuua sealt troopiliste kautšukitaimede seemneid ja proovida neid kohandada meie Musta mere ranniku ja Kesk-Aasia subtroopiliste alade kliimale.

1926. aastal kuulutas Kõrgem Rahvamajandusnõukogu välja rahvusvahelise konkursi parimale tööstuslikule meetodile sünteetilise kautšuki saamiseks.

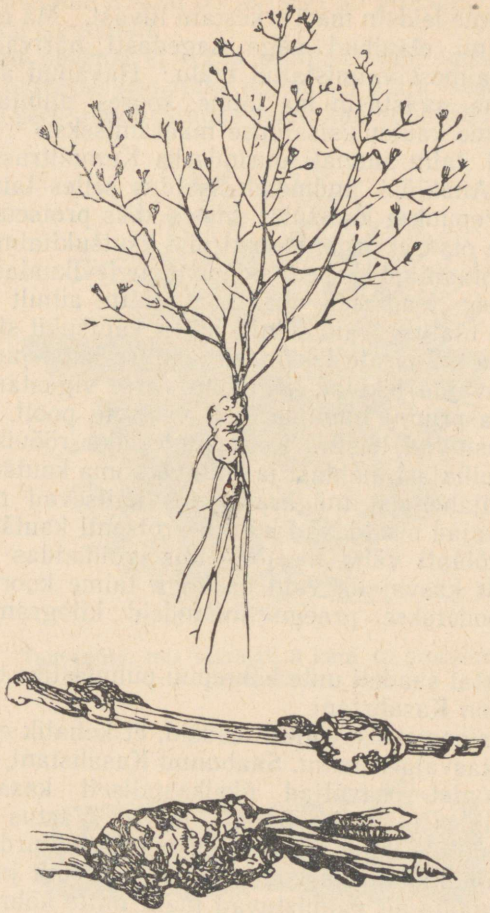
Konkursi tingimused avaldati nõukogude ja välismaa ajakirjanduses ning need kõlasid järgnevalt:

1. Tooraine sünteetilise kautšuki saamiseks peab olema kättesaadav ja odav.

2. Sellest toorainest saadav kautšuk peab olema kvaliteedilt mitte madalam looduslikust kautšukist ja hinnalt temast mitte kõrgem.

3. Uue sünteetilise kautšuki proovid tuleb esitada konkursile kilogrammidega mõõdetaval hulgal — igal juhul mitte alla ühe kilogrammi.

Töö tähtaeg — 2 aastat.
Preemia — 25 000 rubla kullas.
Algas võitlus meie kodumaa sõltumatuse eest välismaisest kautšukist. Sellest võitlusest võtsid osa silmapaistvad keemikud, botaanikud ja agronoomid, talupojad, töölised, teenistujad, õpetajad, pioneerid ja õpilased.
«Kautšukirindel» algas plaanipärane pealetung.
Botaanikud ja agronoomid kasvatasid mitmesuguseid kautšukitaimi, keemikud aga otsisid teid vedelate süsivesinike muutmiseks tahkeks kautšukisarnaseks materjaliks.
Alguses püüti Musta mere rannikule, Suhuumi ja Batumi rajooni rajada heveaistandusi. Katset ei krooninud edu. Brasiiliast toodud seemned ei idanenud. Ekvatoriaalsete maade troopilise kliimaga harjunud hevea külmus meie subtroopilistel aladel.
Siis püüti kasvatada mehhiko gvajuulat. See mitmeaastane igihaljas põõsastaim, mis kasvab Mehhiko subtroopilises osas, hakkab kautšukit andma kolmandal-neljandal aastal ja tema varred sisaldavad 10—14 protsenti kautšukit. Gvajuula hakkas Suhuumi rajoonis hästi kasvama, kuid tema kautšukisisaldus oli niiske kliima tõttu väike.
Agronoomid püüdsid kasvatada gvajuulat kuivemas kliimas — Turkmeenias —, kuid seal oli tema jaoks liiga külm.
Välismaa teadlased kinnitasid üksmeelselt, et tööstuslikuks tootmiseks küllaldase kautšukisisaldusega kautšukitaimed võivad kasvada ainult troopikas.
Eitades kautšukitaimede kasvatamise võimalust põhjas, kirjutas saksa teadlane Ahmann: «Kautšuk tekib taimes tänu isopreeni polümerisatsioonile, kuid isopreen võib kautšukiks polümeriseeruda ainult lõunas... Põhjas võib isopreen polümeriseeruda ainult terpeenideks» (tärpentiniks).
Kuid sellised ennustused ei täitunud.
Nõukogulik püsivus ja võidutahe viisid võidule. Kogu maa tõusis nagu üks mees võitlusse kodumaise kautšuki eest. Nõukogude Liidu paljudes linnades — Moskvas, Kiievis, Vladivostokis, Taškendis, Novosibirskis, Alma-Atas, Bakuus — organiseeriti uurimisbaasid ja laboratooriumid taimede kautšukisisalduse määramiseks. Sajad kirjad ja pakid mitmesuguste taimede proovidega saabusid nendesse uurimisbaasidesse.
Viis aastat kestsid kodumaiste kautšukitaimede katkestamatud otsingud. Uuriti läbi tuhandeid mitmesuguseid



Kõhrepuu — rohttaim, mille juurtel olevad kasvajad (all) sisaldavad kuni 9 protsenti kautšukit.

taimi, kuid kõik need sisaldasid kautšukit alla ühe protsendi.

Siis aga, 1927. aasta aprillis, saabus Kõrgema Rahvamajandusnõukogu esimehe V. V. Kuibõševi nimele Kesk-Aasiast väike pakk.

Selles oli mingisugune veider viletsa välimusega taim väheldaste kasvajate ja mügaratega juurtel ning kiri:

«... selle taime leidsin ma Turkestani liivast. Ma märkasin, et Kara-Kumi elanikud väga sagedasti närivad sellest metsikust taimest valmistatud mälu. Hakanud asja vastu huvi tundma, avastasin ma taime koores piimjat mahla. Saadan taime kautšukisisalduse määramiseks.»

Saadetud taim suunati uurimiseks Kummitrusti laboratooriumi. Analüüsi andmetel sisaldus selles taimes (mis osutus kõhrepuuks) kautšukit umbes kaks protsenti.

Valitsuse otsusel organiseeriti uue kautšukitaime uurimiseks rida botaanilisi ekspeditsioone tema levikualadesse.

Nõukogude teadlased määrasid mitte ainult kõhrepuu puhmastike ulatuse, vaid selgitasid ka kautšukit sisaldavate kasvajate ja mügarate tekkimise põhjuse tema juurtel. Selgus, et kasvajad tekivad kõhrepuu varre vigastamisel väikese rohekaspruuni hundmardika vastsete poolt. Mügarad aga moodustuvad teisiti. Kõhrepuuleediku röövikud toituvad taime piimjast mahlast ja ehitavad oma kautšukit sisaldavaist väljaheiteist mügaraid, mis kaitsevad neid põua eest. Kasvajad sisaldavad kuni 9 protsenti kautšukit.

Hiljem töötati välja meetod, mis võimaldas kasutada mitte ainult kasvajaid, vaid ka kogu taime koort. Kõhrepuudest toodetakse praegu tuhandeid kilogramme kautšukit.

1929. aastal saadeti uute kõhrepuu-puhmastike otsimiseks ekspeditsioon Kasahstani.

Ekspeditsioonist osavõtjad teadsid, et kohalik elanikkond valmistab kasvajaist mälu. Saabunud Kasahstani, küsitlesid ekspeditsioonist osavõtjad üksikasjaliselt kasahhe, kas nende auulides ei närita mingit mälu. Vastus oli alati eitav. Ükskord ilmus ekspeditsiooni juhi juurde kasahh, kes oli saabunud kaugest mägikülast. Kasahh jutustas, et tema kaasmaalased valmistavad mälu mitte kõhrepuu kasvajaist, vaid teise mägitaime — tausagõssi [1] — juurtest.

Tol aastal oli väga karm talv. Mägedes möllasid hirmsad lumetormid. Jäised tuuled lõid teekäijaid jalust maha.

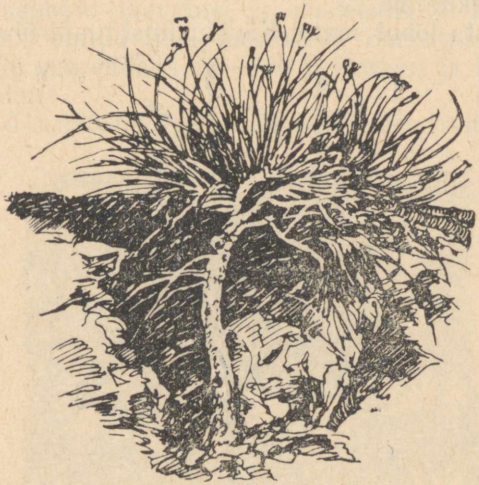
Vaatamata halvale ilmale, asusid ekspeditsioonist osavõtjad viivitamatult teele. Nad põlesid soovist leida võimalikult kiiremini see uus kautšukitaim. Nad teadsid, et kogu maa ootab kannatamatult otsingute tulemusi.

Tausagõss kasvab metsikult ainult Kara-Tau mägedes, peamiselt raskesti ligipääsetavatel mäenõlvadel ja kaljulõhe-

[1] Tausagõss tähendab kasahhi keeles «mägimälu».

des. Ta sisaldab 8 kuni 30 ja isegi 40 protsenti kvaliteedilt suurepärast kautšukit.

Erinevalt heveast ei voola piimjas mahl tausagõssi varresse või juuresse sisselõike tegemisel välja, sest ta kalgendub taime sees, moodustades peeni kautšukiniite.



Tausagõss, mis sisaldab 8 kuni 40 protsenti kautšukit.



Kautšukiniidid tausagõssi juure murdekohal.

Möödus kaks aastat uue kautšukitaime esimeste proovide Moskvasse saatmisest. Kesk-Aasiasse, Põhja-Kaukaasiasse ja Ukrainasse tekkisid tausagõssi istandused, Kara-Taus asetsev tehas aga andis esimese partii nõukogude looduslikku kautšukit.

Tegelikkus lükkas hiilgavalt ümber välismaa teadlaste pehkinud teooria kautšukitaimede kasvatamise võimatusest

väljaspool troopikaalasid. Kautšukitaimi leidub ka põhja pool, neid tuleb ainult leida.

Kogu maal jätkusid uute kautšukitaimede visad otsingud. Kümned teaduslikud ekspeditsioonid uurisid meie piiritu kodumaa kõige mahajäetumate kohtade floorat. Uuriti läbi 1024 kautšukitaime.

1931. aasta lõpul saatis Kautšukiinstituudi ühe ekspedit-



Koksagõss, mille juured sisaldavad kuni 12 protsenti kautšukit.



Kautšukiniidid koksagõssi juure murdekohal.

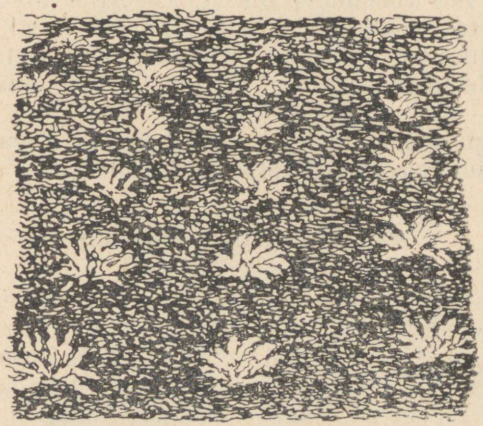
siooni juht Moskvasse analüüsimiseks mingi tundmatu taime juured. Nendes leidus 12 protsenti kautšukit. Peaaegu samaaegselt leidis selle taime Tjan-Šani mägedest 1800—2100 meetri kõrguselt merepinnast noor tööline-turist V. A. Buhhanovitš.

Koksagõss — nii nimetati seda uut kautšukitaime — sisaldab kautšukit nagu tausagõsski niitidena juurtes, kuid erinevalt tausagõssist talub ta hästi karmi kontinentaalset klii-

mat — pakast, tuult, põuda. Metsikult kasvav koksagõss kujutab endast väikest mägivõilille. Tema juure kaal ei ületa 1 grammi.

Nõukogude selektsionäärid-kautšukikasvatajad tegid palju tööd koksagõssi kautšukisaagi tõstmiseks. Kasutades agrotehnika uusimaid saavutusi ja akadeemik T. D. Lõssenko poolt välja töötatud uusi meetodeid, õnnestus koksagõssi juure kaalu suurendada 80—100 grammini ja tõsta järsult tema viljakust.

T. D. Lõssenko pani ette külvata koksagõssi mitte rida-



Koksagõssi pesitikülv.

meetodil, nagu külvatakse näiteks porgandit, vaid pesameetodil, s. t. väheldaste rühmadena (pesadena), mis asuvad üksteisest kindlal kaugusel.

Sellise külvimeetodi puhul idanevad seemned üheaegselt. Pesameetodil külvatud koksagõssi on tunduvalt kergem koristada ja töödelda. Kaasajal kasutatakse koksagõssi pesitikülvimeetodit kolhoosides ja sovhoosides üle kogu Nõukogude Liidu.

Viljakuse tõstmiseks istandustes soovitas T. D. Lõssenko külvata koksagõssi sügisel äestatud põllule, et seemned satuksid tihedasse mulda, mis kindlustab niiskuse vajalikku juurdepääsu.

Koksagõss laskus Tjan-Šani harjadelt alla ja alustas võidukäiku mööda maad, vallutades iga aastaga järjest uusi

rajoone ja oblasteid. Koksagõssi istandused tekkisid mitte ainult Kesk-Aasias, vaid ka Ukrainas, Siberis, Valgevenes, Ivanovo, Moskva, Leningradi ja teistes NSV Liidu oblastites.

Nõukogude kautšukitaimed jõudsid viljakuselt ette ameerika heveast. Istandushevea ühelt hektarilt kogutakse kuni 440 kilogrammi kautšukit aastas, nõukogude kautšukitaimed aga annavad aastas keskmiselt kuni 600 kilogrammi kautšukit hektarilt.

Nõukogude teadlased ja selektsionäärid töötavad edukalt kautšukist veel rikkamate koksagõssisortide aretamise kallal. Juba on loodud kaks uut perspektiivsorti: «485» ja «Тн-1». Suure viljakusega koksagõssisordi aretamise eest määrati selektsionäär S. V. Vulgakovile 1951. aastal Stalini preemia.

Koos kogu nõukogude rahvaga lahendasid keemikud NSV Liidu kautšuki sisseveost vabastamise ülesande.

KATALÜSAATORI OTSINGUD

1926. aastal välja kuulutatud konkursist võtsid osa välismaa ja nõukogude teadlased. Nende hulgas oli ka Lebedev. Olles kindlalt veendunud selles, et butadieen on kõige kohasemaks tooraineks, millest võib tööstuses saada kautšukit, asus Lebedev oma uurimiste jätkamisele selles suunas.

Butadieeni võib saada naftast või piiritusest, kuid naftast butadieeni saamise tehnika ei olnud neil aastail veel küllaldaselt välja arenenud ning butadieeni saagis oli väike. Seepärast valis Lebedev etüülalkoholi (viinapiirituse).

Tema arvutuste järgi võis 1000 kilogrammist piiritusest saada 600 kilogrammi sünteetilist kautšukit, kuid selleks tuli piiritus enne butadieeniks muuta.

Juba käesoleva sajandi alguses said vene teadlased piiritusest butadieeni, juhtides piirituseauru kõrgel temperatuuril üle pulbriks peenestatud alumiiniumi.

See protsess kulges aga väga aeglaselt ja butadieeni saagis oli väike. Reaktsioon toimus kahes astmes. Tööstuslikus mastaabis oli see kahjulik, sest reaktsioon kestis liiga kaua ja butadieen läks liiga kalliks.

«Kas ei saaks butadieeni saamise reaktsiooni teostada ühes astmes?» seadis mõttes endale ülesandeks Lebedev.

Juba 1870. aastal oli A. M. Butlerov kindlaks teinud väga

tähtsa asjaolu: küllastumata ühendite molekulid võivad koonduda suurteks molekulideks vääveihappe ja tsinkkloriidi mõjul, mis toimivad katalüsaatoritena.

Järelikult oli vaja leida aine, mis kiirendaks reaktsiooni kulgemist ise sellest osa võtmata. Teisiti väljendudes — oli vaja leida katalüsaator.



S. V. Lebedev.

Katalüsaatoritena kasutatakse kõige sagedamini mitmesuguseid metalle ja nende ühendeid — kroomoksüüdi, alumiiniumoksüüdi jt.

Milline katalüsaator on sobiv butadieeni saamiseks piiritusest hea saagisega, seda Lebedev ei teadnud. Ta hakkas visalt otsima sobivat ainet. Katsetati sadu erinevaid kombi-

natsioone. Lebedev proovis mitmesuguseid katsetingimusi — muutis temperatuuri ning kuumutamise ja jahutamise kiirust, otsis parimat katalüsaatori töötlemise meetodit.

Ebaõnnestumine järgnes ebaõnnestumisele. Vahel näis, et kogu töö on asjatu, kuid palav soov aidata oma kodumaad sundis otsinguid jätkama.

Noil aastail maa alles ravis haavu, mida oli tekitanud kodusõda, ning toibus korralagedusest.

Töötada tuli väga rasketes tingimustes.

Kui oli vaja mingit aparaati, mida oli võimatu hankida või tellida, siis valmistati see ise, monteerides selle kokku vanadest vasktorudest, oma aja ära elanud riistadest ja rivist välja langenud elektriahjudest. Kui tuli puudus laboratooriuminõudest, siis lasti käiku limonaadipudelid. Ise hangiti Neevalt jääd jahutite jaoks.

Lebedevi lähimad abilised Slobodin ja Jakubtšik asendasid sageli elektrimontööre, klaasipuhujaid ja mehaanikuid.

Vaatamata oma 52 eluaastale töötas Lebedev noorusliku innuga, pühendades tööle kogu pedagoogilisest tegevusest vaba aja. Et Sõjameditsiini Akadeemia keemia kateedris oli vähe kvalifitseeritud õppejõude, siis tuli tal mitte ainult pidada mitmesuguseid loenguid, vaid ka eksamineerida 600—700 üliõpilast.

Lebedev veetis laboratooriumis koos oma abilistega — Leningradi ülikooli üliõpilaste ja aspirantide grupiga — kõik päevad ja õhtud, jäädes tihtipeale sinna kella kolmeneljani öösel. Oma ammendamatu energia ja loomingulise entusiasmiga nakatas ta oma kaastöölisi. Keegi ei tasunud tema vabatahtlikele abilistele töö eest, nad kõik töötasid oma vabast ajast ja keegi ei sundinud neid seda rasket ja tülikat tööd jätkama.

Nad olid patrioodid, nõukogude teadlased — selle teaduse esindajad, «mis ei eraldu rahvast, mis ei hoidu rahvast eemale, vaid on valmis rahvast teenima, on valmis andma rahvale kõik teaduse saavutused, mis ei teeninda rahvast sunniviisil, vaid vabatahtlikult, meelsasti».[1]

Nad teadsid, et kodumaa vajab kautšukit, ja sellest piisas, et nad jätkaksid ennastohverdavalt tööd, kaotamata usku võidusse.

Lõpuks leiti soovitud katalüsaator. Butadieeni saagis piiritusest tõusis 25 protsendini.

---

[1] J. Stalin, Leninist. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1950, lk. 58.

Nüüd jäi veel leida katalüsaator butadieeni kautšukiks polümeriseerimiseks. Ka see ülesanne lahendati varsti hiilgavalt.

Kuigi prooviti kümneid teisi aineid, jäi katalüsaatorite vahelises võistluses võitjaks metalliline naatrium.[1] Seepärast kannab Lebedevi meetodil saadud kautšuk naatrium-butadieenkautšuki nime.

EDISON EKSIS

Paljudest konkursile saabunud ettepanekutest tunnistati konkursi komisjoni poolt tähelepanuväärivaiks ainult kaks. Mõlemad ettepanekud kuulusid nõukogude teadlastele: üks Leningradi Sõjameditsiini Akadeemia professorile S. V. Lebedevile ja teine Leningradi Keemilise Tehnoloogia Instituudi professorile B. V. Bõzovile. Otsustati jääda peatuma S. V. Lebedevi meetodi juurde.

Teade nõukogude teaduse silmapaistvast võidust, mis lahendas hiilgavalt sünteetilise kautšuki saamise probleemi, põhjustas rohkearvulisi vastukajasid.

Nõukogude Liidu sõbrad tähistasid vaimustusega eesrindliku nõukogude teaduse suurt võitu kui järjekordset sammu võitluses NSV Liidu majandusliku sõltumatuse eest. Vaenlased ei uskunud teadet ja püüdsid meie võitu kahandada, vaadeldes seda kui «bolševistlikku propagandat». Samal ajal aga muutus vaenlaste leer ka tõsiselt rahutuks: äkki on NSV Liidus kautšukiprobleem tõepoolest lahendatud! Sel juhul ähvardavad kautšukikuningaid tõsised pahandused, mis on seotud kautšukimonopoli kaotamisega!

Mis puutub kodanlikesse teadlastesse, siis paljud neist ei uskunud nõukogude teaduse edusammu.

Reaktsioonilised ameerika ajalehed avaldasid rasvase kirjaga leidur Thomas Edisoni avalduse:

«Ma ei usu, et Nõukogude Liidul on õnnestunud saada sünteetilist kautšukit. See on täielik väljamõeldis. Minu oma ja teiste kogemused näitavad, et vaevalt kautšuki sünteesi protsessi üldse kunagi kroonib edu.»

Sellised avaldused ei suutnud muidugi vähendada NSV Liidus saavutatud teadusliku võidu tähtsust.

---

[1] Metallilise naatriumi omaduse esile kutsuda küllastumata süsinikuühendite polümerisatsiooni avastas vene teadlane Krakau.

Arendades edasi oma õpetaja vaateid, ennetasid Butlerovi õpilased A. J. Favorski, N. N. Mariutsa, I. L. Kondakov, S. V. Lebedev ja B. V. Bõzov tunduvalt välismaa teadlasi kunstlike kautšukisarnaste materjalide ehituse teooria väljatöötamises ja arendasid välja nende materjalide saamise tööstuslikud meetodid.

1930. aastal ehitati Leningradis esimene kunstliku kautšuki katsetehas maailmas. Siin kontrolliti ja täiustati pooltööstuslikus mastaabis S. V. Lebedevi meetodit.

Suurt abi osutas tehase ehitamisele unustamatu Sergei Mironovitš Kirov.

Sünteetilise kautšuki tööstusliku tootmise pioneeridel tuli ületada palju raskusi. Polümerisatsioon õnnestus halvasti — saadud naatrium-butadieenkautšuk hapendus õhus kiiresti ja kaotas oma väärtuslikud omadused. Tekkis produkt, mis väliselt küll meenutas kautšukit, kuid oli tunduvalt väiksema tugevusega. Kleepuvuse puudumine sünteetilise kautšuki juures avaldas mõju kummi kvaliteedile.

Võttes looduslikku kautšukit ja vulkaniseerides seda väävliga, saadakse vastupidav elastne kummi. Kui aga püüti vulkaniseerida naatrium-butadieenkautšukit ainult väävli abil, siis saadi halb, mittepüsiv kummi, mille tõmbetugevus ei ületanud 6 kilogrammi ruutsentimeetri kohta. Siis tegi Lebedev ettepaneku lisada tahma. Tahma lisamine sünteetilisest kautšukist valmistatud kummisegudele tõstis nende tugevust otsekohe 25—30 korda. Nii ületas katsetehase kollektiiv nõukogude inimestele omase püsivusega kõik raskused.

Kui tehases saadi esimene plokk sünteetilist kautšukit, sõitis sinna S. M. Kirov ja õnnitles tehase töötajate kollektiivi ülitähtsa rahvamajandusliku probleemi eduka lahendamise puhul.

Eluajaks jäi inseneridele ja töölistele meelde tähtis päev — 1931. aasta 15. veebruar. Kogu tehase kollektiiv kogunes polümerisatsioonitsehhi. Tiheda rõngana ümbritsesid inimesed aparaati, milles lõppes butadieeni väikeste molekulide muundumine kunstliku kautšuki suurteks molekulideks. Väsitavad olid ootamise viimased minutid. Siis andis peainsener meistrile käega märku: avada polümerisaatori kaas. Südamed hakkasid kiiremini tuksuma. Kõik jäi vaikseks. Reaktori kaas hakkas aeglaselt liikuma, sekun-

did tundusid igavikuna. Lõpuks avanes reaktor. Selle põhjas oli, nagu suur hallikasvalge jääpank, peaaegu täiesti läbipaistev kautšukitomp. See kaalus 60 kilogrammi. Tormiline rõõm täitis kohalolijate südameid. Inimesed sülelesid üksteist, surusid tugevasti käsi.

Sünteetilise kautšuki tööstusliku saamise ülesanne kodumaisest toorainest oli täielikult lahendatud.

Tänapäeva sünteetilise kautšuki tehases pumbatakse toorpiiritus toruaparaatidesse, kus teda kuumutatakse. Piiritus hakkab keema ja muutub auruks. Aur suundub kontaktahjudesse. Ahjude sees asetsevad kõrged terasretordid, millesse on laaditud katalüsaator. Neid aparaate nimetatakse kontaktaparaatideks, sest piirituseaur puutub siin kokku — astub kontakti — katalüsaatoriga.

Piirituseauru lagundamine kontaktaparaadis teostub 450-kraadisel temperatuuril. Reaktsioonile aitab kaasa mitte ainult katalüsaator, vaid ka kõrge temperatuur. Butadieeni kõrval tekib piirituse lagunemisel ka teisi süsivesinikke.

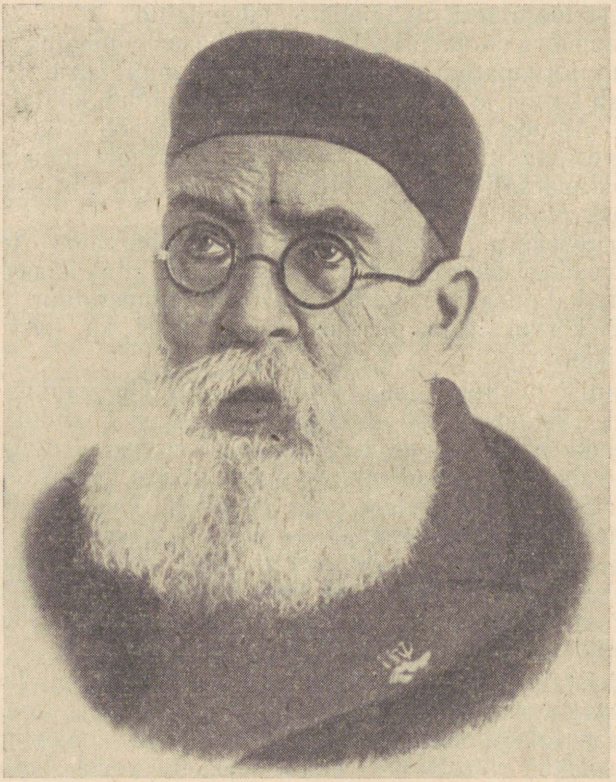
Tonnist piiritusest saadakse 350—400 kilogrammi butadieeni. Ülejäänud 600—650 kilogrammi on lisandid. Need raskendavad butadieeni kautšukiks muundumist ning neist tuleb vabaneda. Butadieeniaur puhastatakse. Selleks suunatakse ta 3—4-korruselise maja kõrgusse kolonni. Kolonn koosneb paljudest «korrustest» ehk sektsioonidest. Ühest sektsioonist teise ja kolonnist kolonni minnes muutuvad gaasisegu ühed koostisosad vedelikuks, teised aga neelatakse eriliste ainete — absorbentide — poolt. Puhastuskolonnidest väljub värvitu vedelik — butadieen.

Puhastatud butadieen läheb autoklaavidesse, kus luuakse polümerisatsiooniks vajalik temperatuur ja rõhk. Polümerisatsioon toimub katalüsaatori — metallilise naatriumi — juuresolekul. Naatriumi mõjul hakkab vedel butadieen paksenema. Tema molekulid ühinevad molekulahelaiks, moodustades tahke polümeeri-kautšuki suure molekuli — naatrium «õmbleb» butadieeni väikesed molekulid kokku suureks kautšukimolekuliks. Butadieeni tihkestumisel eraldub suur hulk soojust. Et saada head polümeeri, tuleb osa soojust ära juhtida. Seepärast jahutatakse autoklaave pidevalt.

Autoklaavid töötavad täiesti käratult. Töölisi on tsehhis vähe. Nad täidavad ja tühjendavad autoklaave ning jälgivad automaatregulaatoreid.

Butadieenkautšuk kujutab endast harilikult helehalli või kollakaspruuni tihedat massi.

Saadud kautšuk sisaldab ikka veel mõningaid kahjulikke lisandeid — gaase ja katalüsaatori jääke. Ta toimetatakse edasi vaakuumsegajaisse. Need on tihedalt suletud katlad,



A. J. Favorski.

milledest pidevalt õhku välja pumbatakse. Madaldatud rõhuga imetakse kautšukist välja gaasilised lisandid. Samades kateldes lisatakse kautšukile ainet, mida nimetatakse antioksüdandiks. See on vajalik kautšuki vastupidavamaks muutmiseks ja tema kaitsmiseks hapendumise eest õhuhapniku toimel. Vaakuumsegajaist suunatakse kautšuk valtsidele. Seal pestakse teda katalüsaatori jääkide kõrvalda-

miseks ja valtsitakse plaatideks. Kautšukiplaadid kuivatatakse, sorteeritakse ja pakitakse.

Sünteetilise kautšuki juurutamisel kummitööstusse tekkisid uued raskused. Konservatiivselt häälestatud spetsialistid, paanikatekitajad ja skeptikud astusid välja kummitehaste uue tooraineliigi vastu. Nad püüdsid sünteetilist kautšukit maha teha, väites loodusliku kautšuki asendamise võimatust.

Nõukogude teadlased aga töötasid visalt sünteetilise kautšuki parendamise kallal. Lebedev väitis algusest peale, et sünteetiline kautšuk on mitte ainult loodusliku kautšuki asendaja, aseaine, vaid täisväärtuslik materjal.

Lebedev saatis oma õpilased kummitööstuse ettevõtteisse. Praktikud omandasid ja täiustasid nende järelevalvel kummitoodete, esmajoones kodumaisest sünteetilisest kautšukist autokummide ja kalosside valmistamise meetodeid.

1933. aastal organiseeris Nõukogude valitsus kümne tuhande kilomeetri pikkuse autoretke marsruudil Moskva — Kara-Kumi kõrb —Moskva. Retkest võtsid osa mitut tüüpi autod — sõiduautod, veoautod, postiautod jt. Ühtedel olid pealiskummid looduslikust, teistel sünteetilisest kautšukist. Hiljem organiseeriti ka teisi autoretki. Proovimised näitasid, et naatrium-butadieenkautšukist kummid on vastupidavamad kui looduslikust kautšukist kummid. Nad pidasid vastu üle 100 000-kilomeetrisele sõidule.

Välismaisest looduslikust kautšukist autokummid kulusid tee iga 100 kilomeetri kohta 89 grammi võrra, samal ajal kui kodumaisest kautšukist kummid kulusid hõõrdumise tagajärjel 84 grammi võrra.

Naatrium-butadieenkautšukist kummid aga näitasid kõige väiksemat kulumist — ainult 64 grammi!

Väljapaistvate teenete eest sünteetilise kautšuki tootmise tööstusliku meetodi loomise alal autasustas NSV Liidu valitsus akadeemik Lebedevi Lenini ordeniga.

Lebedevi poolt esitatud meetodi järgi toodetakse sünteetilist kautšukit piiritusest.

Varem saadi piiritust peamiselt kartulist ja teraviljast. Esimeste viisaastakute jooksul ehitati mitu tehast, mis toodavad piiritust saepurust. Sorteeritud saepuru puistatakse keedukatlasse ja teda soojendatakse auruga. Siis valatakse ta üle lahja sool- või väävelhappega ja kuumutatakse teda

mõne tunni jooksul kuni 200-kraadisel temperatuuril. Suur osa puidust muutub happe toimel suhkruks.

Happejääkidest vabastamiseks töödeldakse suhkrulahust lubjaga. Siis kuumutatakse lahust 4—5 tunni jooksul 60—80 kraadi juures ja segatakse pidevalt. Pärast kuumutamist lahus filtreeritakse, jahutatakse käärimistemperatuurini — 30—32 kraadini — ja pumbatakse käärimistõrtesse, lisades pärmiseeni. Siin muundub suhkur pärmiseente abiga mõne tunni jooksul piirituseks. Sellist tselluloosi suhkruks muutumise ja puidu lagunemise protsessi nimetatakse hüdrolüüsiks.

Ühest tonnist kuivast saepurust võib saada 120 liitrit piiritust, 120 liitrist piiritusest aga umbes 35 kilogrammi butadieeni.

Täpselt samuti saadakse pärmiseente abil piiritust tselluloositehaste jäätmeist, niinimetatud sulfitleelisest. See leelis sisaldab samuti suhkruid. Ühest tonnist sulfitleelisest saadakse 10 liitrit piiritust.

KALOSSID NAFTAST, SÕEST JA LUBJAST

1926. aastal Kõrgema Rahvamajandusnõukogu poolt välja kuulutatud rahvusvahelise konkursi žürii tunnistas peale Lebedevi meetodi tähelepanu pälvivaks ka ettepaneku, mis saabus märgusõna all «Ühenduses on jõud». Selle ettepaneku autoriks oli Leningradi Keemilise Tehnoloogia Instituudi professor Boriss Vassiljevitš Bõzov. Juba 1916. aastal, töötades tehase «Treugolnik» laboratooriumis, oli ta võtnud patendi butadieeni saamisele gaasidest, mida saadakse nafta töötlemisel.

Nafta on kütus nagu kivisüsi ja puitki. Samal ajal on ta aga ka väärtuslik keemiline tooraine. Nafta sisaldab palju väärtuslikke aineid, milledest saadakse ravimeid, plastmasse, värve, lõhnaaineid ja sünteetilist kautšukit. Juba möödunud sajandil pahandas suur vene keemik D. I. Mendelejev selle üle, et naftat kasutatakse ainult kütusena. «Kütta võib ka paberrahaga,» kirjutas ta.

Alles käesoleval sajandil hakati naftat laialdaselt ümber töötama mitmesugusteks keemilisteks produktideks. Selleks töödeldakse naftat kõigepealt kõrge rõhu all kõrgel temperatuuril. Sellist töötlemist nimetatakse olenevalt tingimustest krakkimiseks või pürolüüsiks. Üksikud nafta koostisse

kuuluvad süsivesinikud lagunevad seejuures väiksema süsinikuaatomite arvuga süsivesinikeks. Seejuures moodustuvad mitmesugused kerged gaasid, nende hulgas ka etüleen. Etüleenist aga saadakse rea keemiliste muundumiste kaudu butadieen.

Konkursile esitatud seletuses nägi Bõzov ette butadieeni



B. V. Bõzov.

saamist nafta lagundamise teel 900-kraadisel temperatuuril ja atmosfääri rõhust madalamal rõhul (40—60 millimeetrit elavhõbedasammast). Polümerisatsioon tuli teostada 100-kraadisel temperatuuril ja katalüsaatori juuresolekul.

Kuid selle meetodi järgi saadud kautšuki kvaliteet ja saagis olid väikesed. Polümerisatsioon kestis väga kaua. See meetod osutus laialdaseks tööstuslikuks kasutamiseks liiga

kalliks. Nafta oli aga piiritusest odavam tooraine ja polnud kahtlust, et töötlemisprotsessi täiustamisega ja uute katalüsaatorite ilmumisega alustab «naftakautšuk» oma võidukäiku. Seepärast otsustati 1930. aastal ehitada katsetehas, mis valmistaks naftast 150—200 kilogrammi sünteetilist kautšukit päevas.

Ka Lebedev proovis algul saada kautšukit naftast, kuid nafta töötlemise tehnika oli tol ajal madalal järjel, butadieeni saadi naftast väga väikestes kogustes ning see läks kalliks.

Tänu uute katalüsaatorite ja täiuslikuma aparatuuri ilmumisele on nafta ümbertöötamise tehnika viimasel ajal järsult paranenud. Nüüd on nafta juba kasulikuks butadieeni valmistamise tooraineks.

Butadieeni võib saada krakk-gaasidest: butaanist ja butüleenist. Nõukogude teadlased ja insenerid töötasid välja ökonoomsed meetodid nende gaaside butadieeniks muutmiseks.

Sünteetilist kautšukit võib saada mitte ainult piiritusest ja naftast. Vene keemikud M. G. Kutšerov ja I. I. Ostromõslenski töötasid välja meetodi butadieeni saamiseks atsetüleenist. Atsetüleeni aga võib saada metaanist (soogaasist) või kaltsiumkarbiidist. Kui soogaasi puhuda suure kiirusega läbi elektrikaarleegi, nii et gaasiosakesed oleksid leegi mõju all mitte üle 1/1000 sekundi, siis tekib atsetüleen.

Tähtsaks atsetüleeni tootmise tooraineks on kaltsiumkarbiid.

Suurtes elektriahjudes kuumutatakse söe ja lubja segu. Süsinik reageerib lubja kaltsiumiga. Saadud kaltsiumkarbiid laaditakse hiiglaslikesse hermeetiliselt suletud reservuaaridesse, kus teda töödeldakse veega ja kus ta muutub atsetüleeniks ning lubjaks. Lubi suunatakse tagasi elektriahju, atsetüleen aga puhastatakse lisandeist ja viiakse spetsiaalsetes aparaatides katalüsaatori juuresolekul üle uueks aineks — monovinüülatsetüleeniks, mis kohe edasi reageerib reaktsiooni esimeses astmes toiminud katalüsaatori ühe komponendiga — soolhappega. Saadakse madala keemistäpiga vedelik — kloropreen. See on butadieen, mille molekulis on üks vesinikuaatom asendatud klooriaatomiga.

