

T. TOMSON

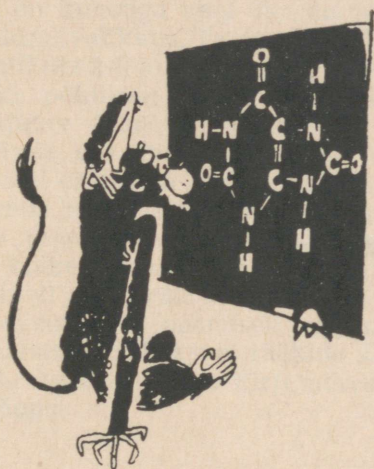
LUGUSID KEEMIAST JA KEEMIKUIST



A-27840

T. TOMSON

LUGUSID KEEMIAST JA KEEMIKUIST



4548.

KIRJASTUS „VALGUS“ · TALLINN 1966



Kaane kujundanud ja illustreerinud karikaturist
H. Hiibus

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

SAATEKS

Vanad roomlased ütlesid „*Ars longa, vita brevis est*“. Sama kehtib ka keemia kohta. Nagu kunsti, nii ka keemia arenemisvõimalustel puuduvad piirid ja ühe elu jooksul jõuab keemik temast õigupoolest ainult „maitse suhu saada“. Keemial on kunstiga veel üks ühine aspekt — see on üldrahvalikkus. Ta on tõenäoliselt veelgi üldrahvalikum kui kunst, sest kui muusika huvitab siiski põhiliselt vaid musikaalseid inimesi ning kujutav kunst ei paku huvi kaugeltki mitte kõigile, siis ometi pole ühtegi inimest, kes mingil viisil ei kasuta keemia saavutusi.

Et keemia on nii ulatuslik, siis ei pretendeeri käesolev raamatuke kaugeltki mitte „keemia-kunsti“ kõikehõlmavale äraseletamisele, vaid püüab ainult anda väikese ettekujutuse mõningatest saavutustest peamiselt orgaanilise keemia valdkonnas. Selleks, et rääkida kõike, oleks autori elu liiga lühike ja kirjutataval raamatul poleks lõppu.

Autor

Esimene alkeemik oli lõpetanud oma elupäevad. Ta seisis Allahi trooni ees ja palus: „Allah, sa oled suur. Ma olen iga päev palves pöördunud Meka poole ja sind truult kummardanud. Ma olen nii vähe jõudnud teha selle ajaliku elu jooksul. Anna mulle, palun, oo vägev Allah, veel üks elu.“

Allah vaatas üllatunult oma troonilt alla ja küsis: „Milleks on sulle, vaene alkeemik, vaja veel ühte elu? Kas ei ole sa juba küllalt oma hämaras kambris istunud ja vastikuid haise nuusutanud?“

„Kõige vägevam Allah. Muidugi jääksin ma parema meelega siia roosiväljade keskele sinu jalgade ette, kuid mul oleks alati meeles, et maa peal veedetud aja jooksul ei ole ma suutnud teha kuigi palju niisugust, millest kellegi mingit kasu oleks olnud. Vägev Allah, täida mu palve.“

„Ja mida sa siis tahaksid teha? Milleks suureks oled sina, väeti ja vaene araablane, võimeline?“

„Suur Allah, ma palun sinult seda ühte elu selleks, et proovida veel kord valmistada rauast kulda või linaõlist eliksiiri, mis teeks haiged terveks ja vanad nooreks.“

„Ja milleks on sulle tarvis kulda või seda kahtlase väärtusega eliksiiri? Ometi pead sa ju kunagi ikka minu juurde tulema.“

„Oo kõige võimsam Allah. Mulle enesele ei ole seda kulda vaja ja mulle ei ole enam vaja ka mingit rohtu, sest ma olen ju niikuinii juba sinu juures. Kuid maa peal on nii palju vaeseid araablasi, kellele oleks vaja pisut kulda, et nad saaksid osta toitu oma nälja kustutamiseks ning riidet oma ihu katmiseks. Maa peal on nii palju inimesi, kes põevad haigusi, mille vastu ei oska keegi abi anda ja mis põhjustavad neile iga päev põrgulikke piinu, nii et nad unustavad tihti sinu poolegi pöörduda, või kui nad seda teevad, siis ainult needmisega. Täida mu palve, oo väge-

vaim vägevaist. Võib-olla ehk õnnestub mul aidata neid õnnetuid inimesi, et nad võiksid sind alati puhtast südamest kiita."

Allah jäi mõttesse, kratsis kukalt, sosistas pisut oma riigisekretäri ja ütles siis: „Hästi, ma täidan su palve, kuid pea meeles, et sa ei pääse iialgi enam minu juurde. Sa ei saa iialgi rahu oma otsingutes ja iialgi ei tundu sulle küllaldasena see, mis sa oled saavutanud. Kas oled sellega rahul?"

Araablane ei kõhelnud: „Täna sind, suur Allah. Mul pole küll kerge sinu juurest lahkuda, kuid ma ei saaks siin ka kunagi õnnelikuks, teades, kui palju on maa peal õnnetuid inimesi. Ma saan aru, et mu tulevane elu ei ole kerge, kuid ometi täna sind selle võimaluse eest, mis sa mulle annad."

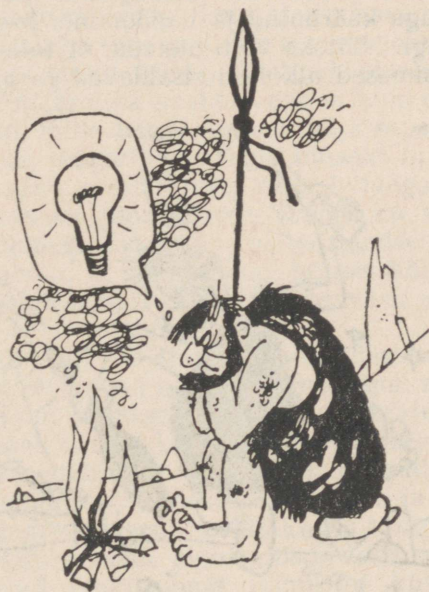
Nii ta ütles ja tuli kerge südamega tagasi maa peale. Istus uuesti oma retortide ja kolbide taha. Istus seal sajan-deid. Ei ta õppinud kulda tegema, aga õppis ja õpetas, kuidas kehva põldu viljakamaks muuta, kuidas vaest meest odavamini ja ilusamini riietada ja haige inimese vaevu vähendada ning teda kiiremini terveks teha. Iga sajandiga hakkasid inimesed temast rohkem lugu pidama, kuid temal endal lasus Allahi sõnumine. Mida rohkem ta tegi, seda selgemaks talle sai, et ta veel midagi ei tea ja et suured avastused seisavad alles ees, ja nii jõudis ta kahekümnendasse sajandisse. Kuid enne kui rääkida sellest sajandist, tuleb rääkida...

... kõigest sellest, mis oli enne seda

Käis inimene mööda maakera, loomanahk keha ümber ja teravaks ihutud kivi käes. Igal sammul ootasid teda looduse sümpriisid metsloomade, külma, uputuste ja ka tule näol. Esimestele nendest oli tal vastu seada oma isiklik väledus ja osavus. Külma ja uputuste vastu oli inimene abitu, kuid tal oli võimalik elama asuda sinna, kus need küsimused talle peavalu ei tekitanud. Välgust põhjustatud tuli aga oli inimesele kaua aega kõige kohutavamaks õnnetuseks, mille eest tal ei olnud võimalik kuhugi minna, sest see võis teda kõikjal ootamatult tabada. Seetõttu kujutas tuli endast midagi üleloomulikku ning kõikides usundites anti tulele ja välgule eriline koht. Midagi oli tules aga ka

ahvatlevat. Külmal ajal oli tema juures hea istuda ja ennast tema paistel soojendada. Kes esimesena tuli mõttele tuld kasutada, pole teada. Igal juhul toimus see vanael kiviajal — paleoliitikumis — ja inimene, kes esimesena märkas, et ta võib puidu lisamise teel ka ise tuld säilitada, väärib esimese keemiku nimetust. Oli see ju esimene keemiline reaktsioon, mida inimene ise teostas, sest põlemine pole teatavasti midagi muud kui ainete ühine mine hapnikuga.

Tol ajal ei antud avastuste eest Nobeli ega Lenini preemiaid, kuid inimkonna arengus etendas see avastus nii suurt ja olulist osa, et kui oleks teada see leidur, vääriks ta vähemalt ausammast või igas linnas temanimelist (kui tal üldse nimi oligi) tänavat. Alguses kasutati tuld ainult soojendamiseks, kuid seegi võimaldas inimesel laiendada oma tegevussfääri külmematele aladele. Ühel päeval aga avastati, et küpsetatud liha on parem kui toores, ja see sai aluseks „kokakunsti“ tekkimisele, mis omakorda põhjustas inimese toitumise ja selle tagajärjel terve organismi ümberkujunemise. Menüü muutus kergemini seeditavaks ja mitmekülgsemaks. Kui esimesteks uut liiki roogadeks



olid varda otsas küpsetatud lihatükid või tuhas hautatud juurviljad, siis järgmise etapi moodustas juba keetmise avastamine. Selleks tuli meie iidsetel esivanematel lahendada keedunõude saamise küllaltki keerukas probleem. Küllap olid esimesteks seda laadi nõudeks nahklähkrid või mingisugused punutud korvid, mis olid savi abil veekindlaks muudetud. Võimalik, et alustati vee soojendamisest kuumutatud kivide abil, mida pandi nendesse primitiivsesse „kastrulitesse“. Edasi asetati potid tulele, märgati, et savi muutub tules kõvaks, ja jäeti punutud sõrestik ära (see oli ilmselt üks esimesi ratsionaliseerimistepanekuid selle sõna tänapäevases mõttes!). Nõnda leiutatigi keraamika. Selleks aga, et jõuda tule soojendava toime avastamisest esimese savipotini, kulus kindlasti sadu, võib-olla ka tuhandeid aastaid.

Nii või teisiti, kuid savipotid said omakorda aluseks tervele reale uutele avastustele. Omandati tarkus, et niisugustes anumates saab toiduaineid säilitada. Küllap ka kiviaja naiste hulgas leidis hoolikaid perenaisi, kes soetasid enesele tagavarasid (kui see küsimus üldse kuulus naiste kompetentsi), ja et kliima oli soe, siis hakkasid toiduaineis ja vedelikes kiiresti toimuma niisugused fermentatiivsed protsessid nagu käärimine ja hapnemine. Menüü rikastus sel teel veelgi. Näiteks võib oletada, et tollest perioodist pärinevad esimesed alkoholi sisaldavad joogid, sest need



said tuntuks ja leidsid kasutamist juba kõige iidsematel aegadel. Käesoleval sajandil on nii Aafrikas kui ka Lõuna-Ameerikas avastatud mitmeid tsivilisatsioonist puutumataid suguharusid, kuid kõigil neil on olnud mingisugused primitiivsed meetodid alkoholsete jookide valmistamiseks.

Kuigi alkoholsete jookide kasutamine on toonud inimkonnale palju kahju, andis nende saamine inimesele siiski kogemuse, et aineid on võimalik muundada ka külmalt, lihtsalt seista laskmise teel ehk, nagu nüüd keemikud ütlevad, aeglaste reaktsioonide abil. See aga viis omakorda nahkade leotamisele mitmesugustes vedelikes — parkimisele, mis muutis nahad pehmemaks ja kauemini säilivaks, — samuti mitmesuguste materjalide töötlemisele looduslikke värvaineid sisaldavate ainetega — värvimisele. Teiste sõnadega, tekkis mõte, et reaktiivide abil on võimalik aineid teistsugusteks muuta. Tuleb muidugi rõhutada, et siin oli tegemist ainult juhuslike avastustega, millest alles palju hiljem arenesid välja sihikindlad otsingud.

Suurt osa mängis tuli ka tehnika arengus. Tööriistad, mis olid valmistatud kivist, tüütasid arvatavasti tuhandete aastate jooksul üsna põhjalikult nende tarvitajaid, kuid asendada polnud neid millegagi. Looduses peaaegu ei leidu tööriistadeks kõlblikke tugevaid, kõvu materjale. Metallidest esineb ehedalt ainult kulda, platinat, platinametalle ja väga vähesel määral ka vaske. Vask ja kuld olidki esimesed materjalid, mille baasil arenes välja sepatöö. Looduslik kuld aga on tööriistade valmistamiseks liiga pehme ja ühtlasi ei saadud olemasoleva kulla hulgaga ka kiviajal hoobelda. Vask on juba kõvem (kuigi ka mitte küllalt kõva) ning temast tööriistade valmistamisel tõenäoliselt avastatigi asjaolu, et metalle on hoopis hõlpsam taguda siis, kui nad on kuumad. Siit sai arvatavasti alguse metallide sulatamine ja valamine.