Butadieen on gaas, kloropreen aga vedelik, kuid ka tema polümeriseerub katalüsaatori toimel kautšukiks. Kautšuk saadakse valge, tumehalli või isegi musta tahke massina. Klooriaatomite olemasolu tema molekulides annab talle

suurepäraseid omadusi, mis puuduvad isegi looduslikul kautšukil. Kloropreenkautšuk ei karda bensiini ega õli. Ta omab loodusliku kautšukiga võrreldes ka suuremat gaasikindlust ja mehaanilist tugevust.

On olemas veel teine viis kautšuki saamiseks atsetüleenist. 1881. aastal töötas tuntud vene keemik M. G. Kutšerov välja atsetüleenist uue aine — äädikhappe aldehüüdi — saamise meetodi. Meie sajandi esimesel aastakümnel avastasid vene teadlased äädikhappe aldehüüdist butadieeni saamise meetodi.

VEDEL KAUTŠUK

Keemikud õppisid kautšukit valmistama kunstlikul teel. Teadus avastas veel ühe looduse saladuse. Kuid Lebedevi poolt esitatud naatrium-butadieenkautšuki saamise meetod ning hiljem välismaalaste poolt välja töötatud teised sünteetilise kautšuki tootmise meetodid (mis põhinesid vene teadlaste saavutustel) andsid ainult tahkeid polümeere.

Paljudeks tööstuslikeks otstarveteks — gummeeritud riide, kunstnaha, kummikinnaste jne. valmistamiseks — on aga vaja kautšukilahust.

Juba XVIII sajandi lõpul lahustasid teadlased looduslikku kautšukit tärpentinis. XIX sajandi keskel aga kasutati samaks otstarbeks üht kivisöetõrva töötlemise produkti — solventnaftat. Hiljem hakati mitmesuguste kummiesemete tootmisel kasutama kautšuki lahuseid bensiinis, bensoolis jne. Need vedelikud on aga süttivad ja mürgised, mis põhjustas kummivabrikuis tulekahjusid ja tööliste mürgitumisi.

Kummiesemete tootmise areng nõudis vedelat kautšukit. Loodus annab meile seda: on ju lateks — hevea või teiste kautšukipuude piimjas mahl — vedelik, milles nagu rasvaosakesed piimas on jaotunud tahke kautšuki üliväikesed kerakesed.

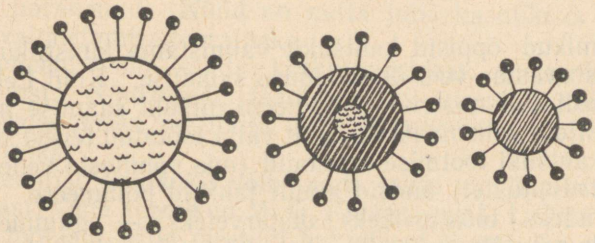
Aga kas ei saaks ka lateksit valmistada kunstlikul teel? Osutus, et saab.

Kui butadieeni hästi segada veega, siis jaotuvad tema tilgakesed selles ühtlaselt. Saadakse butadieeni emulsioon vees. Selline emulsioon on aga ebapüsiv. Mõne aja pärast hakkab ta kihistuma. Et takistada kihistumist ja muuta emulsiooni püsivamaks, lisatakse talle ainet, mida nimetatakse emulgaatoriks. Tavaliselt on emulgaatoriks seep.

Et saada kunstlikku lateksit, tuleb emulsioonis olev butadieen polümeriseerida. Nagu puhaste süsivesinike polümeriseerimisel, nii tulevad ka siin appi katalüsaatorid ja temperatuur.

Metalliline naatrium aga ei kõlba, sest naatrium reageerib energiliselt veega, eraldades soojust ja vesinikku ning moodustades leelist.

Emulgaator mitte ainult takistab emulsiooni kihistumist, vaid aitab butadieenitilgakestel ka polümeriseeruda. Seep moodustab vees lahustudes kolloidlahuse. Sellises lahuses jäävad suured seebiosakesed — mitsellid — häguna hõl-



Butadieeni emulsioonis polümeriseerumise skeem.

juma. Väikesed butadieenitilgad tungivad emulgaatori mitsellidesse ja lahustuvad neis. Sinna tungivad ka katalüsaatori ja teiste lisandite üliväikesed osakesed. Ergastaja mõjul liituvad monomeeri väikesed molekulid järk-järgult ahelaiks. Moodustub tahke kautšukiosake — gloobul. Kui kasvava polümeeri gloobul on muutunud juba küllalt suureks, viib monomeeri tilgakeste polümerisatsioon seebimolekulide väljatõrjumisele emulgaatori mitsellist.

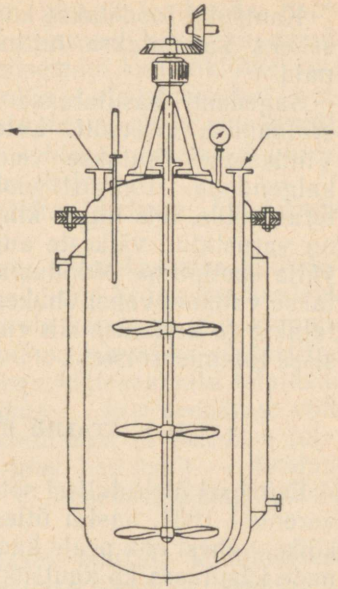
Kunstlik lateks kujutab endast kautšukiosakeste 35-protsendilist emulsiooni vees.

Kunstliku lateksi gloobulid meenutavad kujult kerakesi. Nende läbimõõt on loodusliku lateksi gloobulite läbimõõdust tunduvalt väiksem, võrdudes umbes 0,15—0,10 mikroniga.

Emulsioonis saab polümeriseerida mitte ainult butadieeni, vaid ka mitmesuguste süsivesinike segusid. See võimaldab saada mitmesuguste omadustega kautšukeid ning teha neid vastupidavamaks bensiinile ja õlile, kuumusele ja külmale, keemilistele ja atmosfäärilistele mõjutustele. Kõige sagedamini polümeriseeritakse koos butadieeni ja stürooli (vinüül-

bensooli). Nagu raudteelane komplekteerib rongi kaubavaguneist ja reisijatevaguneist, nii saab keemik ainet, mille pikkades ahelates vahelduvad kaht liiki molekulid.

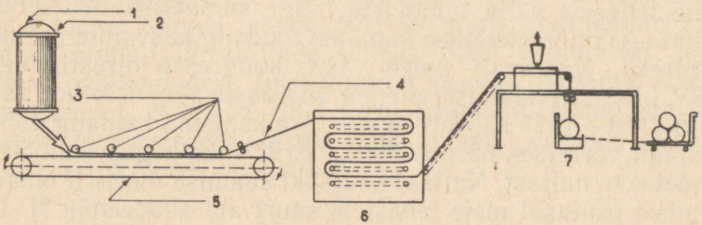
Tehastes saadakse kunstlikku lateksit suurtes terasaparaatides — segajatega varustatud polümerisaatorites. 12 aparaati on ühendatud ühte patareisse. Esimesse autoklaavi valatakse täpselt mõõdetud hulkades lähteainete segu. Siis voolab segu teise autoklaavi, sealt kolmandasse jne. Polümerisatsioon toimub järk-järgult kõigis aparaatides. Viimasest autoklaavist voolab pidevalt välja valmislateks, millest seejärel kõrvaldatakse gaasilised lisandid.



Segajaga polümerisaatori skeem.

Tänapäeval kasutatakse kunstlikku lateksit laialdaselt ka tahke kautšuki valmistamiseks.

Kunstliku lateksi kasutamine kautšuki saamiseks annab alati ühtlase produkti, sest lateksi tootmisel tehases me ei sõltu looduse kapriisidest. Lähteained — butadieen, stürool ja teised süsivesinikud — võivad olla standardse kvaliteediga. Järelikult saadakse ka praktiliselt ühesuguste omadustega polümeerid.



Kunstlikust lateksist kautšuki saamise skeem:
1 — lateks; *2* — äädikhape; *3* — valtsid; *4* — kautšukilint; *5* — lõputu teraslint; *6* — kuivati; *7* — võll kautšukilindi rullikerimiseks.

Kautšukit toodetakse kunstlikust lateksist mitmel viisil ja selleks kasutatakse mitmesuguse konstruktsiooniga masinaid.

Sagedasti kasutatakse kautšuki pideva õhukese lindina eraldamise meetodit. Lateks valatakse väheldasse paaki. Viimasesse lisatakse veidi äädikhapet, mis aitab lateksit kalgendada. Paagist voolab lateks pideva joana lõputule teraslindile, mis liigub kiirusega mõni meeter minutis. Lint on varustatud väikeste augukestega, millede kaudu voolab välja «petipiim». Moodustuvad tahked kautšukitükid pressitakse valtside vahel õhukeseks lindiks. Kautšukilint kuivatatakse ja keritakse siis rullidesse. Sel kujul läheb ta edasisse tootmisprotsessi.

J. V. STALINI ETTENÄGELIKUD SÕNAD

Esimesel üleliidulisel sotsialistliku tööstuse töötajate konverentsil 1931. aastal ütles J. V. Stalin: «Meie maal on kõike, vahest ehk peale kautšuki. Kuid aasta-kahe pärast on meie käsutuses ka kautšuk.» [1]

Nõukogude teadlased viisid need sõnad täide. Nad varustasid kodumaad mitte ainult kautšukiga, vaid ka selle kõige erinevamate liikidega.

Sünteetilise kautšuki tööstusliku saamise ülesanne kodumaisest toorainest lahendati hiilgavalt.

Juba 1931. aastal ehitati esimene nõukogude sünteetilise kautšuki tehas ning aasta pärast lasti välja esimene partii tööstuslikku kautšukit. Varsti pärast esimese tehase käikulaskmist ehitati veel suuri sünteetilise kautšuki tehaseid. Kõik need ehitati täielikult kodumaistest materjalidest nõukogude tööliste ja inseneride poolt ilma mingisuguse välismaise abita. Juba teise sõjaeelse viisaastaku lõpul lasti meie tehaseis välja tuhandeid tonne sünteetilist kautšukit. Nüüd aga on sünteetilise kautšuki toodang kasvanud mitmekordseks. Vastavalt partei XIX kongressi direktiividele NSV Liidu arendamise viienda viie aasta plaani kohta aastaiks 1951—1955 kasvab sünteetilise kautšuki toodang 1950. aastaga võrreldes 82 protsenti. Eriti suur kogus kautšukit toodetakse naftast. Naftast kautšuki saamise meetodi omandamisel osutasid meie tehastele suurt abi akadeemik N. D. Zelinski ja tema kaastööliste tööd.

[1] J. V. Stalin, Teosed, 13 kd., lk. 31—32.

Tänapäeva keemikud ei kopeeri lihtsalt loodusliku kautšuki omadusi, nagu seda tegid esimesed kautšukiuurijad. Nad valmistavad kõige mitmekesisemaid kautšukiliike, mis evivad mitmesuguseid omadusi, mida ei ole looduslikul kautšukil. Ühed ületavad viimast vastupidavuselt ja elastsuselt, teised püsivuselt õli ja bensiini suhtes, kolmandad gaasikindluselt, neljandad külmakindluselt jne.

Esinedes 1932. aastal NSV Liidu Teaduste Akadeemia pidulikul istungil, ütles Lebedev:

«Kautšukite süntees on lõpmatu mitmekesisuse allikaks. Teooria ei näe selle mitmekesisuse piire. Et iga uus kautšuk on oma originaalse omaduste skaala kandjaks, siis kummitööstus, kasutades loodusliku kautšuki kõrval ka sünteetilisi kautšukeid, omandab temale praegu kättesaamatu laialdase vabaduse vajalike omaduste valikus ... Just seepärast võib praegu täieliku veendumusega kinnitada, et lähedase tuleviku kummitööstus baseerub mitmel kautšukil — looduslikul ja sünteetilistel.» Need S. V. Lebedevi sõnad leidsid täielikku kinnitust.

Nõukogude teadlased lahendasid edukalt kodumaisest toorainest kunstliku kautšuki saamise ülesande, kindlustasid maailma esimese kunstliku kautšuki tööstuse loomise ja töötasid välja uue, eesrindliku teooria kunstliku kautšuki mitmesuguste liikide saamise kohta.

Nõukogude teadlaste tööd võimaldasid tunduvalt laiendada toorainebaasi kautšukitaoliste materjalide saamiseks ja avasid ennenägematud võimalused nende materjalide kasutamiseks rahvamajanduse erinevates harudes.

Kautšukit valmistatakse nüüd mitte ainult piiritusest, vaid ka söest, naftast, mitmesugustest gaasidest ja süsivesinikest, nagu atsetüleen, isobutüleen jt. See annab hiiglasuurt rahvamajanduslike vahendite kokkuhoidu. Tõepoolest, 1000 tonni loodusliku kautšuki saamiseks tuleb kapitalistlikes istandustes koguda lateksit 270 000 puult 1200 hektari suuruselt pinnalt ja kulutada selleks 5500 inimaastat tööd. Teisiti väljendudes: 1000 kogujat peavad töötama viis ja pool aastat, et saada 1000 tonni kautšukit, samal ajal kui keemiatehases valmistavad sama hulga kautšukit 150 inimest ainult 3—4 kuu jooksul.



NÖÖPIDEST JA PILJARDIPALLIDEST

Nööbid on vajalikud kõigile — meestele ja naistele, täiskasvanuile ja lastele. Ka siis, kui iga maakeral elav inimene ostaks ainult ühe nööbi aastas, läheks selleks tarvis üle kahe miljardi nööbi. Ühe nööbiga aga ei saa keegi läbi. Nööp on pisiasi, kuid ta on paratamatult tarvilik. Inimkonnale on vaja miljardeid mitmesuguseid nööpe: suuri ja väikesi; läikivaid, metalseid mundritele; siledaid ja valgeid pesule; mitmevärvilisi ja nägusaid naiste kleitidele.

Ammust ajast on nööpe valmistatud kontidest, sarvedest, sõrgadest, klaasist, mitmesugustest puiduliikidest, tinast, vasest, hõbedast, kullast, merevaigust, portselanist, kilpkonnaluust, pärlmutrist ja paljudest teistest materjalidest. Tuhanded kunstnikud ja leiutajad teenindavad nööbitöökodasid ja -vabrikuid. Nad mõtlevad välja kõikvõimaliku mustri ja kujuga nööpe ning otsivad nende tootmiseks sobivaid materjale. Juba möödunud sajandil võeti tarvitusele korallid, merikarbid, vaalaluu, mitmesugused värvilised kivid, kalasoomused, riide või nahaga üle tõmmatud, pressitud papp, taimejuured, karjala kase pahad, pähklikoored. Eriti hinnatud olid kookosnööbid.

Ostjad aga nõudsid üha uuest ja uuest materjalist nööpe. Leiutajad uurisid läbi kõik kättesaadava maakeral, kuid selle rikkused pole piiramatud. Uusi materjale nööpide jaoks tuli mitte ainult otsida, vaid ka leiutada, s. t. valmistada kunstlikult.

Üht uutest nööbimaterjalidest isegi premeeriti 1862. aasta rahvusvahelisel näitusel Pariisis.

Uusi tooraineliike nõudsid mitte ainult nööbivabrikud. Tol ajal olid täbaras olukorras vabrikud, mis valmistasid

elevandiluust piljardipalle, klahve tiibklaveritele ja pianiinodele ning muid tooteid. Neile ei jätkunud elevandiluud.

Elevandijahiks leiutati suurekaliibrilised püssid, milles kasutati lõhkekuule. Väärtusliku materjali hankimiseks korraldasid jahimehed elevantidele massilisi ajujahte. Elevante tapeti ainult selleks, et ära saagida nende kihvu.

Elevandikarjad hõrenesid kiiresti, kuid jaht nendele oli tulus ning keegi ei hoolitsenud elevandikarjade täiendamise ja nende kaitsmise eest. Kapitalistlikule ühiskonnale pole omane hoolitsus maakera loodusrikkuste säilitamise eest.

XIX sajandi keskel viis röövjaht peaaegu täielikule elevantide hävimisele. End hävimisest päästes taandusid tugevasti hõrenenud elevandikarjad Aafrika sügavusse, troopikametsade raskesti ligipääsetavatesse rajoonidesse.

Turule ilmus üha vähem ja vähem elevandiluud. Tema hind tõusis.

1863. aastal kuulutas üks elevandiluu puuduse ja kalliduse üle muret tundev ameerika firma välja konkursi materjali valmistamisele, mis suudaks asendada elevandiluud.

Preemiaks oli määratud 10 000 dollarit. Ahvatletuna kõrgest preemiast, võtsid konkursist osa paljud leidurid, insenerid ja tehnikud. Konkursist osavõtjate hulgas oli ka trükiladuja John Hyatt. Sepa pojana oli ta kuueteistkümneaastaselt teenistuse otsingul alustanud kehvale ameeriklasele omast hulkurielu. Tema haridus ei ulatunud kaugemale algkoolist.

Palju linnu tuli Hyatt'il noil aastail läbi käia, kuid elutingimused olid lihtsa inimese jaoks kõigis neis ühesuguselt karmid ja rasked. Töötades ühe väikelinna trükikojas, vigastas Hyatt nagu paljud teisedki ladujad sageli oma sõrmeotste nahka vastu trükitähtede teravaid ääri. Sõrmede kaitseks kattis ta vigastatud kohad kolloodiumikihiga. Kolloodiumiks nimetatakse nitrotselluloosi lahust piirituse ja eetri segus.

Astudes kord kapi juurde, milles hoiti kolloodiumi, leidis Hyatt pudeli ümberlükatuna. Riiulil pudeli kõrval oli tükike kuivanud elastset kelmet. Eemaldanud kelme riiulilt, hakkas Hyatt seda tähelepanelikult vaatlema. Olles haaratud elevandiluu asendaja leiutamise ideest, mõtles Hyatt:

«See nähtavasti sobib.»

Algul proovis ta kolloodiumiga katta elevandiluu jääkidest tehtud kerasid, kuid need purunesid kergesti. Hyatt proovis kerasid valmistada pressitud paberist ja nende pinda

samuti katta kolloodiumiga, ent ka see materjal ei suutnud asendada elevandiluud. Kolloodiumkelme tuli kerade küljest lahti.

Siis hakkas Hyatt lahustama nitrotselluloosi mitmesugustes vedelikes, püüdes saada küllalt vastupidavat materjali, millest oleks olnud võimalik valmistada piljardipalle. Ta uuris läbi palju erinevaid aineid ja jäi lõpuks peatuma kamprile.

Nööbimaterjalide leiutajate katsete põhjal teadis Hyatt, et nitrotselluloos lahustub kampri ja kastoorõli segus. Saadav materjal oli aga ebapüsiv. Järk-järgult õhus hapenduv kastoorõli rikkus selle. Nööbid purunesid kergesti ning kaotasid kiiresti oma nägusa välimuse ja vastupidavuse.

Kastoorõlile tuli leida asendaja.

Sobivaks asendajaks kastoorõlile osutus tavaline viinapiiritus. Kamper lahustus piirituses suurepäraselt, nitrotselluloos aga lahustus piirituse ja kampri segus nagu suhkur kuumas vees. Tekkis püdel sitke mass, mis meenutas kõva sülti või želeed. Piiritus aurustus järk-järgult. Nitrotselluloosi tarre kuivas ja muutus kõvaks sarvjaks aineks. Lisanud nitrotselluloosile valget värvi, sai Hyatt materjali, mis oli väga sarnane elevandiluuga.

Nii leiutati esimene praktiliselt kõlblik kunstlik materjal, mis oli küllalt tugev ja samal ajal ka elastne.

Uus materjal sai nimeks tselluloid, mis tähendab tselluloosisarnane, tselluloosile sugulane.

Tselluloidi eriti väärtuslikuks ja kasulikuks omaduseks osutus tema plastilisus.

Juba kaugel muinasajal oskasid inimesed kasutada looduslike materjalide plastilisust. Pehmest niiskest savist valmistati telliskive ja nõusid. Vahast tehti valatisi ja pitsateid ning vooliti mänguasju. Kuumutades ääsil rauda, viisid sepad selle plastilisse olekusse ja sepistasid sellest mitmesuguseid esemeid.

Plastilisuseks nimetatakse materjali järeleandlikkust rõhule, tema omadust võtta mistahes kuju ja säilitada see. Looduslikud plastilised materjalid, nagu näiteks niiske savi ja vaha, on kergesti töödeldavad, kuid niisama kergesti kaotavad neile antud kuju. Savi on rabe, vaha pehme. Metallid säilitavad küll hästi kuju, kuid see-eest on neid raske töödelda.

Uus plastiline materjal tselluloid oli peaaegu niisama hästi töödeldav kui vaha. Kuumas vees muutus ta pehmeks

ja omandas soovitud kuju suhteliselt väikese rõhu toimel. Jahtunult säilitas ta selle kindlalt. Hiljem hakati tselluloidi, aga ka kõiki teisi kunstlikke orgaanilisi materjale, mis omavad head plastilisust, nimetama plastilisteks massideks. Teisiti nimetatakse neid plastmassideks ehk plastikaatideks.

Pärast tselluloidi leiutamist kirjutasid ajalehed, et see uus materjal on «elevandiluust parem», kuid peagi selgus, et tal on suur puudus.

Tselluloidist piljardipallid tekitasid mõnikord hasartmängijatele üsna tõsist «meelehärmi». Mängija tabavast löögist juhitud tselluloidpall põrkas kokku teise palliga ja plahvatas. Tselluloiditükikesed lendasid nagu käsigranaadi killud igasse külge laiali, tekitades ümberolijaile raskeid vigastusi, ja piljardiharrastajad, kes olid saabunud klubisse või kõrtsi oma või voorimehe sõidukiga, lahkusid kiirabi sõidukiga.

Tselluloidist piljardipallidest tuli loobuda. Varsti aga leiti tselluloidile uus kasutusala. Temast hakati valmistama mänguasju. Palju rõõmu tõid lastele kerged, purunematud, ilusasti värvitud linnud, metsloomad ja nukud. Tselluloidist lõvid ja koerad, karud ja elevandid, liikuvate käte ja jalgadega nukud hakkasid kindlalt laste mängumaailma tungima.

Vanemad ostsid neid mänguasju sellepärast, et nad olid odavad, nägusad ega määrdunud. Vabrikante aga veetles tselluloidi töötlemise lihtsus.

Algul valmistati vahast, plastiliinist või puidust mänguasja mudel. Selle mudeli järgi tehti pronksist või vasest vorm. Siis puhuti suruõhuga, stantsiti või pressiti nendes vormides kuumutatud tselluloidist mänguasjade osad, mis seejärel kokku kleebiti ja värviti. Ühes vormis saab valmistada kümneid tuhandeid ühesuguseid mänguasju. Valmistamise lihtsus tagas nende odavuse.

Kuid ka siin asendus vaimustus mõne aja pärast pettumusega. Päikese kätte jäetud mänguasjad süttisid ja põlesid nagu püssirohi.

Tegelikult ju olidki nad tehtud ... püssirohust, mis oli ainult segatud kampriga. Nende aluseks oli nagu suitsuta püssirohulgi nitrotselluloos. Sellele vaatamata leiti tselluloidile üha uusi ja uusi kasutusalasid.

Temast hakati valmistama kamme ja portsigare.

1881. aastal demonstreeriti Pariisi fotonäitusel esmakordselt I. V. Boldõrjovi poolt leiutatud painduvat läbipaistvat



Kampri tootmiseks kasutatava kampripuu oks.

tselluloidfilmi. Mõne aasta pärast levis see film üle kogu maailma.

Möödunud sajandi üheksakümnendail aastail muutus tselluloidi tarvitajaks ka äsjatekkinud kino.

Tselluloidi toodang kasvas iga aastaga. Seda pidurdas ainult kampri puudus ja kallidus.

Kamper on omapärase lõhna ja kibeka maitsega värvitute kristallidena esinev tahke aine.

Kuni tselluloidi leiutamiseni kasutati kamprit peaaegu eranditult ainult arstiteaduses.

Tselluloidi tootmise kasv tõstis järsult nõudmist kampri järele. Teda hakati kokku ostma mitte enam kilogrammides nagu varem, vaid tuhandetes tonnides. Kamper lakkas olemast ainult ravim. Ta muutus tähtsaks tööstuslikuks tooraineks.

Kuni 1905. aastani toodeti kamprit eranditult suurte ilusate kampripuude koorest, puidust, okstest, lehtedest ja õitest. Kõige rohkem kamprit leidub vanade puude kiududes. Kampripuud kasvavad peamiselt Hiinas ja Jaapanis.

Jaapani kapitalistid osutusid peaaegu ainukesteks kampri muretsejateks. Tema hind tõusis iga aastaga. Kasumi jahil raiusid Jaapani monopolistid halastamatult maha põlised kampripuusalud.

Kapitalistlike monopolide kiskjalik peremehetsemine viis kampripuumetsade peaaegu täielikule hävitamisele. Kamprit aga nõuti järjest rohkem ja rohkem. Näis, et tuleb rajada laialdasi istandusi, nagu seda oli tehtud hevea puhul. See ei olnud aga kapitalistidele kasulik. Kampripuu kasvab väga aeglaselt — üle saja aasta tuleb oodata, et puusse koguneks küllalt palju kamprit. Kapitalistlikule majandussüsteemile pole omane mahutada kapitale ettevõtteisse, mis hakkavad tooma kasumit alles saja aasta pärast. Kampripuuistandusi rajati väga vähe. Kamprit ei jätkunud.

Appi tulid keemikud. Aastail 1905—1907 õppisid keemikud valmistama kamprit kunstlikult tärpentinist ja nuluõlist.

Pärast seda kasvas tselluloidi tehniline tähtsus veelgi. Ta muutus odavamaks.

NSV Liidus kasutatakse kampri saamiseks tärpentinist originaalset ja väga lihtsat meetodit, mis on välja töötatud akadeemik V. J. Tištšenko poolt koos G. A. Rudakovi ja S. J. Krotoviga. See meetod võimaldas luua meie maal kunstliku kampri võimsa tööstuse.

1905. aastal leiutati purunematu klaasi valmistamise meetod. Läbipaistev tselluloidleht asetati kahe tavalisest klaasist lehe vahele. Sellist klaasi hakati nimetama triplekssiks, s. t. kolmest kihist koosnevaks. Tripleks muutus peagi auto ja autobussi lahutamatuks osaks. Nüüd ei saanud nii autode ja autobusside juhid kui ka sõitjad enam juhuslikel avariidel vigastusi purunenud klaasi kildudest. Kuigi klaas kokkupõrkel mõranes, ei lennanud killud laiali, vaid jäid kleepuma tselluloidikihi külge.

Uus plastmass omandas kindla positsiooni autotööstuses. Ta muutus autode tootmisel niisama tähtsaks materjaliks kui kõrgekvaliteediline teras ja hea kautšuk.

Uuest materjalist toodete odavus, valmistamise lihtsus, hügieenilisus ja värvi puhtus avasid neile laialt Vana ja Uue Maailma turud. Tselluloidtooted tungisid kõige mahajäetumatesse külakestesse.

Ja kõikjal saatsid neid tulekahjud. Põlesid kinod, sest oli süttinud tselluloidfilm. Põlesid mänguasjade kauplused. Ettevaatamatult asetatud suitsuotsadest süttisid portsigarid. Sajad töölised hukkusid plahvatuste ja tulekahjude tõttu tselluloidivabrikuis.

VÕITLUS TSELLULOIDI SÜTTIVUSEGA

Juba esimesed tselluloidi isesüttimise juhtumid sundisid keemikuid otsima meetodit tselluloidi hädaohutuks muutmiseks. Esitati sadu ohutu tselluloidi valmistamise meetodeid, kuid kõik nad osutusid sobimatuiks, sest tselluloid kaotas seejuures oma peamise väärtusliku omaduse — plastilisuse.

Teadlastel tuli selgitada, millest on tingitud tselluloidi plastilisus. Alles pärast seda oli võimalik muuta tema üht omadust — süttivust, mitte rikkudes teist — plastilisust.

Kui Hyatt ja kõik tema järglased segasid nitrotselluloosi mitmesuguste ainetega, siis kujutlesid nad väga segaselt, millised keemilised protsessid toimuvad lahustes. Teadlased lähenesid tol ajal tselluloidi täiustamisele nagu kobamisi. Alles hiljem avastasid keemikud nende reaktsioonide olemuse.

Näis imelikuna, et puhtas piirituses nitrotselluloos ei lahustu, aga kui piiritusele lisatakse kamprit, siis hakkab lahustuma. Tuleb välja, et «lahustaja» on just kamper — tahke aine, kuna piiritus — vedelik — on ainult tema abiline.

Kui kamper lahustub piirituses, siis omandavad tema molekulid suure liikuvuse. Nad nagu «ründavad» nitrotselluloosi kollakaid helbeid, tungivad tema molekulide vahele ja tõukavad neid laiali. Iga suure niiditaolise tselluloosi molekuli kohta tuleb kuni 1000 väikest liikuvat kampri molekuli. Iga kampri molekul aga liigub kolme-nelja piirituse molekuli «kaitse all». Kampri molekulide tõugete mõjul nõrgenevad nitrotselluloosi molekulide vahelised külgetõmbejõud. Nitrotselluloos lahustub. Olles oma «hoolealused kohale toimetanud», piirituse molekulid eemalduvad, s. t. piiritus aurustub. Jääb järele kahe tahke aine segu, kuid see pole lihtne mehaaniline segu. See on pigemini sulam, ainult mitte metallide, vaid orgaaniliste ainete oma. Sulameid nimetatakse keemias tahketeks lahusteks. Tselluloidis on lahustiks kamper. Tema väikesed molekulid täidavad niitjate tselluloosi molekulide vahelisi tühikuid.

Tavalisel temperatuuril on selle tahke lahuse molekulid peaaegu liikumatud. Soojendamisel omandavad suurima liikuvuse kampri molekulid. Nad on küll väikesed ja kerged, kuid see-eest on neid tuhandeid. Nad tõukavad pikad rasked nitrotselluloosi molekulid laiali. Kamper on suurtele nitrotselluloosi molekulidele nagu määrdeaineks — ka need hakkavad liikuma ja tselluloid pehmeneb ning muutub plastiliseks.

Midagi sarnast toimub ka metallide sulamites. Raske metalli seatina kokkusulatamisel ühe või mitme kerge metalliga — tina, vismuti, kadmiumi või indiumiga — saadud sulamid on väga kergesti sulavad. Sulam, mille koostisse kuulub indium, sulab näiteks 47-kraadisel temperatuuril!

Selline on tselluloidi plastilisuse põhjus. Jäi veel selgitada, mis põhjustab tema süttivust.

Kestval kuumutamisel või lühiajalisel viibimisel kõrges

temperatuuris tselluloid süttib ja põleb kiiresti ära, tekitades lämmatavaid suitsupilvi. Ühest kilogrammist tselluloidist tekib täielikul põlemisel 170—180 liitrit mitmesuguseid gaase. Midagi hämmastavat siin ei ole — nii nitrotselluloos kui ka kamper on põlevad ained.

Peamiseks süüdlaseks tselluloidi süttivuses on aga just nitrotselluloos. Kui tselluloosi töödeldakse lämmastikhappega, siis liituvad iga tema molekuli lüliga kaks lämmastiku- ja hapnikuaatomeist koosnevat rühmitust. Nitrotselluloosi molekulahela igas lülis on kuus süsinikuaatomit, kaheksa vesinikuaatomit, kaks lämmastikuaatomit ja üheksa hapnikuaatomit. Hapnikuaatomid on seejuures vahetult seotud just lämmastikuaatomitega. Lämmastiku ühendid hapnikuga on aga ebapüsivad ja lagunevad kergesti.

Kuumutamisel nitrotselluloosi molekulid lagunevad. Seejuures vabaneb osa hapnikku, mis reageerib süsiniku ja vesinikuga. Reaktsioonil eraldub suur hulk soojust. Reaktsioonist võtab osa ka õhuhapnik. Tselluloid süttib, tekib tulekahju.

Keemikud tegid kindlaks, et tselluloidi kerge süttivuse põhjus peitub nitrotselluloosi suguluses püroksüliiniga — tugeva lõhkeainega. Erinevus nende vahel on väike: püroksüliinis on iga tselluloosi molekuli lüliga liitunud kolm, tselluloidis aga kaks lämmastikrühmitust.

Tselluloidi kasutamise esimestel aastatel oskasid keemikud veel halvasti juhtida keemilisi reaktsioone. Töödeldes tselluloosi lämmastikhappega, said nad neile vajaliku koostisega nitrotselluloosi asemel tihtilugu püroksüliini või nende kahe aine segu. Tselluloidis olev püroksüliin muutis selle eriti ohtlikuks. On arusaadav, et piljardipallid lõhkesid nagu käsigranaadid.

Nitrotselluloosi tootmine juhiti õigetele rööbastele ja püroksüliini oht kõrvaldati, kuid tselluloid jäi ikkagi tuleohtlikuks.

Keemikute ees oli kolm teed. Esiteks — lisada tselluloidimassile kriidi, kipsi, kaoliini ja metallioksüüdide taolisi mittepõlevaid aineid. Nende lisandite molekulid oleksid nagu «tulemüüriks», mis piiraks nitrotselluloosi molekule, nii et «tulekahju» ei saaks ühelt või paarilt molekulilt levida üle kogu aine.

Seda tehtigi. Mitmesugused mittepõlevad lisandid vähendasid tselluloidi süttivust, kuid ei suutnud seda täielikult vältida. Tselluloid muutus ainult raskemini süttivaks.

Siis hakkasid teadlased otsima, kas ei saaks millegagi asendada kamprit, mis on ju samuti põlev aine.

Sobivad kampri asendajad leiti ja nende abiga valmistasid keemikud uusi plastmasse — etroole. Selle nimetuse algtähed osutavad nende tselluloidi uute «sugulaste» kasutusaladele: elekter, telefon, raadio. Tänapäeval valmistatakse etroolidest sadu mitmesuguseid telefoni- ja raadioaparaatide ning elektriarmatuuride detaile.

Kõik need täiustused muutsid tselluloidi vähem süttivaks, kuid samal ajal võtsid temalt teise väärtusliku omaduse — läbipaistvuse. Läbipaistmatust tselluloidist ei saa aga valmistada kinofilmi. Samal ajal hävitasid kinode ja filmivabrikute põlemised sadu elusid ja põhjustasid suuri õnnetusi ning kahjusid.

See sundis otsima kolmandat teed — muuta tselluloidi keemilist koostist, s. t. leiutada tselluloidiga sarnanev, niisama plastiline ja läbipaistev, kuid mittesüttiv aine. Ka siin saavutasid keemikud võidu — nad hakkasid tselluloosi töötlema mitte lämmastikhappega, vaid äädikhappega. See vabastas tselluloosi ebapüsivatest, kergesti lagunevatest lämmastikrühmitustest. Hapniku hulk uues tselluloidis oli väiksem, tema aatomid olid tugevamini seotud.

Uut atsetüültselluloosist valmistatud plastilist materjali ei saanud enam nimetada tselluloidiks. Talle anti haruldaselt mõttetu nimetus — atsetoloid, s. t. «äädikasarnane», kuigi oleks olnud õigem uut plastmassi nimetada tselloo-niks.

Tselloon on tselluloidist kallim. Seetõttu kasutatakse odavate esemete valmistamiseks endiselt tselluloidi, kuna tselloon on määratud peamiselt kinofilmi tootmiseks.

PLASTMASSIDE TÄHTSUS

Tselluloidi ajaloos on omapärane iseärasus. Ta tekitas tulekahjusid, süttis tühisest kuumutamisest, vahel isegi plahvatas, kuid siiski kasvas tema tootmine iga aastaga.

Parandades tselluloidi kvaliteeti, otsisid teadlased aga samal ajal ka uusi plastmasse. Selleks oli sügavaid ja mitmekesiseid põhjusi.

Vanad materjalid nõuavad operatsiooniderohket töötlemist. Uued plastilised materjalid ei vaja keerukat töötlemist — see on nende esimene eelis.

Piisab metallvormi valmistamisest, et pressida selle abil kümneid tuhandeid täiesti ühesuguseid esemeid.

Plastmassidest võib esemeid mitte ainult pressida, vaid ka valada nagu metallist või puhuda nagu klaasist. Pressvormist väljuvad valmisdetailid, mis ei vaja ei lihvimist, poleerimist ega värvimist.

Metallide asendamine plastmassidega võimaldab toodete valmistamise tehnoloogilist protsessi mitte ainult lihtsustada, vaid seda ühtlasi tunduvalt kiirendada. See on ka arusaadav. On ju ainult ühe pressvormi abil võimalik valmistada 20 000—30 000 detaili. Detailid võivad olla lihtsad, nagu polt, pistik, tindipott, kuid ka väga keerukad. Praegu pressitakse ka väga suuri detaile. Üheainsa operatsiooniga valmistatakse näiteks nii lennukipropellereid kui ka autokeresid.

Vanade materjalide töötlemiseks on vaja kõrgekvaliteedilisi tööriistu — lõiketeri, puure, freese, keermepakke, keermepuure, lekaale. Igas tehases on tööriistatsehhid. Tööriistu valmistavad kõige kvalifitseeritumad töölised.

Riistade valmistamiseks on vaja ülikõvu sulameid, eriteraseid. Tööriistade kulumine on suur. Uute materjalide töötlemiseks aga pole tööriistu peaaegu vajagi — see on nende teine eelis.