Mingil viisil pani see aluse ka maakidest metallide saamisele. Nimelt esinevad metallid väga sageli mitmesuguste oksiididena. Kui viimaseid kõrgel temperatuuril kuumutada, siis ühineb oksiidi koostisse kuuluv hapnik süsinikurikas leegis süsinikuga, täpsemini selle mitteküllastunud hapnikuühendiga — süsinikoksiidiga —, ja järele jääb metall. Muidugi ei tuntud tol ajal veel kõrgeid temperatuure ja seetõttu saadi algul niisuguseid metalle, mille puhul vastavad reaktsioonid toimuvad küllalt madalal

temperatuuril. Need metallid olid vask ja tina. Edasi avastati, et kui neid kahte metalli vastavas proportsioonis segada, siis tekib uus, hoopis kõvem aine — pronks. Sellest aimest valmistatud tööriistad andsid inimkonna ajaloos tervele ajastule nime.

Pronksi tootmise kogemuste najal hakkas arenema maakidest raua tootmine. Maagist puidusöe abil raua väljasulatamise kunst oli kaua aega üsna kitsa seppade ringkonna saladus. Ainult vähesed inimesed teadsid, kuidas seejuures terast valmistada. See, et teras on teatava süsinikusisaldusega raud, selgus alles XVIII sajandil, kui metalle hakati teaduslikel alustel analüüsima.

Pikkamööda õppisid inimesed üha rohkem asju valmistama, kuid see toimus nii-öelda empiiriliselt, sest mingit teooriat või õigemini teaduslikult põhjendatud teooriat veel polnud. Iga eelmine kogemus võimaldas teha üsna piiratud järeldusi järgmisteks eksperimentideks. Seetõttu tuli üksikute katsete õnnestumise korral retseptid kirja panna ja järgmiste katsete puhul neid hoolikalt järgida, et saavutada teistkordset kordaminekut. Sellest hoolimata oli rauaajal Egiptuses ja Mesopotaamias juba tuntud klaasipuhumine. Tunti ka mitmeid keemilisi elemente, nagu kulda, hõbedat, vaske, elavhõbedat, rauda, tina, pliid, väävlit ja süsinikku. Ilmselt juhuslikul teel avastati keemiline ühend — ammoniaak, mis tekib uriinis sisalduva karbamiidi lagunemisel. Võib oletada, et tol ajal hakati roiskunud uriini kasutama pesemiseks, sest muid pesemisvahendeid peale vee, liiva ja savi veel polnud (sellele mitte väga meeldivale pesemisvahendile annab pesemisvõime temas sisalduva ammoniaagi aluseline reaktsioon).

Muinsagaesed käsitöölised, kes ise veel endid keemikuteks ei pidanud, õppisid valmistama värve ja emaile ning tutvusid küllaltki hästi hämmastavate muundumistega, mida on võimalik teostada keemiliste reaktsioonide abil. See andis neile veendumuse, et nende kunstile pole miski võimatu.

Muistsete keemiaalaste avastuste tulemused säilisid ka Muinas-Kreekas, kuid oluliselt juurde seal midagi ei tehtud. Keemiliste reaktsioonidega tegelesid vajaduse piirides pottsepad, juveliirid jt. Kreekas aga peeti käsitöölisi teisejärgulisteks inimesteks. Arendati ainult niisuguseid abstraktsel mõtlemisel põhinevaid teadusi nagu matemaatika, astronoomia ja füüsika, sest kreeklaste aristokraatne sno-



bism ei lubanud neid tegelda eksperimentidega, mis oleksid võinud nende käsi määrada. Keemia aga vajab rohkem kui ükski teine teadus nii-öelda „musta“ laboratoorset tööd ja „pitskindad“ pole senini saanud tema arenguloos kaasa rääkida.

Kreeklaste suhtumine keemiasse kandus edasi vanasse Rooma riiki ja seetõttu ei võlgne inimkond selles osas ka roomlastele kuigi palju.

Meie ajaarvamise alguses kujunenud ristiusk hävitas suure osa tolleks ajaks kogunenud kultuuripärandist ja esimesed viisteist sajandit olid Lääne-Euroopas teaduse ja tehnika tagasimineku või vähemalt paigaloleku ajastuks.

Samal ajal kui Rooma riigi endistes Euroopa valdustes valitses feodaalühiskonna-aegne vaimupimedus, toimus islamimaades kultuuri ja teaduse enneolematu õitseng. Araablased, kes olid suurel määral vabad kreeklaste ja roomlaste klassieelarvamustest, viisid keemia, mille nimetusele nad lisasid oma keelele iseloomuliku eesliite „al“, juba tubli sammukese teadusele lähemale.

Arvatavasti kuulub araablastele ka see au, et nemad kujundasid välja alkeemiku elukutse, eraldades selle teisest käsitöoliikidest. Ühtlasi püüdsid nad esimestena mahutada keemilisi nähtusi mingisuguste üldiste printsiipide raamidesse. Teadmiste tolleaegse taseme juures ei saanud see muidugi õnnestuda, kuid tähtis on see, et saadi aru mingisuguse üldise teooria vajalikkusest. Seetõttu peetakse sageli ja üsna õigustatult keemia rajajateks just araablasi, kuigi nad tegelikult jätkasid ainult sajandite jooksul kujunenud traditsioone ja praktikat. Lisaks sellele omandasid nad teadmisi ka hindudelt ja hiinlastelt, kelle juures keemia oli samuti üsna kõrgel järjel.

Alkeemikute tähtsaimaks teeneks tuleb lugeda mitmesuguste aparatuuride väljatöötamist. Eelkõige tuleb siin mainida destillatsiooniparaatide täiustamist. Destillatsiooni kasutasid alkeemikud erineva keemistemperatuuriga ainete eraldamiseks üksteisest. Sel teel said nad näiteks parfüüme.

Samuti saadi sel viisil esimest kanget hapet, milleks oli äädikhape. Tundub päris seaduspärasena, et esimeseks happeks, mida inimesed tundma õppisid, oli äädikhape. Asjaolu, et vein lahtiselt seistes läheb hapuks ja et seejuures moodustub aine, millel on lahustavad ja söövitavad omadused, ei saanud inimestele märkamatuks jääda. Pli-



nus vanem kirjeldab oma „Loodusloos“ juba esimesel sajandil kallist jooki, mida Kleopatrale valmistati äädikas lahustatud ehtsaist pärleist.

Araabia alkeemikud õppisid valmistama ka paljusid keemikaale, mis hiljem olid vajalikud teistele tootmisharudele, eriti riide valmistamiseks. Niisugused keemikaalid olid näiteks maarjas, sooda, vitriolid (sulfaadid), salpeetrid (nitraadid) jne.

Suurim alkeemik oli Džabir (Geber), kes VIII sajandil avastas väävel- ja lämmastikhappe ning uuris esimesena soolasid. Laialdaselt rakendasid alkeemiat ja tema abil saadavaidprodukte araabia arstid. Pärast Hispaania vallutamist araablaste poolt levisid alkeemikute ideed ja menetlused Euroopasse.

Euroopa alkeemikute tähtsaimaks saavutuseks tuleb lugeda destillatsioonimeetodite täiustamist, mis võimaldas veinist saada kanget alkoholi. See aine kujunes esimeseks tööstuslikult valmistatavaks keemiatooteks. Alkoholi destillatsioon on tõenäoliselt pärit XI sajandist. Saadud joovastavale vedelikule anti palju nimetusi. Üks nendest nimetustest oli „*spiritus vini*“ — veini vaim, sest teda saadi esialgu veinist ja ta oli veinist palju mõjuvam. XIII sajandil tarvitati alkoholi ravimina. Seetõttu anti talle nimetus „*aqua vitae*“ — eluvesi. Arvati nimelt, et kes pidevalt tarvitab alkoholi, ei haigestu ja elab kaua. Laialdaselt levis alkohol 1348. aastal Euroopas möllanud katku ajal.

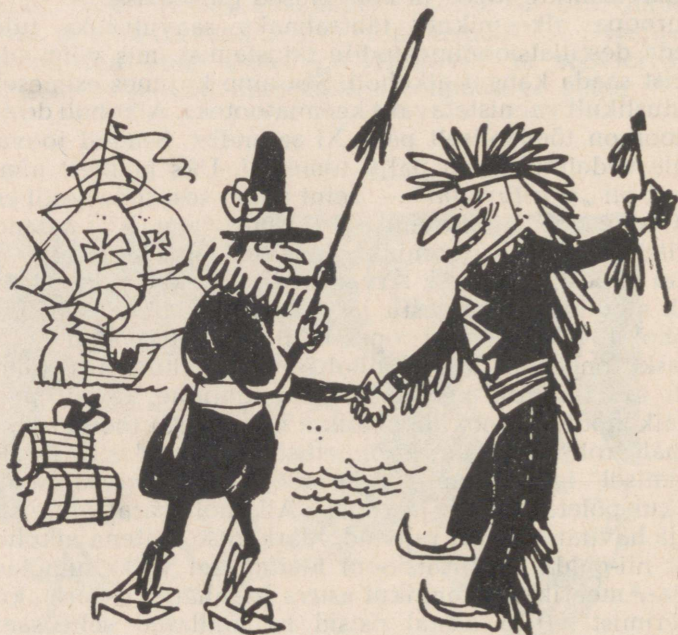
Raske on öelda, kas alkohol on üldkokkuvõttes (ühelt poolt kui ülitähtis keemiatööstuse tooraine, teiselt poolt kui alkoholsete jookide põhiline koostisosa) toonud inimkonnale rohkem kasu või õnnetust. Pärismaalaste „tsiviliseerimisel“ igatahes on rist ja mõõk mänginud väiksemat osa kui põletatud viin ja rumm. Alkoholi varal on alistatud ja hävitatud suuri rahvaid. Markantse näitena alkoholi osast nii-öelda tsivilisatsiooni levitamisel võiks nimetada Põhja-Ameerika idarannikul asuva Manhattani saare „kultiveerimist“. 1626. aastal ostsid hollandlased selle saare



tolleaegsetelt päriselanikelt, indiaanlastelt, kahe vaadi rummi eest. Sellelsamal saarel asub praegu New Yorgi keskus koos kurikuulsa Wall Streetiga. Muide, indiaani keeles tähendab Manhattan: „Koht, kus me endid purju jõime.“

Eeltooduga on peaaegu loetletud alkeemikute tähtsamad avastused, mis siiski kõik kandsid juhuslikku iseloomu. Teadust ei õnnestunud neil keemiast teha, sest lähtealused teooria loomiseks olid neil valed. Alkeemikud võtsid Aristoteelse filosoofiast üle looduse põhilised abstraktsed algmed (printsiibid), milleks olid soojus, külmus, kuivus ja niiskus, ning lisasid neile omalt poolt veel lahustuvuse, põlevuse ja metalsuse.

Alkeemikute arvates võis iga ainet saada nende algmete vastavates proportsioonides kombineerimisel. Et Aristoteelse algmed olid juba iseenesest küllalt segased mõisted ega olnud hoopiski rakendatavad keemias, siis pidi see viima igasuguste müstiliste ja ebareaalsete otsingu-





teni. Nii püüdsid alkeemikud avastada „filosoofilist kivi“, mille abil oleks saanud odavaid metalle kullaks muuta. Teiseks tähtsamaks eesmärgiks oli „elueliksiiri“ saamine. Sel salapärasel vedelikul pidi olema võime muuta vanu nooreks, vältida haigusi ning teha inimesi surematuks.

Neid fantastilisi otsinguid teostasid alkeemikud suurimas saladuses, ümbritsedes oma tööd ülimalt müstikaga. Kõige paremini iseloomustavad seda nendest aegadest säilinud retseptid. Näiteks üks tüüpiline alkeemiku retsept: „1) Ühendame A kehast ja Merkuurist, 2) mädandame ja keedame nimetatud A-d kahekordses kuumuses, 3) pärast seda, kui ta on mädandatud ja läbi keedetud, lahutame teda, 4) pärast lahutamist eraldame ja jaotame teda, 5) pärast eraldamist ja jaotamist küürime ja puhastame teda.“

Vaevalt et ka alkeemikud ise mõne aja pärast oma retseptidest midagi aru said. Kõigest müstikast ja segasusest hoolimata aga on alkeemikute ajastust ja nende otsingutest midagi ulatunud isegi tänapäeva. See on nende püüdlus saada odavatest, laialt levinud ainetest väärtuslikke ja vajalikke produkte, mis on ka kaasaegsete keemikute eesmärgiks.

Renessansiajastu tõi uued suunad ka keemiasse. Esialgu jäi keemia küll peamiselt kirjeldavaks teaduseks, kuid muutus selgemaks ja hakkas rohkem baseeruma praktilistel kogemustel. Suure töö tegid sel perioodil ära kaks arsti, Georg Bauer ehk Agricola (1494—1555) ja Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim ehk Paracelsus (1493—1541). Agricola, kes töötas Saksimaal kaevandusearsti ametikohal, süstematiseeris kõik tol ajal tuntud metallide, mineraalide ja maakide töötlemise menetlused. Neid andmeid täiendas ta oma uurimistulemuste ja vaatlusandmetega ning jättis inimkonnale väga põhjaliku traktaadi „*De re metallica*“, mis oli kaua aega ainus käsiraamat metallurgia alal. Seetõttu on Agricolale ajaloos antud metallurgia isa nimetus.

Paracelsus oli reformaatoriks ravimite alal. Ta väitis, et „keemia eesmärk ei ole kulla ja hõbeda valmistamine, vaid uute arstimite leidmine“. Järgides siiski alkeemikute traditsioone, arvas ta, et inimene koosneb soolast, väävlist ja elavhõbedast. Kui inimene on haige, siis tähendab see, et tal on puudus mõnest „elemendist“ ning talle tuleb seda lisada. See tõi senistele taimsetele ravimitele lisaks anorgaanilised soolad, mis paljudel juhtudel tõepoolest avaldasid ravivat toimet, tuues sellega kuulsust meetodi autorile ja ta tõekspidamistele.

Praktiline keemia arenes küllaltki edukalt, kuid keemilisi nähtusi mingil viisil seletavat teooriat ikkagi veel polnud.

Alkeemikute Aristoteleselt laenatud printsiibid püsisid küllalt visalt ja takistasid keemia arengut. Kuid Aristotelese seni vääramatuks peetud autoriteet hakkas siiski juba kahanema, seda eelkõige just matemaatikas ja füüsikas, mis tol ajal arenesid tunduvalt kiiremini kui keemia. XVII sajandil oli kogutud juba hulgaliselt praktilisi teadmisi ja ilmusid esimesed kriitilised vastuväited alkeemikute abstraktsetele printsiipidele.

Klassikaliseks näiteks sellest, kuidas mõnikord vale

hüpotees on parem kui teooria täielik puudumine, on esimene, küllalt palju nähtusi haaranud keemia üldteooria tekkimine. See teooria läks ajalukku flogistoniteooria nimetuse all.

Alguse sai see teooria metallurgiast. Maakidest metallide saamine oli tihedalt seotud hapendus- ja taandusprotsessidega, samuti põlemisnähtustega. Praegu teab iga koolipoiss, et põlemine on ainete ühinemine hapnikuga, kuid proovige seletada põlemisprotsessi, kui te hapnikust midagi ei tea. Saksa keemikud Becher ja Stahl püüdsid seda seletada erilise aine — „flogistoni“ eksisteerimisega kõikides põlevates kehaes. Põlemisel „flogiston“ eraldub ja järele jääb „mittepõlev“ osa. Metallide maagid vastasid sellele teooria järgi praegusaegsetele elementidele, kuna metallid olid mittepõleva jäägi ja flogistoni ühendid. Põhjust niisuguseks arvamusel andis asjaolu, et kui metalli maagile lisati „flogistonirikast“ ainet — sütt, nagu seda praktiliselt metallurgias tehti, siis saadi metalle, mis just nagu omandasid söe põlemisel eralduva „flogistoni“.

Flogistoniteooria võimaldas tolleaegsetel müstiliste mõistetega harjunud keemikutel seletada küllalt paljusid nähtusi, mistõttu ta etendas tähtsat osa alkeemikute abstraktsete printsiipide väljarookimisel. Läks aga mööda peaaegu sajand ja see teooria, millel puudus samuti õige alus, hakkas omakorda keemia arengule takistuseks muutuma.

Järk-järgult selgus üha rohkem fakte, mis kuidagi ei mahtunud selle meelevaldse teooria raamidesse. Kõige tõsisema hoobi aga andsid keemikud sellele teooriale siis, kui nad hakkasid keemilisi nähtusi kontrollima kaalude abil. Selgus nimelt tõsiasi, et metallide oksüdeerumisel ehk tolleaegsete arusaamade järgi „flogistoni“ eraldumisel metallidest toimus alati kaalu suurenemine. Flogistoniteooria pooldajad püüdsid seda nähtust küll vägivaldselt seletada väitega, et „flogistonil“ on negatiivne kaal, s. t. et „flogiston“ on nagu mingi „kergusaine“, mille juuresolekul kehade kaal väheneb, kuid see väide oli isegi tolle aja jaoks üsna ebausutav.

Lõpliku hoobi oleks „flogistonile“ võinud anda suur vene teadlane Mihhail Lomonossov, kuid tema tööd jäid kaasaegsetele suures osas tundmatuks ega suutnud seetõttu keemia arenemist oluliselt mõjustada. Üheks kõige tähtsamaks keemiat puudutavaks seaduseks, mille Lomo-

nossov formuleeris juba 1760. aastal, oli aine massi jäävuse seadus. Selle seaduse järgi on reaktsiooni lähte- ja lõpp-produktide kogukaal võrdne. Et siin iga reaktsioonist osavõttev komponent kuulus kaalumisele, siis ei jäänud kusagil enam ruumi mingite abstraktsete müstifikatsioonide jaoks.

Flogistoniteooria lõpliku ümberlökkamise au jäi prantsuse teadlasele Antoine Lavoisier'le, kes aastail 1772—1775 tõestas, et mingit „flogistoni“ pole olemas ja põlemine on lihtsalt ainete ühinemine hapnikuga.

Muide, ka aine massi jäävuse seadus omistati Lavoisier'le, kuigi ta ise sellele ei pretendeerinudki. On huvitav märkida, et üks hapniku avastajaid, inglise teadlane J. Priestley jäi kuni oma surmani flogistoniteooria pooldajaks.

Lavoisier' ratsionaalne keemia võitis siiski aasta-aastalt üha rohkem pooldajaid ja XVIII sajandi lõpuks oli see üldist tunnustust leidnud.

Pisut hiljem tõstis J. Dalton ausse ka aine ehituse atomistliku teooria, mille primitiivsel kujul oli rajanud Demokritos rohkem kui 2000 aastat tagasi. Õigupoolest küll esitas aine atomistliku teooria juba enne Daltonit M. Lomonossov, kes väitis, et kõik ained koosnevad „korpuskliitest“ (molekulidest) ja „elementidest“ (aatomitest). Samal seisukohal oli A. Lavoisier. Võimalik, et ka siin osutusid need ideed kaasaegsetele liiga ennatlikeks, mistõttu nad omandasid üldise tunnustuse alles hiljem, Daltoni „interpretatsioonis“. Atomistliku teooria tõttu sai keemia lahti alkeemia viimastest pärimustest ja algas uus, teadusliku keemia etapp.

Vähe sellest. Keemia hakkas võitma üldist tunnustust ka tööstuses. Keemia muutus vajalikuks nii tekstiilitööstusele kui metallurgiale. Keemia võimaldas odavasti valmistada soodat, see aga omakorda lõi tingimused seebitööstuse arendamiseks ning inimkond vabanes traditsioonilisest mustusest, mis valitses keskajal, millal isegi kõige peenem aadlidaam ei pidanud sündsaks üle kahe korra aastas vanis käia. Hakati tootma ka suurel hulgal väävelhapet, mis oli ja on üheks põhiliseks keemiatööstuse tooteks.

Väga suure tähtsuse omandas orgaaniline keemia. Üheks esimeseks, kes hakkas keemiat jagama kahte eri liiki (anorgaaniliseks ja orgaaniliseks keemiaks), oli rootsi keemik Berzelius.

Orgaaniline keemia hõlmas kõiki ühendeid, mis olid taimse või loomse päritoluga ja mille saamiseks oli tolleaegsete kujutluste järgi vaja mingit määratlematut „elujõudu“ — *vis vitalis*'t. Et „elujõudu“ seostati jumalaga ja järelikult inimene neid aineid valmistada ei suutnud, siis jäi keemikute ülesandeks tegelda ainult looduses valmis kujul olevate orgaaniliste ühendite tundmaõppimise ja analüüsimisega. Selles osas tehti juba XVIII sajandil ja XIX sajandi algul üsna palju ära ning tuntud orgaaniliste ühendite arv kasvas iga päevaga. Kuid isegi üks tolle ajastu suuremaid keemikuid Berzelius pidas orgaanilise keemia põhiülesandeks analüüsi.

Saatuse kummaline vingerpuss aga pani Berzeliuse vaateid kummutama tema enese õpilase Friedrich Wöhleri. Kuumutades 1828. aastal ammoniumtsüanaati, mis kujutab endast anorgaanilist ühendit, sai Wöhler väga lihtsalt karbamiidi, mille Pariisi apteeker Rouelle oli avastanud uriinis ja mis kuulus orgaaniliste ühendite hulka. See oli niivõrd ootamatu, et Wöhler kontrollis oma katseid palju kordi, enne kui ta julges oma õpetajale Berzeliusele kirjutada: „Ma pean Teile teatama, et ma olen võimeline karbamiidi tegema, ilma et mul oleks selleks vaja neere või üldse inimest ega looma.“ Väga iseloomulik oli Berzeliuse vastus, mis annab ettekujutuse tolleaegsetest kindlatest veendumustest. Ta õnnitles Wöhlerit selle „üsna tähtsa ja ilusa avastuse puhul“ ning sellega oli küsimus ammendatud. Vitalistid, nagu „elujõu“ pooldajaid nimetati, kaitseid visalt oma seisukohti. Nad püüdsid vähendada Wöhleri avastuse tähtsust, väites, et karbamiid ei kujuta endast tõelist orgaanilist ühendit, vaid on orgaaniliste ning anorgaaniliste ainete vahepealne ühend.

Edasi aga tehti rida avastusi, mis vitalistide positsioone järjest rohkem kõigutasid. 1845. aastal sai saksa keemik Kolbe anorgaanilistest lähteainetest äädikhapet, sedasama hapet, mis oli tuntud juba iidsetest aegadest ja mille saamiseks seni oli ikka vaja olnud tüüpilist orgaanilist ainet — veini. Varsti pärast seda sünteesis vene keemik Nikolai Beketov sipelghappe — aine, mida varem oli eraldatud sipelgatest.

Üks sünteetilise orgaanilise keemia rajajaid, prantslane Berthelot, sai oma laboratooriumis terve rea orgaanilisi ühendeid, kusjuures eriti tähtis oli rasvade süntees. Siin ei olnud vitalistidel oluliselt enam midagi vastu vaielda, ja

võib öelda, et möödunud sajandi kuuekümnendaist aastaist sai orgaanilise keemia peamiseks suunaks süntees.

Kõige selle juures oli olukord orgaanilises keemias väga segane. Mingit orgaaniliste ühendite ehituse teooriat veel polnud. Teati ainult seda, et kõikides orgaanilistes ühendites esineb alati süsinik. Karbamiidi sünteesi autor F. Wöhler iseloomustas olukorda orgaanilises keemias järgmiselt: „Orgaaniline keemia võib käesoleval ajal ükskõik keda hulluks teha. Ta näib põlismetsana täis imepäraseid asju, hiiglasuure anumana ilma väljapääsuta ja lõputa, kuhu ei julge sisse tungida.“

Samal ajal tegi suuri edusamme anorgaaniline keemia. 1850. aastaks oli avastatud 58 elementi ja tuntud elementide arv kasvas kiiresti. Juba XVIII sajandi lõpuks olid mitmed teadlased, nende hulgas ka M. Lomonossov, kindlaks teinud, et kõik ained koosnevad aatomitest ja molekulidest. Aatomite „sorte“ tuli aga üha juurde ning kuidagi ei olnud võimalik kindlaks teha, kui paljudest erinevatest elementidest koosneb maailm. Sageli avastati uusi elemente täiesti juhuslikult.