Saagides palke laudadeks, tuli umbes üks kolmandik puidust ära visata — saepuru ja pindlaudu osati möödunud sajandil ainult põletada. Saematerjalide töötlemisel tisleritsehhis muutus üks neljandik võetud puidust laastudeks, saepuruks ja lõikamisjääkideks. Suur osa puidust — peaaegu pool — muutus jäätmeteks.

Kui aga puit sattus treiali või nikerdaja kätte, siis läks kaduma kolm neljandikku temast.

Parem polnud lugu ka metallidega. Vana vene muinasjutt kõneleb sepast, kes tegi rauatükist eimidagi.

Seppa paluti taguda adrahõlm. Sepp pani rauatüki ääsile, kuumutas teda ja hakkas taguma, lüües maha tagi. Rauda jäi järele vähe. Adrahõlmaks ei jätkunud. Sepp otsustas teha assipulga. Kuumutas rauda ja hakkas taguma. Tagi pudenes maha. Sepp nägi, et assipulgaks rauda ei jätku. Otsustas taguda naela. Pani raua ääsile. Jälle tekkis tagi. Ja ka naela ei saanud. Raua jäägi viskas sepp vette. Hõõguv raud hakkas susisema. «Mis sa siis tegid?» küsis tellija. «Nägid isegi — tegin adrahõlma, aga tuli välja eimidagi,» vastas sepp.

Metallikadu ulatub sepatööl 50 protsendini. Väga suur on jääkide hulk ka treimistsehhides. Neist veetakse iga päev hunnikutena välja laaste, rauapuru ja klotse.

Jäägid mitte ainult neelavad suure osa kasulikust materjalist, vaid on ka tüliks tsehhides ja tehasehoovides ning nõuavad täiendavaid kulutusi — neid tuleb ära vedada.

Plastmassid peaaegu ei anna jääke. Ja kui jääke tekibki, siis suunatakse need otsekohe tagasi tootmisse. See on plastmasside kolmas eelis.

Igasugune rauast, malmist, terasest või puidust toode vajab hoolitsemist, sest raud roostetab, puit kuivab lõhki, praguneb, kõduneb.

On arvutatud, et igal aastal hävib raudteeröövbaste, sildade terassõrestike ja teiste raudkonstruktsioonide roostetamise tõttu umbes neljandik maailma rauatoodangust. Kui 1951. aastal toodeti kogu maailmas neli miljardit tonni rauda, siis varem valmistatud raudtoodete varu vähenes sel aastal ühe miljardi tonni võrra.

Miljardid tonnid metalli muutuvad kõduks. Et kaitsta metalle korrosiooni eest, tuleb neid katta kaitsekihtidega: nikeldada, kroomida või värvida. 40 000-tonnise veeväljasurvega laeva värvimiseks on vaja mitu vagunit värvi. 1889. aastal Pariisis ehitatud Eiffeli tornile on tema olemasolu vältel kulutatud värvi suurema summa eest, kui torn ise maksab.

Uued materjalid ei karda korrosiooni — nad ei roosteta. Nad ei vaja kaitsevärvimist. Tooted väljuvad pressvormist poleeritutena ja täiesti valmitena. See on nende neljas eelis.

Mustmetallid — malm, raud, teras — on rasked. Raua erikaal on 7,7; kuupdetsimeeter rauda kaalub 7700 grammi. Kaheteljeline raudteeplatvorm kaalub niisama palju kui tema poolt veetav koorem.

Plastmassid on 5—6 korda kergemad rauast ja 2 korda kergemad alumiiniumist. See on nende viies eelis.

Vanad materjalid — luu, puit, metall ja klaas — mis olid inimesele tuntud juba kaugetel aegadel, evivad kindlaid, püsivaid ja muutumatuid omadusi. Luu on tugev ja vastupidav ega roosteta, kuid temast ei saa valmistada suuri esemeid. Ka puit on tugev, kuid ta on põlev ja vähepüsiv. Klaas on kõva ja läbipaistev, kuid habras. Raud on taotav, sitke ja tugev, kuid ta roostetab. Vask on vähem kalduv korrosioonile kui raud, kuid ta pole nii tugev.

Plastmassid ühendavad endas erinevaid omadusi. Nad

on kerged kui puit, läbipaistvad kui klaas, keemiliselt püsivad kui väärismetallid ja elastsed kui kummi.

Maagitükki kööginoaks või rattaks muutes kasutame metalli omadust sulada kõrgel temperatuuril ja tahkuda jahtumisel. Terast karastades saame tõsta tema tugevust, kuid me ei saa teda muuta plastiliseks normaalsel temperatuuril, nagu me ei saa vaske muuta läbipaistvaks või metallilt võtta soojusjuhtivust. Me ei saa väävlit muuta elektrijuhiks ega kivi pehmeks.

Plastmassid on mitte ainult universaalsed asendajad, vaid nad võimaldavad ka saada tehnilisi materjale mistahes meile vajalike omadustega. Selles ongi nende peamine eelis.

Vanade materjalide töötlemise keerukus, operatsioonide rohkus, tööriistade kallidus, hiiglasuured kaod jääkidena ning loendamatud kahjud roostetamise tõttu pidurdasid tööstuse arengut. Tööstus nõudis pakiliselt uusi materjale, mis oleksid võimaldanud lihtsustada ja odavdada töötlemist.

Tööstuse vajadusi uute materjalide järele pidi rahuldama keemia.

Just sellepärast juurdus tselluloid kiiresti tööstusse, vaatamata kõigile oma puudustele.

Just sellepärast otsisid teadlased visalt uusi plastmasse.

GALALIIT — PIIMAKIVI

Vanade kultuurrahvaste templite varemed, hauasammaste kaunistused, seinamaalid, papüürused ja manuskriptid köidavad mitte ainult arheoloogide tähelepanu. Neist on huvitatud ka ajaloolased, füüsikud, insenerid ja isegi keemikud.

On ju palju sellest, mis oli tuntud vanaaja meistritele, sajandite jooksul ununenud.

Juhtub, et ajaloo sügavusse tungides satuvad uurijad hämmastavatele leiutistele, mis olid tehtud ammu enne meie ajaarvamise algust, või avastavad kasulikke retsepte.

Minevikult võib palju õppida.

Keemikud uurisid värve, mida egiptlased kasutasid 5000 aastat tagasi, ja veendusid, et meistrid, kes maalisid templite ja hauakambrite seinu, hõõrusid värve kokku kohupiimaga. Kaseiin oli värvidele kinnitiks. Samuti leidus ühel

papüürusel viide, et egiptuse värvijad kasutasid kohupiima värvide kinnitamiseks ka kangastele.

Kohupiima kasutamine kunstilistel töödel oli vanaaja joonistajatel nähtavasti tavaline. On kindlaks tehtud, et ka vene kunstnikud kasutasid juba VIII sajandil värvide valmistamiseks kohupiimamassi.

Kui algasid uute väikeesemeteks kasutatavate materjalide otsingud, tuli keemikutele meelde ka kohupiim. See võis olla kasulik: teab ju iga perenaine, et vana kuivanud juust on kivikõva.

Esimesed katsetused kohupiima kasutamise alal kuuluvad 1885. aastasse. Praktilist rakendust see mõte siis ei leidnud. Kohupiima ei osatud veel ümber töötada, toorkaseiin aga on hea ainult seni, kuni ta on kuiv. Veega kokku puutudes ta tursub, kaotab tugevuse ja hakkab roiskuma. Oli vaja anda kaseiinile püsivus vee suhtes.

Seda tehti alles 12 aasta pärast. Üks firma, mis tootis kooliõpilastele kivitahvleid, kavatses oma konkurente jalust maha lüüa ja hakata tavaliste mustade krihvlitahvlite asemel välja laskma valgeid tahvleid pliiatsi jaoks.

Möödunud sajandil ja ka meie sajandi alguses olid vihikud veel väga kallid. Õpilased kasutasid vihikuid ainult puhasteks töödeks. Mustandid, samuti ülestähendused klassis tehti krihvliga kivitahvlile, hiljem aga kustutati kirjutatu niiske käsnaga. Selline kivist «vihik» läks isalt üle pojale, teenides sel viisil mitmeid põlvkondi.

Valged tahvlid oleksid olnud mustadest mugavamad. Firma kutsus välja keemiku ja tegi sellele korralduse leiutada materjal valgete tahvlite valmistamiseks.

Keemik nägi vaeva kaks aastat. Ta proovis paljusid erinevaid materjale, nende hulgas ka kaseiini. Firma tellimust ta aga ei täitnud — tal ei õnnestunud valmistada tahvlit, millelt oleks saanud pliiatsikirja kustutada ainult käsna abil.

Seevastu avastas teadlane oma katsete ajal meetodi kaseiinile püsivuse andmiseks vee suhtes. Selgus, et kohupiima on vaja töödelda formaliiniga — selle tulemusena muutub ta sarnaseks valge luu või kiviga ja lakkab vees tursumast.

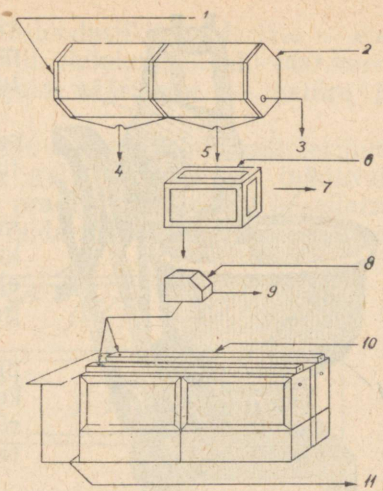
Uus aine nimetati galaliidiks, mis tähendab kreeka keeles piimakivi.

Galaliit osutus heaks materjaliks väikeesemete valmistamiseks. Ta leidis kiiresti kasutamist.

Kaseiin eraldatakse kooritud piimast, kuivatatakse ja puhastatakse hoolikalt mitmesugustest lisanditest — liivateradest ja kõrrekestest, mis vahel juhuslikult satuvad kohupiimamassi.

Kuivatatud kaseiin jahvatatakse peeneks ja sõelutakse, et eraldada liiga jämedaid ja liiga peeni osakesi. Kaseiiniterakesed peavad kindlasti olema ühesuguse suurusega, vastasel korral tursuvad nad edasisel töötlemisel ebaühtlaselt: jämedad aeglaselt, peened liiga kiiresti, mis alandab galaliidi kvaliteeti.

Peenendatud kaseiin puistatakse segajatesse, mis sarnanevad leivatehase taignasõtkumismasinatega, ja valatakse üle veega. Segajad lastakse mõneks minutiks käima, peatatakse siis ja lastakse kaseiinil tursuda.



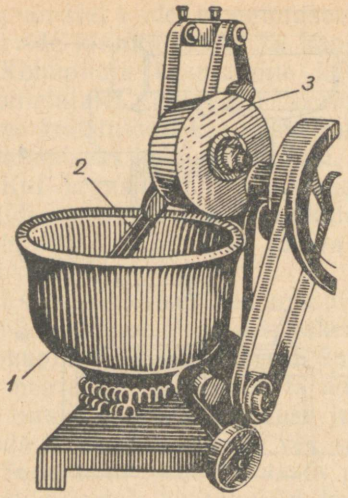
Kaseiini töötlemiseks ettevalmistamise skeem:

1 — kaseiini sisenemine; *2* — sõel; *3* — jämelisandite eemaldumine; *4* — peenlisandite eemaldumine; *5* — kaseiin sõelast; *6* — tuulamiskamber; *7* — väljatuulatud lisandid; *8* — magnetiline separaator; *9* — magneti külge tõmbunud pisiesemed; *10* — ühtlustaja; *11* — kaseiin suundub peenendusosakonda.

Veega segatud kaseiin ei ligune lihtsalt läbi nagu saepuru, vaid just tursub. Vee osakesed tungivad suurte kaseiini molekulide vahelistesse tühikutesse, lükkavad molekulid laiali ja kaseiin, kasvades mahult, muutub sültjaks massiks.

Kui kaseiin on tursunud, lisatakse talle värvaineid ja marmori- või malahhiidipuru, kriiti või teisi täiteaineid sõltuvalt sellest, missugust galaliidisorti — elevandiluu-, malahhiidi- või kilpkonnaluutaolist — tahetakse saada.

Siis lülitatakse sisse mootor. Segaja rusikad hakkavad sõtkuma kaseiinpastat. 30—40 minuti pärast peatatakse masin ja kaseiinpasta laaditakse välja. Sellest eelsegamisest aga ei jätku. Saadud mass pole täiesti ühtlane. Teda soojendatakse ja hakatakse uuesti segama, kuid juba teisel



Kaseiinisegaja:
1 — katel; *2* — segaja laba; *3* — ülekandemehhanism.

viisil — kas valtsidel või masinais, mis sarnanevad ehituselt hakkmasinatega.

Kaseiinpasta teistkordset segamist nimetatakse plastifikatsiooniks.

Pärast plastifikatsiooni meenutab kaseiinmass toorkummit. Ta on pehme ja elastne. See pole aga veel galaliit, vaid poolfabrikaat.

Kaseiinmass suunatakse pressidesse ja pressitakse kokku 100—200-atmosfäärise rõhu all umbes 100-kraadisel temperatuuril.

Pressi alt väljuvad erineva paksusega tahvlid, latid, vardad või kettad — materjal nööpide valmistamiseks.

Ja alles pärast kõiki neid operatsioone algab kõige tähtsam — kaseiinmass muudetakse galaliidiks.

Pressitud kaseiini tahvlid asetatakse võredesse, latid, vardad ja kettad kastidesse ning pistetakse formaliinivanni.

Algab meile juba tuttav parkimisprotsess. Formaliin immutab kaseiinmassi läbi. Formaldehüüdi väikesed molekulid tungivad kaseiini molekulide vahele ja ühendavad need sildadega. Moodustub monoliitne aine, milles kõik molekulid on tugevasti üksteisega seotud. Kivistunud pargitud kaseiin hoiab kõvasti kinni täiteaine osakesi. Saadud materjal sarnaneb luu või sarvega. See ongi galaliit — piimakivi.

Galaliit on 5—6 korda tugevam puidust. Ta ei jää tugevuselt maha ka paljudest metallidest (alumiinium, vask).

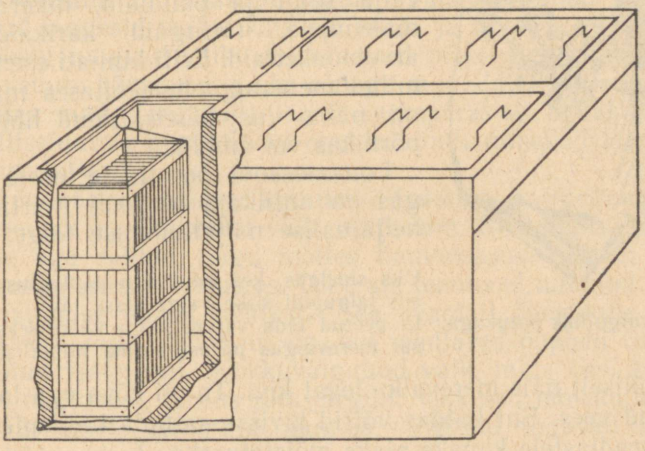
Piimakivi on mehaaniliselt hästi töödeldav. Teda on võimalik saagida, hööveldada, treida ja freesida nagu luudki.

Umbes 80-kraadisel temperatuuril või tulises vees galaliit pehmeneb. See kergendab tema töötlemist ning võimaldab galaliidist esemeid mitte ainult treida, vaid ka pressida või stantsida.

Galaliidist valmistatakse nööpe, täitesulepäid, kamme, kaelakeesid ja palju muud, peamiselt galanteriikaupu. Ta

asendab suurepäraselt kalleid looduslikke materjale — elevandiluud, merevaiku, koralli, kilpkonnaluud, marmorit, malahhiiti ja isegi mõningaid vääriskive — safiire ja ametüste.

Galaliidi tootmine on kõigis maades laialdaselt levinud. Nõukogude teadlased on galaliidi tootmist tunduvalt täiustanud. Teda toodetakse praegu mitte ainult kaseiinist, vaid ka teistest valkainetest, mida saadakse hernestest, soja-



Kaseiini parkimise vann.

ubadest ja teistest kaunviljadest. Kasutatakse ka sarvede ja sõrgade töötlemise jääke, villatakku ning puru ja laaste, mis tekivad galaliidi töötlemisel.

Viisaastakute vältel on galaliidi tootmine meie maal suurenenud kümneid kordi. Peaaegu igasse suuremasse tööstuskeskusse on ehitatud galaliiditehas.

TARDUNUD VAIGU MÕISTATUS

Kaugetest aegadest peale leitakse Balti mere lõunarannikul kerge läbipaistva helekollase mineraali — merevaigu — tükke.

Kohalikud elanikud korjavad neid pärast iga tormi, kalurid tõmbavad välja võrkudega, lapsed kaevavad välja rannaäärsest liivast.

Slaavi rahvastel, kes ammust ajast asustavad Balti mere kaldaid, oli merevaik vahetuskaubaks. Teda veeti mööda Doonaud Mustale merele ja sealt Kreekasse. Merevaigu järele purjetasid Balti merele foiniiklased.



Merevaigutükk putukaga.

Kreeka kivinikerdajad valmistasid ilusast mineraalist ehteid ja tarbeesemeid — tegid helmeid, lõikasid välja sõlgi ja pandlaid, nikerdasid malenuppe, täringuid, karikaid ja arvelauakettaid. Eriti hinnati esemeid, millel merevaigu helekollases massis oli näha ilus hästisäilinud liblikas, põrnikas või ämblik.

Lomonossovi poeetiliste teoste hulgas on antiikaja filosoofi Martialise neljarealise naljaluuletuse tõlge: [1]

Üks sipelgas, kes kord siin paplivilus käis,
siis jalgupidi sitke vaigu sisse jäi.
Ei peetud teda varem pilgu vääriliseks —
sai merevaigus pärast surma hinnaliseks.

Väliselt näis merevaik olevat kivi. Ta oli kõva ega lahustunud vees. Ent kuidas võisid kivisse sattuda liblikad? See jäi teadlastele kauaks ajaks mõistatuseks.

Juba vanaaja filosoofid (Aristoteles, Plinius) väljendasid arvamust, et merevaik on kivistunud vaik, kuid seletada, miks teda leidub mererannas, nad ei osanud.

Järgnevate sajandite lääne-euroopa teadlased pidasid teda kiviks nagu malahhiiti ja jaspistki. Nad arvasid, et merevaik tekkis väävli ühinemisel mulla- ja õliosakestega.

1763. aastal tõestas vene keemia rajaja M. V. Lomonossov, et merevaik ei ole kivi, vaid okaspuuvaik, mis on aja jooksul kivinenud. Oma töös «Maa kihtidest» kirjutas ta: «Ükski keemik pole veel väävelhappest, mingist põlevast mäemateeriast ja mullast merevaiku teinud; ebaehtsat merevaiku tehakse rohkem läbipaistvast vaigust ja tärpentinist, mis on ühendatud mõnede teiste mateeriatega.»

Lomonossov naeris välja lääne-euroopa mineraloogid, kes terve mõistuse vastaselt pidasid merevaiku kivimite hulka kuuluvaks, hoolimata paljudest temas peituvatest

[1] Сочинения Ломоносова. СПБ, 1893, стр. 338.

«väikestest putukatest, kes elutsevad metsades . . . , kes kõik nagu ühel häälel räägivad vastu sellele arvamusele ja teatavad kindlalt, et puudest voolava vedela vaigu külge kleepus kunagi selliseid putukaid ja lehti.

Pärast seda jäid nad pealt üle valatuks ja suletuks.»

Lomonossov kirjeldab, kuidas hiljem puud koos kokkuvalgunud vaiguga vajusid maa sisemusse ja vaik muutus merevaiguks.

«Metsane . . . maakoht kattus sinna valgunud merega. Puud langesid maha, kattusid muda ja liivaga . . . pika aja jooksul tungisid vaiku mineraalsed nõristused, andsid sellele suure kõvaduse ja ühe sõnaga muutsid ta merevaiguks, milles nad (putukad) said suurepärased hauakambrid, milliseid maa peal võivad omada ainult nimekad ja rikkad inimesed.»

Tänapäeva teadlased kinnitasid Lomonossovi arvamust — merevaik on tõepoolest vaik, mitte kivi. Kivistumise põhjus pole aga selline, nagu mõtles Lomonossov. Asi ei seisa mineraalsetes nõristustes. Tolle aja teadus ei tundnud vaigu kivistumise tõelist põhjust. See avastati keemikute poolt peaaegu sada aastat hiljem, kui teadlased õppisid tundma polümerisatsiooni. Kokkuvalgunud vaik, mida vesi kaitses õhu mõju eest, tardus järk-järgult: väikesed molekulid ühinesid, ainete struktuur muutus, tekkisid tugevad kõrgemolekulaarsed ehitised.

Vanaaja inimesed tundsid ka teisi merevaiguga sarnanevaid vaike — kopaali ja dammarat. Need vaigud ei olnud nii püsivad kui merevaik: nad lahustusid õlides ja piirituses, mistõttu neid kasutati lakeerimiseks ja värvide kinnitamiseks.

Üheks iidsemaks vaiguks loetakse šellakit, mis oli tuntud hindudele ja hiinlastele mitu tuhat aastat enne meie ajaarvamist. On olemas hindu legend, mis seletab selle vaigu nimetuse päritolu.

Iga tema tükike moodustub puud vigastavate putukate paljudest (sajast tuhandest) pistetest. Sada tuhat on hindu keeles «lakka». Siit tekkisid sõnad «šellak» ja «lakk».

Troopiliste taimede vaikusid on hinnatud kõikidel aegadel, eriti aga antiikmaailmas. Nad ei lahustunud vees, nende lahused õlis või piirituses aga moodustasid kuivades esemete pinnal tugeva, läbipaistva ja läikiva lakikelme. Vaikude imelised omadused äratasid nii antiikmaailma kui ka keskaja teadlaste tähelepanu.

Juba vanal ajal jaotasid teadlased kõik looduslikud kehad tahketeks — kivid, metallid, vedelateks — vesi, piiritus, ja gaasilisteks — õhk. Vaigud aga ei sobinud ühtegi nendest klassidest.

Väliselt sarnaneb hangunud vaik tahke ainega. Kompamisel tundub ta kõvana. Löögist lendab vaigutükk kildudeks. See osutab tema haprusele.

Sedamööda, kuidas arenes teadus ja süvenesid meie teadmised ainest, tulid teadlased järeldusele, et haprus ja kõvadus ei ole tahke aine ainukesed ja peamised tunnused. Tõelisel tahkel ainel on kristalliline ehitus ja ta sulab ainult kindlal temperatuuril.[1] Tinatükk näiteks säilitab tulisel pliidil oma kuju seni, kuni ta kuumeneb 231 kraadini. Niipea kui temperatuur ületab sulamistäpi, sulab tinatükk silmapilkselt.

Vaigud ei ole sellised. Mitte mingisuguste meetoditega ei õnnestu kindlaks teha nende kristallilist ehitust. Neil pole ka sulamistäppi. Kuumutamisel pehmenevad nad järkjärgult, muutuvad järeleandlikeks survele ning plastilisteks ja lähevad pikkamööda ning märkamatult üle vedelasse olekusse. Samasugused omadused on klaasil ja teistel temaga sarnanevatel ainetel. Neid hakati erinevalt tõelistest tahketest kehadest nimetama tahkeiks vedelikeks. Nad võtavad enda alla vahepealse asendi tõeliste tahkete ainete ja tõeliste vedelike vahel.

Tahkete vedelike — vaikude — plastilised omadused äratasid leidurite tähelepanu. Puhtal kujul aga ei kõlvanud looduslikud vaigud mingisuguste esemete valmistamiseks — külma käes muutusid nad hapraks nagu klaas, soojas aga sulasid nagu või.

Mõningad troopiliste puude vaigud, nagu näiteks šellak, leidsid kasutamist materjalina väikeesemete valmistamiseks. Temast hakati tegema grammofoniplaate, kuid šellak nagu merevaikki on liiga kallis.

Mitmete maade teadlased püüdsid leida kunstlikke aineid, millel oleksid looduslike vaikude omadused. Tehti palju mitmesuguseid katsetusi, kuid ühtki nendest ei krooninud

[1] On siiski olemas ka tahkeid aineid, mis omavad laialdast tahkest olekust vedelasse olekusse ülemineku piirkonda. Nii on näiteks raud teatud temperatuurivahemikus plastilises olekus.

edu. Alles 1904. aastal sai vene teadlane A. M. Nastjukov kunstlikku vaiku, kuumutades aromaatsete ainete, formaldehüüdi (formaliini) ja katalüsaatorina esineva väävelhappe segu. Ta nimetas selle formaliidiks (formaliinkiviks). Esimest korda tekkis teadlase kolvis vees lahustunud ebameeldiva terava lõhnaga gaasist — formaldehüüdist — kunstlik vaik. Nagu looduslik vaikki kujutas ta endast kõva, tavalisel temperatuuril enam-vähem habrast ainet. Uus vaik oli vees lahustumatu, kuid lahustus piirituses, atsetoonis ja mõnes teises orgaanilises vedelikus.

Nastjukovi leiutis ei leidnud kohe kasutamist. Tsaari-Venemaal oli keemiatööstus üks kõige mahajäänumaid tööstusharusid. Hiiglasuure maa territooriumil oli ainult paarkümmend tehast, mis tootsid peamiselt väävelhapet, leelisi ja fosforväetisi. Ravimeid, värvaineid ja mitmesuguseid keemilisi reaktiive veeti sisse välismaalt.

Tsaari-Venemaa astus kapitalistliku arenemise teele teistest maadest hiljem. Ta oli majanduslikult maha jäänud agraarmaa ja vene teadlaste suurepärased avastused ei saanud leida praktilist rakendamist.

A. M. Nastjukovi leiutis, samuti nagu Šuhhovi poolt avastatud naftakrakkimine, Zinini aniliin, Lodõgini elektrilamp ja paljud teised leiutised, omandati esmalt välismaal, alles sealt aga saabus meile. Kaheksa aasta pärast hakati Venemaale vedama formaliidist esemeid bakeliitesemete nime all. Alles siis huvitusid temast vene töösturid.

Selleks ajaks oli Venemaal valmis ehitatud esimene koksikeemiatehas.

Selle tekkimislugu sarnaneb anekdoodiga ja iseloomustab hästi vene tööstuse arengutaset 50 aastat tagasi.

Tolle aja metallurgiatehaseis heideti tuulde kõige väärtuslikumaid aineid ning keegi ei arvanud, et neid saab kasutada.

Koksikeemiatehase tekkimislugu on järgmine.

Ükskord möödunud sajandi lõpul saabus ühte suuremasse Donbassi metallurgiatehasesse tellija. Ta tutvus hoolikalt tootmisega, eriti aga huvitus koksiahjudest. Saabunu vaatles kaua kokspatareidest välja paiskuva lämmatava suitsu punakaskollaseid tihedaid pilvi.

Lõpetanud tehase vaatlemise, suundus külaline kontorisse. Tehase omanik võttis välja prospektid ja esitas talle suure valiku erinevate mõõtmetega rööpaid ja talasid.

Külaline aga selgitas viisakalt, et ta kavatseb omandada

midagi hoopis muud. Ta tahtis ära osta tehase suitsu 20 aastaks ette. Saabunu ebatavaline ettepanek hämmastas tehase omanikku. Ta ei teadnud selle mittekaalutava kauba hinda, ei teadnud, millise mõõduga suitsu hulka määrata! Lõpuks siiski müüdi suits visale ostjale.

Mõne kuu jooksul kasvas koksiahjude lähedale koksikeemiatehas. Selles tehases toodeti suitsust valgustusgaasi, ammoniaaki, vesinikku, karbolhapet (fenooli) ja paljusid teisi väärtuslikke aineid. Koksitõrvast saadi fenooli, fenool aga oli plastmasside — formaliidi, bakeliidi — tootmise aluseks. Nii omandas Venemaa oma toorainebaasi plastmasside tootmiseks.

A. M. Nastjukovi töid jätkasid J. I. Orlov, G. S. Petrov ja teised vene teadlased.

1914. aastal ehitati Orehhevo-Zujevos, väikeses Moskva ligidal asuvas linnas Kljazma jõel, väike tehas, õigemini käsitööstuslik töökoda, milles professor G. S. Petrovi meetodi järgi hakati tootma fenool-formaldehüüdvaiku — karboliiti (karbolkivi).

Alles pärast Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni leidis vene keemiku suurepärane leiutis laialdase tööstusliku rakenduse. Praegu on Nõukogude Liidus kümneid tehaseid, mis valmistavad formaliiti ja karboliiti.

ÜHE VAIGU METAMORFOOSID

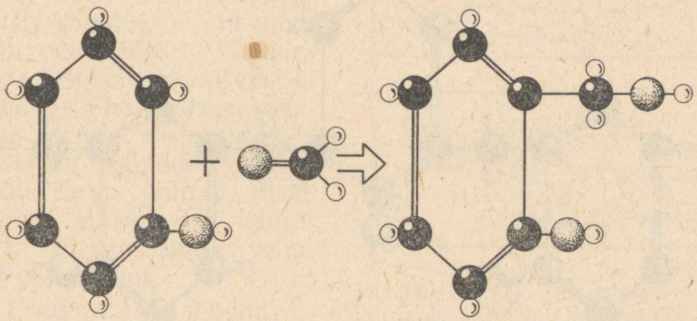
Fenool-formaldehüüdvaigust esemete valmistamisel toimuvad omapärased ja hämmastavad keemilised reaktsioonid. Nagu vanaaja teatri näitleja muutis etenduse ajal mitu korda ümber riietudes oma välimust, nii ka kunstlik vaik vahetab töötlemisprotsessis kolm korda oma kuju.

Algul segatakse fenooli formaliiniga — saadakse vedelik, mis on läbipaistev nagu vesi. Seda vedelikku keedetakse. Fenooli ja formaldehüüdi vahel toimub keemiline reaktsioon. Fenooli molekulid ühinevad energiliselt formaldehüüdi molekulidega. Seejuures eralduvad vee molekulid, s. t. kahest ainest saadakse mitte üks uus aine nagu tavalise ühinemisreaktsiooni puhul, vaid kaks: üks põhiline, teine kõrvaline — vesi. Reaktsiooni, milles kaks ainet koonduvad üheks ning seejuures eralduvad kõrvalprodukdid, nimetatakse kondensatsioonireaktsiooniks.

Fenooli formaldehüüdiga kondenseerimise tulemusena

saadakse uus aine. Seda nimetatakse r e s o o l i k s ehk vaiguks A. See vaik koguneb helekollase massina katla põhja, kuna tema peale selgib vesi. Vesi kõrvaldatakse pumba abil, resool aga kuivatatakse.

Tardunud resool on kõva nagu kampol ja niisama habras. Ta lahustub hästi piirituses ja atsetoonis, kuumutamisel aga sulab. Kuid kuumutamine ei möödu resoolist jäljetult. Soojuse mõjul toimub temaga hämmastav metamorfoos. Habras ja kõva mass pehmeneb, muutub painduvaks ja elastseks. Ta hakkab venima nagu kummi. See

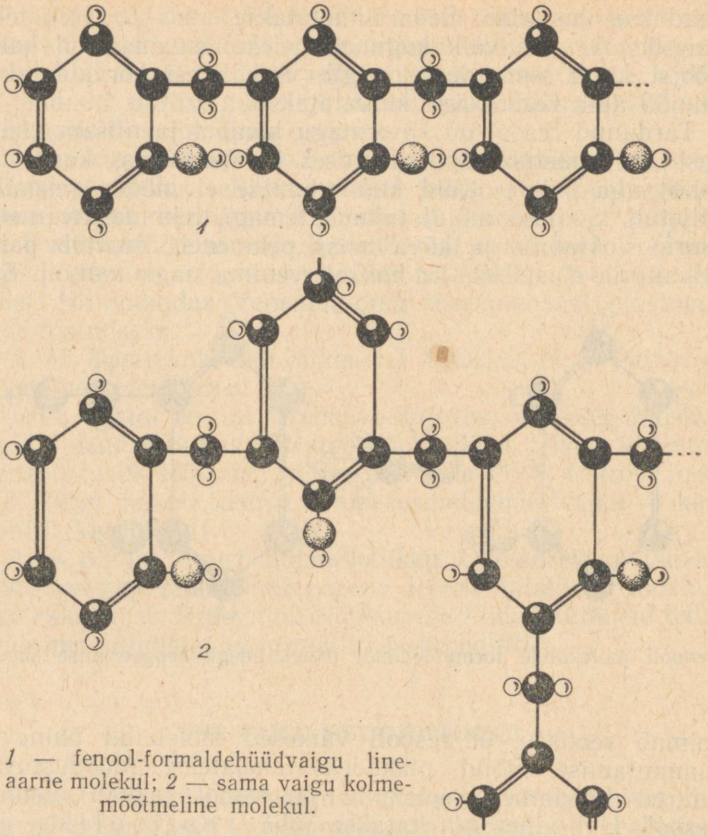


Fenooli molekulide formaldehüüdi molekulidega reageerimise skeem.

toimub seetõttu, et resooli väikesed molekulid ühinevad kuumutamise mõjul pikkadeks ahelateks. Moodustuvad suured lineaarsed molekulid ja resool lakkab olemast resool. Uut ainet nimetatakse juba r e s i t o o l i k s ehk vaiguks B.

Resitool tardub jahutamisel nagu resoolgi, kuid tema omadused on teistsugused. Asjatu on püüda lahustada resitooli — ta on kaotanud lahustumisvõime. Tema molekulid on nii pikad, et nad on peaaegu kaotanud liikuvuse. Lahusti molekulidel nagu ei jätkuks jõudu nende üksteisest eemaldamiseks. Resitool ainult tursub lahustite toimel.

Kuid ka resitoolile ei möödu teistkordne kuumutamine tagajärgedeta. Temas toimub uus muutus. Resitooli niidikujulised molekulid seostuvad omavahel sildadega. Üksikutest molekulidest moodustub ühtlane molekulehitis, mis meenutab võrejat kandekaart rohkearvuliste piki-, põik- ja kaldsuunaliste liidete, sõlmede ja kinnitustega. Resitool



1 — fenool-formaldehüüdvaigu lineaarne molekul; *2* — sama vaigu kolmemõõtmeline molekul.

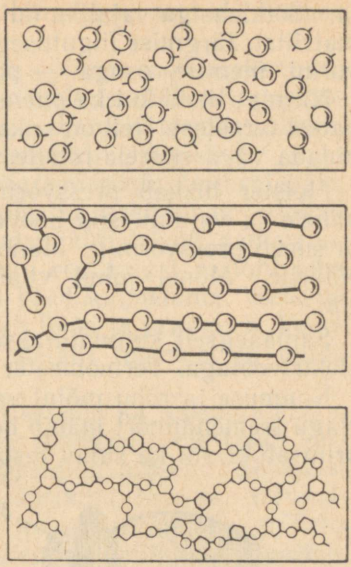
lakkab olemast resitool — ta muutub r e s i i d i k s ehk vaiguks C.

Vaiguks nimetatakse uut ainet üksnes sellepärast, et ta on «vaigulise» päritoluga. Resiidil ei ole enam vaike iseloomustavaid omadusi. Ta ei sula ega pehmene soojuse mõjul. Ta ei lahustu piirituses, atsetoonis ega teistes orgaanilistes lahustites. Ta on peaaegu niisama kõva kui malm, ei juhi elektrivoolu nagu portselan, ei karda happeid ega aluseid ja on ebatundlik atmosfääri mõjude suhtes.

Tavaliselt nimetatakse resiiti plastmassiks, kuid ka see nimetus on talle jäänud nii-öelda pärandina resoolilt ja resitoolilt. Resiit ei ole plastiline. Ta on kõva materjal.

Keemikud lõid tähelepanuväärse aine, mis on alguses järeleandlik survele ja plastiline nagu vaha ning lahustub piirituses nagu suhkur vees, siis aga muutub kõvaks, lahustumatuks ja püsivaks.

On avastatud ka selle aine nõiduslike muundumiste saladus — ta muudab oma ehitust. Tundes seda resooli-resitooli-resiidi omadust, pole raske kasutada tema metamorfoose tööstuse vajadusteks, samuti nagu polnud raske pärast aurumasina leiutamist ehitada esimest vedurit või aurikut.



Monomeeri (*1*) ja polümeeri — lineaarse (*2*) ja kolmemõõtmelise (*3*) — molekulide skeem.

Fenool-formaldehüüdvaigu ehk, nagu teda lühidalt nimetatakse, fenoplasti omadus muunduda lahustuvast ja sulavast resoolist lahustumatuks ja mittesulavaks resiidiks võimaldab temast valada ja pressida mitmesuguseid tooteid — telefoniaparaatide korpusi, telefonitorusid, pistikuid, lüliteid ja tuhandeid teisi esemeid.

HALLI PULBRI MUUNDUMINE

Tehases peenestatakse plastmass resool kuul- või mõnes muus veskis peeneks pulbriks ja segatakse jahvatatud saepuruga. Sellele segule lisatakse värvainet — nõge või mingeid teisi värve — ja pehmendajaid — steariinitaolisi aineid. Saadakse ilmetu välimusega tuhasarnane peen pulber.

Selle pulbri edasised muundumised meenutavad nõidust. Kui plastmasside tehasesse satuks möödunud sajandi tehnoloog, siis peaks ta kaasaja töölist nõiaks, kes muudab hallika pulbri ühe käeliigutusega valmisesemeteks.