Prantsuse salpeetrimeister Courtois ajas taga oma töökotta sattunud kassi. Selle juures kukkus soolajääkide



tünni purk väävelhappega. Algas reaktsioon ja tünnist tõusis imelikku, tundmatut lillakat auru. Courtois kordas katset, seekord juba sihilikult, ja sai uuesti sama tulemuse. Eraldanud selle aine, teatas ta Pariisi Akadeemiale uue elemendi joodi avastamisest.

Paljud keemikud läksid uute elementide „jahile“, mis andis tõepoolest tulemusi. Mitmed teadlased tegid ka elementide süstematiseerimise katseid, kuid ühelgi neist ei õnnestunud elemente paigutada mingisse kõiki elementide omadusi hõlmavasse süsteemi. Samuti ei teatud, kas viimati avastatud element on looduses tõepoolest viimane, või kui leidub veel uusi elemente, siis kust tuleks neid otsida.

Selle väga raske pähkli purustajaks sai geniaalne vene teadlane Dmitri Mendelejev, kes 1869. aastal avastas keemiliste elementide perioodilisuse seaduse ja koostas selle põhjal elementide perioodilisuse süsteemi. Kui enne teda kõik teadlased püüdsid keemilisi elemente ainult süstematiseerida, siis Mendelejev püüdis leida seaduspärasust, millele need elemendid oleksid allutatud. Niisuguse seaduspärasuse tundmine oleks võimaldanud ennustada seni veel avastamata elementide omadusi. Ülesanne oli erakordselt raske, sest mis võis olla ühist näiteks nii erinevatel ainetel, nagu seda on kerge, põlev gaas vesinik ja tahke metall kuld. Ja ometi lahendas Mendelejev selle probleemi geniaalselt oma elementide perioodilisuse seadusega.

Mendelejev paigutas elemendid aatommasside (aatomkaalude) suurenemise järjekorda ning märkas, et teatava sagedusega või perioodiga hakkavad elementidel korduma ühesugused keemilised omadused. Asetades ühesuguste omadustega elemendid üksteise alla, sai ta tabeli, mille ta täitis tol ajal teadaolevate elementidega (neid oli 63). Tühjad lahtrid tähistasid avastamata elemente, mille omadused pidid olema analoogilised tabelis nende naabruses olevate tuntud elementide omadustega.

Algul suhtuti Mendelejevi perioodilisusseadusse teadlaste ringkonnas küllalt skeptiliselt. Kui aga Mendelejev ennustas rea elementide omadusi ja kui need elemendid mõne aasta pärast avastati ning osutusid just niisugusteks, nagu järeldus elementide perioodilisuse süsteemist, siis saadi aru, missuguse tähtsa seaduspärasuse see Sankt Peterburgi professor oli avastanud. Harva on ühelegi teadlasele ta eluajal osaks saanud nii palju austusavaldusi ja

niisugune ülemaailmne tunnustus. Mendelejev valiti paljude välismaa akadeemiate ja ühingute liikmeks, talle anti palju aunimetusi, preemiaid ja diplomeid. Kogusummas oli tal üle saja aunimetuse ja aumärgi. Ta oli Londoni Kuningliku Ühingu, Jugoslaavia, Iiri ja Ameerika akadeemiate ning Dublini Kuningliku Ühingu auliige, Edinburgh'i Kuningliku Ühingu, Krakovi, Taani, Belgia, Rooma ja teiste akadeemiate tegevliige, Cambridge'i, Oxfordi, Edinburgh'i, Göttingeni, Princetoni ja teiste ülikoolide audoktor. Tema omal kodumaal aga valiti tema asemel 1880. aastal akadeemia liikmeks üsna keskpärane saksa päritoluga keemik Beilstein.

Mendelejevi elementide perioodilisuse seadus, mis käesoleval sajandil leidis aatomifüüsika valguses suurepärase teoreetilise põhjenduse, jääb üheks põhilisemaks keemia seaduseks. Kui 1955. aastal Kalifornias avastati element number 101, siis anti sellele Mendelejevi auks nimetus mendelevium.

Anorgaaniline keemia sai pärast Mendelejevi perioodilisusseaduse avastamist jalad alla. Samaaegselt anorgaanilise keemia aluste rajamisega otsisid keemikud üldisi teoreetilisi aluseid ka orgaanilisele keemiale. Kuigi oli sünteesitud juba suur hulk orgaanilisi ühendeid, olid need ikka juhuslikku laadi avastused, sest orgaaniliste ainete ehituse mittetundmise tõttu ei olnud kunagi võimalik kindlalt ette öelda, mis eksperimendist lõpuks välja tuleb. Tolleaegsete keemikute kujutluse järgi olid orgaaniliste ainete molekulid ilma kindla struktuurita ning aine omadusi oli võimalik muuta ainult tema molekuli atomaarse koostise muutmise teel.

Siis järsku tegid mitu teadlast peaaegu üheaegselt kindlaks, et on olemas molekuli täpselt ühesuguse koostisega aineid, mis on omadustelt täiesti erinevad. Küsimus anti lahendada Berzeliusele, keda möödunud sajandi keskel peeti keemia alal suurimaks autoriteediks, kuid ka tema ei suutnud seda nähtust põhjendada.

Probleemi lahendas vene keemik Aleksandr Butlerov, kes 1861. aastal esines keemikute kongressil ettekandega „Ainete keemilisest ehitusest“, milles ta formuleeris orgaaniliste ühendite struktuuri teooria põhialused. Selle teooria peamised teesid olid hoopis erinevad toleaegsetest vaadetest. Butlerov väitis, et igal keemilisel ühendil on kindel ehitus. Aine omaduste määramiseks ei piisa selle

aine koostise tundmisest, sest ühe ja sama koostisega molekulis võivad aatomid olla omavahel väga mitmel viisil seotud, kusjuures igal erineva struktuuriga molekulil on erinevad omadused, samuti nagu ühtedest ja samadest tähtedest võivad koosneda erineva tähendusega sõnad, nagu näiteks „kaer“, „rake“, „erak“ ja „kera“.

Niisuguseid molekuli erineva struktuuriga, kuid ühesuguse koostisega aineid hakati nimetama isomeerideks. Butlerov näitas, et võimalike isomeeride arv sõltub aatomite arvust molekulis. Ainel, mille molekul koosneb neljast süsiniku aatomist ja kümnest vesiniku aatomist, võib olla ainult kaks erinevat isomeeri, kahekümne süsiniku aatomi ja neljakümne kahe vesiniku aatomi korral aga on isomeere juba 366 319.

Ka selle teooria eest tuli tublisti võidelda, enne kui ta võitis tunnustuse. Tänu sellele teooriale sai selgeks, et aatomite hulk ja liik ei määra veel, kas ained, mille molekulid neist aatomeist koosnevad, on mürgid, parfüümid, ravimid või toitained. Sai selgeks, et värvid, mis rõõmustavad silma, ja ravimid, mis teevad haige inimese terveks, saavad oma väärtuslikud omadused just aatomite ja aatomirühmade vastastikusest asendist ja nendevahelisest seosest.

Nüüd olid avastatud nii anorgaanilise kui ka orgaanilise keemia tähtsamad põhiseadused. Need andsid keemiale tugeva teoreetilise baasi, mille varal üksteise järel selgusid uued seaduspärasused. Muidugi ei jäänud tulemata ka praktilised resultaadid. Keemiatööstus arenes tohutu kiirusega ja inimesed õppisid tundma üha rohkem uusi aineid, kusjuures neid hakati valmistama odavatest, algul mitte kellelegi vajalikuna tundunud ainetest.

Paljud teised tööstusharud hakkasid keemialt abi otsima. XIX sajandi lõpul tormiliselt arenenud elektriseadmete tööstus vajas odavaid ja häid isolatsioonimaterjale, tekstiilitööstus ootas keemikuilt värvaineid ja pesemisvahendeid, arstiteadus ravimeid, masinaehitus- ja mootoritööstus uusi kütuseid ning uusi kergemaid ja odavamaid materjale, mis oleksid võinud asendada metalle. Üldse oli möödunud sajandi lõpul vähe tööstusharusid, mis veel ei kasutanud keemikute abi.

Muutunud oli ka keemiku kui teadlase seisund ühiskonnas. Üksikust, omaette nokitsevast õpetlasest, kelle avastused pakkusid huvi ainult kitsale eriteadlaste ringkon-

nale, oli ta muutunud inimkonnale väga vajalikuks spetsialistiks, kelle nõuandeid ja ettepanekuid töösturid hoolikalt järgisid. Kui varem suutis keemia hädavaevalt selektada mõningaid tööstuses avastatud protsesse, siis nüüd püüdsid töösturid laboratooriumides tehtud leiutusi kiiresti tööstuslikku tootmisse rakendada.

Nii oli vaene, Allahi poolt maa peale tagasi lubatud alkeemik tõepoolest peaaegu muutunud selleks, kelleks ta tahtis inimkonnale olla. Oli ta ju juba abistanud haigeid ning teinud rõõmsamaks ja ilusamaks ka vaese inimese elu, andes talle odavaid värvaineid ning rikastades teda muude kättesaadavate ainetega. Võib-olla seetõttu, et nii palju tundus olevat juba tehtud, kippus maad võtma arvamuse, et nüüd on kõik avastatud ja rohkem ei olegi maailmas enam midagi avastada. Tulid nagu depressioonimeeleolud ja tekkis nagu hetkeline seisak teaduses, kuid et samaaegselt arenesid tohutu kiirusega tehnika ja tööstus, esitades keemikule üha uusi ja uusi soovet, siis tuli tal uuesti käised üles käärida ja asuda uute probleemide kallale. Üheks XX sajandi keemia põhiprobleemiks kujunes sünteetiliste materjalide saamine. Kulus palju aega ja vaeva, oli pettumusi ja purunenud unistusi, kuid käesoleva sajandi esimese poole jooksul õnnestuski keemikutel saada kõige mitmekesisemaid sünteetilisi materjale. Nende hulka kuuluvad näiteks väga mitmesuguseks otstarbeks kasutatavad plastmassid, sünteetilised kautšukid ja sünteetilised kiudained, millest tänapäeval valmistatakse suur osa meie riietusest.

Kõigi nende leiutuste aluseks oli oskus valmistada väiksematest molekulidest hiiglasuuri molekule. Keemikutele olid siin eeskujuks . . .

. . . looduslikud kõrgmolekulaarsed ained

Kõik ained maailmas koosnevad aatomitest ja molekulidest. Universumi ehituskivikesteks olevate aatomite „sortide“ arv on piiratud. Meie planeedil on loodusest leitud 88 elementi. Ülejäänud lahtrid Mendelejevi tabelis on täidetud inimese poolt kunstlikult saadud elementidega. Muidugi ei välista see võimalust, et neid elemente leidub universumis mõnel teisel taevakehal.

Suur hulk aineid koosneb lihtsatel molekulidest, mille

koostisse kuulub mõni kuni mõnikümmend aatomit. Nii-sugused on eelkõige anorgaanilised ained, mis pärinevad nii-öelda elutu looduse vallast.

Tunduvalt keerukamad on molekuli ehituse poolest paljud orgaanilised ained. Põhiliseks elemendiks, mis esineb igas orgaanilises aines, on süsinik. Seetõttu nimetatakse orgaanilist keemiat sageli ka süsinikuühendite keemiaks. Süsiniku aatomeil on võime keemiliste sidemete kaudu üksteisega liituda. Seejuures on võimalikud väga mitmesugused variatsioonid ehk, nagu eespool oli juba mainitud, isomeerid.

Orgaaniliste ainete molekulide suurus võib olla väga mitmesugune. Ühe lihtsama orgaanilise ühendi — karbaamiidi — molekul näiteks koosneb kaheksast aatomist, kusjuures ainult üks neist on süsiniku aatom. Vere punast värvust põhjustava värvaine hematiini molekuli koostisse aga kuulub 77 aatomit ja leherohelise ehk klorofüllü molekuli on veelgi keerukam. Kuid ka need molekulid on veel suhteliselt väikesed. Looduses esineb hoopis suuremaid molekule.

Puidu üheks põhiliseks koostisosaks oleva tselluloosi molekul näiteks koosneb rohkem kui 300 000 aatomist. Samasse suurusjärku kuulub aatomite arv ka kautšuki, valkude ja tärklise molekulides. Selliseid hiiglamolekule nimetatakse tänapäeval üldiselt makromolekulideks, nendest molekulidest koosnevaid aineid aga kõrgmolekulaarseteks aineteks.

Varasematel aegadel valitses teaduses arvamus, et seda laadi ained on teistsuguse ehitusega kui väikestest molekulidest koosnevad orgaanilised ühendid.

Selliseks arvamuseks oli ka küllalt põhjust, sest kõrgmolekulaarsed ained erinevad üsna mitmete omaduste poolest väiksemate molekulidega ühenditest. Nad ei lahustu vees, lagunevad kuumutamisel ega muutu üldse vedelaks, mistõttu neid pole võimalik destilleerida ega aurustada. Samuti ei toimi nendesse lahjad happed ega leelised, vastavad kontsentreeritud reaktiivid ega lõhuvad nende ainete suured molekulid väiksemateks osadeks. Kõik need omadused viisid teadlasi arvamusele, et kõrgmolekulaarsete ainete puhul on tegemist mingite väga keerukate molekulidega.

Alles tänapäeva füüsikalise-keemilised meetodid võimaldasid kindlaks teha kõrgmolekulaarsete ühendite struk-

tuuri. Küllap on raske etegi kujutada, et siin osutasid suure teene needsamad röntgenikiired, millega me tavaliselt oleme harjunud seostama kopsude ja vigastatud organite „läbivalgustamist“.

Nende uurimiste põhjal selgus, et näiteks kautšuki molekul, mis koosneb kümnetest tuhandetest aatomitest, on tegelikult üsna lihtsa ehitusega. Ta koosneb üksikutest lülidest, mis on omavahel seotud väga pikaks niiditaoliseks makromolekuliks (aineid, mille molekulidel on selline lüliline ehitus, nimetatakse polümeerideks). Samasugune niiditaoline struktuur on ka enamikul teistel looduses esinevatel makromolekulidel. Nende molekulide eriomadusi ei põhjusta seega keerukas ehitus, vaid lihtsalt nende koostisse kuuluvate aatomite väga suur arv.

Kõige keerukama ja seni veel lõplikult selgitamata struktuuriga looduslikest makromolekulidest koosnevate ainete hulka kuuluvad valgud. Kui näiteks kautšuki ja tselluloosi puhul on makromolekulide üksikud lülid ühesuguse ehitusega, siis valkude puhul on tegemist paljude erinevate lülidega. Seetõttu on ka nende ehituse kindlakstegemine hoopiski keerukam ja küllap ehk siin peitubki põhjus, miks seni pole veel õnnestunud saada valkaineid sünteetiliselt.

Kuni käesoleva sajandini moodustasid kirjeldatud looduslikud ained baasi, millele oli rajatud mitmesuguste materjalide saamine teatavate keemiliste reaktsioonide abil. Tselluloos osutus sobivaks lähteaineks nii tehissiidi kui ka plastmasside tootmisel. Ühtlasi aga pani see aine keemikuid mõtlema, kas keemia pole võimeline niisuguseid suurte molekulidega aineid ise looma. Kui on püstitatud eesmärk, kui teadus ja tehnika on jõudnud vastavale tasemele ning eelkõige kui selle järele on suur vajadus, siis tavaliselt leitakse alati ka lahendus, muidugi kui pole tegemist mingisuguste looduseadustele vastukäivate ideedega, nagu seda näiteks olid „*perpetuum mobile*“ loomise üritused. Käesoleval ajal oskavad keemikud juba üsna osavasti liita väiksemaid molekule suuremateks ja saada makromolekule, millest ühed sarnanevad looduses esinevate makromolekulidega, teised aga erinevad neist täielikult. Tänu sellele on meie aeg rikastunud nii plastmassidega kui ka sünteetiliste kiudainete ja kautšukitega, mis kõik kujutavad endast inimese poolt loodud kõrgmolekulaarseid, polümeerseid aineid.

Kõikide nende ainete saamisel etendas alguses väga suurt osa kunagiste alkeemikute püüe luua odavast materjalist midagi väga väärtuslikku, kuigi mitte just otseselt kulda. Sageli ei alatud uute ainete otsinguid eriti mõistus-päraselt või praktilistest vajadustest tingitud kaalutlustel. Esimesed edusammud ja uute materjalide head omadused stimuleerisid aga edasisi uurimisi, mis viisidki selleni, et oléme jõudnud ajastusse, mida võiks nimetada polümeeride sajandiks. Esimeste polümeeride hulka kuulusid...

...ained, mida me tunneme plastmasside nimetuse all

Kuni möödunud sajandi viiekümnendate aastateni oli inimesele tuntud plastiliste ainete „sortiment“ üsna kasin. Siia kuulusid märg savi, vaha ja mõned looduslikud vaigud. Kõiki neid oli kerge vormida, kuid niisama kergesti kaotasid nad neile antud kuju, sest savi on habras, vaha aga pehme.

Õigupoolest oli inimese kasutuses olevate tahkete toor-materjalide hulk tol ajal üldse väga piiratud. Metallid, puit, kivi, luu — ja see oligi peaaegu kõik. Kõiki neid materjale oli küllalt raske ja tülikas töödelda, et saada vajaliku kujuga esemeid. Veelgi vähem oli olemas isolatsioonimaterjale. Kiiresti arenev elektriseadmetetööstus aga nõudis hoopis uute omadustega aineid. Need ained pidid olema kergesti vormitavad, nad ei tohtinud juhtida elekt-rit ja nende hind pidi olema madalam peaaegu ainsa tollal tuntud isolatsioonimaterjali — kautšuki hinnast.

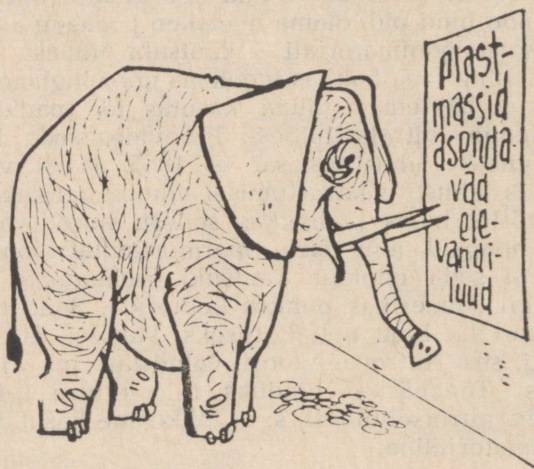
Selle küsimusega hakkas tegelema noor inglane Alexander Parkes. Lähtematerjalina kasutas ta „paukpuuvilla“ ehk täpsemini nitrotselluloosi. Proovides seda lahustada mitmesugustes lahustites, sai ta 1855. aastal vormitava massi, mis lahustite aurustumisel muutus tahkeks. Parkes oli ettevõtlik mees ja hakkas sellest ainest valmistama kamme, noapäid ning isegi marmoriimitatsiooni. Samuti pakkus ta seda edukalt kautšuki asendajana. Äri läks hästi, kuni Ameerikas puhkes kodusõda. Selle tagajärjel tõusis puuvilla hind neljakordseks. Parkesi ettevõtte jäi pankrotti, sest nitrotselluloosi valmistati tol ajal ainult puuvillast. Tänapäeval tunduks tuleohutuse seisukohast kahtlasena nitrotselluloosi, s. o. lõhkeaine kasutamine iso-latsioonimaterjalina.

Edasi algab plastmasside ajaloos uus peatükk, mis pärast Parkesi avastust tundub küllaltki kummalisena. Kui Parkesi eesmärgiks oli saada väga vajalikku uute omadustega tarbeainet, siis järgmised otsingud plastmasside vallas teostati üsna alkeemikute põhimõtete kohaselt, püüdes odavatest materjalidest sõna otseses mõttes saada kulda või vähemalt kullahinnalist ainet.

Terve see lugu sai alguse elevantidest, täpsemalt nende eriskummaliselt arenenud hammastest ehk kihvadest, mis moodustavad elevandi kogukaalust ligikaudu pool protsenti. Seesama pool protsenti elevantiluu sai möödunud sajandil nende suurte rahulike loomade massilise hävitamise põhjuseks.

Nimelt olid inimesed harjunud nägema niisuguseid luksusartiklite ja mitte-esmajärguliste tarbeesemete valdkonda kuuluvaid esemeid nagu piljardikuule, klaveriklahve ja mitmesuguseid ehteasju valmistatuna elevantiluu. Röövküttimise tagajärjel aga kahanes elevantiluu saak väga kiiresti ja veelgi kiiremini tõusis selle materjali hind.

1863. aastal pakkus üks elevantiluu tooteid valmistav ameerika firma 10 000 dollarit inimesele, kes avastaks asendaja sellele defitsiitsele looduslikule ainele. Et 10 000 dollarit oli suur raha, siis asusid selle küsimuse kallale mitte üksnes keemikud, vaid ka mitmete teiste erialade



esindajad. Nende hulgas vaegas oma pead selle probleemiga ka New Jersey osariigi Newarki linna trükiladuja John Hyatt. Talle tuli appi juhus. Kord avastas ta, et kolloomüümpudel (kolloomüümi kasutasid trükiladujad sõrmede kaitseks) oli ümber läinud ja kolloomüüüm ära kuivanud. Ümberläinud pudeli kõrval oli tükike elastset kilet. Aga miks mitte sellise kilega katta mitmesuguseid teisi aineid?

Algul proovis Hyatt valmistada piljardikuule elevandiluuajätmetest, kattes neid kolloomüüümiga. Kuid kattede ei pidanud kuigi kaua vastu. Siis proovis ta pressida kuule paberist, kuid ka see ei andnud rahuldavaid tulemusi. Seejärel loobus ta seda laadi katsetustest ning püüdis saada elevandiluuomadustega ainet nitrotselluloosi lahustamisel mitmesugustes lahustites.

Pärast paljusid ebaõnnestumisi saigi Hyatt 1869. aastal nitrotselluloosi lahustamisel kampri piirituslahuses esimese kunstliku luutaolise aine — tselluloidi, mida kasutatakse veel praegugi. Olles sellele ainele lisanud valget värvi, võis leidur rahulikult minna lubatud preemiat nõudma, sest saadud aine sarnanes väga elevandiluuuga. Et tol ajal osati juba kuidust tselluloosi saada, siis ei sõltunud tselluloidi tootmine ka puuvillaturu konjunktuurist.

Nii saadi esimene praktiliselt kasutatav kunstlik aine, mis oli küllalt tugev ja samal ajal teatavates tingimustes plastiline (plastilisuse all mõistetakse ainete võimet omandada surve all mistahes kuju ja säilitada see pärast surve lakkamist). Tselluloid muutub pehmeks juba kuumas vees ja talle saab suhteliselt väikese survega anda soovitava kuju, mis säilib hästi, kui pressitud ese on jahtunud.

Niisuguste omaduste tõttu hakati tselluloidi ja kõiki tema „nooremaid vendi“ nimetama plastmassideks.

Elevandiluu aine, mis oli algul mõeldud ainult lukusesemete valmistamiseks, muutus nii populaarseks, et temast hakati valmistama nõõpe, kamme, portsigare, iga liiki käepidemeid ja palju muud. Pariisi maailmanäitusel demonstreeriti esmakordselt läbipaistvat, õhukest, painduvat fotoemulsiooni kandematerjali. Siit algas tselluloidi sissetung tol ajal arenevasse filmitööstusse.

Sellest hügieenilisest, ilusast ja odavast materjalist esemete massiline tootmine toimus nii Euroopas kui ka Ameerikas. Niisama massiliselt saatsid seda ainet tulekahjud. Põlesid kinod ja tööstusettevõtted, laste mänguasjade kauplused ning portsigarid, millesse ettevaatamatult oli

pistetud suitsuots. Tselluloidi saatsid tema võidukäigul tuleohvrite kalmud. Tuleohtlikkus on tselluloidi üheks suuremaks puuduseks. Kuid kõikidest ohvritest hoolimata jätkus selle plastmassi üha laialdasem tootmine. Samal ajal töötasid teadlased palavikuliselt, et muuta tselluloidi tuleohutuks. See õnnestus alles mõnekümne aasta eest, kui õpiti valmistama atsetüültselluloosi, mida tuntakse ka „mittepõleva tselluloidi“ nime all, kuigi ta enam tegelikult polegi tselluloid. Et aga atsetüültselluloos on tselluloidist tunduvalt kallim, siis kasutatakse ka tänapäeval teda ainult väga vastutusrikastes kohtades, nagu näiteks filmitööstuses. Paljusid odavaid laiatarbekaupu valmistatakse endiselt tselluloidist.