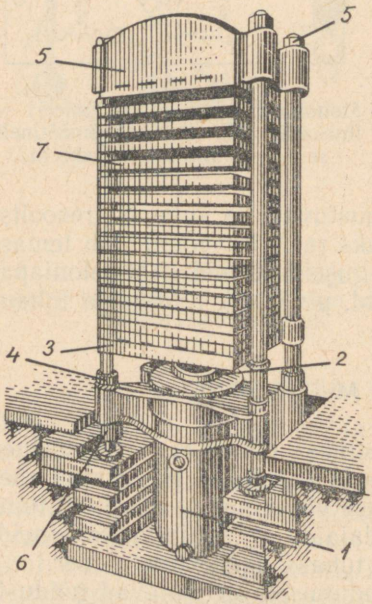
Tööline asetab terasvormi — matriitsi — süvendisse tulevase telefonitoru ühendusjuhtmed ja metallosad. Siis võtab

ta mõõtklaasiga vajaliku hulga presspulbrit ja puistab selle matriitsi. Järgmise liigutusega suleb meister matriitsi pressvormi ülemise osaga — puansooniga — nagu kaanega. Nii matriitsid kui ka puansoonid valmistatakse eriti tugevatest terastest. Neil on paksud seinad, sest neil tuleb vastu pidada väga suurele rõhule.

Meister lükkab pressvormi hüdraulilise pressi plaatide vahele ja vajutab siis hoovale. Ülemine plaat laskub alla ja surub pressvormile. Manomeetri osuti ligineb 150 atmosfäärile. Mõnel juhul viiakse rõhk kuni 350 atmosfäärini.

Samaaegselt kuumutatakse pressvormi tulise auruga või elektrivooluga. Termomeeter näitab 150 kraadi.

Kuumuse ja rõhu mõjul vaik A ja pehmendajad sulavad. Nagu tsemendimört mähib betoonis endasse iga liivatera ja kruusatüki, nii ka sulav resool haarab oma embusse puidujahu ja nõe osakesed. Stearriin — pehmendaja — mängib seejuures määrdeaine osa. Veeredes nagu kerakesed, aitavad tema molekulid kasvavatel resooli-resiidi molekulidel tungida kõikidesse tühikutesse ja moodustada pehme plastilise pasta.



Mitmekorruseline hüdrauliline press:
1 — silinder; *2* — kolb; *3* — alusplaat; *4* — alus; *5* — päis; *6* — mutrid; *7* — vaheplaadid.

Pasta täidab kõik vormi süvendid ning katab matriitsi paigutatud metalldetailid. Samaaegselt muutub vaik A vaiguks B, mis läheb kohe üle vaiguks C.

Tänu katalüsaatorite-kiirendajate toimele kestab kogu protsess ainult 2—3 minutit. Pressi plaadid nihkuvad laiali. Tööline tõukab pressvormi välja, eemaldab puansooni ja tõstab matriitsist välja musta, läikiva, täiesti valmis telefonitoru korpuse. Jääb ainult torule kinnitada

elektromagnetid, ühendada ta juhtmetega, asetada kohale membraan ja toru on valmis.

Tänapäeval kasutatakse paljude esemete tootmiseks mitte presspulbrit, vaid tablette, mis on valmistatud sellest pulbrist. Neid tablette kuumutatakse eelnevalt termostaatides. See lihtsustab ja kiirendab esemete valmistamist.

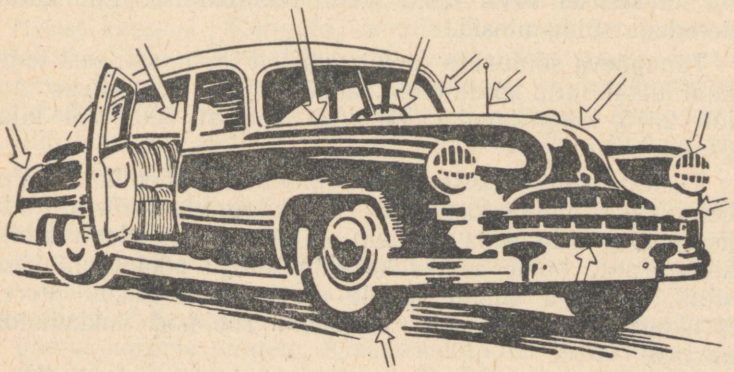
Presspulbritest tehakse habemeajamisriistu, täitesulepäid, laualampe ja tindipotte. Fenoplastid asendavad edukalt värvilisi metalle ja puitu. Paljudel juhtudel on nad vanadest materjalidest paremad. Auto rooliratast ei tohi teha metallist — autojuhil hakkavad käed külmetama. Seda ei tohi teha ka puidust — see kuivab lõhki ja praguneb. Fenoplastidest rool ühendab endas metalli tugevust ja puidu halba soojusjuhtivust.

Puidujahu asemel võib resooli segada ka teiste ainetega.

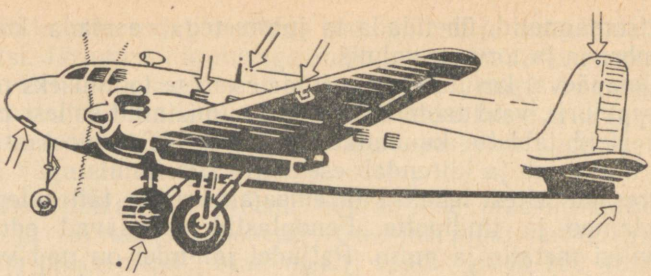
Asbestkiuga annab presspulber materjali, mis talub kõrget temperatuuri ega karda happeid ja aluseid. Selliseist pulbreist valmistatakse torusid, äärikuid, kraane, torukolmikuid ja teisi keemiatööstuse aparatuuri detaile, milleks varem kasutati rasket ja võrdlemisi defitsiitset seatina. Asbestresoolist valmistatakse ka pistikuid, harukahvleid, lambipesi ja tuhatoose.

Kui materjalilt nõutakse suurt mehaanilist tugevust, siis kasutatakse pikakiulist asbesti.

Sellest pulbrist valmistatud tooted sarnanevad raudbetoonist ehitistega. Nagu raudarmatuur läbivad asbestikiud erinevates suundades plastmassi ja teevad selle eriti vastupidavaks.



Plastilistest materjalidest autodetailid.



Plastilistest materjalidest lennukidetailid.

Väga omapärane materjal saadakse siis, kui täiteainena kasutatakse riiet. Riiet immutatakse vaigu lahusega piirituses, kuivatatakse siis ja lõigatakse tükkideks. Riidetükkide virn asetatakse pressi alla. Pressimisel suurendatakse rõhku järk-järgult 50 atmosfäärist 200 atmosfäärini. Saadakse materjal, mida nimetatakse tekstoliidiks (tekstiilkiviks). Tugevuselt ei jää ta maha malmist, kuid on sellest viis korda kergem. Tekstoliidist tehakse hammasrattaid, laagreid, mootor- ja sõudepaatide ning jahtide keresid. Tekstoliidist paat on peaaegu 2,5 korda kergem puupaadist. Ta ei vaja tõrvamist, ei kuiva lõhki ega kõdune.

Tekstoliidist valmistatakse kokkupandavate majade seinu. Samast massist tehakse laagreid võimsatele valtspinkidele. Tekstoliittahvlid on nagu metalltahvlidki hästi needitavad; neid saab ka mitmes suunas painutada. Lähemas tulevikus on kavatsusel välja lasta üleni plastmassist valmistatud keredega sõiduautosid.

Tänapäeva sõiduauto veab peamiselt iseennast, sest tema kaal ületab mitu korda tema kandejõu. ZIS-110 näiteks kaalub 2575 kilogrammi, aga veab kõigest 500—600 kilogrammi.

Plastmasside kasutamine võimaldab vähendada «Pobeda»-tüüpi autode kaalu 400—500 kilogrammi võrra. Mida kergem on auto, seda väiksem on kütusekulu. Plastmassist kerega auto hoiab aastas kokku peaaegu pool tonni bensiini. See aga annab autode arvu pideva kasvu juures Nõukogude Liidus sadu miljoneid rublasid kokkuhoidu aastas.

Riide asemel võib vaiguga immutada ka paberit. Võetakse paberirull ja keritakse lahti, juhtides paberilindi läbi

renni, mis on täidetud vaigu lahusega piiritüses. Vaiklakiga immutatud paber juhitakse läbi kuivati. Kuivatis lahusti aurustub ja paberile jääb õhuke vaigukiht. Pärast kuivatamist lõigatakse paberikangas vajaliku suurusega lehtedeks ja need asetatakse üksteise peale virna. Pressimine toimub võimsa pressi metallplaatide vahel 150-atmosfäärisel rõhul ja 130-kraadisel temperatuuril. Et soojus läbiks virnade kogu paksust, hoitakse neid pressi all 4—5 tundi. Pärast polümerisatsiooni toimumist ja materjali kõvastumist jahutatakse pressi plaate külma veega. Saadakse kihiline materjal — hetinaks ehk bumoliit — paberkivi.

Hetinaksi kasutati varem eranditult elektriisolatsioonimaterjalina. Tänapäeval stantsitakse temast telefoni- ja raadioaparatuuri, transformaatorite ja muude seadiste mitmesuguseid detaile.

Hiljuti saadi uus kihiline plastmass, mis on väga püsiv soojuse suhtes ja omab suurt mehaanilist tugevust. Ta on kolm korda tugevam hetinaksist ja tekstoliidist. Teda valmistatakse klaaskangast ja nimetatakse klaastekstoliidiks.

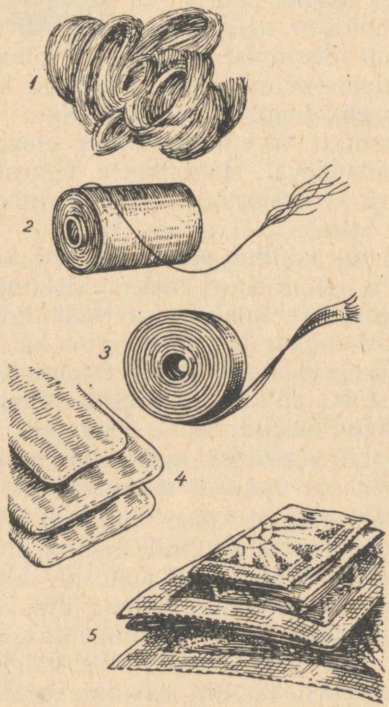
NSV Liidu Kergetööstuse Ministeeriumi Klaaskiu Kesklaboratooriumi töötajad Stalini preemia laureaadid tehniliste teaduste kandidaadid M. G. Tšernjak, S. I. Joffe ja meister S. N. Beljajev töötasid välja ülipeene klaasniidi valmistamise meetodi ja muutsid sellega klaasi põhiomadusi.

Teadlased tõestasid, et klaas võib olla ka mittehabras. Kui temast venitada niite, mille läbimõõtu mõõdetakse tuhandikes millimeetrites, siis saab ta uued omadused. Ämblikuniidi jämedused klaaskiud on painduvad ja elastsed. Nad on hästi kedratavad. Neist valmistatakse kedrust, kedrusest kangast. Kangaid immutatakse vaiguga ja pressitakse. Saadud klaastekstoliiti kasutatakse terase asendajana. Temast valmistatakse masinate ja mehhanismide detaile, millelt nõutakse kõrgendatud tugevust. Klaastekstoliidist tehakse näiteks rullikud, mida mööda veerevad metroo liikuvate treppide astmed.

Klaastekstoliit on väga püsiv soojuse suhtes. Tänapäeva elektrimasinate ja -aparaatide võimsuse suurenemine viis nende masinate töötemperatuuri tõusmisele. Kummi, mida varem kasutati isolatsioonimaterjalina, ei talu tugevat kuumenemist. Kummiisolatsioon sulab, söestub ega suuda vastu panna kõrgele pingele. Klaastekstoliidist isolatsioon asendab edukalt kummiisolatsiooni. Ta talub kuumenemist kuni 250 kraadini.

Samuti nagu paberit ja riiet immutatakse resooli lahusega piirituses ka õhukesi puittahvleid — niinimetatud ühekihilist vineeri. Vaiguga immutatud ühekihilise vineeri plaadid pressitakse kokku. Saadakse kihilised puitplaadid — lignofool, faneriit.

Puitplastmassid on odavad ja vastupidavad. Neist val-



Klaaslõngast tooted:
1 — klaasvatt; *2* — klaaslõng; *3* — isolatsioonipael; *4* — filtrid; *5* — riidekangad.

mistatakse paneele seinte katmiseks, uksi, laudade katteplaate, vaheseinu, lennukipropellereid ja laagrikausse. Selliste kaussidega laagrid ei vaja õliga määrimist — neid määritakse veega. Õli asendamine veega vähendab hõõrdumist 6—8 korda. Lignofoolkausid ei jää vastupidavuselt maha pronkskaussidest ja on nendest viis korda kergemad. Kuid puidul on üks puudus: ta paneb hästi vastu survele ja

tõmbele, kui jõud on suunatud piki kiudu, aga halvasti, kui jõud on rakendatud risti kiudu. Seepärast pannakse vaiguga immutatud vineerikihid üksteise peale vaheldumisi — piki ja risti. Vahel asetatakse vineerikihid tugevuse tõstmiseks nii, et puidukiud asetseksid igas järgnevas kihis eelnevate suhtes 30—60-kraadise nurga all.

Kõrgendatud tugevusega kihilisest puitmaterjalist valmistatakse hammasrattaid, plokke ja katusesõrestikke.

Kihilisi plastmasse pressitakse mitmekorruselistes hüdraulilistes pressides. Erinevalt tavalistest pressidest on neis kahe metallplaadi asemel 15—20 plaati.

Rõhk tõstetakse järk-järgult 200 atmosfäärini ja temperatuur 165 kraadini. Mida paksem on kihilise plastmassi plaat, seda kauem hoitakse teda pressi all.

Kokkupressitud tahvleid jahutatakse pressist välja võtmata ja rõhku alandamata. Puidus ja vaigus on lenduvaid aineid ja vett. Kui võtta tahvlid pressist välja kuumalt, siis võivad tekkida mullid ja praod.

Viimasel ajal on fenool-formaldehüüdvaike hakatud laialdaselt kasutama ka puhtas olekus, s. t. ilma mingisuguste täiteaineteta. Puhas valatud resiit on täiesti läbipaistev, kollase värvusega ja merevaigu läikega. Teda saab puurida, freesida ja saagida. Resiidist valmistatakse juveliiritooteid — käevõrusid, sõlgi, kaelakeesid, mis imiteerivad looduslikku merevaiku. Valatavate vaikude koostisse võib viia mitmesuguseid värvaineid ja saada erinevate värvitoonidega esemeid.

Nõukogude plastmassitehased lasevad välja elevandiluud meenutavat valatavat vaiku neoleukoriiti.

Tohutut mitmekesisust pakuvad meile fenool-formaldehüüdvaigud. Muutes täiteainete koostist, fenooli ja formaldehüüdi vahekorda, asendades fenoole kresoolidega või teiste ühenditega, valides teistsuguseid katalüsaatoreid, saame mitmesuguste omadustega vaikusid. Need vaigud on laialdaselt juurdunud kõigisse tööstusharudesse. Nad omavad plastmasside tööstuses juhtivat kohta, sest neil on tähelepanuväärsed omadused ja neid valmistatakse väga odavast toorainest. Tõepoolest, formaldehüüdi toodetakse puupiiritusest või sünteesitakse vingugaasist ja vesinikust, s. o. söest ja veest. Fenooli aga saadakse koksi tootmise jääkidest — suitsust! Süsi, vesi ja suits — mis võiks olla veel odavam?

Tripleksist autoklaasid, mille üle leidurid olid nii uhked, ei täitnud neile pandud lootusi. Kaks-kolm aastat on nad korras, kuid siis muutub purunematu klaas järk-järgult kollaseks ja häguseks. Tema pinnale ilmuvad roostekarva plekid ja mustrid. Klaas kaotab läbipaistvuse, kihistub ja vajab asendamist. Selgus, et selles on süüdi tselluloid, mis laguneb päikesekiirte mõjul.

Tarbijad, kes oskasid hinnata purunematu klaasi eeliseid, nõudsid tungivalt klaasi, mis ei puruneks, kuid jääks samal ajal alatiselt läbipaistvaks.

Leidurid hakkasid otsima klaasi ja tripleksi asendajat. Neil aastail teati uutest materjalidest juba palju. Keemikud olid õppinud resoolist saama läbipaistvaid merevaikkollaseid valatud esemeid. Värvituid plaate aga ei õnnestunud resoolist valmistada.

Saadud kogemused näitasid, et purunematut klaasi võib leida ainult plastmasside hulgast.

Teadlased otsustasid muuta kunstvaigu keemilist koostist, kasutades formaldehüüdi ja fenooli asemel mingisuguseid teisi aineid.

Formaldehüüdi prooviti asendada teiste aldehüüdidega. Aldehüüdideks nimetatakse keemias ühendeid, mille koostises on ühest süsinikuaatomist, ühest vesinikuaatomist ja ühest hapnikuaatomist koosnev rühmitus.

Aldehüüdid on kunstvaikude valmistamiseks sobivad seetõttu, et nende molekulides on süsinik ja hapnik omavahel seotud kaksiksidemega.

Fenooli asemel võeti kresooli, karbamiidi ja teisi aineid, kuid kaua ei õnnestunud saada värvitut ja läbipaistvat massi. Alles 1921. aastal leiti praktiliselt kõlblik meetod klaasisarnase materjali valmistamiseks karbamiidvaigust.

See leiutis tehti üheaegselt kahe (austria ja saksa) keemiafirma laboratooriumides.

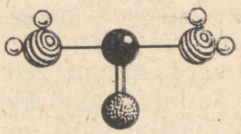
Firmade vahel tekkis tüli prioriteedi suhtes. Algas kohtuprotsess. Asi venis mitu aastat. Protsessivad pooled kulutasid kohtuprotsessile üle miljoni marga. See näitab, kui suurt tähtsust tol ajal omistati läbipaistvatele plastmassidele.

Nimetus «karbamiidvaik» osutab selle aine keemilisele koostisele.

Sõna «karbamiid» on moodustatud ladinakeelsest sõnast «carbo» — süsi ja keemiaalasest terminist «amiid». Amiididdeks nimetatakse ühendeid, milledesse kuulub ühest lämmastikuaatomist, ühest süsinikuaatomist, ühest hapnikuaatomist ja kahest vesinikuaatomist koosnev rühmitus.

Karbamiid (kusiaine) on suhteliselt odav produkt. Tema saamine on lihtne.

Vedel ammoniaak pumbatakse autoklaavi. Sinnasamasse surutakse võimsa kompressoriga süsihappegaasi. Keemiline reaktsioon toimub 200-atmosfäärisel rõhul ja 160—170-kraadisel temperatuuril. Kaks ammoniaagi molekuli ühinevad ühe süsihappegaasi molekuliga. Seejuures eraldub üks vee molekul. Tekivad karbamiidi suured valged kristallid. Karbamiidi molekul koosneb ühest süsinikuaatomist, kahest lämmastikuaatomist, neljast vesinikuaatomist ja ühest hapnikuaatomist.



Karbamiidi molekuli mudel.

Karbamiid võib nagu fenoolgi astuda formaldehüüdiga kondensatsioonireaktsiooni. Seejuures tekivad vaigutaolised produktid, mida nimetatakse amiinoplastideks.

Keemiatööstuse uudistoode leidis endale ootamatu kasutusala. Leidurid ei osanud arvatagi, et läbipaistvad plastmassid suudavad edukalt võistelda selliste vanade, harilike ja kvaliteetsete materjalidega, nagu portselan, fajanss, kristall ja klaas.

Kuid kapitalistlikes maades leidsid läbipaistvad plastmassid suurimat kasutamist just toidunõude tootmises. Nende edu saladus peitub kapitalistlike maade kaasaegsete mitmemiljonilise elanikkonnaga hiigellinnade elutingimustes.

New York näiteks on linn ilma roheluseta. Väikesed kidurad aiakesed on surutud hoonete kivimürakate vahele ning on lukustatud, nende võtmed aga on antud mõningatele kõige jõukamatele inimestele, kes viivad sinna jalutama oma lapsi või koeri. Linna kogu ülejäänud elanikkonnal puudub täielikult aias viibimise võimalus.

Londonis on rohelust rohkem, kuid London on kuulus

õhu erakordse reostatuse poolest. Tuhanded vabrikukorstnad paiskavad välja tohutul hulgal suitsu ja tahma. Isegi pühapäevadel, kui enamik ettevõtteist ei tööta, langeb Londoni pinna igale ruutmeetrile kuni kilogramm suitsu- ja tuhaosakesi.

Kapitalistlike linnade mürgistatud õhk sunnib inimesi püüdma linnast välja pääseda, et kas või pühapäevalgi viia oma lapsed linna äärde — lähemale rohelusele.

Iga pühapäeva-väljasõit jätab inglise perekonna väga piiratud ja kokkusurutud eelarvesse tunduva augu. Eriti pahameelt tekitav oli toidunõude vältimatu purunemine. Ka kõige hoolikamal käsitsemisel purunevad klaas- ja portselannõud sageli. Nad on haprad, ei kannata transporti ja lähevad katki tulise vee mõjul.

Amiinoplastidest nõud on odavad ja vastupidavad. Nad ei karda kuuma vett ega purune mahakukkumisel.

Tarbijad hindasid uue materjali mugavust. Nõudmine amiinoplastidest nõude järele kasvas kiiresti. Nõude valmistamine sai selle materjali peamiseks kasutusalaks. Purunematute autoklaaside valmistamiseks aga hakati kasutama teisi läbipaistvaid plastmasse.

Nõukogude meetod kõrgekvaliteediliste amiinoplastide saamiseks töötati välja 1937. aastal rühma Leningradi keemikute poolt Leningradi Tehnoloogilise Instituudi professori A. A. Vanšteidti juhtimisel.

Emailitud raudkatlasse valatakse formaliini ja soojendatakse seda 30—35 kraadini. Siis lisatakse lahusele veidi urotropiini. Urotropiini avastas Butlerov 1860. aastal. Amiinoplastide tootmisel on ta katalüsaatoriks.

Urotropiini järel puistatakse katlasse karbamiidi. Et karbamiidi kristallid kiiremini lahustuks, segatakse vedelikku. Lahustudes karbamiid alandab temperatuuri. Seepärast juhitakse läbi katla särgi tulist vett ja hoitakse katlas temperatuur 30—35 kraadi piirides. Kui kogu katlas olev karbamiid on lahustunud, lisatakse veidi oblikhapet. See on teiseks katalüsaatoriks. Lahust segatakse jälle 20—30 minuti jooksul.

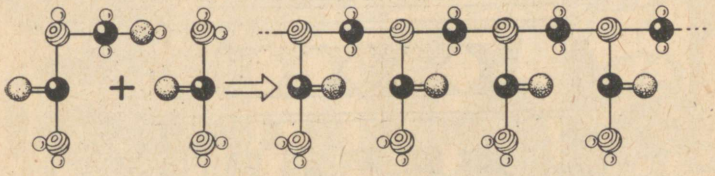
Sel ajal liidavad mõned karbamiidi molekulid endaga ühe formaldehüüdi molekuli, mõned kaks formaldehüüdi molekuli, kuid sellega protsess ei lõpe.

Karbamiidi molekulid, mis on liitunud kahe formaldehüüdi molekuliga, hakkavad lõhmama vett. Osa molekule jõuab seda teha, ülejäänutele aga ei jätku selleks aega.

Keemikud katkestavad kunstlikult reaktsiooni, et karbamiidvaik ei kaotaks plastilisust. Kui analüüs näitab, et $^{9}/_{10}$ formaliinist on kulutatud, lõpetatakse soojendamine. See võimaldab saada vedelat, vees lahustuvat vaiku.

Katlast lastakse vedel vaik segajasse. Selles aparaadis segatakse vaiku värvainetega ja mitmesuguste abimaterjalidega.

Puhtast vaigust valatakse vaase, ilupudeleid ja pokaale, mis sarnanevad vastavate kristallesemetega. Temast puhutakse balloone kõrgustikupäikese lampide jaoks. Karba-



Karbamiidvaigu molekulide tekkimise skeem.

miidklaas on peaaegu kaks korda kergem kvartsklaasist, kuid laseb niisama hästi läbi ultravioletseid kiiri.

Kui vedelat vaiku segatakse täiteainetega — sulfit-tselluloosiga, puuvillatupsudega ja takkudega, siis saadakse läbipaistvaid ja poolläbipaistvaid materjale.

Põhjalikult segatud mass laaditakse segajast alumiiniumpannidele ja kuivatatakse. Siis jahvatatakse kuivatatud mass väga peeneks pulbriks, mis puistatakse vormi ja pressitakse kokku 200—300-atmosfäärisel rõhul ja 135—160-kraadisel temperatuuril. Seal lõpebki reaktsioon, mida ei viidud lõpuni keetmisel.

Karbamiidi molekulid, mis olid jõudnud endaga liita kaks formaldehüüdi molekuli, ja karbamiidi molekulid, mis olid liitnud ainult ühe molekuli, ühinevad omavahel, lõhmates vett. Moodustub uus aine, mis kujutab endast keerukat molekulehitist. Selles on kõik molekulid kõigis suundades omavahel ühendatud metüleensildadega.

Vormist väljuvad mitmesuguse värvusega kaunid tassid, taldrikud, vaagnad, võitoosid, puudrikarbid ja teeklaasihoidjad.

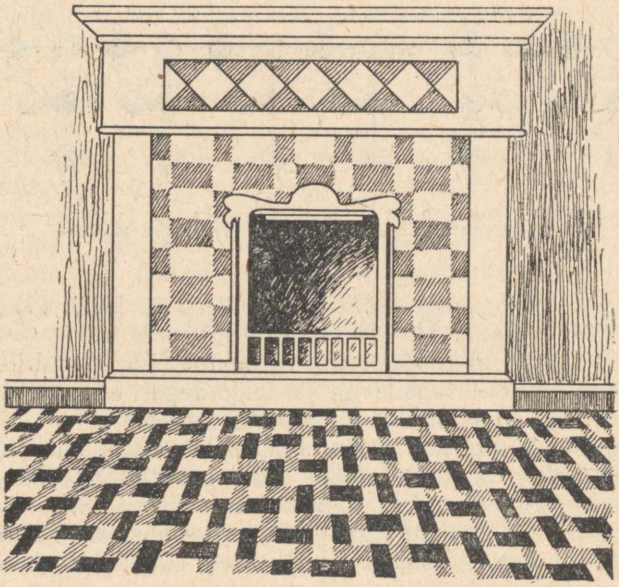
Need nõud ei purune kuuma vee mõjul ega lähe katki kukkumisel või löögi tagajärjel.

Segades karbamiidvaiku suure hulga täiteainega, saa-

dakse läbipaistmatuid plastmasse. Neist valmistatakse mitmesuguseid elektro- ja raadiotehnikas kasutatavaid detaile, käepidemeid kappidele, parketti, seinte katteplaate, automaatkaalude korpusi ja kaalukausse.

Amiinoplastidest tooted on hügieenilised, hästi pestavad seebiveega ja ei roosteta. Peale selle säilitavad need tooted alatiselt oma kauni välimuse.

Amiinoplastid on väga tugevad — nad taluvad tõmmet kuni 1000 kilogrammi ruutsentimeetri kohta.

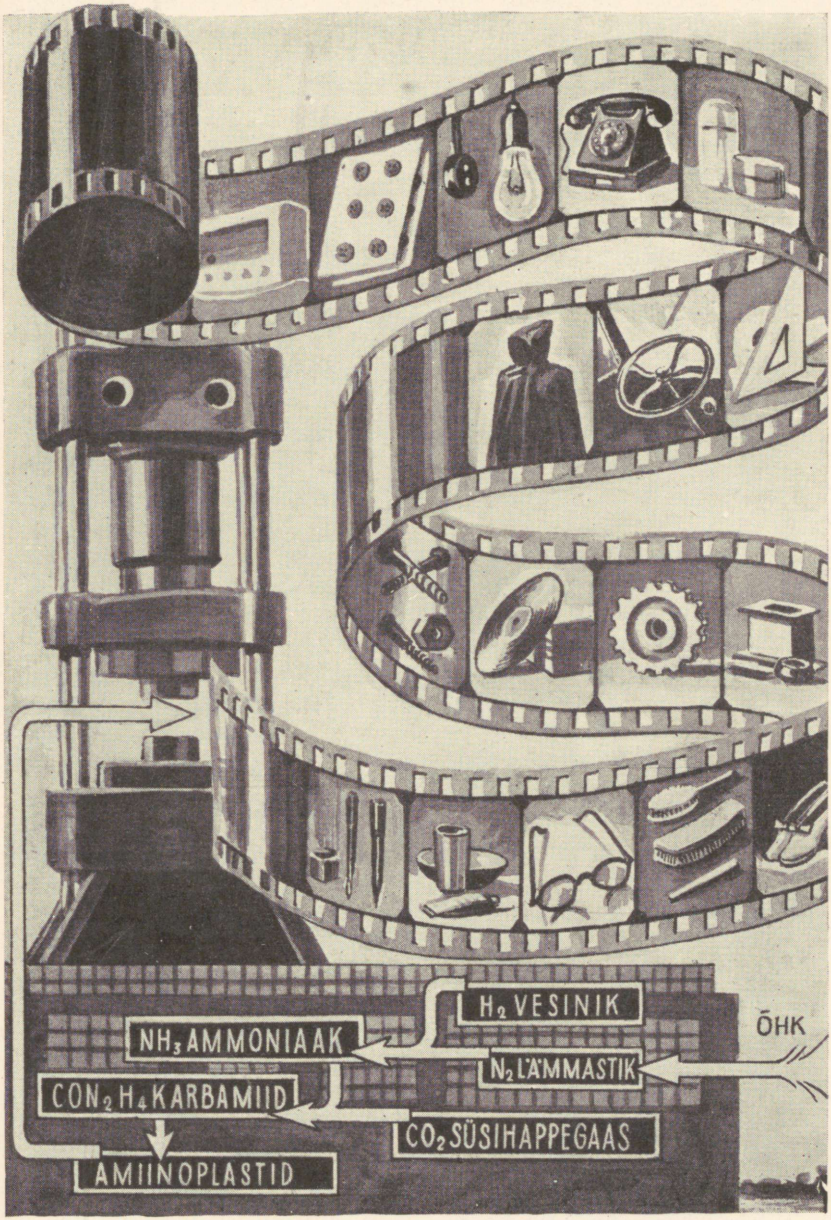


Amiinoplastidest parkett ja kaminakate.

Amiinoplastid asendavad edukalt värvilisi metalle, eriti mitmesuguste kraanide valmistamisel. Need kraanid on mitu korda kergemad vask- või valgevaskkraanidest. Nad on nägusad, ei korrodeeru ja peavad vastu tunduvalt kauem kui metallkraanid.

Vedela vaiguga immutatakse puuvill- ja linakangaid. Kuivatatud kangas juhitakse läbi kalandri[1] 180 kraadini kuumutatud metallvaltside vahelt. Saadakse pehme, vastu-

[1] Kalander — valtside süsteemist koosnev masin. *Toim.*



Õhk muutub keemikute kätes tooraineks, millest saadakse mitmesuguseid plastmassist esemeid.

pidav ja mittekortsuv materjal, mis meenutab tihedat villast riiet. See materjal ei karda niiskust ega koisid. Temast õmmeldakse ülikondi ja kleite. Temaga kaetakse pehmet mööblit, diivaneid, tugitoole ja kušette. Teda kasutatakse dekoratiivse kattematerjalina. Ta on hästi pestav ja tema külge ei hakka tolm ega värvid. Laudlinale valatud tindi või punase veini plekid on märja lapiga kergesti ära pestavad.

Viimastel aastatel on amiinoplastidest hakatud tootma ka mööblit — toole, tugitoole, lauakesi. Neid saab valmistada mistahes värvuses — heledates ja tumedates toonides. Nad on tarvitamisel väga mugavad ja hügieenilised ning väga hästi pestavad kuuma veega.

Leidurid leiavad amiinoplastidele iga aastaga üha uusi ja uusi kasutusalasid.

Ühte või teist värvi õhukesest kelmest lõigatakse välja väikesed ringikesed, mis asendavad edukalt värvilisi klaase valgussignaalides. Neid kasutavad ka fotograafid valgusfiltritena.

Mitmekihilisest värvilisest kelmest valmistatakse spetsiaalseid prille lendurite öisteks lendudeks.

Lenduril kulub palju aega, et harjuda pimedusega, eriti pärast väljumist heledasti valgustatud ruumist. Plastmassist prillid lühendavad tunduvalt lenduri silmade öisele valgusele kohanemise aega, võimaldades hiljem lennul töötada juba prillideta.

Iidsetest aegadest hinnatakse kõrgelt maapõuest leitavaid veripunaseid rubiine ja helesiniseid safiire, rohelisi smaragde ja veinkollaseid topaase. Veel kõrgemalt hinnatakse «kalliskivide kuningat» — allikaveena läbipaistvat teemanti.

Muutes oma äranägemise järgi loodust, õppis inimene kunstlikul teel valmistama ka vääriskive. Sulatades paukgaasi leegis peeneks pulbriks hõõrutud alumiiniumoksüüdi ja teatavaid kroomiühendeid, valmistavad keemikud rubiine, mis ei erine omadustelt looduslikest ja isegi ületavad neid mõõtmetelt. Kroomiühendite asendamisel titaani- ja rauaühenditega saadakse safiire.

Veel sobivamaks tooraineks kunstlike vääriskivide valmistamiseks osutusid amiinoplastid. Neist võib saada vääriskive, mis on ilusamad looduslikest.

Amiinoplastid ilmusid esimest korda kasutusele kaksküm-

mend viis aastat tagasi. Selle aja jooksul on nende toodang kasvanud üle 50 korra.

Selle põhjuseks on nende materjalide läbipaistvus ja töötlemise lihtsus, nende hea värvitavus ja lähtematerjalide odavus. Formaldehüüdi valmistatakse söest ja veest, karbamiidi söest, veest ja õhulämmastikust.

Õhk, vesi ja süsi — need on selle plastmassi lähtematerjalid.

PLASTMASSIDE NELJAS LIIK

Meie sajandi alguses tundis tehnika ainult kolme liiki plastmasse: nitro- ja atsetüültselluloosi tahkeid lahuseid, galaliiti, mille tootmine põhineb formaliini kasutamisel parkainena, ja plastmasse, mis moodustuvad kondensatsioonireaktsiooni tulemusena — fenoplaste ja amiinoplaste.

1912. aastal sai vene keemik I. I. Ostromõslenski uue plastmassi — polüvinüülkloriidi. See leiutis põhines suure vene keemiku Aleksei Jevgrafovitš Favorski töödel.

A. J. Favorski sündis 4. märtsil 1860. aastal Pavlovo külas Gorki oblastis, kus möödus ka tema varajane lapsepõlv. Ta armastas kodukoha steppe, metsi ja jõgesid. Armastas suusatada, küttida ja kalu püüda. Jahikirg jäi talle omaseks kogu eluks. Ta oli kuulus osava linnupüüdjana ja kütina.

Favorski õppis Nižni Novgorodi gümnaasiumis, viimased kaks klassi aga lõpetas Vologdas.

Favorski armastus lindude, loomade ja lillede vastu määras tema teadusliku tee. Ta valis lõplikult loodusteaduse. Tolle aja Venemaa eesrindlikud ühiskonnategelased — revolutsionäärid N. G. Tšernõševski, A. I. Herzen ja D. I. Pissarev — võitlesid tuliselt loodusteaduste levitamise eest. Järgnedes ajastu parimate inimeste üleskutsele, otsustas Favorski astuda ülikooli.

Pärast gümnaasiumi lõpetamist 1878. aastal astus ta Peterburi ülikooli füüsika-matemaatikateaduskonda.

Juba üliõpilasena otsustas Favorski pühendada end teadusliku tööle orgaanilise keemia valdkonnas. Noore Favorski otsusele avaldasid suurt mõju tollal ülikoolis õppejõududena töötanud vene keemiateaduse korüfeede D. I. Mendelejevi, A. M. Butlerovi ja N. A. Menšutkini huvitavad ja sisukad loengud.

Teadusliku tegevuse esimestel aastatel Favorskil ei veda-

nud. Üliõpilased pidasid teda hädavareseks. Ülikooli lõpetamisel tahtis Favorski asuda tööle Butlerovi laboratooriumi, kuid kõik kohad olid kinni. Et mitte aega kaotada, otsustas ta hakata «meedikuks vastu tahtmist» ja astus laborandiks anatoomia professori Ovsjannikovi juurde.

Ovsjannikov tegi talle ülesandeks leida konnade kopsunärvide lõpmed. Relvastunud suurte kääridega, lõikas Favorski ära päid konnadel, keda veeti tuhandetena katseteks laboratooriumi.

«Ma hävitasin neid määratul hulgal...» jutustas ta hiljem, «kuid närvilõpmeid ei leidnudki.»

Siis aga vabanes ootamatult Butlerovi laboratooriumis koht.

Butlerov andis talle teema atsetüleenühendite alalt. Favorski asus innuga tööle.

Atsetüleen on gaas. Teda saadakse kõige erinevamate meetoditega kõige erinevamaist aineist: kaltsiumkarbiidist selle mõjutamisel veega, orgaaniliste ainete kuivdestillatsioonil, mitmesuguste süsivesinike kuumutamisel.

Veel meie sajandi alguses kasutati atsetüleeni laialdaselt valgustamiseks. Atsetüleenilaternad andsid helevalget pimestavat valgust. Neid kasutati tsehhides ja töökodades. Neid monteeriti autodele ja jalgratastele.

Tänapäeval on atsetüleenilaternad loovutanud koha elektrilampidele, kuid atsetüleeni kasutatakse autogeenaparaatides metallide lõikamiseks ja keevitamiseks. Ta on ühtlasi ülitähtsaks tooraineks keemiatööstusele.