Eelmises peatükis oli juttu kõrgmolekulaarsetest ainetest. Tselluloos on tüüpiline kõrgmolekulaarne, polümeerne aine. Tema molekulid on tekkinud looduses ja nende ehitus oluliselt ei muutu, kui me töötleme neid lämmastikhappega, et saada nitrotselluloosi, millest edasi valmistatakse juba tselluloidi. Niisiis kujutab tselluloid endast ainet, mille saamisel inimene on lihtsalt pisut loodusele kaasa aidanud.

Väga tähtis, võib-olla isegi tähtsam tselluloidist kui ainet oli kogemus, mille inimesed selle aine valmistamisel omandasid. See oli kogemus, et inimene on suuteline valmistama niisuguste omadustega aineid, mida looduses otseselt ei esine. XIX sajandi lõpul ja eriti XX sajandil arenenud elektriseadmete- ja autotööstus vajas suurel hulgal iga liiki uusi materjale, esmajärjekorras aineid, mis oleksid võinud asendada seniseid looduslikke isolatsioonimaterjale, nagu kautšukit ja vilgukivi. Kõigil neil ainetel olid oma puudused ja abi saamiseks pöörduiti keemikute poole.

Tselluloidis peitusid juba ähmaselt need suured eelised, mis käesoleval ajal on nii selgelt välja kujunenud uute sünteetiliste materjalide juures. Põhilised nendest eelistest on materjalide töötlemise lihtsus, kadude peaaegu täelik puudumine töötlemisel, vastupidavus ilmastiku mõjule, korrosioonile ja keemilistele mõjustustele, kergus ja terve rida spetsiifilisi omadusi, mis on iseloomulikud ühele või teisele sünteetiliste materjalide liigile.

Kujutlegem pisut tööoperatsioone, mis on vajalikud metsas kasvavast puust kirjutuslaua või tooli saamiseks. Kõigepealt langetatakse puu, laasitakse, tükeldatakse pal-

kideks ja veetakse saeveskisse. Siin saetakse palgid lauda-
deks ja lauad transporditakse mööblivabrikusse, kus nad
eelkõige kuivatatakse, siis hõoveldatakse, lõigatakse para-
jateks tükkideks ning kinnitatakse ühel või teisel viisil
üksteise külge. See on väga pealiskaudne tööoperatsioo-
nide loetelu, kuid seegi on küllalt pikk. Seejuures on igaks
operatsiooniks vajalikud erinevad tööriistad ja -pingid.
Suured on ka puidu kaod töötlemisel. Kui me ei räägi
kadudest metsas ja alustame alles saeveskist, siis siin ula-
tuvad need saepuru ja koorelähedaste laudade arvel
umbes ühe kolmandikuni puidu koguhulgast. Tõsi küll,
käesoleval ajal kasutatakse puidujäätmeid juba edukalt
piirituse valmistamiseks, kuid seda tehakse siiski esialgu
veel küllalt vähesel määral. Mööblitööstuses läheb hõoveld-
damis- ja saagimisjätmete ning mittekasutatavate tükkide
näol kaduma veel ligi veerand materjalist. Sel viisil moo-
dustavad kaod kokku üle poole puitmaterjalist. Treimise
või nikerdamise puhul aga ulatuvad kaod kuni kolmvee-
randini puidu esialgsest kogusest.

Veelgi keerukam on lugu metallide töötlemisel. Alates
maagi sulatamisest kuni valmis masinaosa viimistlemiseni
teostatakse kümneid ja isegi sadu tööoperatsioone, mis on
seotud suurte metallikadudega. Metallide töötlemiseks on
vaja väga kõrge kvaliteedilisi instrumente. Et detailid on
rasked, siis on nende tsehhisiseks ja tsehhidevaheliseks
transportimiseks vajalikud mitmesugused tõstemehha-
nismid ja transportöörid. Kõigeks selleks kulub palju aega
ja tööjõudu.

Plastmasside puhul on protsessi kulg võrreldamatult liht-
sam. On ainult vaja valmistada vastav metallist vorm, mida
mõnel juhul peab olema võimalik kuumutada. Selle vor-
miga saab pressida tuhandeid esemeid, kusjuures ühe lii-
gutusega saadakse detail, mis ei vaja enam mingit töötle-
mist. Sageli on plastmasse ka võimalik valada nagu metalle
või puhuda nagu klaasi. Tänapäeval saadakse ühe operat-
siooniga isegi väga suuri detaile, nagu laeva- ja autokere-
sid, lennuki- ja laevapropellereid ning palju muud. Neist
näiteist peaks selge olema, kui suured on töötlemise seis-
kohast plastmasside eelised metallide või puiduga võrrel-
des. Samuti puuduvad plastmasside töötlemisel peaaegu
täielikult kaod.

Kui oleme jõudnud valmis esemeni, siis algab tema eest
hoolditsemine. Metallide kõige kurjem vaenlane on korro-

sioon. Igal aastal läheb korrosiooni tõttu kaduma ligikaudu 10% maailmas toodetava metalli hulgast. Selliste kadude vältimiseks või vähendamiseks tuleb metallide pind krooimise, nikeldamise või värvimise teel katta kaitsekihiga. On arvatud, et Eiffeli torni värvimiseks on aja jooksul kulutatud rohkem raha kui torni enese ehitamiseks, mis toimus 1889. aastal. Samuti vajab iga laev sagedat värvimist, milleks laeva eluea jooksul kulub tohutul hulgal värve.

Plastmassidest esemete valmistamisel lisatakse värvipigment sageli juba enne pressimist lähtematerjalile ja eseme värvus on praktiliselt igavene. Niisugustele esemetele ei mõju merevesi, vihm, lumi ega bakterid. Nad ei korrodeeru ega mädane. Selles peitub samuti plastmasside suur eelis.

Väga oluliseks võruseks on materjali kergus. Plastmassid on rauast 6—7 korda ja alumiiniumist umbes 2 korda kergemad.

Kõige tähtsam aga on plastmasside puhul see, et neile on võimalik anda just niisuguseid omadusi, nagu parajasti on tarvis. Nad võivad olla terase tugevusega, kuid läbi paistvad ja terasest mitu korda kergemad. Neile on võimalik anda häid soojus- ja elektriisolatsioonilisi omadusi või, vastupidi, suurt elektrijuhtivust. Ühesõnaga, neil võivad olla kõikvõimalikud tehnilised omadused.

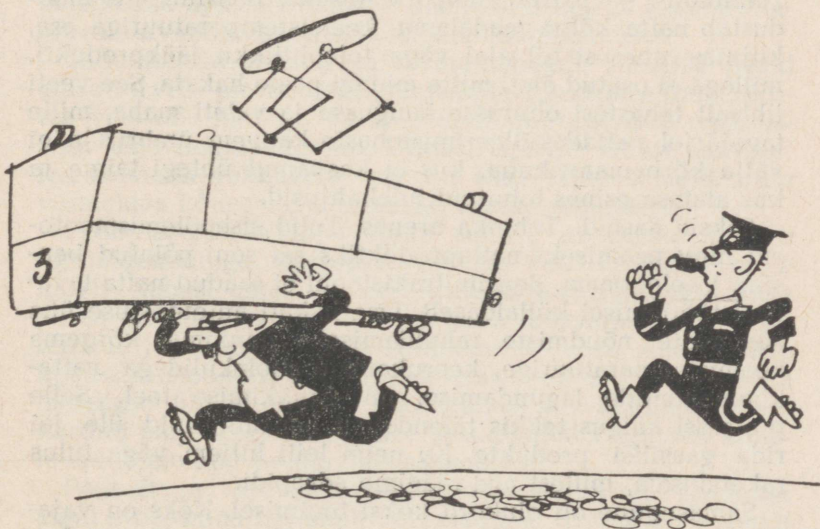
Kõige selleni jõudmiseks tuli aga läbi käia pikk tee ja eelkõige jõuda äratundmiseni, et tselluloiditaolised looduslikest materjalidest saadud ained pole veel kaugeltki saavutuste tipp, vaid alles esimene, üsna algeline samm.

Alexander Parkesi otsingud uue isolatsioonimaterjali saamiseks ei lõppenud edukalt. Samuti ei sobinud selleks otstarbeks oma tuleohtlikkuse tõttu ka tselluloid. Elektri-seadmetetööstus aga arenes suure kiirusega. Esimete dünamate mähised ei olnud valmistatud niisugustest isoleeritud peenikestest traatidest, nagu me seda tänapäeval oleme harjunud nägema. Tollal kasutati 15 sentimeetri laiusi vasklinte, mis olid isoleeritud asbestiga. Loomulikult sisaldasid dünamad tonnide viisi vaske, kuid sellest hoolimata kuumesid nad tugevasti ning suur osa voolust läks halva isolatsiooni tõttu kaduma. Selle tagajärjel kulus 1885. aastal ühe kilovatt-tunni elektrienergia saamiseks 5 kilogrammi sütt (1937. aastal, tänu plastmassidest dielektrikute kasutamisele, ainult pool kilogrammi). Dünamo eda-

sine täiustamine sõltus täielikult uute isolatsioonimaterjalide saamisest. Selle taga seisis terve elektrotehnika täiustamine.

Nagu eespool juba on mainitud, tunti möödunud sajandil väga vähe isolatsioonimaterjale. Niisugusteks materjalideks olid ainult kautšuk, vilgukivi, asbest, portselan ja klaas. Viimased kõlbasid oma hapruse ja kohmakuse tõttu üsna vähestes kohtades isolaatoriteks. Iga liiki mähiste, lülitite ja pistikute valmistamiseks ning muudeks selletaolisteks otstarveteks oli vaja plastilist ja teiste materjalidega hästi ühendatavat ainet. Selleks oleks sobinud ainult kautšuk, kuid tema õnnetuseks on vananemine, mis eriti kiiresti kulgeb päikesevalguses ja ilmastikunähtuste toimel. Samuti ei ole kautšuk püsiv õlide suhtes.

Sajandivahetusel olid seega keemikutele esitatud konkreetsed nõudmised tööstusele vajalike materjalide saamiseks. Keemikuil oli juba olemas ka ettekujutus looduslikest kõrgmolekulaarseist aineist, millest võis keemiliste reaktsioonide abil saada üllatavate omadustega materjale. Need asjaolud panid keemikuid juurdlema ja võimalusi otsima sünteetiliste kõrgmolekulaarsete ainete saamiseks,



Juhtum plastmasside ajastul

sest siit võis oodata veelgi paremate omadustega tarbematerjale. Muidugi oli üheks stiimuliks ka soov loodust üle trumbata ning kunstlikult saada looduslikega sarnanevaid või isegi neist huvitavamaid polümeerseid molekule. Sageli ei teadnud keemikud isegi, milleks nende poolt loodud materjal on sobiv. Ained, mis esialgu näisid olevat võib-olla ainult head lähtematerjalid nõopide, kammide ja muude laiatarbekaupade valmistamiseks, osutusid vajalikeks ja sageli isegi asendamatuteks masinaehituses, elektro- ja raadiotehnikas ning mujal.

Need materjalid tulid areenile XX sajandi alguses, kui keemikute laboratooriumides saadi esimesed . . .

. . . sünteetilised polümeerid

Keemiatööstuse ajalugu on rikas näidetest selle kohta, kuidas nii mõnigi jääkprodukt, mida aastaid on kasutu jäätmena kõrvale heidetud, leiab järsku rakendamist ja võib isegi osutada tähtsamaks kui antud tööstusharu peamine toodang.

Nii näiteks kasutati naftat palju aastakümneid peamiselt „lambiõli“ — petrooleumi tootmiseks. Bensiin, mis moodustab nafta kõige madalama keemistemperatuuriga osa, kujutas enesest tol ajal väga tuleohtlikku jääkprodukti, millega ei osatud õieti mitte midagi peale hakata. See veeti lihtsalt tehastest ohutusse kaugusse ja valati maha, mille tagajärjel naftadestilleerimistehaste kaugem ümbrus nägi välja kõrbemaastikuna, kus ei kasvanud ühtegi taime ja kus alatasa esines tohutuid tulekahjusid.

Läksid aastad. Tehnika arenes. Tulid sisepõlemismootorid ning peamiseks naftaproduktiks sai seni põlatud bensiin. Veelgi enam. Bensiinifraktsiooni ei saadud nafta tavalisel töötlemisel küllaldaselt. Lisa hakati autotööstuse üha kasvavate nõudmiste rahuldamiseks hankima kõrgema keemistemperatuuriga, keerukamate molekulidega naftakomponentide lagundamise, nn. krakkimise teel. Selle protsessi käigus tekkis täiendavalt bensini, kuid üle jäi rida gaasilisi produkte. Ka neile leiti hiljem väga tulus rakendusala, millest aga räägime edaspidi.