Atsetüleen nagu etüleengi on küllastumata ühend. Tema molekul koosneb ainult kahest süsinikuaatomist ja kahest vesinikuaatomist. Seetõttu on kummalgi süsinikuaatomil kolm vaba «valentshaagikest», mille kaudu nad on seotud omavahel. Sellist seost nimetatakse kolmiksidemeks.

Atsetüleen on kolmiksidemega küllastumata ühendite arvuka perekonna esiisaks. Samuti nagu kaksiksidemega küllastumata ühendid võivad ka atsetüleenühendid polümeriseeruda.

Tol ajal olid atsetüleenühendid veel vähe uuritud. Butlerovi ülesandel uuris Favorski üht neist. Ta tavatses hilisõhtuni laboratooriumis istuda, kuid ei suutnud siiski lahendada õpetaja poolt antud ülesannet.

Ent uurides visalt ebaõnnestumise põhjusi, tegi Favorski tähtsa avastuse.

Esimesena orgaanilise keemia ajaloos tegi ta kindlaks,

et atsetüleenühendeis toimub piirituses lahustatud leelisega kuumutamisel aatomite ümberpaigutumine. Aine keemiline koostis ei muutu, kuid aine ise nagu sünniks uuesti. Moodustuvad uued, täiesti uute omadustega ühendid. See seletub kolmiksideme ümberpaigutumisega süsinikuaatomite vahel.

Favorski avastus sai Butlerovilt kõrge hinnangu. See võimaldas uuel viisil läheneda orgaaniliste molekulide ja keemiliste reaktsioonide tundmaõppimisele. Kui varem uuriti peamiselt üksikute aatomite vastastikust mõju ja nende ümberpaigutumist molekulis, siis Favorski hakkas uurima tervete aatomirühmade ümberpaigutumist molekulis ilma selle lõhkumiseta.

Kuni Favorskini uurisid keemikud kõige lihtsamaid reaktsioone: ühinemisreaktsioone, mille puhul kahest-kolmest ainest tekkis üks uus aine, asendumisreaktsioone, mille puhul erinevate ainete molekulid vahetasid omavahel aatomeid, ja lagunemisreaktsioone, mille puhul ühest ainest tekkis kaks või rohkem ainet.

Favorski aga uuris reaktsioone, millest võtab osa ainult üks aine. Välistingimuste mõjul muundub ta uuteks aineteks. Teadlane avastas nende reaktsioonide seaduspärasused ja õppis neid juhtima.

A. J. Favorski arendas ja täiustas orgaaniliste ainete ehituse teooriat, mille oli loonud A. M. Butlerov. Ta uuris orgaaniliste ühendite molekule nende liikumises ja muutumises.

Palju aastaid pingsat loomingulist tööd pühendas Favorski atsetüleenühendite uurimisele. Ta ennustas neile suurt tulevikku. Favorski ennustus osutus täiel määral õigeks: meie päevil saadakse atsetüleenist üle tuhande erineva keemilise aine.

Favorski avastas uut tüüpi orgaanilised ühendid, mida hakati nimetama vinüülühenditeks.

Nende ühendite molekulides esineb rühmitus, mis koosneb kolmest vesinikuaatomist ja kahest omavahel kaksiksidemega ühendatud süsinikuaatomist. Kaksikside on ebapüsiv ja võib katkeda. Seetõttu on vinüülühendid võimelised polümeriseeruma. Neist saadakse nüüd kunstkiudainet, kunstkautšukit ja plastmasse.

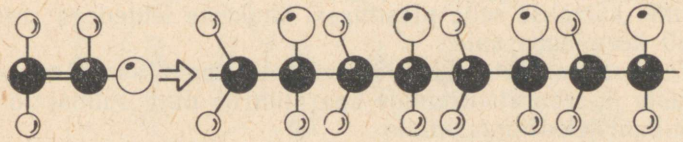
Vinüülkloriidist saadakse polüvinüülkloriidi, vinüülatsetaadist polüvinüülatsetaati, akrülaatidest polüakrülaate. Kõik need ained on kunstvaigud.

Puhas polüvinüülvaik (polüvinüülatsetaat) on klaasisarnane läbipaistev tahke aine; polüvinüülkloriidvaigud aga kujutavad endast läbipaistmatut massi.

Kuumutamisel pehmeneb polüvinüülvaik järk-järgult nagu kõik vaigud. Selliseid soojuse mõjul pehmenevaid aineid nimetatakse termoplastilisteks aineteks erinevalt nendest, mis kuumutamisel kõvenevad ja mida seepärast nimetatakse termoreaktiivseteks aineteks.

Tööstuses saadakse vinüülvaike mitte tervete tükkidena, vaid peamiselt valge pulbrina. See on töötlemiseks mugavam.

Erinevalt fenoplastidest kasutatakse polüvinüülvaike



Vinüülkloriidi polüvinüülkloriidiks muundumise skeem.

tavaliselt ilma täiteaineteta, s. t. kaoliinita, kriidita või puidujahuta.

Polüvinüülkloriidi pulber puistatakse segajasse. Talle lisatakse ainult värvaineid ja pehmendajaid — plastifikaatoreid. Plastifikaatoreid tuleb polüvinüülkloriidile lisada palju — kuni 70 protsenti, sest polüvinüülkloriid on väga kõva tahke aine. Tekkinud mass sõtkutakse kuumade valtside abil hästi segi ja juhitakse läbi kalandri. Saadakse lai värviline painduv lint. Sellest materjalist valmistatakse meie tehaseis vihmamantleid, naiste käekotte, vöösid, vahariiet laudade katteks jne.

Mantleid aga ei õmmelda temast õmblusmasinatega, vaid joodetakse kokku elektrijootekolviga.

Plastmassilint lõigatakse lehtedeks. Liitmisele kuuluvad ääred lähendatakse ja joodetakse kokku noataolise otsaga elektrijootekolviga või 200 kraadini kuumutatud õhujoaga. Täpselt samuti parandatakse vigastatud esemeid. Plastmassis olevat auku ei saa tavalise niidiga kinni õmmelda. Ei saa ka kinni kleepida liimiga — plastmass ei kleepu. Vigastatud kohale asetatakse plastmassitükk ja joodetakse tulise triikrauaga kinni. Triikraud peab olema kuumutatud vähemalt 200 kraadini.

Polüvinüülkloriidist plastmassid võidavad endale iga päevaga üha uusi kasutusalasid. Tooraine odavus, valmistamise lihtsus ja väärtuslikud omadused asetavad neid plastmasside arvuka armee esiridadesse.

Nad on hästi saetavad, hööveldatavad, freesitavad ja stantsitavad. Kuumutamisel 100—140 kraadini painduvad nad kergesti ja neile saab anda mistahes kuju. Keevitamisega saab neist valmistada mitte ainult mantleid, vaid ka kõige mitmekesisemaid muid esemeid.

Polüvinüülkloriidi kasutatakse edukalt elektro- ja raadiotehnikas.

Keemiatööstuses kasutatakse polüvinüülkloriidi spiraaljahutite ja mitmesuguste paakide valmistamiseks. Seatina asemel kaetakse selle plastmassi õhukeste lehtedega seestpoolt keemiaaparaate.

Temast valmistatakse läbipaistvaid painduvaid torusid tehaste ja laboratooriumide aparatuurile ning suunajaid ja süstikuid tekstiilimasinaile.

Uus materjal võitis endale kindla positsiooni ka trükitehnikas. Temast valmistatakse klišeesid ja trükitähti. Plastmassist trükitähed ei erine vormilt ega värvilt tavalise trükikirja tähtedest, mis on valmistatud kirjametallist (seatina, tina ja antimoni sulam), kuid nad on kaalult mitu korda kergemad.

Plastmassist trükikiri peab vastu peaaegu 150 000 äratõmbele, samal ajal kui tavalised trükitähed deformeeruvad juba 40 000 äratõmbe järel. Peale selle on ta mugavam trükimasinasse asetamisel ja transportimisel.

Uut tüüpi trükikirja valmistamise tehnoloogia töötati välja nõukogude teadlaste ja inseneride V. I. Oparini, V. F. Melnikovi, G. I. Fedotovi, M. G. Gurari ja S. I. Sapošnikovi poolt. Seda kirja valmistatakse tavaliste kirjavalamismasinatega, mille konstruktsiooni on muudetud ainult õige vähe.

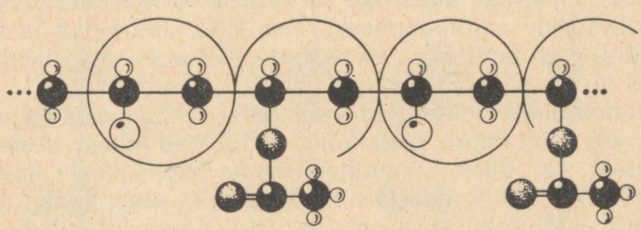
Kui kanda polüvinüülkloriidi kangale, siis saadakse materjal, mida nimetatakse tekstovinüüdiks.

Meie tööstus on asunud tootma seda uut materjali, mis on naha ja sameti asendajaks autobusside, trollibusside ja autode istmete polsterdamisel. Temast valmistatakse ka naiste käekotte, jalanõusid ja väikesi galanteriiesemeid. Tekstovinüüdile saab sisse pressida mitmesuguseid mustreid — šagrään- või krokodillinaha taolist või muud.

Viimaseil aastail on hakatud tootma ka teist vinüülplastmassi, mida saadakse vinüülkloriidi ja vinüülatsetaadi koos polümeriseerimise teel.

Asi on selles, et plastifikaatorid, mida tuleb lisada polüvinüülkloriidile, mitte ainult vähendavad tema kõvadust, vaid nõrgendavad ka tublisti tema tugevust. Puhas polüvinüülkloriid on kõva ja tugev, plastifitseeritud polüvinüülkloriid — painduv, kuid mitte tugev. Üheaegselt nii painduvat kui ka tugevat materjali ei õnnestu polüvinüülkloriidist saada.

Teadlased võtavad abiks omapärase kavaluse. Nad segavad vinüülkloriidi vinüülatsetaadiga ja sunnivad neid koos



Vinüülkloriidi ja vinüülatsetaadi kopolümeeri molekuli ühe osa mudel.

polümeriseeruma. Ühisel polümerisatsioonil ühinevad polümeeri pikka ahelasse vaheldumisi kummagi aine väikesed molekulid. Nagu mitmevärvilise kaelakee niidil vahelduvad eri värvi helmed, nii on ka kopolümeeri [1] suurde niiditaolisse molekuli aheldatud erinevad lülid, kahe erineva aine molekulid.

Vinüülkloriidi ja vinüülatsetaadi kopolümeer pärib mõlema aine omadused — polüvinüülkloriidi tugevuse ja polüvinüülatsetaadi painduvuse. Saadakse hea, painduv plastmass. Suurte molekulide tekkimise kummagi osalise erinevate suhete korral saadakse erineva molekulkaalu ja kõvadusega plastmasse. Kui vinüülkloriidi protsent on üle 70, siis saadakse veniv mass riide katmiseks. 85—88-protsendilise vinüülkloriidi-sisalduse puhul saadakse mass, millest valmistatakse grammofoniplaate ja põrandate katteplaate.

[1] Nii nimetatakse mitme ühendi ühisel polümerisatsioonil tekkivat produkti. *Tõlk.*

Polüvinüülplastmasside hulgas on üks eriline plastmass. Teda saadakse mitte vedeliku polümeriseerimisel nagu kõiki teisi, vaid kunstvaigust — polüvinüülatsetaadist, töödeldes seda leelise või happega.

Seda plastmassi nimetatakse polüvinüülpiirituseks, kuigi ta hoopiski ei sarnane oma tuntuma nimekaimu viinapiiritusega.

Enamikul inimestest on arusaamine piiritusest alati seotud kujutlusega värvitust läbipaistvast vedelikust, mis põletab keelt ja leiab kasutamist esmajoones piiritusjookide valmistamisel ja meditsiinis. Mõned on teadlikud ka piirituse tehnilisest kasutamisest. Nad teavad, et piiritus on vajalik lakkide ja paljude kunstlike värvainete saamiseks, ravimite ja tinktuuride valmistamiseks, kautšuki sünteesiks ja isegi bensiini asendamiseks sisepõlemismootoreis. Nii ühed kui teised aga vaatlevad piiritust ainult kui vedelikku.

Keemikuile on piiritused (alkoholid) kõigepealt orgaanilised ühendid, mille molekulid sisaldavad ühest vesinikuaatomist ja ühest hapnikuaatomist koosnevat hüdroksüülrühma. Polüvinüülpiiritus on tahke aine, mida glütseriiniga töötlemisel saab üle viia kautšukitaolisse olekusse.

Sellest piiritusest valmistatud plastmassid ei karda õli ega bensiini ning ei lahustu peaaegu üheski lahustis, isegi mitte nii tugevates, nagu väävelsüsinik või kloroform.

Polüvinüülpiiritusest torudel on omadus heli üle kanda minimaalse moonutusega. Saadav heli on puhas, sest ta ei neeldu toru seintes. Polüvinüülpiiritus on sobiv meditsiiniliste kuuldetorude, valjuhääldajate ruuporite ja teiste akustiliste riistade valmistamiseks.

Üks juhtivaid plastmasside alal töötavaid nõukogude teadlasi, NSV Liidu Teaduste Akadeemia korrespondeeriv liige professor S. N. Ušakov töötas välja meetodid uute plastmasside saamiseks polüvinüülpiiritusest.

Need plastmassid on heaks isolatsioonimaterjaliks ning moodustavad tugevaid ja elastseid kelmeid.

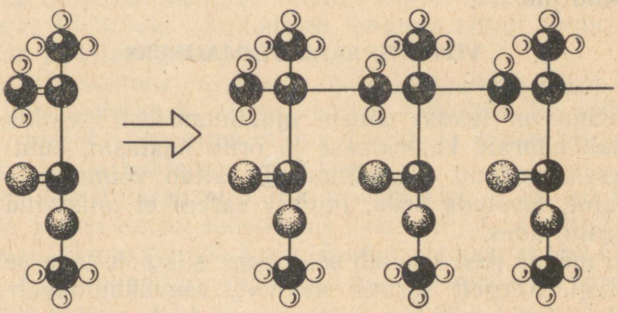
Mõned neist omavad isetaastumisvõimet. Formaalist elektriisolatsiooni juhuslikul vigastamisel näiteks piisab traadi kuumutamisest 200 kraadini. Isolatsioon hakkab sulama ja katab vigastatud koha kinni.

Vinüülühendite lähimateks sugulasteks on akrüülühendid. Ka nende molekulides sisaldub vinüülrühm, mis koosneb kolmest vesinikuaatomist ja kahest omavahel kaksiksidemega ühendatud süsinikuaatomist.

Akrüülpolümeerid aitasid teadlastel ellu viia ammust unistust — saada purunematut klaasi.

Seda nimetatakse akrüülklaasiks ehk orgaaniliseks klaasiks.

Teda saadakse nagu polüvinüliitegi vedeliku — metakrüülhappe metüülestri — polümeriseerimisel. Kuumuta-



Metakrüülhappe metüülestri polümerisatsiooni skeem.

misel 150 kraadini ja katalüsaatori toimel koonduvad selle estri väikesed molekulid läbipaistva vaigu suurteks molekulideks.

Kui soovitakse saada lehtklaasi, siis valatakse lähtevedelik kitsastesse pikkadesse vormidesse. Sageli viiakse polümerisatsioon läbi tavalisest klaasist lehtede vahel.

Orgaaniline klaas laseb läbi ultravioletseid kiiri. Aknaklaas laseb läbi 0,6 protsenti ultravioletsetest kiirtest, orgaaniline klaas aga 73,5 protsenti. Teda kasutatakse haiglate, koolide ja kasvuhoonete klaasimiseks. Orgaaniline klaas laseb end hästi mistahes viisil mehaaniliselt töödelda — freesida, treida, saagida ja lihvida.

Temast valmistatakse käepidemeid, tindipotte, kirjutustarbeid, nööpe ja nõusid.

Haiglapraktikas hakatakse üha laialdasemalt kasutama sellest materjalist lahaseid, mis asendavad edukalt metall-, kips- ja puitlahaseid.

Plastmassist lahaste suureks eeliseks teistest materjalidest lahastega võrreldes on nende läbipaistvus, tänu millele on võimalik jälgida haavade paranemise protsessi lahast eemaldamata.

Kui pista akrüülklaas keeva vette, siis ta pehmeneb. See omadus võimaldab kasutada üht ja sama lahast mitme haige jaoks.

Orgaaniline klaas kuulub nagu polüvinüliididki termoplastiliste materjalide klassi. Kuumutamisel üle 105 kraadi muutub ta pehmeks ja plastiliseks nagu vaha. Plastilises olekus saab temast vormida kõige keerukama profiiliga esemeid — mitmesuguseid läätsi optiliste riistade jaoks, kunsthambaid jne.

VÕIMATU SAAB VÕIMALIKUKS

Keemia on teadus ainete muundumisest, teadus, mis kasutab hapraid katseklaase ja õrnu kaalusid, kuid ta on inimesele andnud nõiavõimu. Ta aitab võimalikuks teha võimatut, teostada seda, millest varem ei unistatud isegi muinasjuttudes.

Kui mööda teed kihutab sõiduauto, siis pole teda peaaegu kuuldagi. Kergelt suriseb mootor, vaevukuuldavalt sahisevad kummid mööda asfalti, see on kõik.

Varem aga võisid autodel sõita ainult väga tugevate närvidega inimesed. Sõites auto mürises ja kolises ning selles polnud midagi imekspandavat. Kõik hammasrattad mootoris ja käigukastis olid valmistatud terasest. Hammasrataste hambad põrkasid kokku, hõõrdusid üksteise vastu ja tekitasid mürinat. Teras pole riidetükk, ta müriseb alati löökide toimel. Miski muu peale terase aga ei kõlvanud hammasrataste valmistamiseks, sest neilt nõuti suurt tugevust.

Leidurite ette kerkis ülesanne: kas leiutada teras, mis omaks riide müratust, või anda riidele terase tugevus.

Nii üks kui teine näis võimatuna, kuid keemia näitas kätte tee selle ülesande lahendamiseks.

Presendi, bjassi, jämeda lõuendi või mõne teise riide tükke niisutatakse resooliga ja asetatakse nad kihtidena üksteise peale. Saadud virn pannakse võimsa pressi kuumade plaatide vahele. Press surub riide kokku ja samaaegselt soojendab seda. Resool muundub resiidiks. Molekulid kasvavad, liituvad ahelaiks ja ühendavad riidekiud — tekib

tekstoliit. Materjal omandab metalli tugevuse, säilitades riide müratuse.

Sellest materjalist lõigatakse välja hammasrattaid. Tekstoliidist hammasrattad töötavad niisama korralikult kui terasest hammasrattad, kuid ei mürise.

Nii muutus auto müratuks.

Tanki, soomusauto või iseliikuva kahuri üheks kõige hellemaks kohaks on vaatepilud. Need avad soomuses on snaipereile armastatud märklaudadeks.

Veel halvem on lenduri olukord. Ta ei saa rahulduda vaatepiludega nagu tankist. Lendurile on vajalik ringvaateväli.

Vana tüüpi lennukeil oli lenduri kabiin suletud tselluloidkupliga. Tselluloid aga kaitseb lendurit ainult tuule, mitte kuulide ja kildude eest.

Oli vaja soomusterast, mis oleks läbipaistev nagu klaas, või klaasi, mis peaks vastu kuulide löökidele. Ka selle esimesel pilgul võimatuna näiva terase ja klaasi omaduste liitmisega sai hakkama võlur-keemik.

Akrüülplastmassil ehk orgaanilisel klaasil on nii terase kui ka klaasi omadused. Kuuli löögi mõjul ta ainult kooldub, vahel ka praguneb, kuid läbi kuul temast ei löö. Orgaaniline klaas paneb löögile vastu 50—60 korda paremini kui tavaline klaas.

Keemia lõi läbipaistva soomuse.

Akrüülklaas võimaldas teostada veel üht tõeliselt fantastilist üritust — ta pani valguse voolama mööda kõverat toru, nagu oleks ta vedelik.

Akrüülklaasist valmistatakse peegelsileda sisepinnaga kõver toru. Selle toru üks ots asetatakse klaasi asemel väiksesse elektrilaternasse.

Kui lamp süüdatakse, ei tungi valgus akrüülklaasisse, vaid peegeldudes korduvalt toru sisepinnalt, liigub mööda seda toru otsani. Ta nagu voolaks torus ja, väljudes sellest, langeb ümmarguse laiguna valgustatavasse kohta. Selliseid klaasi asemel akrüüllondiga varustatud laternaid kasutavad kirurgid sügavate haavade raskesti ligipääsetavate osade vaatlemiseks.

Keemiatööstus ise vajas eriti püsivaid aineid, mis ei laguneks kokkupuutel selliste ülisööbivate ainetega, nagu fluorvesinikhape, kloorsulfoonhape, keev leelis, tuline lämmastikhape või «kuningvesi», mis lahustab isegi kulda. Ei klaas ega seatina pidanud kaua vastu seal, kus kasutati üli-

sööbivaid happeid ja leelisi. Eriti ohtlik oli klaas, sest ta oli habras. Purunenud toru või katseklaas, millesse oli valatud hapet, tekitas keemikule raskeid põletushaavu ja vigastusi. Oli vaja leida püsiv, ülivastupidav aine.

Keemia suutis täita omaenda tellimuse — tarvitusele ilmus plastmass tefloon. Pole ühtki ainet, mis suudaks teda lahustada — talle ei mõju happed ega leelised; peale selle talub see plastmass vabalt kuumutamist 300 kraadini ning jahutamist —100 kraadini. Tefloonkelme ei kaota painduvust isegi sajakraadises pakases.

Looduslikud veed sisaldavad alati mõningaid lisandeid — neis on lahustunud gaase ja sooli. Eriti palju sooli on lahustunud merede ja soolajärvede vetes. Sageli esineb magedas vees, mida me kasutame igapäevases elus ja tehnikas, magneesiumi- ja kaltsiumisooli. Sellist vett nimetatakse «karedaks». Seep vahutab niisuguses vees halvasti. Pesemine kareda veega nõuab suurel hulgal seepi, sest osa sellest kulub kasutult. Seebi koostisse kuuluvad palmitiin- ja stearriinhappe lahustuvad soolad. Need reageerivad karedas vees sisalduva kaltsiumi ja magneesiumiga, moodustades lahustumatuid sooli. Pesu pesemisel viimased sadestuvad ja määrivad riiet. Peale selle muutub karedas vees pestud riie hapraks ning puruneb painutamisel.

Kareda vee keetmisel ilmub katla põhja ja seintele valge tiheda katlakivi kiht. Mida karedam on vesi, seda paksem on katlakivikiht.

Kareda veega on väga halb keeta teed ning juurvili keeb temas halvasti pehmeks. Karedat vett ei tohi kasutada paljudes tööstusharudes, näiteks riide värvimisel, villa ja siidi töötlemisel, naha viimistlemisel jne. Eriti ebameeldiv on kare vesi aurukateldes. Nende seintele moodustuv paks katlakivikiht põhjustab liigset kütusekulu, sest ta isoleerib vee kuumutustorudest. Kui katlakivikihi paksus on üks millimeeter, siis moodustab kütuse ülekulu 1,5 protsenti, kolme millimeetri paksuse kihi puhul aga juba viis protsenti. Katla seinte ebaühtlane kuumenemine võib põhjustada isegi avariid — plahvatust.

Seepärast «pehmendatakse» karedat vett, s. t. vabastatakse ta karedusest.

Vett puhastatakse mitmesuguste, peamiselt keemiliste meetoditega. Veele lisatakse kustutatud lupja, soodat, mitmesuguseid spetsiaalseid preparaate. Kõige sagedamini kasutatakse niinimetatud permutiite — kunstlikke mine-

raale, mis on saadud kaoliini, kvartsi ja sooda kokkusulatamise teel.

Vesi filtreeritakse läbi permutiitide. Vees esinevad kaltsiumi- ning magneesiumi-ioonid vahetavad seejuures kohad permutiidi naatriumi-ioonidega. Naatriumisoolad aga on lahustuvad ning seepärast sellise vee keemisel katlakivi enam ei teki.

Kuid mõningatel juhtudel, näiteks ravimite ja keemiliste reaktiivide valmistamisel, on tarvis vett, mis üldse ei sisalda sooli. Sellist vett on võimatu saada puhastamise teel permutiitide, sooda, lubja või mingite teiste keemiliste preparaatidega. Teda valmistati seni ainult destilleerimise teel, kuid see nõuab suurt kütusekulu ja kestab võrdlemisi kaua.

Juba ammu mõtlesid teadlased selle üle, kuidas puhastada vett täielikult keemilisel teel. Selle probleemi lahendamine õnnestus alles võrdlemisi hiljuti. Lahendada aitasid seda kunstlikud vaigud — fenoplastid, amiinoplastid ja teised.

Nõukogude insener A. S. Smirnov näitas esimesena, et need vaigud võivad soolade lahustest ühtesid või teisi ioone kinni püüda. Ühed vaigud, mis on laetud positiivselt, tõmbavad külge negatiivseid ioone, teised, vastupidi, püüavad kinni positiivseid ioone.

Selliseid ioone püüdvaid vaikusid nimetatakse tehnikas i o n i i t i d e k s.

Paljud hinnalised metallid — molübdeen, iriidium, tsirkoonium, vanaadium — esinevad maakoores väga hajutatult. Et hankida paar kilogrammi neid metalle, tuleb kaevandustest maapinnale tuua kümneid tuhandeid tonne maaki. Maagi maapinnale toomisest aga on vähe — metall tuleb eraldada aherainest. Selleks viiakse ta soolana lahusesse, kuid pole kuigi lihtne eraldada metalli lahusest. Siin tulevad appi ioniidid. Filtreerides neist läbi soolade lahuseid, on võimalik ka eraldada niklit kroomist ja vismutit vasest ning lahutada haruldasi elemente.

Filmide koopiaid valmistavate filmivabrikute heitvetes sisaldub alati teatud hulgal hõbedasooli. Hõbedat leidub ka hõbetamistsehhide pesuvetes ja elektrolüüsivannide heitvedelikes. Varem läks hõbe kanalisatsiooni, nüüd aga püütakse ta ioniitide abil kinni. Vaatamata hõbeda tühisele kontsentratsioonile heitvetes moodustab tema üldine hulk,

mis heidetakse kõrvale, 10—12 protsenti tootmisprotsessis kulutatavast hulgast.

Ioniidid mitte ainult aitavad metallurgidel värvilisi metalle toota, vaid nad osutuvad ka keemikute ja farmatseutide, suhkrutootjate ja biokeemikute asendamatuteks abilisteks.

Kasutades ioniite varem kõrvale heidetud pärade töötlemiseks, annavad meie tehased maale täiendavalt kümneid tuhandeid tonne suhkrut. Suhkru kaod suhkrutööstuses on nüüd alandatud 10—12 protsendilt 2—3 protsendile.

Keemiatööstuses kasutatakse ioniite laialdaselt katalüsaatoritena kunstvaikude ja mitmesuguste orgaaniliste ainete sünteesil.

Ioniitide abil puhastatakse vitamiine, ammutatakse taimedest väärtuslikke ravimeid, puhastatakse värvunud vedelikke.

Ioniitide kasutamine tööstuses alles algab, kuid see laieneb kahtlemata tunduvalt juba lähemas tulevikus. Ioniidid osutavad tööstusele veel palju väärtuslikke teeneid kõige mitmekesisemates rahvamajandusharudes.

* *
*

Plastmasside keemia lahendas veel ühe üliraske ülesande, mille kallal möödunud sajandite leidurid asjatult vaeva nägid.

Juba väga ammu otsisid inimesed abinõu heli säilitamiseks. Üks XVII sajandi teadlane püüdis heli peita klaasnõusse. Ta lausus purgikesse sõna ja sulges siis kiiresti purgi kaane. Veidrik mõtles püüda sõna nagu hiirekest ja, avanud veidi kaane, kuulda öeldud sõna uuesti.

Kõik taolised katsed jäid muidugi tulemusteta. Helisid ei õnnestunud säilitada ega koguda. Tol ajal tekkis kõnekäänd: «Sõna pole varblane, lendab välja — kinni ei püüa.»

Alles XIX sajandi lõpul leiti meetod helide üleskirjutamiseks vahast silindrile. Inimene ütles sõna ruupori lehtrisse. Ruupori kitsas otsas oli nõelaga ühendatud membraan. Membraan võttis helivõnked vastu ja andis need üle nõelale. Nõel libises mööda vahaga kaetud pöörleva silindri pinda. Ta surus vahasse vao arvukate süvendite, nukkide ja konarustega, mis vastasid helivõngetele. Kui oli vaja üleskirjutatut kuulata, pandi silinder liikuma. Nõel asetati

helivaole. Ta libises mööda selle ebatasasusi ja pani võnkuma membraani. Ruuporist väljusid helid.

See helide säilitamise meetod oli lihtne, kuid heli üleskirjutus vahal ei olnud kestev — vaha oli liiga pehme, liiga järeleandlik materjal. Helivagu kulus kiiresti ära.

Vaha asendati plastmassiga. Selle peamiseks koostisosaks oli šellak — väga kallis materjal.

Silindrite asemel hakati valmistama plaate. Šellakist grammofoniplaatidel ei olnud kaua aega võistlejaid. Šellakit ei olnud millegagi asendada. Grammofonide omanikud pidid tahes-tahtmata leppima šellakplaatide puudustega: nende äärmise hapruse, väikese mahutavuse ja kahinaga. Plaat mitte ainult reprodutseeris temale kirjutatud heli, vaid tõi täienduseks kuuldavale ka oma hääle — ta kahises. See näis täiesti vältimatu pahena. Nõel ei saanud hõõrdumiseta mööda vagu libiseda, just see aga tekitas ebameeldivat kahinat ja raginat. Ja mida vanem oli plaat, seda tugevamini ta kahises.

Leidurid hakkasid otsima teisi teid.

Plastmasside keemia andis tselluloid- ja tselloonfilmid. Heli hakati peene valguskiirega filmile kirjutama.

Film lõigati 150—200 meetri pikkusteks tükkideks. Rulli pikkus võimaldas teostada pidevat üleskirjutamist 20—25 minuti jooksul. Filmilint mahutas grammofoniplaadist tunduvalt rohkem. Ta ei olnud habras ega süttiv. Kuid et nõrku fotovoole tuli võimendada, raadiovõimendajad ning reproduktorid aga tõid kaasa teatud moonutusi, siis ei olnud üleskirjutus filmil samuti vaba kõrvalistest müradest.

Samaaegselt võimaldas raadiotehnika asendada vana tüüpi grammofonide membraani kergema adapteriga. Grammofon muutus radioolaks. Adapteri suur helitugevus ja suur tundlikkus silusid osaliselt šellakplaatide puudusi.

Keemia jätkas otsinguid parema materjali leidmiseks helide üleskirjutamiseks.

Leidurid valisid välja atsetüültselluloosi. Kitsas atsetüültsellulooslint kaetakse metallitolmu, peamiselt pulbrilise raudoksüüdi õhukese kihiga. Seda atsetüültsellulooslinti kasutatakse heli üleskirjutamiseks ja reprodutseerimiseks aparaatides, mida nimetatakse magnetofonideks.

Mikrofon võtab helid vastu ja muudab nad elektrivoolu võngeteks. Mikrofonivool võimendatakse ja juhitakse helijäädvustamisseadme poolustesse. Lint libiseb poolustest mööda umbes kolmekilomeetrise tunnikiirusega. Metalli-

tolm, millega lint on kaetud, magnetiseerub täielikus vastavuses magnetivälja võngetega.

Kui lasta lint heli magnetilise üleskirjutusega läbi magnetofoni helitaastamisseadme, siis kostab valjuhääldajast üleskirjutuse väga puhas ja erakordselt selge reproduktsioon.

Hääle kõlalt ja üleskirjutamise mugavuselt ületab magnetofon tunduvalt kõiki teisi helijäädvustamisaparaate. Mittevajalik üleskirjutus on kergesti «kustutatav» ning linti saab kasutada mitu korda järjest. Vigase koha võib välja lõigata — vabad otsad on kergesti kokkukleebitavad. Korduvast mängimisest üleskirjutus ei kulu ja magnetkelme peab vastu küllaltki kaua.

Raadiostuudiotes on magnetofonid kõik teised helijäädvustamisaparaadid täiesti kõrvale tõrjunud ja tänapäeval toimub enamik ülekandeid magnetofonilt. Raadiokuulajad ei suuda isegi eristada, millal saadet viivad läbi inimesed, millal aparaat.

Lamedatesse kastidesse pakitud rullid ooperite, kontsertide, teatrietenduste, loengute, ettekannete ja raadioajakirjade üleskirjutustega seisavad raadiostuudios fonoteegi riiulitel nagu raamatud raamatukogus.

On võimalik, et tulevikus loovad leiutajad mugavamaid ja odavamaid magnetofonide konstruktsioone. Siis muutuvad fonoteegid niisama vajalikeks kui raamatukogud, noodikauplustes aga hakatakse müüma mitte noote ja partituure, vaid helisevaid muusikateoseid — oopereid, kontserte jne. Me hakkame kasutama mitte ainult praegusi «tummi» raamatuid, vaid ka kõlavaid novelle, romaane ja jutustusi.

Ja seda võib osaliselt enda teeneks pidada suurte molekulide keemia, mis lõi atsetüültselluloosist magnetofonilindi.

Ent kui head ka oleksid heli üleskirjutamise uued meetodid, väike mugav kohvergrammofon on kindlalt juurdunud igapäevasesse ellu ega kavatse oma positsioonidelt taganeda. Ta on lihtne, odav ja mugav.

Grammofonide tootmine aga toob endaga kaasa plaatide tootmise, mis nõuab tohutul hulgal šellakit.

Leningradi Polümerisatsioonplastmasside Teadusliku Uurimise Instituudi kaastöölised leiutasid koos grammofoniplaatide tehase töötajatega polüvinüülplastmassi grammofoniplaatide valmistamiseks. Uut ainet ei saa lugeda šellaki asendajaks. Ta ei asenda šellakit, vaid tõrjub selle

välja kui materjali, mis on nüüd muutunud plaatide jaoks kõlbmatuks. Ta on šellakist parem.

Mittešellakplaadid on šellakplaatidest poolteist korda kergemad, sest nad on nendest õhemad. Nad on aga hoopis tugevamad. Isegi soovi korral on polüvinüülplaati raske murda. Kuid uute plaatide peamine eelis seisab selles, et nad kahisevad šellakplaatidest märksa vähem. Selle päris vältimatuna näiva puuduse viisid nõukogude teadlased miinimumini.

* * *

Juba kaugel muinasajal hakkasid inimesed kasutama loomade nahku jalanõude, hobuseriistade ja -rakmete valmistamiseks. Aegade jooksul on nahkesemete sortiment laienenud. Nahast hakati valmistama portfelle ja kohvreid, naiste käekotte ja kindaid, vöörihmu ja revolvritaskuid.

Laialdast kasutust leidis nahk tehnikas. Suunajaid kudumismasinatele, terasvõllide ümbrisi puuvillapuhastusmasinatele, tihendeid ja mansette pumpadele, ülekanderihmu ja sadu teisi mitmesuguseid esemeid valmistatakse nüüd nahast.

Elanikkonna ja tööstuse üha kasvavate tarviduste rahuldamiseks ei jätku enam looduslikku nahka. Suur nõudmine nahkesemete järele igapäevases elus ja tehnikas virgutas teadlasi ja leidureid tegelema nahale asendaja otsimisega.

Viimase 25 aasta jooksul on ilmunud palju uusi materjale, mis on omadustelt lähedased looduslikule nahale. Enamikku nendest naha-asendajatest toodetakse kummist, erilistest papisortidest ning ka riidest, mis on immutatud kunstlike vaikude lahustega või kaetud kõrgemolekulaarsete ainete — nitrotselluloosi, kautšuki, linaseemneõli — õhukese tugeva kelmega.

Kuid ühelgi nendest materjalidest pole nahale iseloomulikku kiulist ehitust ning nad ei ole temaga kuigi sarnased ka väliselt.

Nõukogude teadlastel õnnestus nendest puudustest üle saada. Kauakestnud visasid uurimisi kroonis hiilgav edu. Loodi uut tüüpi naha-asendajad, mis mitte ainult täielikult asendavad nahka, vaid isegi ületavad teda paljudelt omadustelt.

Hiljuti töötas Naha-asendajate Instituudi töötajate kol-

lektiiv professor A. D. Zaiontškovski juhtimisel välja uue nahasarnase materjali «IK» tootmise tehnoloogia.

Taimsed või loomsed kiudained — tselluloos, naha lõikmed ja sugemisjäänused — muudetakse spetsiaalses masinas kangaks. See lõigatakse kindla suurusega tükkideks, mis kinnitatakse kõrgemolekulaarsete kelmetega kihtidena üksteise peale. Sel teel saadud pakk surutakse kokku pidevalt töötava pressi abil temperatuuril 70—80 kraadi.

Pärast pressimist asetatakse poolproduktid erilise lahusega täidetud vanni, kuivatatakse ja muudetakse pehmeks. Materjali pinnale kantakse soovitav muster. Uut liiki kunstnahal on ilus välimus mitte ainult esiküljelt, vaid ka vastasküljelt. Ta on ehituselt väga sarnane loodusliku nahaga ja omab seetõttu suurt mehaanilist tugevust.

Sellest materjalist tooted on vastupidavad ja ilusad, olles samal ajal palju odavamad nahktoodetest.

Enamik naha-asendajaid on vähesobivad jalanõude valmistamiseks. Erinevalt looduslikust nahast nad ei «hinga», s. t. nad on õhule läbimatud ega lase läbi ka inimkeha aureid. Sellisest materjalist valmistatud jalanõus jalg higistab tugevasti ja väsib kiiresti.