Samasugune oli olukord koksi tootmisel. Koks on vajalik maakidest metallide saamiseks. Koksi valmistatakse kivisöe kuumutamisel õhu juurdepääsuta, nii-öelda kuiv-

utmisel. Seejuures tekkiv kivisöetõrv oli kaua aega üsna üleliigseks produktiks. Alles möödunud sajandil avastasid keemikud, et see haisev vedelik koosneb väärtuslikest ühenditest, mida seni oli saadud keerukate ja kulukate menetluste abil. Üheks niisuguseks ühendiks oli benseen (bensool). See on aine, milleta oleks raske tänapäeva keemiatööstust ette kujutada. Benseeni kõrval sisaldas kivi-söetõrv suurel hulgal ka teist väga väärtuslikku ühendit — fenooli, mis molekuli ehituse poolest sarnaneb benseeniga.

Fenoolist ja metanaalist (formaldehüüdist ehk sipelg-happealdehüüdist) saadigi esimene sünteetiline materjal.

Aastal 1872 märkasid kuulus keemik Adolf Baeyer ja tema õpilane van ter Meer, et hapete lisamisel ühinevad fenool ja formaldehüüd tahkeks vaigutaoliseks aineks. Kulus aga veel aastakümneid, enne kui selgus selle protsessi keemiline olemus, mis seisab selles, et paljud benseenituumad ühinevad üksteisega formaldehüüdi molekulide kaudu, eraldades vee molekule.

Selle avastuse tegi 1908. aastal Ameerikas töötanud flaami keemik Hendrik Leo Baekeland, kes molekulide liitmiseks kasutas hapete asemel ammoniaaki. Uus materjal sai oma leiutaja järgi nimeks bakeliit, kõiki seda tüüpi plastmasse aga nimetatakse keemikute keeles fenoolformaldehüüdvaikudeks ehk lühemalt fenoplastideks.

Selletaolised fenooli ja formaldehüüdi ühendid panid aluse tervele plastmasside plejaadile. Elektriseadmetetööstus võis olla muretu. Ta oli saanud suurepärase omadustega isolatsioonimaterjali. Ühtlasi aga oli sellest materjalist võimalik valmistada ka iga liiki tarbeesemeid. Seda võimaldas kõnesoleva protsessi mitmeastmelisus.

Fenoplasti tekkimine algab sellest, et fenool ühineb formaldehüüdiga, kusjuures eraldub vesi. Protsessi, mille käigus kahest ainest ei teki üksainus uus aine, vaid kaks ainet, millest üks on põhi- ja teine kõrvalprodukt, nagu fenooli ja formaldehüüdi ühinemisel vesi, nimetatakse kondensatsiooniks. Kui aga korraga ühineb väga palju molekule üheks suureks molekuliks, s. t. kondensatsioon kordub palju kordi, nagu see antud juhul ongi, siis kõnelevad keemikud polükondensatsioonist.

Fenooli ja formaldehüüdi kondenseerimisel saadakse algul aine, mida nimetatakse resooliks. Resool on külmalt helekollane mass, mis on habras ja tahke nagu näiteks kampsol ning lahustub hästi piirituses ja atsetoonis. Kuu-

mutamisel resool sulab, kusjuures temas toimuvad teatavad muutused. Tahke, habras mass muutub painduvaks ja hakkab venima nagu kummi. See on tingitud pikkade, niiditaoliste molekulide tekkimisest. Seda uute omadustega ainet nimetatakse resitooliks. Külmalt muutub ka resitool tahkeks, kuid ta ei lahustu piiratuses ega atsetoonis, vaid ainult tursub lahustite toimel nagu kummi õlis.

Kui resitooli uuesti kuumutada, siis liituvad tema pikad niitjad molekulid külgsidemete kaudu üksteisega, kusjuures ta muutub lõplikult tahkeks ning temperatuuri toimel pole teda enam võimalik pehendada. Samuti ei lahustu ta praktiliselt mitte milleski. Selliste omadustega ainet nimetatakse resiidiks ja õigupoolest pole ta enam plastmass, sest tal puudub ju plastilisus nii temperatuuri kui ka surve toimel. Plastmassi nimetust kannab ta ainult päritolu tõttu.

Niisugune muundumistsükkel (resool → resitool → resiit) annab tööstusele suurepäraseid võimalusi fenoplastide kasutamiseks. Vajaliku kujuga esemeid võib nendest edukalt saada näiteks valamise teel. Resool on niisama hästi töödeldav ka surve abil. Selleks segatakse ta puidujahu ja värvainetega, lisatakse töötlemise hõlbustamiseks pisut mingit pehendit, näiteks steariini, ning segu paigutatakse vajaliku kujuga vormi — matriitsi, mille seinad on kuumutatavad. Vorm asetatakse pressi alla ja 2—3 minuti jooksul saadakse soovitava kujuga ese. Resool muundub selle aja jooksul resitooliks ja edasi resiidiks.

Telefoni- ja raadioosad, kontaktid, lülitid, täitesulepead, laualambid, iga liiki käepidemed, lauagarnituurid ja paljud muud esemed meie ümber on saanud sellisel teel ning sellistest lähteainetest. Elektrikud ei tarvitse enam iga lühiühenduse või seadme kuumenemise puhul karta isolatsiooni süttimist. Fenoplast oma lõplikul kujul söestub alles temperatuuril 300 °C, ilma et ta hakkaks põlema. Paljudel juhtudel on see materjal parem ka metallidest ja puidust. Võtame näiteks autorooli. Kui valmistada see metallist, siis külmetaksid talvel autojuhi käed, puit aga aja jooksul kuivaks ja praguneks.

Sageli kasutatakse puidujahu asemel muid täiteaineid. Asbesti kasutamisel on võimalik saada väga kuumakindlat materjali, mis ühtlasi ei karda happeid ega leelisi. Sellest aineist valmistatakse keemiatööstuse aparatuuri, milleks varem kasutati raskesti saadavat ja kallist pliidi. Samuti

võib sellest materjalist valmistada kontakte, pistikuid, lambipesasid ja tuhatoose.

Resooli piirituslahusega immutatakse kangaid, mis siis mitme kihina pressitakse kuni 200-atmosfäärise surve all plaatideks. See materjal on tuntud tekstoliidi nimetuse all ja on üllatavalt tugev. Ta ei jää tugevuselt maha malmist, kuid on sellest viis korda kergem. Seetõttu tehakse temast hammasrattaid, jahtide, mootor- ja sõudepaatide keresid.

Resooli piirituslahusega immutatud paberist saadakse nõndanimetatud getinaksi, mis on väga hea elektriisolatsioonimaterjal. Getinaksi kasutatakse aga ka väärispuitu imiteeriva materjalina mööbli ja seinte katmiseks.

Fenoolformaldehüüdvaikude segust hõövlilaastude ja muude puidutööstuse jäätmetega toodetakse plaate, mis sageli ei vaja muud töötlemist kui ainult lakkimist ning mis paljudel juhtudel suurepäraselt sobivad hoonete sise-arkitektuuriliseks kujundamiseks.

Fenoplastide perekonna esivanemal bakeliidil on palju mitmesuguste omadustega järeltulijaid. Seetõttu kuuluvad fenoplastid praegugi kõige massilisemalt toodetavate sünteetiliste materjalide hulka.

Süües kasvab isu, ja kuigi bakeliidi näol oli elektriseadmetetööstus oma kasutusse saanud hea isolatsioonimaterjali, ei asendanud see siiski veel kautšukit kaablite ja elektrijuhtmete isoleerimisel, sest resiidina oli bakeliit ju kõva ja paindumatu. Seepärast jätkusid otsingud nüüd juba painduvate, elastsete materjalide saamiseks, millega oleks kerge katta traati, mis seejuures hästi hoiduksid metallide külge ega oleks tuleohtlikud. Niisuguste plastmasside lähtematerjaliks sai senini tule, kuumuse ja valguse allikaks olnud gaas atsetüleen. Keemia seisukohast avasid need plastmassid samuti täiesti uue lehekülje, sest siin liitusid omavahel ühe ja sama aine molekulid ning selgus, et ...

... gaasilistest ainetest saab valmistada plastmasse

Atsetüleen, millest sai tänapäeva sünteetiliste polümeeride esimene lähteaine, andis enesest esmakordselt märku juba 1836. aastal, kui Edmund Davy lagundas veega kaltsiumkarbiidi ja sai seejuures tundmatut gaasi. Nimi aga anti sellele gaasile alles 1860. aastal, millal tänu suure

prantsuse keemiku Marcelin Berthelot' töödele selgus ka tema molekuli ehitus. Üsna kaua oli atsetüleenil ainult teoreetiline tähtsus, sest ei tuntud tööstuslikke menetlusi kaltsiumkarbiidi tootmiseks, s. o. atsetüleeni lähtematerjali saamiseks.

Küllap on peaaegu igaühel meist mingeid kogemusi karbiidi ja atsetüleeniga. Vanaaegsetel jalgratastel olid karbiidilambid, mis töötasid lihtsal põhimõttel. Tuli valada vett karbiidile, seejuures eraldus atsetüleen, mis vastavas põletis süüdati ja mis põles väga heleda leegiga. Paljud meist on näinud kõige tugevamat terast sulamas atsetüleeni ja hapniku leegis autogeenkeevitamisel. Kes on aga merd sõitnud ja pidanud tormisel sügisööl ühe silmaga merekaarti jälgima ja teisega otsima pilkases pimeduses päästva majaka plinkimist, see on samuti sageli pidanud tänama atsetüleeni, mis paljudel juhtudel on sobivaim aine üksikute majakate laternates põletamiseks.

Enne aga kui need atsetüleeni üldtuntud rakendusala muutusid nii levinuteks, elas karbiidi tootmine üle rea tõuse ja langusi, ning tema ajalugu on seotud paljude draamatiliste pankrottide ja ebaõnnestumistega.

Karbiidide all mõistetakse keemias kõiki metallide ja süsiniku ühendeid. Et aga kaltsiumkarbiid on neist kõige tuntum ja levinum, siis nimetatakse teda sageli ka lihtsalt karbiidiks. Nagu nimetuski ütleb, on metalliks siin kaltsium, mida vabal kujul looduses ei esine. Samuti ei leidu looduses ka kaltsiumkarbiidi, mille saamiseks vanasti kasutati kulukaid ja keerukaid menetlusi.

Kaltsiumkarbiidi tootmine muutus tööstuslikuks, kui prantslane H. Moissan ja kanadalane T. Wilson võtsid tarvitusele elektriahjud. Wilsonile tuli selle menetluse väljatöötamisel appi juhus. Tema eesmärgiks oli saada puhtal kujul niisuguseid tol ajal võrdlemisi haruldasi metalle nagu alumiiniumi, kaltsiumi ja naatriumi. Selleks oli tal vaja suurel hulgal elektrienergiat oma kuumutusahjude kütteks. Tal puudus aga vajalike seadmete ehitamiseks raha. Seepärast sõitis ta ringi mööda Ameerikat ja otsis kohta, kus oleksid juba olemas veeturbiinid ja muud vajalikud seadmed, millele ta saaks juurde lülitada oma dünamo. 1890. aastal leidiski ta ühest väikesest linnast selleks otstarbeks sobiva vabriku. Siin seadis ta üles oma dünamo, ehitas elektriahjud, otsis ka finantseerijad ja alustas eespool nimetatud metallide tootmist. Kõik läks

päris hästi, ja alles kui ta asus kaltsiumi tootmisele, tabas teda „ebaõnn“. Sulatades oma ahjus kokku kustutamata lupja ehk kaltsiumoksiidi ja sütt, sai ta metalse kaltsiumi asemel mingisuguse halli aine, mille ta kui ebaõnnestunud katse produkti viskas ühte ämbrisse, milles oli vesi. Ämbris toimus aga äge reaktsioon ja eralduva gaasi iseloomulik atsetüleenilõhn tegi talle selgeks, et ta oli avastanud uue menetluse kaltsiumkarbiidi tootmiseks.

Wilson patenteeris oma menetluse ja püüdis seda asjalt 500 dollari eest maha müüa. Keegi ei ostnud seda, sest kellelgi polnud ettekujutust, et vaevalt 40 aasta pärast ületab maailma karbiiditööstuse kogutoodang rahalises arvestuses 100 miljoni dollari piiri. Alles siis, kui Wilson oli juba kõigi poolt unustatuna suures vaesuses surnud, otsustasid tema endised finantseerijad, et Niagaara kosele tuleb ehitada esimene karbiidivabrik.