Stalini preemia laureaadid A. M. Homutov ja N. N. Legostajev seadsid endale ülesandeks luua kunstnahk, mis mitte ainult «hingaks», vaid ühtlasi sarnaneks ševroo- või kroomnahaga. Visalt ja kaua töötasid teadlased selle ahvatleva probleemi kallal. Edu ületas kõik ootused. Nad lõid uue naha-asendaja — vorsiidi, mis täielikult rahuldab kõiki pealisnaha parimatele sortidele esitatavaid nõudeid.

Vorsiiti valmistatakse tihedast karvasest riidest, mis kaetakse õhukese lakikelmega. Ülipeened karvakesed, mille pikkus ei ületa üht millimeetrit, katavad kogu riide pinda. Riide katmisel lakiga moodustavad karvakesed mikroskoopilisi poore, mis võimaldavad uuel materjalil «hingata». Samal ajal karvakesed ei lase läbi välisniiskust.

See naha-asendaja on looduslikust nahast tunduvalt odavam.

Ka selles võistluses looduslike materjalidega saavutas teadus võidu võimatu üle. Ja see pole kaugeltki tema viimane võit.

Keemia oskas teostada midagi erilist, mis ei võinud pähe tulla ka kõige leidlikumaile teaduslik-fantastiliste romaanide autoreile. Ta muutis nähtamatuks helgi!

Helk, s. t. valguse peegeldumine läikivatelt pindadelt, on paljudel juhtudel ohtlik, kahjulik ja ebameeldiv.

Lainete helkimine päikesekiirtes segab nii kalureid kui ka sõjalaevade madruseid mere vaatlemisel. Vaenlase allveelaevad hiilivad alati juurde päikesepoolsest küljest.

Piltide lakeeritud pinna helk segab nende fotografeerimist.

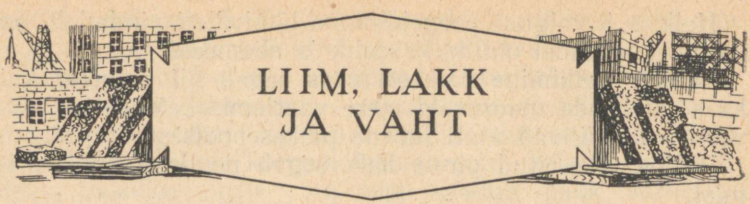
Autolaternate reflektorite helk pimestab vastusõitvate autode juhte.

Asfaldi helk maanteel väsitab autojuhtide silmi ja see on vahel avariide põhjuseks.

Lume helk põhjustab polaarmaade uurijatel ja alpinistidel rasket ning piinavat haigust — lumepimedust.

Kuid kas ei saaks teha prille, millega näeks kõike peale helgi? Läikivalt pinnalt peegeldunud kiir on kõige harilikum valguskiir. Näib, et helki nägemata ei näe mitte midagi. Kuid see pole nii. Orgaanilisele klaasile või mõnele muule läbipaistvale plastmassile lisatakse joodhiniini väikesi kristalle. Siis allutatakse plastmass tugeva elektrivälja toimele. Kõik joodhiniini kristallikesed pöörduvad ühte suunda ja rivistuvad üles üksteisega paralleelselt. Plastmass muutub kõvaks. Saadakse veidi kollakas läbipaistev materjal, mida nimetatakse polaroiidiks. Temast valmistatakse valgusfiltreid fotoaparaatidele ja merebinoklitele, autode tuuleklaase, autolaternate klaase ja prille. Polaroiitprillidega varustatud inimene näeb kõike peale helgi.

Keemia edusammud näitavad veenvalt, kuidas loodusseaduste tundmisega relvastatud inimene loob aineid, mida ei leidu maakoore mineraalide hulgas ega ka taime- ja loomariigis.



LIIM, LAKK JA VAHT

LIIM VAIGUST

Liime kasutavad inimesed juba mitmeid aastatuhandeid. Seda aga, miks liim liimib, teavad vähesed. Enamik inimesi ei oska aimatagi, et liimida saab ka ilma liimita. Võtame näiteks kaks poleeritud, ideaalselt tasase pinnaga klaas- või terasplaati. Asetame nad teineteise peale. Nad liituvad nii tihedalt, et neid on peaaegu võimatu eraldada. Ühe plaadi pindkihi molekulid astuvad kokkupuutesse teise plaadi molekulidega. Nende vahel hakkavad mõjuma molekulaarsed külgetõmbejõud ja kaks tükki muutuvad üheks.

Seda nähtust nimetatakse optiliseks kontaktiks ja seda kasutatakse täpsete optiliste riistade valmistamisel.

Sel viisil õnnestub aga liita ainult ideaalselt tasaseid, niinimetatud tasaparalleelseid pindu. Puidu, paberi, papi, naha, kummi ja metalli ebatasased, konarlikud pinnad ei liitu, kui kõvasti neid ka kokku ei surutaks.

Pindade vahele jäävad väikesed liikuvad õhumolekulid, mis takistavad nende liitumist. Järelikult tuleb õhk eemaldada, asendades teda mõne teise ainega. Selleks otstarbeks ei kõlba aga iga aine. Katseks võib kaht klaasplaati või tuletikku niisutada vee või õliga. Nad liituvad, kuid neid on kerge lahutada.

Vee, õli, piirituse, elavhõbeda ja üldse kõigi vedelike molekulid on väga liikuvad. Külgetõmbejõud nende vahel on väikesed ja seetõttu ei suuda nad mingil juhul olla «haakijateks» teistele molekulidele. Ei saa tugevust nõuda sellelt, mis oma olemuselt pole tugev.

Järelikult saab liimida ainult tahkete ainetega, mis on lahustunud või sulas olekus.

Tuline vedel tina kantakse kahe vask- või raudeseme liitumiskohale.

Sula jootemetalli molekulid on liikuvad. Tina voolab esemetevahelistesse piludesse. Ta täidab kõik ebatasasused, ja kui pind on puhas, siis kleepub selle külge. Jootemetalli molekulid haakuvad vase või raua molekulidega ja liidavad ühendatavad pinnad tihedalt kokku.

Asi on teistsugune, kui liimina kasutatakse orgaanilisi aineid — vaike, kummiaraabikut, kautšukit, tisleriliimi, želatiini, munavalget, tärklist jt.

Nende ainete molekulidel on niitide või ahelate kuju. Kõik nad on suured, väheliikuvad ja ilma vee või lahusti väikeste molekulide abita võimetud aktiivseks tegevuseks. Lahuses aga saavad nad oma ülesandega suurepäraselt toime.

Tisleriliimi tahvel pannakse ööks vette. Liim tursub, muutudes limaseks massiks. Seda massi soojendatakse. Kollageeni — aine, millest koosneb tisleriliim — molekulid omandavad suure liikuvuse. Liim muutub vedelaks. Temaga niisutatakse liimitavaid pindu.

Kollageeni molekulid tungivad puidu, papi või paberi pindkihti.

Nad nagu kruvivad end puidu molekulide vahele ning haakuvad nendega ja omavahel.

Liim jahtub, tema molekulid kaotavad liikuvuse. Täitnud oma kohustuse saatjatena, veeosakesed lenduvad. Liim kuivab, moodustades kokkuliimitavate pindade vahele tahke aine õhukese kelme. Tekkinud kelme kleepub kindlalt liimitavatele pindadele.

Sellest näitest järeldub, et liim täidab oma ülesannet edukalt siis, kui ta hästi märgab liimitavate esemete pinda ja kui tema molekulid tungivad pindkihi sisse.

Kuid kaugeltki iga liimaine pole võimeline kleepuma iga materjali külge.

Asjatu on püüda kummiliimiga liita kaht puutükki või tärklisliimiga kokku kleepida purunenud klaasi.

Erinevate materjalide liimimiseks on vaja eri liime, mis on võimelised kleepuma nende materjalide külge, sest erinevate ainete molekulide vahelised külgetõmbejõud pole ühesugused.

Kummiliim liimib nahka ja kummit, vaikude lahused klaasi, tisleriliim puitu ja paberit jne.

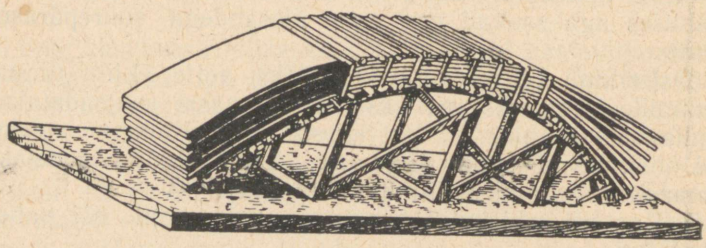
Enamiku juba vanast ajast tuntud liimainete puuduseks

on see, et nende molekulid saavad täita oma kohust ainult vee või mõne teise lahusti molekulide juuresolekul. Seepärast kõik esemed, mis on liimitud tisleriliimiga, kalaliimiga või mõne muu selletaolise liimiga, kardavad vett.

Tänapäeva tehnika on meile andnud suure valiku mitmesuguseid liime.

Vanad liimained said olla ainult naelte abilisteks või asendajateks.

Uued, keemikute poolt leiutatud liimid kinnitavad naeltest tugevamini. Ka nemad immutavad läbi liimitava aine kiud, kuid erinevalt vanadest liimidest on nende lineaarsed molekulid võimelised ühinema väga tugevaiks võres-



Liimkonstruktsioonidega puitsilla mudel.

tikeks. Sellised liimid, nagu ütlevad keemikud, polümeriseeruvad. Nende kelmed on tunduvalt vastupidavamad. Nad hoiavad esemeid koos vanadest liimidest paremini.

Nende liimide abil liimitakse õhukestest laudadest kokku kuni meetripaksusi ja kuitahes pikki talasid. Laudade pinnad niisutatakse resooliga, mida on eelnevalt lahjendatud atsetooni või piiritusega. Lauad asetatakse virna ja surutakse pressi all väheldasel rõhul (2—3 kilogrammi ruutsentimeetri kohta) kokku.

Resool muundub resiidiks. Lauad kleepuvad kokku nii tugevasti, et valmis palk lõhestub ainult piki puitu, mitte aga liimitud kohtadest.

Resooli resiidiks muundumine toimub mitte 140—160 kraadi juures nagu tavaliselt, vaid toatemperatuuril (16—18 kraadi). Vaik tahkestub kiiresti seetõttu, te teda enne segatakse katalüsaatoriga. Parimaks katalüsaatoriks on aine, mille leiutas nõukogude teadlane professor G. S. Petrov. Seda katalüsaatorit valmistatakse naftajääkidest, mida töö-

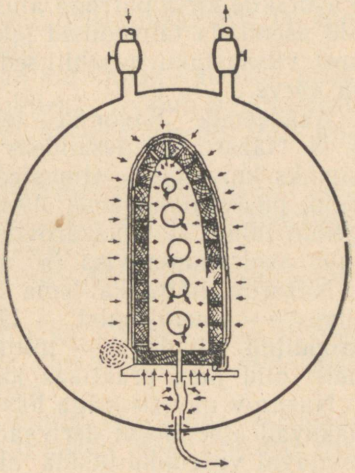
deldakse väävelhappega. Teda nimetatakse petrovi kontaktiks.

Iidsest ajast oli liim ainult tislerite, raamatuköitjate ja kingseppade abiliseks. Uued plastmassliimid aga hakkasid teenima mitte ainult käsitöölisi, vaid nad kõlbasid ka inseneridele — suurte ehitiste rajajaile. Nii näiteks kleebiti kokku 175 meetri pikkune raudteesild. Selle silla üheksa meetri pikkused talad liimiti resooliga kokku tollistest laudadest.

Uued liimained osutusid asendamatuiks sõudepaatide, jahtide ning väikeste jõe- ja merelaevade ehitamisel.

Šabloonile, millel on tulevase jahi või paadi kuju, asetatakse mitu kihti ühekihilist puitvineeri või kunstvaiguga immutatud riiet.

Šabloon koos temale asetatud materjaliga tõmmatakse üle kummisärgiga nagu kohver katteriidega ja paigutatakse katlasse — autoklaavi. Katlasse juhitakse 5-atmosfäärise rõhu all suruõhku, auru või vett. Suruõhk rõhub kummisärgile ja surub vineeri- või riidetükid vastu šablooni.



Koorikkonstruktsiooni (paadi) valmistamise skeem.

Šabloonis on avad õhu väljaimemiseks. Rõhk šablooni sees langeb. Rõhkude vahe kindlustab materjali hea kokkukleepumise.

Resool muundub resiidiks. Moodustub kihiline plastmass. Šabloon võetakse katlast välja. Toode vabastatakse kummisärgist ja šabloonilt võetakse valmis paadikere. Ta on terviklik nagu kreeka pähkli koor. Seepärast nimetatakse selliseid konstruktsioone koorikulisteks.

IMELINE LIIM

Kõik liimid, nii looduslikud kui ka kunstlikud, liimivad hästi ühesuguseid materjale — kiudaineid kiudainetega, klaasi klaasiga, kummit kummiga.

Ühegagi neist liimidest aga ei saa kokku liimida puitu metalliga või nahka klaasiga.

Erinevate materjalide liimimise probleem huvitas insenere ja teadlasi juba ammu.

Paljud püüdsid lahendada seda tähtsat tehnilist ülesannet, kuid see oli jõukohane ainult maailma kõige eesrindlikuma teaduse esindajatele — nõukogude teadlastele.

1934. aastal saatis seltsimees V. M. Molotov akadeemik Favorskile kirja palvega alustada ainete otsimist, mis võiksid asendada taimeõlisid lakkide ja värvide valmistamisel, sest viisaastaku uusehitused nõudsid tohutul hulgal lakke ja värve.

Akadeemik Favorski tegi oma andekale õpilasele I. N. Nazarovile ülesandeks leida orgaaniline vedelik, mis annaks kuivamisel atmosfääri mõjude suhtes vastupidavaid, püsivaid kelmeid. Akadeemik Favorski valik ei langenud juhuslikult Nazarovile. Ivan Nikolajevitš näitas end juba aspirandina visa ja julge uurijana.

Nazarov, nagu ka tema õpetaja, teadis hästi, et ühest tüvest — atsetüleenist — lähtub rohkesti harusid, mis on kroonitud viljadega — mitmesuguste ühenditega. Paljud neist olid juba praktikas kasutusel lakkide lahustajatena.

Nazarov mõistis väga hästi, milliseid piirituid võimalusi pakuvad atsetüleeni derivaadid, ja otsustas sobivat kelmet tekitavat vedelikku otsida atsetüleenirea ühendite hulgast.

Erilisi lootusi pani Nazarov ühele atsetüleeni derivaadile — vinüülatsetüleenile.

Atsetüleenirea ühendite keemilisi reaktsioone juhtivate keerukate seaduspärasuste teoreetilisest mõistmisest kelmet tekitava vedeliku saamiseni oli veel hulk maad, kuid teadlane-kommunist lahendas püstitatud ülesande edukalt. Vinüülatsetüleenist sai ta aine, mida nimetatakse vinüületinüülkarbinooliks ehk lühemalt karbinoolliimiks.

Karbinoolliim on vedelik, mis aegamööda tiheneb siirupiks. Ta kleepub klaasile, metallile, portselanile, marmorile, fiibrile, puidule ja nahale. See on universaalne «võluliim». Ta liimib kõike — puitu klaasiga, klaasi nahaga, nahka marmoriga, mis aga kõige tähtsam — metalli metalliga ja isegi alumiiniumi alumiiniumiga. See metall, mida on nii raske joota, kleepub karbinoolliimiga kuulekalt kokku.

Ühes tehases kleebiti katseks kokku mõned alumiiniumlehtede tükid. Saadud tahvlist stantsiti tavalisel viisil tald-

rik. Stantsimisel venis tahvel mõnevõrra välja, kuid liimõmblused ei läinud kusagil lahti.

Karbinoolliim on ühteviisi vastupidav nii 60-kraadise pakase kui ka 60-kraadise kuumuse juures. Ta ei lahustu õlis, bensiinis ega atsetoonis. Ta ei karda vett, happeid ega aluseid.

Esemete liimitavad pinnad puhastatakse hoolikalt, pestakse ja hõõrutakse vatitükiga või pehme lapiga kuivaks.

Samal ajal lisatakse karbinoolile katalüsaatorit ja kaetakse kleebitavad esemed liimiga.

Katalüsaatori mõjul muutuvad karbinooli väikesed molekulid uue aine suurteks molekulideks. Toimub polümerisatsioon. Tekib kelme, mis tihedalt kleepub liimitavatele pindadele.

I. N. Nazarov töötas välja karbinoolliimi tööstusliku tootmise meetodi. Kahe aasta jooksul aitas ta tehaste keemikuil korraldada keerukat tootmisprotsessi.

Tänapäeval kasutatakse meie ettevõtetes laialdaselt karbinoolliimi.

Ühes Leningradi tekstiilivabrikus kleebiti selle liimiga masinad põranda külge, kuna varem oli neid kinnitatud jämedate poltidega ja tsemendiga.

Professor I. N. Nazarovi leiutis võimaldas asendada kanada palsamit, millega kleebiti kokku läätsi optiliste riistade keerukates objektiivides.

Eriti hästi liimib karbinoolliim mustmetalle. See väärtuslik omadus lihtsustas keerukate toodete valmistamist malmist. Malm allub raskesti autogeenkeevitusele. Seepärast tuli malmdetailid alati ühendada poltidega. See töömahukas ja kallis meetod on nüüd asendatud lihtsama ja odavamaga — liimimisega.

Karbinoolliimiga on kohale liimitud marmorplaadid, milledega on kaetud Moskva metroo mõnede jaamade vestibüülid ja saalid.

Varem põletati rikutud akumulaatoripurgid ära. Nüüd remonditakse need karbinoolliimi abil.

Professor I. N. Nazarovi silmapaistev leiutis sai valitsuselt kõrge hinnangu — 1946. aastal määrati I. N. Nazarovile Stalini preemia.

1941. aasta septembri alguses, kui fašistlikud jõugud kippusid Leningradi lähedale, tõusid Iisaku peakiriku kuplile maalrid ämbritega, mis olid täidetud halli õlivärviga. Linna kohale ilmusid üha sagedamini ja sagedamini lennukid mustade ristidega tiibadel. Iisaku kiriku kuldne kuppel oli fašistlikele lendureile üliheaks orientiiriks. Päikesepaistelistel päevadel paistis ta sadade kilomeetrite kaugusele linnast ja ta tuli üle värvida.

Kui Suur Isamaasõda lõppes, muutus Iisaku kirikule tema kaitsevärv tarbetuks. Ent kuidas kõrvaldada värvi? Õlivärv jääb ju kindlalt metalli külge kinni.

Eemaldada teda mehaanilisel teel, s. t. kraapimisega, ei tohtinud — oleksid kannatada saanud kuldtahvlid, milledega kuppel on kaetud.

Tuli abi otsida keemikuilt. Vanaaja mälestusmärkide kaitse inspektsioon tegi keemik G. J. Terlole ülesandeks leida aine, millega saaks värvi kõrvaldada metalli kahjustamata.

Õlivärvide kestvus on maalritele ja kunstnikele ammu tuntud. Õhukese kihina värvitavale pinnale kantud õlivärv hakkab «kuivama» ja «kuivanuna» moodustab vastupidava mittekõrvaldatava kelme.

Tavaline väljendus «õli kuivab» annab väga ebaõnnestunult edasi õlivärvis valguse ja soojuse mõjul toimuvate protsesside olemust. Neil protsessidel ei ole midagi ühist «kuivamisega». Kas saab rääkida «kuivamisest», kui õli kaal «kuivamisel» ei vähene, vaid vastupidi — kasvab, ja üsna tunduvalt.

Et selgitada, kui palju kasvab õlivärvikihi kaal, tehti järgnev katse.

Vasakule kaalukausile asetati väheldane 10-ruutsentimeetrise pinnaga klaasplaat. Plaat kaeti õhukese linaõlikihiga (kokku 35 milligrammi). Paremale kaalukausile asetati vihid. Teisel päeval laskus vasak kaalukauss alla. Lisati tilluke 0,35-milligrammine viht — kaalud tasakaalustusid. Massi juurdekasv moodustas 1 protsendi. Järgmisel päeval suurenes juurdekasv 2,7 korda, neljandal päeval juba 7,6 korda. Viiendal päeval suurenes juurdekasv veelgi, moodustades 13,5 protsenti. Kuues ja seitsmes päev andsid veel juurdekasvu — see ulatus juba 20 protsendini. Kuid kaalu kasvamine ei jätkunud lõputult. Kaheksandal päeval

õli kaal väheneb veidi ja sellega lõppes kaalu muutumine. Üldiselt on «kuivanud» õli kaal peaaegu ühe viiendiku võrra suurem vedela õli kaalust.

Nagu teada, valmistatakse õlivärvi värnitsast, värnitsat aga keedetakse linaõlist.

Värske linaõli on merevaigu värvusega vedelik, mille koostisse kuulub mitmesuguste ainete — rasvhapete, värvainete, valkude — molekule.

Selle segu tähtsaimaks koostisosaks on üks orgaanilistest hapetest — niinimetatud linoolhape. See hape ei sarnane ei väävel- ega soolhappega.

Keemikud nimetavad orgaanilisteks hapeteks mitte ainult maitselt hapusid aineid, mis värvivad lakmuse punaseks, vaid ka kõiki orgaanilisi aineid, millede molekulid sisaldavad muutumatut aatomirühmitust — karboksüülrühma. See rühm koosneb ühest süsinikuaatomist, ühest vesinikuaatomist ja kahest hapnikuaatomist.

See rühm esineb ka linoolhappes. Peale selle rühma on linoolhappe molekulis 31 vesinikuaatomit ja 17 süsinikuaatomit. Kuid mitte kõik kõrvuti olevad süsinikuaatomid pole omavahel ühendatud ühe «valentshaagikesega». 9. ja 10. ning 12. ja 13. süsinikuaatom on teineteisega seotud kahe «valentshaagikese» kaudu.

Linoolhape nagu ka meile juba sünteetilise kautšuki tootmisest tuntud butadieen omab kaht kaksiksidet. Seetõttu on ta võimeline polümeriseeruma.

Kui jätta linaõli õhu kätte, siis hakkab ta valguse ja soojuse mõjul järk-järgult paksenema.

Ta neelab õhust hapnikku ja kasvab kaalult.

Hapnikuaatomid liituvad 9. ja 10. ning 12. ja 13. süsinikuaatomi vahele. Tekib uus keemiline ühend. Vabanenud «valentshaagikesed» «õmblevad» üksteise läheduses olevad väikesed happemolekulid kokku suureks kolmemõõtmeliseks molekuliks. Kelme muutub kõvaks. Ta ei sula ega lahustu.

Kuivamisprotsessi kiirendamiseks õli keedetakse. Keedetud õli nimetatakse värnitsaks. Tööstuses valmistatakse värnitsat linaõlist, kuumutades seda segajatega varustatud kateldes auruga 120—150 kraadini.

Kuumutatavast õlist puhutakse kompressoriga õhku läbi. Läbipuhumine tõstab värnitsa kvaliteeti. Selleks aga, et värnits rutem «kuivaks», lisatakse talle katalüsaatoreid, mida värnitsatööstuses nimetatakse sikatiivideks.

Sikatiividena kasutatakse orgaaniliste hapete mangaani-, seatina- ja kroomisooli.

Kuid see pole ainuke linaõli töötlemise meetod. Kiiresti kuivavaks saab värnitsat muuta ka ilma õhuga läbipuhumiseta — kõrge temperatuuri abil. Õlile lisatakse sikatiive, ta valatakse katlasse ja kuumutatakse õhu juurdepääsuta 250—300 kraadini. Toimub osaline polümerisatsioon. Moodustuvad väikesed lineaarsete molekulide ahelad. Saadud värnits meenutab meile juba tuttavat vaiku resooli. Selline resoolitaoline värnits on veel võimeline lahustuma tärpentinis, atsetoonis ja petrooleumis, kuid ta «kuivab» kiiremini, sest osa vabu kaksiksidemeid on juba ära kasutatud. Polümerisatsioon algas, kuid ta katkestati kunstlikult.

Kui maaler kannab värvi õhukese kihina värvitavale pinnale, siis tungivad õlikelmesse õhuhapniku aatomid. Polümerisatsiooniprotsess algab uuesti. Polümeeri väikesed ahelad «õmmeldakse» omavahel kokku. Moodustuvad hiiglasuured kolmemõõtmelised molekulid. Õlikelme «kuivab» ja muutub lahustumatuks. Õlivärvi on võimatu maha pesta. Teda saab ainult pehmeks muuta ja pealt ära kraapida.

Värvi kõrvaldamiseks Iisaku peakiriku kuplilt ei saanud G. J. Terlo kasutada bensooli ega atsetooni, sest need vedelikud on väga lenduvad. Saja meetri kõrgusel, tuule käes, toimub auramine väga kiiresti. Oleks võinud proovida värvi pehmeks muuta vähem lenduvate vedelikega — aniliini või püridiiniga, kuid need ained on liiga kallid. Siis otsustas ta kasutada ainet, mis lõhub kelme: sööbenaatriumi 20-protsendilist lahust. Selle vedelikuga niisutati kotiriiet ja kuppel kaeti sellega 4—5 tunniks.

Püsima jäänud värv hõõruti maha kaltsudega. Selle töö teostasid Leningradi alpinistid-vabatahtlikud ja elukutselised kõrgehitustöölised.

Värvida tuleb kõike. Iga meie tööstuse poolt välja lastav toode, olgu see laev, vedur või tööpink, tuleb värvida. Värvitakse sildu, katuseid ja mööblit. Värvide tarbimine kasvab meie maal iga aastaga pidevalt. Juba 1940. aastal tarvitas nõukogude laki-värvitööstus ära üle 100 000 tonni taimeõlisid. Taimset toorainet enam ei jätkunud. Keemikud hakkasid otsima abinõusid kunstliku värnitsa saamiseks.

Leningradi Tehnoloogilise Instituudi teaduslike töötajate kollektiiv Stalini preemia laureaadi professor A. J. Drinbergi juhtimisel valmistas petrooleumist ja «süntool B-st»

kunstliku värnitsa, mida kasutatakse edukalt siseruumide värvimisel loodusliku värnitsa asemel. Teda saadakse petrooleumi hapendamisel õhuga.

INDIA KÜLALISE ASENDAJA

Juba vanal ajal oskasid kunstnikud lahustada värnitsas mitmesuguseid vaike, s. t. valmistada õlilakke. Nende lakkidega katsid nad oma maalid. Õhuhapniku mõjul toimus lakikelmes meile juba tuntud polümerisatsiooniprotsess. Tekkisid keerukad molekulehitised — kolmemõõtmelised molekulid, milledes vaigu ja õli ahelad olid tihedalt üksteisega läbi põimunud.

Lakk, mis kaitses maali niiskuse ja õhu mõju eest, andis värvidele läike ja sügavuse, kuid tumenes aja jooksul. Selle pahega ei osanud vanaaja maalikunstnikud võidelda ja sageli maaliti tumedaks muutunud maalide peale uusi maale.

Nõukogude teadlased leidsid meetodid laki tumenenud pealiskihtide eemaldamiseks, andes sellega kunstiteostele tagasi nende esialgse välimuse.

Just sel viisil taastati XV sajandi kuulsa vene kunstniku Andrei Rubljovi suurepärased ikoonid.

Võrdlemisi hiljuti restaureeriti Tretjakovi galeriis Surikovi maal «Bojaaritar Morozova». Tumenenud lakikiht kõrvaldati ja asendati uuega. Värvid omandasid uuesti ereda läike. Võrdluseks jäeti pildi äärele tükike mahapesemata lakki.

Ammust ajast kasutavad lakke mitte ainult kunstnikud, vaid ka puunikerdajad, tislerid, parkalid, relvasepad jt.

Nad kasutasid vaigulakke, lahustades vaiku mitte ainult õlis, vaid ka piirituses. 300 aastat enne meie ajaarvamist näiteks kaeti Egiptuses lakkidega vaske, pronksi, hõbedat, puitu ja nahka.

Lakke kasutati materjalide kaitsmiseks niiskuse ja õhu hävitava toime eest.

Lakke valmistati troopilistest looduslikest vaikudest — šellakist, dammarast, kopaalist jne. Need vaigud olid kallid. Nende saamine oli piiratud ja nad ei suutnud enam rahuldada üha kasvavat nõudmist lakkide ja värnitsa järele.

Selgus, et kõikidest kunstlikest vaikudest, mida kasuta-

takse mitmesuguste plastmasside tootmiseks, saab valmistada ka lakke.

Selleks on neid ainult vaja lahustada piirituses, atsetoonis või mõnes teises lenduvas lahustis. Seejuures saadakse viskoosne vaigusiirup. Kui kanda õhuke kiht vaigulahust lakeeritavale pinnale, siis on kuivamisel tekkiv kelme habras ja tuleb kergesti pinna küljest lahti. Seepärast lisatakse vaigulahusele plastifikaatoreid (pehmendajaid) nagu elastsete plastmasside valmistamiselgi.

Need lakid asendavad täielikult lakke, mida varem valmistati troopilistest maadest sisseveetavatest looduslikest vaikudest. Peale selle saab neid kasutada seal, kus looduslikest vaikudest lakid on kõlbmatud.

Fenool-aldehüüdvaigust lakiga kaetud raud ei roosteta. Selle laki kelmed on püsivad hapete ja aluste toime suhtes.

Viimaseil aastail on suure leviku omandanud polükloorvinüül- ja perkloorvinüüllakid. Lisades neile värvaineid, saadakse atmosfääri mõjude suhtes väga püsivaid värve.

Pigmendid hõõrutakse värviveskis koos lakiga peeneks ja värv on valmis. Selle värviga värvitud esemeid võib pesta seebiveega. Meie tööstus toodab seda värvi juba suurtes kogustes.

1950. aastal värviti Leningradis Nevski prospektil 70 maja fassaadid nende värvidega, mis olid valmistatud Kommunaalmajanduse Teadusliku Uurimise Instituudi retseptide järgi.

Värvitud majade seisukorda vaadeldi kaheksa kuu jooksul. Vaatlused näitasid, et seal, kus pind oli hoolikalt ette valmistatud ja krunditud, oli värv ühtlane ja omas heledat meeldivat tooni. Uus värv kaitseb krohvi hästi vihma ja lume, päikese ja tuule eest.

SEINTE JA PÕRANDATE KATTEMATERJAL

Seinte kaunis töötlus teeb toa mugavaks ja nägusaks. Kõige sagedamini kaunistatakse tubade seinu värviliste tapeetidega; vahel kaetakse need värvika siidiga või ilustatakse mustrilise joonisega õlivärvides või isegi liimvärvides.

Kuid tapeete tuleb sagedasti vahetada, sest nad kuluvad ja määrduvad kiiresti. Siid on väga kallis, värvid aga kardavad niiskust.

Umbes sada aastat tagasi leiutasid keemikud asendamatu materjali seinte ja põrandate katteks. See materjal on väga vastupidav ja hügieeniline, ei karda niiskust ega koisid, ei neela tolmu ja on hästi pestav. Teda saab valmistada mitmesugustes värvustes ja mustrites. Tema pind võib olla ühtlase värvusega või kaetud keeruka vaibataolise ornamendiga. Ta võib ka sarnaneda jaspise, graniidi või malahhiidiga.

See tähelepanuväärne materjal nimetati linoleumiks (ladinakeelsetest sõnadest «linum» — lina ja «oleum» — õli). Tõepoolest — linoleumi valmistatakse oksüdeeritud linaõlist, mis on ühte sulatatud vaikude, täiteainete ja mitmesuguste värvidega.

Spetsiaalses kambris riputatakse taladele suured riidekangad. Kambri ülemisse ossa asetatud rööpaid mööda pannakse liikuma vagonett linaõliga. Liikudes piki talasid kangaga, valab vagonett selle linaõliga üle. Alt juhitakse kangastele pidevalt kuuma õhku. Kangale sattudes linaõli oksüdeerub õhuhapniku toimel ja katab selle õhukese kelmega. Kangast valatakse linaõliga üle seni, kuni kelme paksus ulatub kahe sentimeetrini. Tavaliselt kulub selleks kolmneli kuud.

Oksüdeerunud õli ehk, nagu seda tehnikas nimetatakse, linoksüüni kiht lõigatakse kangalt maha, puistatakse üle kriidiga ja hoitakse veel mõni aeg toatemperatuuril — lastakse «küpseda», nagu ütlevad linoleumi tootjad. Linoksüüni võib saada ka kiirema meetodiga — linaõli oksüdeerimisel kuuma õhuga kateldes.

Linoksüün on linoleumi põhialus, kuid on vaja veel palju mitmesuguseid operatsioone, et muuta ta painduvaks ilusaks tahvliks, mis sarnaneb heleda mitmevärvilise linoleumvaibaga.

Algul linoksüün peenestatakse ja sulatatakse kokku vaikudega. Sula mass valatakse vormidesse, kus ta hangub. Siis segatakse seda massi erilises aparaadis hoolikalt täiteainetega — puidujahu või korgipuruga — ja värvainetega. Segu läheb järk-järgult läbi segaja valtside vahelt, mis pöörlevad erineva kiirusega. Sellega aga massi «vintsutused» veel ei lõpe. Veel mitu korda segatakse, jahvatatakse ja hõõrutakse teda segajates ning valtsidel.

Lõpuks on mass valmis ja ta kantakse alusele — džuudile või mõnele muule materjalile. Linoleummassiga kaetud kanga rull keritakse võllilt ära ja juhitakse läbi külmade

ning kuumade valtside vahelt. Üks valtsipaar pressib massi kangale, teine silub ja poleerib pidevalt liikuvat linoleumikangast. Seejärel linoleum jahutatakse, kuivatatakse ja lastakse «küpseda» spetsiaalsetes kambrites, kus teda hoitakse sõltuvalt kanga paksusest 30 kuni 80 päeva.

Kui riide asemel võtta alusmaterjaliks paber või marli, siis saadakse linoleumiga sarnanev materjal — linkrust. Seda kasutatakse seinte katmiseks aurikute ja mootorlaevade kajutites, raudteevagunite kupeedes, klubide ja koolide mitmesugustes ruumides.

Nõukogude teadlaste pideva töö eesmärgiks on nende väärtuslike materjalide tootmise tehnoloogia täiustamine, linaõli, korgi ja looduslike vaikude asendamine uute sünteetiliste ainetega — kunstlike vaikudega, plastmassidega jne.

KERGEM KORGIST JA PIMSSKIVIST

Möödunud sajandi lõpul leiutas andekas vene insener, hiljem akadeemik V. G. Šuhhov uue ehitiste tüübi — sõrestikhooned. Nendes ehitistes ei kanna hoone raskust seinad, vaid vundamendile toetuv terassõrestik. Ameerikas hakati Šuhhovi maju nimetama pilvelõhkujateks, meil kõrghooneteks. Selliste majade kõrgus ulatub mitmekümne korruseni.

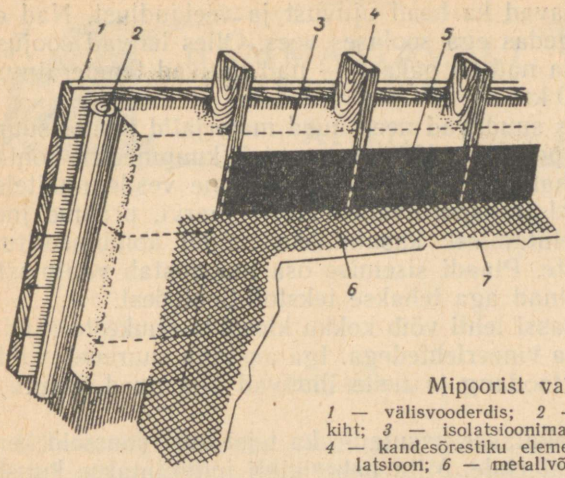
Kõrghoonete ehitamine nõudis sõrestikseinte täitmiseks uusi kergemaid materjale. Looduslikud materjalid, nagu pimsskivi ja kork, on kivi või tellisega võrreldes väga kallid ja pealegi ei suuda nende hulk rahuldada kasvavaid nõudeid.

Ehitajad pöördusid keemikute poole. Keemikud aga kasutasid ära kunstlike vaikude omaduse anda õhukesi vastupidavaid kelmeid.

Vedel vaik lüüakse nagu koor tihedaks vahuks või puhutakse pehmeks muudetud plastmassi rõhu all gaasi. Vahule aetud plastmass tardub üliväikeste aukudega kärjena. Saadakse materjal, mis on korgist või pimsskivist umbes kakskümmend korda kergem.

Vahtplastmassid — nagu neid plastmasse nimetatakse — meenutavad kummikäsna, kuid neil ei ole lahtisi poore ja seepärast ei ima nad niiskust.

Nõukogude tehastes valmistatakse kergekaalulist plastmassi mipoori. See kujutab endast lumivalget poorset materjali, mida on kerge lõigata noaga.



Mipoorist vahesein:
1 — välisvooderdis; *2* — paberist vahekiht; *3* — isolatsioonimaterjal — mipoor; *4* — kandesõrestiku element; *5* — auruisolatsioon; *6* — metallvõrk; *7* — krohv.

Mipoor nagu teisedki vahtplastmassid summutab hästi helisid ja laseb halvasti läbi soojust. Tema soojusjuhtivus on peaaegu kaks korda väiksem korgi ja kolm korda väiksem klaasi soojusjuhtivusest.

Mipoorplaate kasutatakse vaheseinte ja -lagede täitematerjalina.

Vahtplastmassidest tehakse ka poisid, ujukeid ning päästerõngaid.

Vahtplastmassid osutusid hindamatuteks materjalideks mitte ainult kaasaegsete monumentaalsete hoonete kiirehitamisel, vaid ka laevade ja lennukite ehitamisel.

Kui mööda veepinda kihutab kiire kaater, tekitades teemantpritsmete sambaid, siis näib ta olevat peaaegu kaalutu, õhuline. Sellise kaatri korpus peab tõesti olema väga kerge, samal ajal aga ka küllalt tugev, et vastu pidada nii suurele kiirusele.

Kaua aega püüdsid laevaehitajad edutult leida materjali, mis täielikult rahuldaks neid nõudeid. Teras, raud ja vask on küll vastupidavad, kuid nad on rasked. Puit on metallist kergem, kuid jääb temast tunduvalt maha tugevuselt.

Laevakorpuste ehitamisel tehti katseid vähendada metallplaatide paksust, kuid see põhjustas tugevuse vähenemist ja viis sageli purunemisele. Vahtplastmasside ilmumine aitas selle raske probleemi edukalt lahendada.

Kergekaalulised plastmassid mitte ainult on vastupida-

vad, vaid omavad ka head ujuvust ja veekindlust. Nad ei roisku ei magedas ega soolases vees. Olles halvad soojusjuhid, ei karda nad ka pakast — nad taluvad temperatuuri kuni —70—80 kraadi.

Vees ujudes suudavad need uued materjalid kanda suurt koormust — peaaegu 900 kilogrammi kuupmeetri kohta. Seepärast tehakse nendest nüüd pontoone vesilennukitele, mitmesuguseid transpordivahendeid — parvi, praame jne.

Lennukite ehitamisel kasutatakse sageli kombineeritud poorseid plaate. Plaadi sisemise osa moodustab vahtplastmass, välisseinad aga tehakse tekstoliitlehtedest.

Vahtplastmassi lehti võib kokku kleepida õhukeste raud-, alumiinium- ja vineerlehtedega. Iga aastaga suureneb vahtplastmasside toodang ja neile ilmuvad üha uued kasutusalad.

Ehitustel hakatakse kasutama ka teisi uusi poorseid kergekaalulisi materjale. Mitu paberikihti immutatakse kunstvaikudega ja pressitakse kärjekujuliseks. Saadakse väga vastupidav ja kerge kärgjas materjal. Paberist südamik kaetakse ühest või mõlemast küljest kompaktsemast plastmassist pealiskihiga. Sel viisil valmistatud plaate kasutatakse mitmesuguste hoonete seintes. Nendest tehakse ka majade katuseid. Pealiskiht kleebitakse pabersüdamikule spetsiaalse liimiga. Kokkupandud plaadid laotakse madalale betoonalusele. Et nad asetatakse üksteise peale, siis moodustub nagu midagi pressitaolist. Ülemisele plaadile asetatakse väike koormis, et tema pealiskiht paremini kleepuks südamikule. Sellisesse olekusse jäetakse kihilised plaadid ööseks. Hommikuks on plaadid juba täiesti valmis. Vastavalt plaatide ülesandele allutatakse need erinevale dekoratiivsele viimistlusele. Kui plaate kasutatakse hoonete välisseintes, siis värvitakse nad sünteetiliste värvidega kivivärviliseks. Sisemiste vaheseinte valmistamisel nendest plaatidest värvitakse nad erinevates toonides või kantakse neile mingisugused joonised.



ELU KANDJA

Lämmastik ei toeta põlemist. Puhta lämmastiku atmosfääri sattunud elusolend lämbub. Just sellega seletub lämmastiku nimetus.

Kui XVIII sajandi teadlased aga oleksid tundnud valkainete keemilist koostist, siis poleks nad mitte mingi hinna eest nimetanud lämmastikku lämmastikuks. Ei või ju lugeda elutuks [1] gaasi, mis kuulub valkude koostisse, ainete koostisse, mis on elu kandjateks! Valkudest on ehitatud inimkeha koed, valgud kuuluvad taimerakkude koostisse. Valgud — see on elu, lämmastik aga on valgu molekulide vajalikem koostisosa.

Oma nimetuse said valgud linnumunade sültjast ainest, mis kuumutamisel kalgendub ja muutub valgeks ning elastseks.

Kui teadlased olid õppinud uurima orgaaniliste ühendite keemilist koostist, lugesid nad valkude klassi kuuluvaks kõik ained, mis on keemiliselt koostiselt lähedased linnumunade valgule, s. t. ained, mis sisaldavad peale süsiniku, vesiniku ja hapniku ka lämmastikku.

XIX sajandi alguses tehti kindlaks, et valkained on elu kandjaiks. Pärast seda avastust tõusis huvi valkude vastu erakordselt. Valkude uurimisega hakkasid tegelema tuhanded teadlased. Ja mida sügavamale looduseuurijad sellesse valdkonda tungisid, seda kaasakiskuvamaks ja mõistatuslikumaks see muutus.

[1] Lämmastikku tähendavat venekeelset sõna «азот» peetakse tuletatuks kreekakeelsetest sõnadest «a» (eituse partikkel) ja «zoos» (elav). *Toim.*

Ilmnes, et looduses esineb omapärane «tööjaotus». Algvalkaineid toodavad, nagu seda selgitasid nõukogude teadlased, peaaegu eranditult pinnase mikroorganismid — mügarbakterid. Viljaka pinnase igas grammis sisaldub keskmiselt kaks kuni kolm miljardit mikroorganismi! Mikroobide üldine kaal ühe hektari mustmullamaa künnikihis moodustab umbes 7 tonni! Taimed kasutavad valkaineid, mida neile on valmistanud mikroorganismid, osaliselt aga valmistavad neid ise. Inimesed ja loomad kasutavad valmis valkaineid. Nad kujundavad neid oma organismis ümber. Need valkained on «remondi- ja ehitusmaterjalideks» lihastele, närvidele, nahale ja teistele kudedele.

Et inimorganism üksikutest keemilistest elementidest ise valkaineid ei tooda, vaid kasutab valmis valkusid, siis on täiesti selge, et meie toit peab sisaldama kõige erinevamate omadustega valkaineid.

Täiskasvanud inimene vajab ööpäevas umbes 100 grammi valkaineid. See «ehitusmaterjali» hulk on täiesti küllaldane kulunud kudede remondiks.

Seedeelundite tööd uurivad teadlased tegid kindlaks, et valkained lagunevad makku ja soolestikku sattudes koostisosadeks. See lagunemine toimub ainete mõjul, mida nimetatakse fermentideks. Peamist osa mängivad siin fermendid pepsiin ja trüpsiin.

Nagu kirved lõhuvad pepsiin ja trüpsiin valgu molekulid koostisosadeks, mis satuvad verre, veri aga transporteerib nad üle kogu organismi laiali — ta «toimetab ehitusmaterjalid töökohale».

Fermentide uurimine näitas, et ka nemad kuuluvad valkainete hulka.

Meie keha kudedes koonduvad valgu molekulide killud jälle kokku, kuid mitte selles järjestuses, nagu nad esinesid toidus. Valkude taastumisprotsess toimub jällegi fermentide toimel, mis tegutsevad seekord vasaratena — taovad valgu molekule kokku.

Fermendid-«vasarad» on samuti valgud.

Järelikult valkained mitte ainult on meile toiduks, vaid nad aitavad ka toitu seedida, omastada seda ja ehitada uusi kudesid.

Fermendid-«kirved» ja fermendid-«vasarad» on käsulikud mitte ainult organismis. Pärmiseente poolt toodetavad fermendid muudavad viinamarjamahla veiniks ja veini äädikaks. Nad kergitavad taignat ja teevad meie leiva maits-

vaks ning kergeks. Fermendid on juustuvalmistajaiks. Kõik juustusordid tekivad tänu erinevatele fermentidele. Fermendid annavad meile hapupiima, kefiiri, hapukapsast ja hapukurke.

Ja kõik need fermendid on valgud. Tähendab — valgud valmistavad meile toitu.

Eri liiki valkainete arv on väga suur.

Villas sisaldub valk keratiin, looduslikus siidis fibroiin. Tähendab — valkained riietavad meid.

Kõõlused ja sidekoed sisaldavad valkainet kollageeni. Sõna kollageen tähendab «liimi sünnitav». Ja see nimetus on õige: keetes kõõlustega konte, saadakse tisleriliimi, mis põhiliselt koosneb kollageeni lagunemisproduktidest.

Möödunud sajandi lõpul avastas vene botaanik D. J. Ivanovski viiruste — mitmesuguste haiguste üliväikeste tekitajate — olemasolu. Viirused on meie õelaimad vaenlased. Organismi tungides tekitavad nad raskeid haigusi — grippi, peaajupõletikku, leetreid, rõugeid. Viirused kahjustavad mitte ainult inimesi, vaid ka loomi ja taimi. Nad tekitavad rahvamajandusele loendamatuid kahjusid.

Viirused on samuti valkained.

Varsti pärast Ivanovski avastust leidsid teadlased veel ühe liigi üliväikesi kehakesi, kuid mitte kahjulikke, vaid kasulikke. Need nimetati bakteriofaagideks — «bakterite õgijateks», sest nad hävitavad haigusi tekitavaid baktereid. Bakteriofaagid päästavad inimesi paljudest nakkavatest maohaigustest.

Ka bakteriofaagid on valkained.

Teadlaste ees avaneb valkainete üliavar imeväärne maailm, mis on täis omapära ega sarnane millegagi.

Meie ise koosneme valkainetest ja valkaineid sisaldab meie toit: fermendid, mis valmistavad toiduaineid ja soodustavad toitainete omastamist, on valgud. Valgud riietavad meid. Valkude hulgas on meie õelaimaid vaenlasi, kuid on ka sõpru.

On arusaadav, et teadlased hakkasid valkaineid uurima, et mõista nende ehitust ning õppida neid kasutama.

Ükski teine aine ei oma meie elus nii erilist, hiiglasuurt tähtsust kui valgud.

Valkainete uurimine algas nende keemilise koostise määramisega. Valgud nagu teisedki orgaanilised ühendid koosnevad väikesest arvust elementidest, millede hulgas valitseval kohal on süsinik.

Valkudes on keskmiselt 50—55 protsenti süsinikku, 17 protsenti vesinikku, 25—30 protsenti hapnikku, 15—19 protsenti lämmastikku ja 0,5—2,5 protsenti väävlit. Mõnikord kuuluvad valkainete koostisse ka fosfor, jood, broom, raud ja teised keemilised elemendid.

Keemilise analüüsiga tehti kindlaks, et keemiliste elementide aatomite arvuline suhe on erinevais valkaineis erinev.

Kaseiinis näiteks on väävlit vähe, keratiinis aga palju. Kala kudedes sisalduv valk on fosforirikkam kui kanamuna valk. Vere hemoglobiin sisaldab rauda, siidi fibroiinis aga pole seda sugugi.

Teine mööndunud sajandi keemikute poolt tehtud avastus näitas samuti valkainete üht tähtsat iseärasust. Selgus, et valgu molekulid omavad erakordselt suuri mõõtmeid — nad koosnevad tuhandetest aatomitest. Valgu molekulkaal on hiiglasuur. Kanamuna valgu molekulkaal on näiteks 34 600, vere hemoglobiini molekulkaal aga 68 000!

On valkaineid, millede molekulkaalu väljendatakse sadade tuhandetega. Need on molekulid-gigandid. Vee molekul on valgu molekuli kõrval nagu sääsk elevandi kõrval. Mõned valgu molekulid on nii suured, et neid on võimalik näha tänapäeva elektronmikroskoobis. Bakteriofaagi molekulkaal näiteks on 12 000 000.

Valkainete esialgne uurimine näitas, missugustest «telliskividest» koosnevad valkude molekulid ja kui palju selliseid «telliskive» on igas molekulis. Need andmed on väärtuslikud, kuid nagu tegi kindlaks suur vene keemik A. M. Butlerov, on tähtis teada mitte ainult aatomite arvu molekulis, vaid ka nende asetust. See on aine loomuse uurijaile kõige tähtsam ja kõige raskem.

Elusorganismide koostisse kuuluvate orgaaniliste ainete kahe tähtsama klassi — rasvade ja süsivesikute — keemilist loomust ja struktuuri uuriti põhjalikult juba mööndunud sajandil.

Valkude keemiline loomus aga pole tänapäevani lõplikult selgitatud, vaatamata sellele, et nendele ainetele pühenda-

vad teadlased rohkem tähelepanu kui kõigile teistele orgaanilistele ühenditele.

Valgu ehituse uurimisel põrkavad teadlased suurtele takistustele. Looduslikud valgud kujutavad endast mitut «sorti» valkude segu. Puhtaid valkaineid on väga raske saada.

Ainete eraldamise meetodid, mida kasutatakse laboratoorses praktikas teiste orgaaniliste ühendite puhul — kristallisatsioon, sublimatsioon —, osutusid valkude jaoks kõlbmatuteks. Sublimatsioon nõuab küllalt kõrget temperatuuri, kuid valgud kalgenduvad kuumutamisel üle 50—55 kraadi, tehes seejuures läbi sügavaid muutusi. Veelgi tunduvamal kuumutamisel lagunevad nad täielikult.

Ka kristallisatsioon ei andnud algul positiivseid tulemusi, sest enamikust valkudest ei õnnestunud üldse saada kristalle. Laboratoorne tehnika oli veel väga madalal tasemel.

Selgus, et mõningaid valkaineid saab eraldada väljasoolamisega, s. t. soola abil. Valgulahusele lisatakse mingi soola — keedusoola, ammooniumsulfaadi jne. — küllastatud lahust ja lahusest hakkab eralduma valk, mis langeb helvestena põhja.

Soolalahust lisatakse seni, kuni üht «sorti» valk on langenud sademesse. See sade filtreeritakse ja nii saadakse peaaegu puhas kindlat «sorti» valk.

Järelejäänud valgulahusele lisatakse uuesti soola. Kõrgendatud soolasisaldus sunnib sadestuma teist «sorti» valku. Ka see filtreeritakse.

Kolmandat korda lisatakse annus soola. Eraldub kolmandat liiki valk.

Nii saab valkude segu lahutada.

On olemas ka teisi meetodeid.

Mõned valgud on vees lahustumatud, kuid lahustuvad lahjades leelistes. Teised ei lahustu leelistes, kuid lahustuvad lahjades hapetes. Neid erinevusi kasutatakse valkude eraldamiseks.

Selleks aga, et olla veendunud, et sadestunud valk tõepoolest kujutab endast puhast ainet, tuleb teda kristalliseerida.

Kristallisatsioon on keemikule suurepäraseks abiliseks. See on kindel vahend puhaste produktide saamiseks.

Meil on näiteks keedusoola ja boorhappe küllastatud lahuste segu ja need ained tuleb teineteisest eraldada. Kuidas seda teha? Väga lihtsalt: lahust jahutades. Soola ja

boorhappe kristallid langevad sademesse ning neid saab sorteerida isegi ilma mikroskoobi abita, lihtsalt pintsetiga, sest keedusool kristalliseerub kuubikutena, boorhape aga nõelakestena. On hästi näha, kus on sool, kus hape.

Seetõttu püüdsid keemikud ja bioloogid õppida valke kristalliseerima. See õnnestuski neil. Nad leiutasid mitu valkude kristalliseerimise meetodit.

Munavalgule, mis kujutab endast albumiinide ja globuliinide segu, lisatakse näiteks ammooniumsulfaadi lahust. Toimub sadestumine. Sade on globuliin. Ta filtreeritakse välja, lahusele aga lisatakse uuesti veidi ammooniumsulfaati — tekivad albumiini kristallid.

Valkude kristallidel on rombide, kuusnurksete prismade ja nõelakeste kuju.

Täpselt samuti saadi ka teiste valkude kristalle — oksühemoglobiini kristalle verest ja piimaalbumiini kristalle.

Mõnede valkude kristalle võib saada, lahustades valkaineid 10-protsendilises keedusoolalahuses. Kui seda lahust lahjendada veega, siis langevad valgukristallid sademesse, sest need valkained on vees lahustumatud.

Kõik see avas tee valkainete ehituse uurimisele.

Viimaseil aastail on nõukogude teadlasel professor V. I. Orehhovitšil õnnestunud saada sidekoe — koe, millest koosneb nahk ja kõhrluu — täiesti puhast kristallilist valku.

Oli teada, et fermentide mõjul liidavad valgu molekulid endaga veeosakesi ja lagunevad mingisugusteks «kildudeks». Seda nähtust hakati nimetama hüdrolüüsiks.

Hüdrolüüs on sobiv tee valkude uurimiseks. Uurides «kilde», võib teada saada, millistest osadest koosneb terviklik valgu molekul. Kuid fermendid ei osutunud keemikutele kõige paremateks abilisteks. Nad tegutsevad liiga aeglaselt, kiirustamata. Tuleb oodata mitu nädalat, vahel isegi mitu kuud, kuni fermendid-«kirved» on lõhkunud katseiks vajalikul hulgal valgu molekule.[1]

Need tähtajad ei rahuldanud kedagi. Teadlased hakkasid otsima teravamaid «kirveid». Selgus, et valgu molekule saab lõhkuda mõnede hapete ja aluste abil. Hapete ja aluste mõjul liidavad valgu molekulid endaga samuti vee-

[1] Tänapäeval on juba leitud fermente, mis võimaldavad lõhkuda valgu molekule niisama kiiresti kui happed ja alused.

osakesi ja lagunevad «kildudeks», kuid sel juhul pole vaja oodata mitu nädalat — jätkub mõnest tunnist.

Keemikud uurisid valgu molekulide «kilde» ja veendusid, et need pole midagi muud kui amiinohapped.

Amiinohapped on orgaanilised happed nagu äädikhape, oblikhape ja teisedki, kuid erinevalt viimastest sisaldavad nad oma molekulides erilist aatomirühmitust — niinimetatud amiinorühma, mis koosneb ühest lämmastikuaatomist ja kahest vesinikuaatomist ning evib aluselisi omadusi.

Nii on amiinohappe molekulis tingimata kaks aatomirühmitust — aluseline amiinorühm ja happeline karboksüülrühm. Seetõttu on amiinohapetel üheaegselt nii hapete kui ka aluste omadused.

Selliseid ühendeid nimetatakse keemias amfoteerseteks, s. t. kahepalgelisteks ühenditeks. Nad võivad üheaegselt reageerida nii hapete kui ka alustega ja liituda üksteisega.

Amiinohapped pole koostiselt ja ehituselt ühesugused. Peale kahe iseloomuliku aatomirühmituse on nende molekulides sageli ka teisi aatomirühmitusi, nagu näiteks hüdroksüülrühm või imiinorühm, mis koosneb ühest lämmastikuaatomist ja ühest vesinikuaatomist.

Amiinohapped erinevad üksteisest ka aatomirühmituste arvult ja nende erinevalt asetuselt. Lihtsaim amiinohape glükokoll, mida leidub siidi, karvade, liha ja vere valkudes ning paljudes taimsetes valkudes, koosneb näiteks ainult kolmest aatomirühmitusest. Keerukamate amiinohapete — fenüülalaniini, trüptofaani ja teiste — molekulides sisaldub üle kümne aatomirühmituse.

Looduses leiduvates mitmekesistes valkudes ei esine ühed ja samad amiinohapped. Ühtedes valkudes puuduvad ühed amiinohapped, teistes teised. Piima kaseiinis pole üldse glükokolli, želatiinis aga on teda üle 25 protsendi.

Tänapäeval on tuntud umbes kolmkümmend erinevat amiinohapet.

Need amiinohapped kuuluvad valkude koostisse erinevates hulgalistes suhetes. Seetõttu ongi võimalik valkainete selline mitmekesisus.

Nagu väikese arvu keemiliste elementide paigutamisel erinevas järjestuses erinevatesse kombinatsioonidesse võib saada sadu tuhandeid erinevate omadustega ühendeid, nii võib ka amiinohappeist saada tuhandeid, miljoneid ja miljardeid omadustelt erinevaid aineid.

Kümnest amiinohappest võib nende erineval paigutamisel

saada 3 628 000 erinevat valkainet, kahekümnest amiinohappest aga 2 432 902 008 176 640 000.

Need tõeliselt astronoomilised arvud näitavad, kuivõrd keerukas on valkude keemia. Mendelejevi tabeli kõik 98 keemilist elementi kokku ei saa moodustada sellist erinevate ühendite hulka, mida annavad kolmekümne teadusele tuntud amiinohappe erinevad kombinatsioonid.

Hüdrolüüsi kasutamine võimaldas teadlastel kindlaks teha, et valgu suur «ülimolekul» omab erakordselt keerukat ehitust ja koosneb amiinohappeist.

Valgu struktuur aga jäi tundmatuks. Et taastada purustatud hoonet, ei piisa ju teadmisest, et ta oli ehitatud tellistest, kiviplokkidest, palkidest ja raudtaladest. On veel vaja selgitada selle hoone plaan ja arhitektuur. Valgu molekuli «plaani» aga ei õnnestunud kindlaks teha.

Hüdrolüüsil liitub valguga vesi ja tema suur molekul lõhustub väiksemateks amiinohapete molekulideks.

Järelikult, arutlesid teadlased, võib amiinohappeid veest vabastades valkusid tagasi saada. Kui analüüs ei suuda meile midagi öelda valgu struktuurist, siis ehk lubab süntees kergitada eesriiet valgu ehituse saladuselt?

Teadlased hakkasidki proovima liita amiinohappeid üheks suureks molekuliks.

XX sajandi alguses õnnestus amiinohapete molekulidelt kuumutamise teel vett ära võttes liita neid keerukamateks molekulideks.

Saadud ained nimetati peptiidideks. Kahe amiinohappe ühinemisel tekkisid dipeptiidid, kolme amiinohappe ühinemisel tripeptiidid. Paljudest amiinohapetest koosnevaid ühendeid hakati nimetama polüpeptiidideks.

Lõhmates vee molekuli, seostusid üksikud amiinohapped seejuures omavahel aatomirühmituse kaudu, mis koosnes süsiniku-, hapniku-, lämmastiku- ja vesinikuaatomitest.

Sellist keemilist sidet hakati nimetama peptiidsidemeks.

Kasutades uut meetodit, moodustas keemik Fischer mitmesuguseist amiinohappeist kümneid erinevaid polüpeptiide. 1907. aastal sai ta polüpeptiidi, mis koosnes 18 üksikust amiinohappest, 1915. aastal aga sai üks tema õpilane 19 amiinohappest koosneva polüpeptiidi. Selgus, et kunstlikult saadud peptiidid meenutavad omadustelt mõnevõrra looduslikke valke.

Nagu looduslikud valgudki lõhustuvad nad seedemahla fermentide toimel üksikuiks amiinohappeiks.

Ka nemad annavad vees liimjaid kolloidlahuseid, vasega ühinedes aga omandavad ereda värvuse.

Valkainete värvimine vasevitrioliga sai üheks kõige tarvitatavamaks valkude eristamise meetodiks.

Tavaliselt tehakse seda nii: valkainete segule lisatakse veidi vasevitrioli ja leelist. Vaseaatomid ühinevad valgu molekulidega. Seejuures moodustuvad eredavärvilised ühendid. Kui valkaine koosneb dipeptiididest, siis värvub lahus siniseks. Kui aga lahuses on tripeptiide või polüpeptiide, siis omandab ta lilla või violetse värvuse.

Seda vase valkudega ühinemise reaktsiooni nimetatakse biureetreaktsiooniks.

Biureetreaktsioon sai usaldusväärseks vahendiks valkainete koostise määramisel. See reaktsioon näitab uurijale, mida ta on saanud — dipeptiide, tripeptiide või polüpeptiide.

Et lõplikult kontrollida kunstlike polüpeptiidide sarnasust looduslike valkainetega, proovisid teadlased sööta hiiri ja teisi pisiloomi valkudega, mida nad valmistasid oma kolbides. Hiired sõid keemilist toitu erilise isuta, kuid kahju see neile ei teinud. Nad kasvasid võrdlemisi normaalselt ning kõikide tunnuste järgi nende organismid seedisid ja omastasid seda «toitu». Selgus aga, et toitudes ainult sellest ei saa elada, sest puuduvad vajalikud amiinohapete «sordid».

See, et kunstlikud polüpeptiidid seeduvad seedemahla fermentide toimel, s. t. et fermendid lõhuvad polüpeptiidahela väiksemateks osadeks, oli tõendiks peptiidsidemete olemasolu kohta looduslikus valgus.

Polüpeptiidide edukas süntees ja katseline tõestus nende sarnasusele looduslike valkudega võimaldasid saada selgema kujutluse valgu molekuli ehitusest — temas esinevad kahtlemata peptiidsidemed amiinohapete vahel.

Nüüd, teades lähteamiinohapete keemilist koostist ja ehitust, oli võimalik mitte ainult määrata saadud polüpeptiidide omadusi, vaid ka selgitada nende struktuuri.

Nende katsete alusel püstitas Fischer valgu suure molekuli struktuuri seletamiseks polüpeptiidteooria. Ta väitis, et amiinohapete molekulid kujutavad endast üksikuid lülisid, mis ühinevad pikaks ahelaks. Need lülid on omavahel seotud peptiidsidemetega. Kui polüpeptiidi koostisse kuulub

mitu erinevat amiinohapet, siis esinevad nad ahelas vaheldumisi. Kui näiteks tähistame glükokolli tähega G, alaniini tähega A ja seriini tähega S, siis peab siidi fibroiini ahelal olema järgmine kuju: G-G-A-S — G-G-A-S — G-G-A-S ... jne. Erinevates valkudes vahelduvad amiinohapped erineva korra järgi.

Sellise ahela lülide arv võib ulatuda mitmesajani. Munavalgus näiteks on neid 288, hemoglobiinis 576.

Näis, et peptiidsideme avastamine ja valgu molekuli ahela ehituse teooria loomine Fischeri poolt andis ammendava vastuse paljude põlvkondade jooksul teadlaste mõtteid haaranud küsimusele — milline on valgu ehitus.

Paljud kodanlikud teadlased arvavad vaatamata väljapaistvate nõukogude teadlaste akadeemik N. D. Zelinski ja professor N. I. Gavrilovi uutele töödele veel praegugi, et Fischeri teooria seletab täiesti rahuldavalt valgu struktuuri ja et valgu ehituse probleem on lõplikult lahendatud, kuid see pole õige. Fischeri poolt saadud polüpeptiidid ei sarnane elusvalkudega, vaid meenutavad ainult valgu lagunemise produkte organismis.

Suurt abi osutasid teadlastele valgu struktuuri uurimisel röntgenikiired.

Juba 1912. aastal hakati kristallidest tegema röntgeniülesvõtteid. Fotoplaadile ilmusid väheldased täpikesed, mis paiknesid kindlas järjestuses, moodustades omapärase punktiirjoontest koosneva mustri. Teadlased «nägid», kuidas molekulirühmitused kujundavad kristalli.

Et teha röntgeniülesvõtet kristallilisest valgust, paigutati valgukristallid koos emalahusega üliõhukesest klaasist mikroskoopilistesse ampullidesse. Ampullid joodeti kinni ja neist juhiti läbi röntgenikiiri.

Hemoglobiini, albumiini ja teiste valkainete koostisse kuuluvate valkude uurimisel röntgenikiirte abil avastati, et polüpeptiidahelad kõverduvad nendes keradeks. Nende valkude molekulidel on kerataoline kuju.

Röntgenikiired aitasid teadlastel tundma õppida valgu molekulide kuju, kuid mitte nende sisemist ehitust.

Järgmine samm edasi tehti tänu väljapaistva vene keemiku N. D. Zelinski tähtsale avastusele.

See 1914. aastal tehtud avastus andis löögi polüpeptiidteooriale ja pani aluse valgu ehituse uuele teooriale.

1911. aastal toimusid Moskva ülikoolis sündmused, mis etendasid tähtsat osa paljude vene teadlaste elus.

Vahetuks tõukeks nendele sündmustele oli L. N. Tolstoi surm.

Moskva ülikooli üliõpilased olid ülimalt nördinud tagakiusamisest, mis sai osaks suurele vene kirjanikule, ja väljendasid koosolekutel avalikult protesti tsaarivalitsuse tegevuse vastu.

Rahvahariduse minister mustasajalane Kasso kasutas seda olukorda selleks, et ülikoolist välja kihutada revolutsiooniliselt meelestatud üliõpilasi. Tema pealekäimisel arreteeriti mitu üliõpilast. Arreteerimised põhjustasid üliõpilaskonnas veelgi suuremat pahameelt. Ülikooli rektor otsustas ajutiselt katkestada loengud ülikoolis. Selle eest vallandas minister Kasso rektori ja tema kaks abi. Vastuseks nendele ministri sammudele esitasid 125 ülikooli professorit ja õppejõudu lahkumispalve. Ülikoolist lahkus suur vene bioloog K. A. Timirjazev, lahkus silmapaistev füüsik P. N. Lebedev. Ülikoolist lahkujate hulgas oli ka professor N. D. Zelinski, kes juhtis tol ajal orgaanilise keemia kateedrit.

Juba siis oli N. D. Zelinski suurimaks asjatundjaks orgaaniliste ühendite alal. Tema uurimused erinevate naftaliikide keemilise koostise ja ehituse küsimustes tõid talle maailmakuulsuse.

Lahkunud ülikoolist, hakkas N. D. Zelinski töötama Peterburis rahandusministeeriumile kuuluva piirituse-viinatehase laboratooriumis.

Selles tagasihoidlikus, halvasti sisustatud «kõrtsilaboratooriumis», nagu seda kibedusega nimetas N. D. Zelinski, lõi tema loominguline mõte uue jõuga lõkkele.

22. aprillil 1915. aastal korraldas Saksa väejuhatus esimese gaasirünnaku Prantsuse vägede vastu. Prantsuse kaitseliinid murti läbi 8 kilomeetri ulatuses. 15 000 sõdurit said mürgituse. 58 päeva pärast kordasid sakslased gaasirünnakut Vene rindel. Vene väed näitasid üles võrratut vastupidavust. 9000 sõdurit löödi rivist välja, kuid sakslastel ei õnnestunud meie vägesid ühegi sammu võrra tagasi tõrjuda.

Teadlased asusid energiliselt gaasikaitsevahendite loomisele. Soovitati mitut tüüpi marlisidemeid, mis olid immu-

tatud keemiliste ainetega — hapetega, alustega jne. —, kuid need sidemed osutusid väga puudulikeks.

N. D. Zelinski pani ette kasutada puidusütt. Juba ammu oli teada, et puidusüsi neelab hästi lahustunud aineid ja



N. D. Zelinski.

gaase, kuid keegi polnud tulnud mõttele kasutada teda gaasikaitsevahendina.

Zelinski poolt loodud süsi-gaasimask võeti mitte ainult Vene, vaid ka välismaiste armeede varustusse.

Väljapaistva vene teadlase leiutis päästis tuhandeid elusid.

N. D. Zelinski võttis rõõmuga vastu Suure Oktoobrirevo-

lutsiooni, mis avas uue ajastu inimkonna ajaloos. Nüüd võis ta mitte ainult tagasi pöörduda Moskva ülikooli kodusesse laboratooriumi, vaid ka töötada kogu rahva hüvanguks.

Nüüd sai teadlane ellu rakendada oma paljuaastase töö vilja nafta valdkonnas.

N. D. Zelinski, kes oli siis juba viiekümne seitsme aastane, asus noorusliku vaimustusega tööle.

Iga kuuga laienes Moskva ülikooli orgaanilise keemia laboratooriumi tegevus. Tekkis nõukogude keemikute-orgaanikute võimas koolkond, mis andis hiljem terve plejaadi andekaid teadlasi: akadeemikud A. N. Nesmejanov, S. S. Namjotkin, B. A. Kazanski, professorid A. F. Plate, K. A. Kotšeškov, N. I. Šuikin, J. K. Jurjev ja teised.

Maal leegitses kodusõda. Valgekaartlased olid hõivanud lõunarajoonid. Nõukogude Venemaa, olles ära lõigatud naftaallikaist, tundis teravat vajadust mootorikütuse järele noore Punaarmee soomusautodele ja lennukitele.

Ka siin läks tarvis N. D. Zelinski teadmisi. Nafta ja raskeõlide jääkidest, mis olid kogunenud Nižni Novgorodi naftahoidlaisse, sai ta aviobensiini kõige väärtuslikumaid sorte.

Samaaegselt alustas ta uuesti oma uurimisi valgu molekulide ehituse alal. Rohkem kui neljakümne aasta jooksul uuris N. D. Zelinski seda erutavat probleemi.

Ja ta leidis uue tee, mis viis mõistatuse lahendamisele.

AHELAD JA RINGID

Kui teadlased tahtsid lagundada valgu molekuli selle üksikuteks osadeks, keetsid nad valku 8—10 tunni jooksul kange soolhappe liiaga. Nii toimis Fischer, nii toimisid ka teised teadlased.

Nad kasutasid kontsentreeritud hapet, sest lahjad happed või alused lagundasid valku väga aeglaselt.

1914. aastal tõestas N. D. Zelinski koos V. S. Sadikoviga, et valku on võimalik kiiresti lagundada, kasutades mitte hapete kangeid, vaid lahjasid lahuseid. Teadlased kuumutasid valku autoklaavis vähese hulga 2-protsendilise väävelhappega. Temperatuuri järk-järgult tõstes õnnestus valkude lagunemist kiirendada. 180 kraadi juures toimus valgu täielik lagunemine. Saadi mitmesuguste orgaaniliste ainete segu.

Teadlased avastasid segus valgu molekulide mingisuguste uute «kildude» olemasolu. Need killud sarnanesid keemiliselt koostiselt peptiididega. Nad sisaldasid ka lämmastikku, kuid biureetreaktsioon ei andnud iseloomulikku värvust. Lahja leeliselahuse ja mõne tilga vasevitrioli toimel ei muutunud tundmatud ained rukkilill-siniseks või violetseks.

Värvuse puudumine tõestas, et antud juhul seisab teadlaste ees ühend, mis ei sarnane peptiididega.

Zelinski põhjalikumad uurimised näitasid, et saladuslikud «killud» pole midagi muud kui kaks amiinohappe molekuli, mis on ilma jäänud veeosakestest ja ühinenud teineteisega korraga mõlemast «otsast», nii et tekkis suletud ring.

Neid ühendeid hakati nimetama diketopiperasiinideks. Mõned teadlased olid juba varem leidnud valgu lagunemise produktides selliseid ringikesi, kuid neile ei osutanud keegi tähelepanu.

N. D. Zelinski tõestas koos oma kaastööliste V. S. Sadikovi ja N. I. Gavriloviga rohkearvuliste katsete alusel, et diketopiperasiinid esinevad valgu molekulis.

1923. aastal lõid N. D. Zelinski ja V. S. Sadikov uue valgu ehituse teooria, mis sai nimeks diketopiperasiinteooria. Nüüdisajal on see teooria tunnustatud nõukogude ja välismaa teadlaste enamiku poolt, kuigi see algul võeti vastu sügava umbusuga.

1924. aastal püüdis saksa teadlane Abderhalden omastada nõukogude teadlaste tähtsat avastust, kuid see ei õnnestunud tal. Teadusemaailm tunnustas nõukogude teadlaste vaieldamatut prioriteeti.

Vastavalt akadeemik Zelinski teooriale esinevad valgu molekulis nii peptiidid kui ka ringühendid — diketopiperasiinid.

Kuid polnud selge, kuidas nad on omavahel ühendatud. Mitte tundes nende seose iseloomu, paljud teadlased kuni viimase ajani isegi kahtlesid diketopiperasiinide olemasolus looduslikus valgus.

Akadeemik N. D. Zelinski õpilane professor N. I. Gavrilov seadis endale ülesandeks avastada valgu molekuli ringide ja ahelate seose saladus.

Ta töötas välja meetodi, mis võimaldas määrata nende protsendilist sisaldust mitmesuguste looduslike valkude molekulides.

See meetod põhineb diketopiperasiinide elektrokeemilistel omadustel.

Mõni milliliiter lahja väävelhappega hüdrolüüsitud valgu lahust valati klaaspurki. Temasse pisteti plaatina-anood ja toruke elavhõbedaga, mis oli katoodiks. Elektroodid ühendati reostaadi ja ampermeetri kaudu vooluallikaga. Voolu juhiti lahusest läbi 30 tunni jooksul.

Voolu toimel hävinesid kõik peptiidid ja amiinohapped, diketopiperasiinid aga jäid muutumatuks.

Siis muutis professor N. I. Gavrilov katsetingimusi. Ta valis sellise pinge ja voolutugevuse, et peptiidid ja amiinohapped jäid muutumatuks, diketopiperasiinid aga hävinesid.

Lagunenud diketopiperasiinide hulga määramiseks uuriti valgulahust enne ja pärast elektrolüüsi.

Tänu neile katseile õnnestus selgitada aheljate ja ringikujuliste rühmituste vahekorda valgu molekulis.

Selgus, et vere hemoglobiinis on diketopiperasiine 20 protsenti, želatiinis 27 protsenti.

N. I. Gavrilov oletas, et diketopiperasiinringid on valgu molekulis seotud polüpeptiididega ja amiinohapetega erilise sideme abil, mis sai nimeks amidiinside.

Erinevalt peptiidsidemest on selles ühe lämmastikuaatomi asemel kaks lämmastikuaatomit ja hapnik puudub hoopis. Süsiniku- ja vesinikuaatomid aga on paigutunud teistsuguses järjestuses.

N. I. Gavrilovi hüpoteesi kinnitasid varsti hiilgavalt tema uued katsed, mida ta teostas koos oma kaastöölise L. I. Akimovaga.

Tal õnnestus oma laboratooriumis saada suure valgumolekuli «kilde» — valgusarnast ainet, milles rõngad ja ahelad olid omavahel ühendatud amidiinsidemega-sillaga.

Sellega tõestas ta, et amidiinsidemed-sillad tõepoolest esinevad looduses. Siis mõjutas N. I. Gavrilov saadud kunstlikku valgusarnast ainet seedemahla fermentidega. Teadlased olid ammu kindlaks teinud, et iga ferment — pepsiin, trüpsiin, erüpsiin jt. — lõhub valgu molekulis kindlat liiki sidemeid. Selgus, et seedemahla ferment lõhkus amidiinsideme N. I. Gavrilovi poolt valmistatud aines. Kui katse oli lõppenud, veendus ta, et ferment oli ringid ahelate küljest lahti kiskunud. Sellest tegi teadlane järelduse, et niisugused sidemed esinevad ka looduslikus valgu molekulis.

Sel avastusel on erakordselt suur teaduslik tähtsus, sest ta valgustab uuel viisil seda keerukat ja segast probleemi. Nõukogude teadlased tegid kindlaks ahelate ja ringide kombinatsioonide tüübid, ahelate pikkuse ja valgu molekulide struktuuri iseloomu.

Nõukogude teadlaste edusamme valgu uurimise valdkonnas hinnati vääriliselt Nõukogude valitsuse poolt — akadeemik N. D. Zelinskile ja professor N. I. Gavrilovile määrati 1948. aastal esimese järgu Stalini preemia.

Tänu nõukogude teadlaste töödele, millede tulemusena on üha selgemaks saanud valkude struktuur, saab lähemal ajal võimalikuks ka valgu süntees. Täituvad Engelsi ettenägelikud sõnad: «Niipea kui tehakse kindlaks valkainete koostis, võib keemia asuda elusvalgu valmistamisele».[1]

VEEL ÜKS NÕUKOGUDE TEADUSE EDUSAMM

Päris hiljuti õnnestus professor S. J. Bresleril teha tähtis avastus. Esimesena teaduse ajaloos suutis ta mitte ainult lõhkuda valgu molekuli, vaid teda ka saadud kildudest uuesti kokku liita.

Suur füsioloog I. P. Pavlov ütles, et fermendid peavad töötama mõlemas suunas: mitte ainult valgu molekuli lagundama, vaid seda ka taastama.

Kõik sõltub tingimustest, milles reaktsioon toimub, ja enamik keemilisi reaktsioone on pööratavad.

Kui võtame näiteks keedusoola ja segame teda väävelhappega, siis toimub nende vahel reaktsioon. Naatrium tõrjub happest vesiniku välja ning moodustab naatriumsulfaadi, vesinik aga ühineb klooriga ja annab kloorvesiniku. Nende ainete moodustumine ei toimu väävelhappe ja keedusoola täieliku kulutamiseni. Teatud ajavahemiku järel pärast reaktsiooni algust katkeb edasine naatriumsulfaadi ja kloorvesiniku moodustumine. Saabub tasakaal. Piisab aga ühe tekkinud aine teatud hulga kõrvaldamisest, et kloorvesiniku ja naatriumsulfaadi moodustumine algaks uuesti.

Kui, vastupidi, lisada naatriumsulfaati, siis kulgeb reaktsioon vastassuunas. Naatriumsulfaadist ja kloorvesinikust hakkavad moodustuma keedusool ja väävelhape. Seda

[1] Ф. Энгельс, Диалектика природы. Госполитиздат, 1950, стр. 156.

keemiliste reaktsioonide pööratavust otsustaski Bresler kasutada.

Oma liitlaseks valis ta kõrge rõhu. Valmistati pomm — terasanum paksude seinte ja kolviga, mis liikus pommi sees, surudes kokku selle sisu. Sellises pommis võib saada kuni 5000-atmosfäärist rõhku.

Bresler võttis 10 kuupsentimeetrit valkainet želatiini. See on liimjas vedelik, mis jahutamisel tardub.

Želatiinilahusele lisati mõni milligramm fermenti trüpsiini ja lahus jäeti seisma 37 kraadi juures. Mõne tunni pärast muutus želatiinilahus veesarnaseks: ta ei olnud enam kleepuv ega viskoosne. Ferment lagundas želatiini molekuli koostisosadeks. Saadud vedelik valati avatud nokaga klaasampulli ja asetati pommi. Rõhk pommis tõsteti 5000 atmosfäärini ja hoiti sel kõrgusel 18 tundi. Siis avati pomm ja ampull võeti välja.

Ampullis avastati valku.

Teostati analüüs. Selgus, et ka ferment polnud hävinenud. Reaktsioon osutus pööratavaks.

Katset korrati mitu korda ja iga kord toimusid samad muutused. Algul purustas ferment trüpsiin želatiini molekuli üksikuteks kildudeks, mis koosnesid mitmest amiinohappest, siis aga liitusid need killud kõrge rõhu all uuesti valgu molekuliks.

Et lõplikult veenduda selles, et valgu molekuli kildudest on uuesti võimalik saada valku, tehti katseid ka teiste ainetega.

Võeti muna-albumiin. See on nagu želatiingi vees hästi lahustuv.

Albumiini vesilahust kuumutati ampullis mõne minuti jooksul 100 kraadini ja lisati talle veidi trüpsiini. Ferment lagundas albumiini molekuli.

Ampull pandi pommi ja rõhk tõsteti 5000 atmosfäärini; 6—8 tunni pärast võeti ampull välja ja temas tehti kindlaks valgu olemasolu.

Bresler tegi katseid kõige erinevamate valkainetega ja sai alati ühesuguse tulemuse. Tavalisel rõhul fermendid lagundasid valkaineid, kõrgel rõhul aga taastusid need ühendid uuesti.

See nõukogude teadlase hiilgav töö pani aluse uuele ajajärgule hämmastavalt keerukate ainete uurimises. Esimest korda teaduse ajaloos õnnestus keemikul nagu kellasepal mitte ainult kella üksikuteks rattakesteks lahti võtta,

vaid ka neist nähtamatutest rattakestest kella — valgu molekuli — uuesti kokku panna.

Bresleri abiliseks oli kõrge rõhk, kuid see on ainult ajutine abiline. Edasised uurimised viivad kahtlemata sellele, et ka kõrge rõhk osutub mittevajalikuks — nõukogude teadlased õpivad mingisuguste teiste energialiikide ja fermentide abiga ehitama valgu molekule algul valmis amiinohappeist, seejärel aga ka söest, õhust ja veest.

See ülesanne on kaasaegsele nõukogude teadusele jõukohane.

IGAVESTI LIIKUVAD MOLEKULID

Väljapaistvate nõukogude teadlaste N. D. Zelinski ja N. I. Gavrilovi katsed võimaldasid luua selgema ettekujutuse sellest, mida kujutab endast valgu molekul.

Suur valgumolekul koosneb paljudest erinevatest amiinohapetest.

Need amiinohapped moodustavad diketopiperasiinringe ja peptiidahelaid. Ringid ja ahelad moodustavad omavahel ühinedes suure valgumolekuli põhiraamistiku. See jääb vankumatuks ja vastupidavaks kõikidele muutustele. Molekuli raamistikust lähevad igas suunas laiali külgahelad. Need ahelad on painduvad ja liikuvad. Nad liidavad meelsasti endaga teiste keerukate orgaaniliste ühendite molekule, kui viimased on läheduses. Nad astuvad kergesti nõrkadesse seostesse veega, mineraalsooladega jne.

Valgu hiiglaslik molekulehitis on ümbritsetud väiksemate molekulide parvega nagu tellingutega.

Väikesed molekulid käituvad nagu paadid või kutrid, mis kord kiiresti sõidavad ookeaniauriku juurde, kord eemalduvad temast niisama kiiresti. Kord liituvad nad kõrvalahelatega, kord kisuvad end nendest lahti.

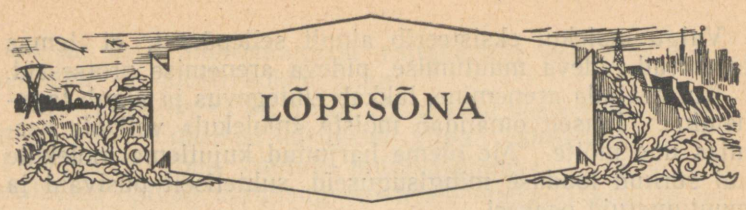
Valgu molekulis toimuvad pidevad muutused. Ta on alatises liikumises. Seetõttu nähtavasti polegi edu saavutanud teadlased, kes on püüdnud ehitada valgu molekuli. Nende poolt loodud valgumolekulid on seni jäänud liikumatuks, niisama liikumatuks kui kiuliste valkude — villa, siidi — molekulid.

Kuid valk, millega on seotud elu, ei saa olla liikumatu. Engelsi sõnade järgi ta «on alatasa iseendaks ja millekski muuks».

Valgu molekul eksisteerib ainult sellepärast, et temas toimuvad pideva muutumise, pideva arenemise protsessid. Kui peatada arenemine, lakkab elutegevus ja algab lagunemine. Ilmselt omandab mõiste «molekul» valkude keemias uue mõtte. Me oleme harjunud kujutlema molekule kui surnud looduse mingisuguseid suhteliselt püsivaid ja muutumatuid osakesi.

Siin aga puutub teadus kokku liikuva ja pidevalt muutuva molekuliga. Temas toimub alati samaaegselt lagunemine ja taastekkimine.

Mõista seaduspärasusi, mis juhivad valgu molekuli pidevaid muutumisi, on teaduse kütkestavaim ülesanne. Võib veendumusega öelda, et nõukogude teadus on teel igavesti liikuvate valgu molekulide loomisele.



LÕPPSÕNA

SÜSINIKU LÄHIM SUGULANE

Reis hiigelmolekulide maailma on lõppenud. Me heitsime pilgu minevikku, vaatasime, kuidas XIX sajandi kiiresti arenev tehnika ja tööstus nõudsid keemikuilt tungivalt kunstlike materjalide loomist, mis suudaksid mitte ainult asendada looduslikke materjale, vaid ka rahuldada uusi nõudeid. Me nägime uue teaduse — kõrgemolekulaarsete ühendite keemia — sündi.

Keemikute poolt möödunud sajandi üheksakümnendail aastail siidiussi üle saavutatud võit pani aluse selle noore teaduse edasisele arenemisele.

Me jälgisime tema võidukäiku meie päevil. Keemikud õppisid oma äranägemise järgi «õmblema» väikestest molekulidest mitmesuguse pikkusega ahelaid.

Nad oskavad muundada orgaanilisi vedelikke, mis on läbipaistvad nagu vesi, pehmeteks plastilisteks vaikudeks, teraskõvadeks plastmassideks ja painduvaks elastseks kummiks.

Kasutades lihtsaid vahendeid — temperatuuri, rõhku, katalüsaatoreid —, oskavad keemikud mitte ainult imetaoliselt muundada looduslikke kõrgemolekulaarseid valmisühendeid — tselluloosi, kautšukit, kaseiini —, vaid leida ka viise uute ainete valmistamiseks süsinikust, vesinikust, hapnikust ja lämmastikust.

Kõik need kõrgemolekulaarsete ühendite keemia grandioossed edusammud põhinevad seni ainult üheainsa keemilise elemendi — süsiniku — omadustel. Süsinikuaatomite võime reastuda üksteise kõrvale ja moodustada pikki ahelaid annab meile arvutu hulga ülikasulikke ühendeid. Kunstkiudaine erinevad liigid, kautšukid, plastmassid,

lakid, liimid ja valkude imeline plejaad — kõik see on süsinik, kõik need on ained, millede molekulides süsiniku-aatomid moodustavad nagu skeleti või kondikava, teiste elementide aatomid aga nagu «katavad» seda süsiniktoest.

Kuid miks just süsinik etendab sellist omapärast osa? Kas tõesti Mendelejevi tabeli kõikide elementide hulgast on ainult süsinikul nii imeväärsed, peaaegu nõiduslikud omadused?

Muidugi mitte. Süsiniku omadustes pole midagi sellist, mis oleks tingitud üleloomulikest jõududest. Tema iseärasused on süsinikuaatomi teatud ehituse tulemuseks. Iga teise keemilise elemendi aatomil, mis omab taolist ehitust, peavad olema samasugused või sarnased omadused.

Süsinikule sugulaslikke elemente tuleb otsida Mendelejevi tabeli neljandast veerust. Selles veerus asetseb vahetult süsiniku all räni.

Räni on üks looduses kõige levinumaid elemente. See element moodustab peaaegu 25 protsenti maakoorest. Ta on neljavalentne nagu süsinikki ning võib moodustada hapniku ja vesinikuga suure hulga mitmesuguseid ühendeid.

Kui süsinik on kogu looma- ja taimeriigi aluseks, siis räni on põhielemendiks mineraalide ja kivimite valdkonnas. Teda leidub ka osjade ja mõningate kõrsviljade vartes, ainuraksete kodades ja käsnloomade kehades; ta kuulub ainete koostisse, milledest on ehitatud lindude suled ja loomade karvad.

Räniühendid on väga püsivad. Nad ei lagune hapete mõjul, välja arvatud fluorvesinikhape, ega karda mingisuguseid keemilisi mõjutusi.

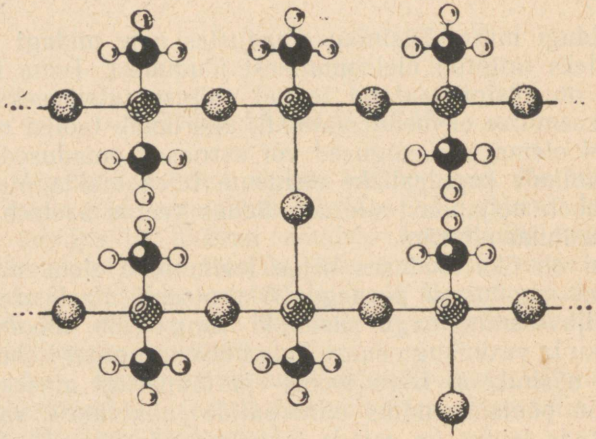
Räniühendid on väga vastupidavad temperatuuri toimele — nad taluvad 500-kraadist temperatuuri.

Kõige tähtsamaks ja püsivamaks räniühendiks on tema oksüüd, mis koosneb kahest hapnikuaatomist ja ühest räniaatomist. Seda oksüüdi nimetatakse ränihapendiks ehk kvartsiks. Puhas kvarts sulab alles 1500-kraadisel temperatuuril.

Sulatatud kvarts, mida tehnikas nimetatakse kvartsklaasiks, on leidnud laialdast kasutust laboratooriuminõude ja elavhõbedalampide valmistamisel. Nende lampide valgust, mis sisaldab palju ultravioletseid kiiri, kasutatakse «kõrgustikupäikese» nime all arstiteaduses. Tänu kõrgele kuu-

muskindlusele ja suurepärastele elektrilistele omadustele võiks kvartsklaas olla ideaalseks materjaliks elektriisolatsiooni valmistamisel, mille järele meie rahvamajandus tunneb suurt vajadust, kuid ta ei ole painduv.

Kummist või kunstvaikudest valmistatud isolatsioonimaterjalid on vajalikul määral painduvad, kuid nad pole küllalt kuumuskindlad.



Räniorgaaniliste vaikude molekullüli struktuur.

Selle probleemi õnnestunud lahenduse leidis tehniliste teaduste doktor professor K. A. Andrianov, kes lõi räniorgaanilised ühendid.

Koos rühma kaastöölistega sai Andrianov 1940. aastal uut tüüpi vaike, pannes sellega aluse uuele ühendite klassile, mida nimetatakse räniorgaaniliste ühendite klassiks.

Nende vaikude molekulid on ehitatud mitte süsinikahelaist, vaid räni- ja hapnikuaatomeist. Süsinikuaatomid on ühendatud vesinikuaatomitega nagu süsivesinikeski ja seotud räniaatomitega. Nende molekulide struktuur meenutab seega silikaatide — savi, vilgukivi — struktuuri. See ongi nende kõrge kuumuskindluse põhjuseks.

Need vaigud on mittesüttivad, raskesti sulavad ja veekindlad. Nendest ainetest esemed ei karda kuumust, külma, vett ega tuld.

Sellise vaiguga immutatud betoon ei lase läbi bensiini ega orgaanilisi lahusteid. Sellest vaigust valmistatud lakiga töötlemisel tõusevad järsult marmori elektriisolatsiooniomadused.

Selle vaiguga immutatud riie on veekindel ja isegi mittemärguv. Selliseks jääb ta ka pärast pesemist tulises vees.

Teadlane-novaator pühendas nende uute, endas süsiniku ja räni tähelepanuväärseid omadusi liitvate ainete saamise meetodite väljatöötamisele rohkem kui kümme aastat pingerikast loomingulist tööd.

Andrianovil tuli minna mööda uut, senitundmatut teed. Tal ei olnud eelkäijaid. Ükski teadlane Nõukogude Liidus ega välismaal ei olnud veel saanud selliseid ühendeid. Alles 1940. aastal, kui Andrianovi tööd avaldati, algasid ka välismaal süstemaatilised uurimised selles valdkonnas.

Nõukogude valitsus hindas kõrgelt teadlase-novaatori saavutusi. Teda autasustati kaks korda Stalini preemiaga.

Segades räniorgaanilisi vaike katalüsaatorite juuresolekul anorgaaniliste täiteainetega — liivaga, alumiiniumoksüüdiga, metallide hapenditega —, saadakse mass, mis meenutab omadustelt looduslikku kautšukit.

Tehnikas nimetatakse seda ainet silikoonkautšukiks. Olles elastne ja vetruv nagu kautšuk, erineb ta sellest siiski järsult oma keemiliselt loomuselt.

Kui sünteetilise ja looduslikku kautšuki molekulid koosnevad omavahel seotud pikkadest süsinikahelatest, siis silikoonkautšuki molekulid koosnevad vahelduvatest räni- ja hapnikuaatomitest.

Silikoonkautšukit saab töödelda kummitehaste tavalise aparatuuriga. Teda võib segada kõikide ainetega, mida kasutatakse kummi saamisel.

Sellest kautšukist tooted ei kaota oma elastsust 50-kraadises pakases ega üle 200-kraadisel temperatuuril, samal ajal kui looduslikust ja sünteetilisest kautšukist tooted lagunevad juba 90-kraadisel temperatuuril.

Räniorgaanilised vaigud ja nendest valmistatud saadused alles hakkavad tehnikasse juurduma. Neile kuulub suur tulevik.

Keemikud teadsid ammu, et kõrgendatud rõhk kiirendab keemiliste reaktsioonide käiku. Nad kasutasidki seda sageli oma töös, kuid möödunud aastate tehnika pakkus keemialaboratooriumidele ainult autoklaave ja mitmesuguseid pumpasid — seadiseid, mis andsid suhteliselt madalaid rõhke.

Tänapäeval on olukord muutunud. Juba on leiutatud aparaate, mis tekitavad sadade tuhandete atmosfäärideni ulatuvat rõhku. Nõukogude teadlane L. F. Vereštšagin töötas välja meetodi kümnete tuhandete atmosfääridени küündiva rõhu saamiseks mitte ainult laboratooriumis, vaid ka tööstuses.

Teadlased said võimaluse uurida, kuidas käituvad mitmesugused ained ülikõrgetel rõhkudel.

Selgus, et ainete omadused muutuvad järsult ja võivad moodustuda uued ained kummaliste omadustega, mis olid varem teadusele tundmatud.

Kollane fosfor, mis on hea isolaator ega juhi elektrivoolu, muutub 12 000-atmosfäärisel rõhul oma polümeeriks — mustaks fosforiks. Keemiline loomus jääb samaks, kuid aine ise on uus. Ta on ülihea elektrijuht, mis ei jää maha metallist. Kõrgel rõhul ja temperatuuril klaas lahustub vees. Järele jääb ainult näputäis valget pulbrit — räni-hapet. Paber muutub läbipaistvaks nagu klaas.

Arvutused näitavad, et 40 000-atmosfäärisel rõhul ja 2000-kraadisel temperatuuril muutub grafiit teemandiks.

Akadeemik N. D. Zelinski poolt hiljuti teostatud katsed näitasid, et kõrgel rõhul molekulid mitte ainult reageerivad kiiremini, vaid moodustavad ka pikemaid ahelaid.

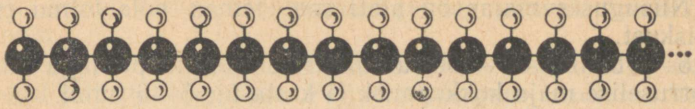
Molekulniitide pikkus aga määrab nendest niitidest põimitud kiudude tugevuse.

Mida pikem on molekulahel, seda tugevam on kunstkiust valmistatud riie.

Juba 1946. aastal sai N. D. Zelinski etüülpiiritusest 5000-atmosfäärisel rõhul uue plastmassi — polüteeni.

Erinevalt kõigist teistest meile tuntud plastmassidest ei hakka polüteen temperatuuri tõstmisel «voolama», vaid käitub nagu kindla sulamistäpiga kristall.

Suurepärased dielektrilised omadused teevad ta asendamatuks materjaliks raadioseadmetele, eriti aga raadiolokatsiooniaparaatidele.



Polüetüleeni molekuli ühe osa mudel.

Polüteen kujutab endast etüleeni polümeeri. Tema kahest süsinikuaatomist ja neljast vesinikuaatomist koosnevad väikesed molekulid ühinevad kuni 2000 lüli pikkusteks ahelateks.

Kui asendada vesinikuaatomid nendes lülides fluoriaatomitega, siis saadakse uus aine tefloon, mis säilitab polüteeni head elektriisolatsiooniomadused, kuid omab tunduvalt suuremat kuumuskindlust ja on mittepõlev.

Vesinikku võib polüteenis asendada fluori ja klooriga pooleks.

Asendades aatomeid polümeeri peasüsinikahela «harudes» erinevate aatomite ja molekulidega, hakkavad keemikud saama tuhandeid mitmesuguseid uusi materjale mistahes ettemääratud omadustega.

Ühed on mittepõlevad ja tugevad nagu teras.

Teised on vetruvad ja elastsed nagu kummi ja suudavad vastu pidada hiiglaslikele elektripingeile.

Kolmandad on raskesti sulavad ja külmakindlad.

Neljandad on kergemad udusulgedest.

Uued materjalid aitavad konstruktoritel ja inseneridel mitte ainult luua võimsaid õhulaevu kosmilisteks lendudeks ja hiiglaslikke ookeaniaurikuid, vaid võimaldavad ka kiirelt ja odavalt ehitada suuri hooneid, sest enam pole vaja hankida riitadena telliseid, mägedena kive, hunnikutena lupja ja tuhandete tünnidena tsementi.

Spetsiaalsetes tehastes hakatakse massiliselt valmistama plastmassidest seeria-ehitusdetaile — akna- ja ukseavaustega seinu, põrandaid ja lagesid. Aknad klaasitakse purunematu klaasiga, mis laseb läbi ultravioletseid kiiri. Detaile võib valmistada mistahes värvuse ja kujuga. Sellise hoone kokkupanekul liituvad tema üksikud osad — põrandad, laed ja seinad — väga tihedalt üksteisega.

Seinte ja vahelagede detailid valmistatakse mikropoorsest plastmassist, mis on heli- ja soojuskindel. Vundament pannakse kokku suurtest õõnsatest plokkidest, mis isoleerivad maja pinnasest.

Niisuguses majas on alati soe, temas pole tolmu ega niiskust.

5—6-toalise 80—100-ruutmeetrise põrandapinnaga ühekorruselise maja kokkupanek ei kesta üle 5—6 tunni.

Suure 10—15-korruselise hoone saab kokku panna ühe kuuga.

Sellises majas on plastmassidest tehtud mitte ainult välisseinad ja sisemised vahelaed. Valamud, pesukausid, vannid, keskkütteradiaatorid, gaasi- ja veetorud — kõik on valmistatud plastmassidest.

Plastmasside valmistamise tooraine otsingul pöörasid keemikud juba üle poole sajandi tagasi tähelepanu valkainetele. Mitmesuguste maad, vett ja atmosfääri asustavate organismide koostisse kuuluva valgu üldist hulka väljendatakse ju hiiglasliku arvuga — 10 000 000 000 000 000 tonni. Seda on üle kahe korra rohkem kõikide värviliste metallide ja väärismetallide — vase, tsingi, kulla, hõbeda ja teiste — varudest.

See on hiiglaslik, ammendamatu tooraineallikas, kuid teda kasutada pole sugugi lihtne. Valgud on oma struktuurilt erinevad — esineb palju mitmesuguste valkude «sorte». Igal «sordil» on suur molekul ehitatud isemoodi.

Seni oskavad keemikud teha plastmasse kaseiinist ja albumiinist, kinnitades nende molekule omavahel metüleensildadega.

Lähemas tulevikus aga leiavad keemikud kindlasti sobivaid «sildu» ka teistele valkainete «sortidele» ja hakkavad neist aineist valmistama uusi materjalide liike.

IMELISTE MUUNDUMISTE TÜÜRIMEHED

Juba möödunud sajandil arvasid teadlased, et keemilisi protsesse loomade ja taimede rakkudes juhivad fermendid. See oletus leidis täielikku kinnitust. Kõik — tee aroom, arbuusi magusus, küpsetatud leiva kvaliteet, puu- ja juurviljade valmimine, toiduainete säilivus, taimede põuakindlus — sõltub fermentidest. Need on paljude orgaanilistes ainetes toimuvate keemiliste muundumiste tõelised tüürimehed.

Fermentide suured valgumolekulid etendavad meie majapidamises ja meie elus väga tähtsat osa, kuid nad toimivad erinevalt: vahel kasulikult, vahel aga kahjuli-

kult — nad rikuvad toiduaineid ja lagundavad kasulikke aineid.

Eesrindlik nõukogude teadus ei saanud seda valkainete klassi jätta tähelepanuta. Paljud nõukogude teadlased hakkasid uurima fermentide tegevust, et õppida juhtima kasulikke fermente ning kahjutuks tegema kahjulikke.

Hiljuti lahendas noor nõukogude teadlane bioloogiliste teaduste doktor N. M. Sisakjan taimede põuakindluse saladuse.

Niiskuse puudumisel pinnases hakkab taim närbuma. Tema rakud kaotavad võime luua uusi aineid. Siis tulevad abiks fermendid. Nad hakkavad tormiliselt lagundama taimes leiduvaid varuaineid ja taim jätkab elu.

Ammendanud oma toitainete tagavara, kaotab põua vastu tundlik taim igaveseks võime neid uuesti sünteesida. Ta hukkub isegi siis, kui saab uuesti vett. Teisiti on lugu põuakindla taimega. Ta elustub, taastades täielikult oma endise välimuse.

Teine nõukogude teadlane, professor B. A. Rubin, uuris fermentide tegevust suhkrupeedi juurtes.

Vanad tootjad-praktikud teavad, et suhkrupeeti ei tohi hoida üle kolme kuu. Ta muutub tumedaks ja tema suhkrusisaldus langeb. Seepärast töötasid suhkrutehased varem mitte üle 100 päeva aastas.

B. A. Rubin tõestas, et suhkrupeeti võib alal hoida terve aasta, kui luua tingimused, millede juures fermentide tegevus on aeglustatud. See andis suhkrutehastele võimaluse töötada aasta läbi.

Akadeemik A. I. Oparin uuris, miks saadakse vahel isegi pealtnäha heast jahust nätske ja maitsetu leib. Selgus, et leiva riknemises on süüdi ferment amülaas. See ferment tekib tavaliselt vihmastel aastatel, kui tera ei saa kiiresti kuivada.

Akadeemik A. I. Oparin selgitas fermentide kui leivaküpsetajate abiliste ja ka nende segajate osa. Ta näitas, kuidas võidelda kahjulike fermentidega ja parandada leivaküpsetamist.

Tbilisi Põllumajanduse Instituudi aspirant Mihhail Bokutšava uuris Oparini ja Kursanovi juhendamisel teele maitset ja aroomi andvate fermentide tegevust.

Tänapäeval toimub peamiselt looduses valmiskujul esinevate fermentide mobilisatsioon. Teadlased uurivad nende omadusi ja otsivad võimalusi nende keemiliste muundu-

miste tüürimeeste tegevuse kasutamiseks rahvamajanduses.

Viimaseil aastail saavutatud edusammud on alles esimesed sammud fermentide teaduses. Neid hakati ju uurima alles üsna hiljuti ja see uurimine pole sugugi lihtne.

«Loodus hoiab armukadedalt oma saladusi,» kirjutas M. V. Lomonossov, «kuid vähimalegi temas ei tohi omistada imet.»

Fermentide nõiduslikke omadusi ei põhjusta mingisugused üleloomulikud jõud, vaid ainult nende molekulide ehituse iseärasused.

Fermendid — valgud — on kõige keerukamad ained maailmas, kuid looduses pole midagi tunnetamatut.

Avastada fermentide molekulide ehitus — see on üks tänapäeva teaduse suurtest ülesannetest.

Niipea kui me tunneme fermentide ehitust, õpime neid kohe valmistama — algul neid, mis esinevad looduses, siis aga ka neid, mis looduses ei esine, kuid mis on meile vajalikud.

Suurte molekulide keemia võimaldab ettemääratud omadustega fermente valmistada tellimise järgi.

See aga annab inimestele hiiglasuure võimu tähtsaimate keemiliste protsesside üle, mis toimuvad orgaaniliste ainete maailmas.

ELAV AINE

Paljude aastate jooksul püüdsid teadlased-idealistid tõestada, et elava ja surnud looduse vahel valitseb ületamatu kuristik — aine ja olend on sügavalt erinevad: olend elab, aine on surnud; elusolendi väikseimaks osakeseks on rakk, aine väiksemateks osakesteks aga on aatomid ja molekulid.

Nende vastu astus otsustavalt välja Vladimir Iljitš Lenin, kes 1908. aastal kirjutas: «Kõik piirid looduses on tinglikud, suhtelised, liikuvad, nad väljendavad meie mõistuse lähenemist mateeria tunnetamisele . . .»[1]

Tegelikkus kinnitas täielikult V. I. Lenini geniaalset ettenägelikkust. Nõukogude teadlaste uurimised lükkasid ümber saksa bioloogi Virchowi reaktsioonilise idealistliku õpetuse, mis valitses teaduses kuni viimase ajani.

[1] V. I. Lenin, Teosed, 14. kd., lk. 260.

Virchow väitis, et «elu aatomiks» on rakk. Väljaspool rakku pole elu. Virchowi teooria järgi on igasugune elav organism ainult rakkude summa. Kust aga tulevad rakud, milledest on üles ehitatud elav organism? Nad tekivad jagunemise teel, kinnitas kategooriliselt Virchow. Üks rakk muutub kaheks, kaks — neljaks, neli — kaheksaks jne. Uute kudede ja üksikute organite moodustumine ning tervikliku organismi kujunemine toimub looduses ainult rakkude jagunemise teel.

Need Virchowi vaated loomsete organismide kujunemise kohta on vastuolus paljude tähelepanekutega.

Virchow eitas elu isetekkimise võimalust, elava raku tekkimise võimalust eluta loodusest, ainest.

Ta ütles, et rakud tekkisid anorgaanilistest elementidest väga ammu, sel geoloogilisel ajastul, kui esmakordselt ilmus vesi. Siis moodustus ka valk. Edaspidi tekkisid rakkude jagunemise teel mitmesugused maailma asustavad mikroorganismid, taimed ja loomad. Praegu rakke enam ei teki. Nad ainult paljunevad jagunemise teel.

Juba enne Esimest maailmasõda astusid eesrindlikud vene teadlased välja Virchowi väidete vastu. Nad arvasid, et rakk nagu aatomgi omab keerukat ehitust ja on teatud tingimustel võimeline lagunema lihtsamateks, kuid siiski elavateks osakesteks.

Nõukogude teadlane akadeemik Olga Borissovna Lepešinskaja tõestas seda oma silmapaistvate katsetega.

Meie jõgedes elab väike polüüp — mageveehüdra. Ta ei ületa läbimõõdult üht sentimeetrit ja omab väga lihtsat ehitust. O. B. Lepešinskaja võttis mõnikümmend sellist hüdrat ja hõõrus nad uhmris puruks. Tekkis läbipaistev mass, mis meenutas sülti. Teadlane lahustas «süldi» keevas vees, lahuse aga valas tsentrifuugi. Siis lülitas ta sisse mootori. Tsentrifuug hakkas kiiresti pöörlema, eraldades sadet vedelikust.

Saadud sademe hõõrus Olga Borissovna uuesti uhmris peeneks ja segas selle vedelikuga, mis esimene kord oli pealt ära valatud. Ühe tilga sellest vedelikust kandis ta esemeklaasile ja uuris seda mikroskoobi all.

Selles tilgas ei olnud ühtki rakku. Ta oli nagu surnud. Hoolikalt vaadates aga võis märgata mingisuguseid helendavaid punkte. Need punktid kasvasid järk-järgult ja muutusid «teradeks». Mõõtmetelt üha kasvavad terad hakkasid liikuma. Tekkisid tuumad ja sündisid uuesti rakud.

Kõik see toimus teadlase silmade ees ja filmiti. Ekraanil võib näha, kuidas ainest, valgust, kujuneb rakk.

Tähendab, elu aatom pole rakk, vaid valgu molekul, seesama molekul, mis koosneb diketopiperasiinringidest ja polüpeptiidahelatest. Need ahelad omakorda koosnevad amiinohappeist, amiinohapete väikesed molekulid aga süsiniku-, hapniku-, lämmastiku- ja vesinikuaatomeist. Järelikult pole olemas ületamatut piiri elava ja surnud looduse vahel.

Nõukogude bioloogia uurib valgu elutegevust. Nõukogude suurte molekulide keemia õpib tundma valgu ehitust. Kaks teadusharu liiguvad ühe eesmärgi poole, kuid kumbki oma teed mööda.

Lõpuks kohtuvad nad teineteisega ja saavutavad ühe suurimatest võitudest teaduse ajaloos — loovad igavesti liikuva, pidevalt muutuva elava valgumolekuli.

Siis aga variseb kokku igasuguse idealismi viimane tugisammas. Selle vägiteo sooritab kahtlemata eesrindlik teadus — meie maa teadus.

SISUKORD

Eessõna 3

Lomonossovi korpuskulaarfilosoofia 5
Esimene vene keemik. Nähtamatute osakeste tunnetamine. Põhiline loodusseadus. Kordsete suhete seadus. Keemiliste elementide «uputus». Mendelejev avastab seaduspärasuse. Idealistid ütlevad aatomist lahti. Aatomid on mõõdetud ja kaalutud. Aatomite elektronrõivastus. Elektronkihtide täitmine vastastikuse abistamise korras.

Butlerovi struktuuriteooria 50
Täitunud ennustus. Vastandlike teooriate võitlus. Butlerov astub vaidlusse. Eesrindliku teooria võit. Suured ja väikesed molekulid.

Keemikute võistlus siidiussiga 70
Réaumur saab kirja. Keemikud õpivad siidiussilt. Tselluloosi molekuli talutajad. Toorainet annavad kuused. Ksantogenaat — «kollasena sündinu». Tselluloos on vabastatud teekaaslastest. Nõukogude viskoosikombainid. Viskoos võidab tunnustuse. Siid võistleb terasega. Keemikud ehitavad «sildu». Villa valmistatakse kohupiimast. Vill hernestest ja ubadest.

Kiudaine söest, veest ja õhust 104
Õpime molekule kokku õmblema. Katalüsaatorid — «keemilised nõelad». Gaas küpsevate puuviljade jaoks. Siidiuss jääb tagaplaanile.

Nõukogude keemikute võit 117
Nutva puu pisarad. Kautšuk kaotab kleepuvuse. Kautšuki molekuli muundumine. Kautšuki-sunnitöö. Kummi — asen-

damatu materjal. Faraday poolt rajatud teerada. Uus tee on leitud. Lebedev alustab uurimist. Võitlus kautšuki pärast. Katalüsaatori otsingud. Edison eksis. Autokummid piiritusest. Kalossid naftast, söest ja lubjast. Vedel kautšuk. J. V. Stalini ettenägelikud sõnad.

Uute materjalide loomine 166
Nööpidest ja piljardipallidest. Võitlus tselluloidi süttivusega. Plastmasside tähtsus. Galaliit — piimakivi. Tardunud vaigu mõistatus. Vaigud — tahked vedelikud. Ühe vaigu metamorfoosid. Halli pulbri muundumine. Läbipaistva plastmassi otsingud. Karbamiid leiab kasutamist. Plastmasside neljas liik. Orgaanilise klaasi loomine. Võimatu saab võimalikuks.

Liim, lakk ja vaht 220
Liim vaigust. Imeline liim. Ölikelme «kuivamine». India külalise asendaja. Seinte ja põrandate kattematerjal. Kergem korgist ja pimsskivist.

Hämmastavalt keerukas aine 235
Elu kandja. Hiigelmolekulid. Nõukogude keemikute vanem. Ahelad ja ringid. Veel üks nõukogude teaduse edusamm. Igavesti liikuvad molekulid.

Lõppsõna 254
Süsiniku lähim sugulane. Keemiku võimas liitlane. Imeliste muundumiste tüürimehed. Elav aine.

Б. Я. Розен

В МИРЕ БОЛЬШИХ МОЛЕКУЛ

На эстонском языке

Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярну маантеэ 10

*

Toimetaja R. Toming

Tehniline toimetaja L. Uuspõld

Korrektorid P. Hiie ja V. Kuresson.

Ladumisele antud 13. V 1955. Trükkimisele antud 25. VII 1955. Paber 54×84, 1/16. Trükipoognaid 16,75 + 7 lisa. Formaadile 60×92 kohaldatud trükipoognaid 14,25. Arvutuspoognaid 15,15. Trükiarv 5000. MB-09942. Tellimise nr. 1494. Trükikoda «Tartu Kommunist» Tartu, Ülikooli 17/19.

Hind rbl. 5.10

2—4

Rbl. 5.10

A-20613
IV

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00463668 6