Tol ajal tundus karbiidi tootmine üsna perspektiivsena just atsetüleeni kui valgustusvahendi saamise eesmärgil. On ju karbiid peaaegu nagu valgus tahkel kujul, sest temast atsetüleeni saamiseks on vaja ainult mõni tilk vett. Karbiidi transport on lihtsam ja ohutum kui petrooleumi transport. Samuti põleb karbiidilamp heledamini kui petrooleumilamp. Tõsi küll, karbiid oli 20 korda kallim kui suurtes linnades kasutatud valgustusgaas, kuid atsetüleeni saamiseks karbiidist polnud vaja mingeid seadmeid ega vabrikuid. Eriti sobiv näis karbiid olevat kasutamiseks maal ja väikelinnades.

Nende kaalutluste tõttu kerkis sajandivahetusel Ameerikas ja Inglismaal karbiidivabrikuid nagu seeni pärast vihma, kusjuures kõik nad töötasid Wilsoni meetodil. Mõni aasta hiljem aga purustas seesama elekter, mida nii palju kulub karbiidi saamiseks, viimase valgustusvõidukäigu illusioonid. Karbiidivabrikandid sulgesid üksteise järel oma ettevõtted, seejuures paljudel juhtudel pankroti teel, ning keegi ei tahtnud tükk aega enam midagi teada karbiidist, atsetüleenist ega nende tootmisest. Ei, see on siiski liiga palju öeldud. Keemikud tegelesid samal ajal atsetüleeniga hoopis teistest seisukohtadest lähtudes, kui seda senini oli tehtud.

Keemias olid tol ajal tuntud ühinemisreaktsioonid, mille tulemusel kahest või rohkemast ainest tekib üks uus aine. Peale selle tunti vahetusreaktsioone, mille käigus erinevate ainete molekulid vahetavad omavahel mingid oma

koostisosad, samuti lagunemisreaktsioone, mille puhul ühest ainest tekib kaks või rohkem uut ainet. Peaaegu üheaegselt avastasid aga keemikud mitmel maal atsetüleenist saadud ühendeid uurides veel ühe reaktsiooniliigi. Nimelt selgus, et atsetüleeni kaudu võib saada huvitavate omadustega orgaanilisi ühendeid, mis kõik sisaldavad etenüül- ehk vinüülrühma. Vinüülrühm, mis koosneb kahest kaksiksidemega seotud süsiniku aatomist ja kolmest vesiniku aatomist, on eriti reageerimisvõimeline, kusjuures vinüülrühma sisaldavad molekulid võivad vastavates tingimustes reageerida ka omavahel. Niisugusel reageerimisel teki- vad uued ained, mille molekulides sisaldub mingi arv esi- algse vinüülühendi molekule. Selline mitme väikese mole- kuli ühinemine üheks suureks molekuliks kannab polüme- risatsiooni nime.

Vinüülühendid olidki ühenditeks, mille polümeriseeri- misel õnnestus saada kõige mitmekesisemate omadustega plastmasse, samuti sünteetilisi kiudaineid ja sünteetilist kautšukit, millede juures peatume veel edaspidi.

Karbiidi tootmine elustus uue jõuga ja atsetüleen muu- tus üheks tähtsamaks keemiatööstuse tooraineks, seda eriti Saksamaal enne Teist maailmasõda, sest sellel maal puudusid naftavarud ning keemiatööstus tuli rajada ole- masolevale loodusvarale — kivisöele. Tänapäeval saa- dakse atsetüleenist üle 1000 erineva keemilise aine, mille hulka kuuluvad nii mootorikütused, määrdeõlid ja süntee- tiline kautšuk kui ka plastmassid. Wilsoni meetodi kõrval saadakse atsetüleeni nüüd ka teistel meetoditel, kuid kar- biidi tootmine suureneb samuti pidevalt.

Atsetüleenist saadavad vinüülühendid on üheks kõige levinumaks polümeeride tootmise lähtematerjaliks, vasta- vad polümeerid aga on toodangu hulga poolest kaasajal kõikide toodetavate sünteetiliste materjalide hulgas kind- lalt esikohal.

Atsetüleenist saadavate plastmasside populaarsus on tin- gitud nende väga paljudest headest omadustest, samuti suurtest varieerimisvõimalustest nende tootmisel. Atsetü- leeni hüdrokloorimisel näiteks saadakse kloroeteeni ehk vinüülkloriidi, mis polümeriseerimisel annab polüvinüül- kloriidi. See on läbipaistmatu aine, mida edasise töötle- mise hõlbustamiseks nagu teisigi analoogilisi materjale toodetakse pulbri kujul. Erinevalt fenoplastidest kasuta- takse polüvinüülplastmasse ilma täiteaineteta, kuid et nad

on väga kõvad ained, siis lisatakse neile mitmesuguseid plastifikaatoreid (mõnel juhul kuni 70%). Muidugi lisatakse kohe juurde ka värvained, segatakse hästi ja saadud segu lastakse korduvalt läbi kuumade valtside vahelt.

Raske on isegi ette kujutada, kui paljud asjad meie igapäevases elus on valmistatud polüvinüülplastmassidest. Piisab, kui mainida vihmamantleid, vöösid, laudlinasid, kandekotte, käekotte ja paljusid majatarbeid. Suur tähtsus on polüvinüülplastmassidel iga liiki kaablite ja traatide isolatsioonimaterjalina. Plastifitseeritud, pehmete ja painduvate materjalide kõrval kasutatakse sageli ka plastifitseerimata polüvinüülkloriidi, nõndanimetatud vinüülplasti, mis on kõva, paindumatu aine.

Iga raadio- ja elektriuviline teab, et ilma selle materjalita vaevalt on kaasajal mõeldav midagi korralikku ära teha. Keemiatööstus vajab suurel hulgal materjale, mis on vastupidavad iga liiki hapetele ja leelistele. Vinüülplast leiab siin laialdast kasutamist torude, ventilaatorite ja kraanide valmistamisel. Sageli kaetakse reaktorite seinad vinüülplastist plaatidega, mistõttu pole vaja kasutada eriteraseid ega muid hinnalisi materjale.

Vinüülplasti on igal viisil väga hõlbus töödelda. Teda saab saagida, hõõveldada, freesida ja stantsida. Kui aga on vaja saada mingi erilise kujuga eset, siis võib vinüülplasti lihtsalt kuumutada temperatuurini 100—140 °C, misjärel talle on vormimise teel võimalik anda igasugust soovivat kuju.

Kuid nii plastifitseeritud polüvinüülkloriidil kui ka vinüülplastil on oma puudused. Kui polüvinüülkloriidile lisatakse plastifikaatoreid, siis muutub ta küll painduvaks, kuid kaotab osa oma tugevusest. Vinüülplast on küll tugev, kuid seejuures paindumatu. Tihti on aga vaja aineid, mis oleksid üheaegselt nii painduvad kui ka tugevad. Sellisel juhul polümeriseeritakse kahe erineva ja erinevate omadustega vinüülühendi segu. Nii näiteks võib vinüülkloriidi segada etenüületanaadi ehk vinüülatsetaadiga. Viimase polümeer on painduv. Segu polümeriseerimisel moodustuvad makromolekulid, mis koosnevad nii vinüülkloriidi kui ka vinüülatsetaadi molekulidest, kusjuures saadavate materjalide omadused olenevad segu koostisosade vahekorrast. Võttes vinüülkloriidi 70—75%, saadakse viskoosne mass, millega kaetakse riideid. 85—88%-lise vinüülkloriidisisaldusega segust valmistatakse purunema-

tuid grammofoniplaate ning see on juba päris tahke, kuid ikkagi veel painduv materjal. Selliseid mitme aine koos polümeriseerimisel saadavaid aineid nimetatakse kopolümeerideks.

Ühte huvitavate omadustega plastmassi valmistatakse aimest, mida nimetatakse etenooliks ehk vinüülalkoholiks ja mis kujutab enesest vinüülrühma ühendit alkoholidele iseloomuliku hüdroksüülrühmaga. Vinüülalkoholi polümeriseerimisel saadakse plastmass, mis ei lahustu praktiliselt mitte üheski lahustis. Sellest aimest valmistatud torud annavad heli edasi peaaegu moonutamiseteta, mis on tingitud asjaolust, et heli niisuguste torude seintes ei neeldu. Suure eduga kasutatakse seda plastmassi stetoskoopide ja ruuporite ning sageli ka valjuhääldajate valmistamiseks.

Käesoleva sajandi kolmekümnendatel aastatel õppisid keemikud vinüülalkoholist valmistama vees lahustuvat kiudainet. Sellest materjalist niit, millega igapäevases elus midagi peale hakata ei oleks, sobib suurepäraselt kasutamiseks kirurgipraktikas. Jääb ju sellisel juhul ära tülikas niitide väljakiskumine pärast haavade kokkukasvamist. Niidid lihtsalt lahustuvad inimese organismis.

Palju mitmesuguseid rakendusalasid on tänapäeval leitud väga huvitavate omadustega plastmassidele, kuid ühe vana ja suure probleemi lahendamisel etendasid jälle tõhusat osa vinüülrühma sisaldavad plastmassid. Küsimus oli niisama vana kui mootorsõidukid. Statistilised andmed näitasid, et väga suur osa liiklusõnnetuste ohvritest sai auto- ja lennuasjanduse koidikul vigastada klaasikildude läbi. Seetõttu esitati keemikutele nõue valmistada purunematu klaas, mis oleks niisama läbipaistev nagu tavaline anorgaanilistest ainetest saadud ja foiniiklastelt pärinev klaas.

Algul leiti üpris lihtne lahendus. Oli juba olemas läbipaistev tselluloid. Võeti kaks klaasitahvlit, kleebiti nende vahele tselluloidikiht ja saadi tõepoolest üsna tugev läbipaistev materjal, nn. tripleks, mis purunedes ei andnud kilde. Kuid tripleks ei õigustanud temale pandud lootusi. Mõne aasta jooksul muutus tselluloid kollaseks ja ähmasseks. Klaas ja tselluloid läksid liimist lahti ning tripleksiga varustatud aknad tuli uuesti klaasida. Kõiges oli süüdi tselluloid, mis Päikese ultraviolettkiirguse toimel laguneb.

Esialgul otsisid keemikud lahendust fenoplastide seast, kuid olgugi et need ilma täiteaineteta olid üsna läbipaistvad, ei olnud nad siiski värvuseta, vaid kollased. Seetõttu

püüti fenooli asendada teiste ainetega, mis olid võimelised koos formaldehüüdiga kondenseeruma. 1921. aastal õnnestuski üheaegselt kahe keemiafirma laboratooriumides saada klaasitaolist kondensatsiooniprodukti. Fenooli asemel kasutati seejuures karbamiidi — ainet, mis omal ajal oli andnud surmahoobi vitalismile. Nimetatud produkti saamise tähtsusest annab pildi fakt, et asjaosaliste firmade vahel (üks neist oli austria, teine saksa firma) algas prioriteedi küsimuses kohtuprotsess, mis kestis mitu aastat ja mille kulud ulatusid üle miljoni marga.

Kuid ka see ühend ei rahuldanud täielikult tarbijaid, sest tal jäi puudu tugevusest. Seetõttu jätkusid otsingud. Mainitud avastusel oli aga hoopis teine tähtsus. Selgus nimelt, et mitmesuguseid makromolekule on võimalik saada polükondenseerimisel ka teistest ainetest peale fenooli ja formaldehüüdi. Karbamiidi kasutamisel saadud uut liiki plastmasse hakati nimetama karbamiidformaldehüüdvaikudeks ehk aminoplastideks. Need plastmassid nagu fenoplastidki kuuluvad õigupoolest ainult tinglikult plastiliste ainete hulka, sest oma valmistamise lõppstaadiumis nad temperatuuri toimel enam ei pehmene.

Karbamiidi saadakse tänapäeval väga lihtsatest ainetest — ammoniaagist ja süsinikdioksiidist (süsihappegaasist) —, mistõttu aminoplastid on odavamad kui fenoplastid. Seejuures on aminoplastid omadustelt mõnes suhtes fenoplastidest paremad. Nad on näiteks sobivad mitmesuguste purunematute nõude valmistamiseks, sest neil ei ole mingit lõhna ega maitset. Aminoplastid leiavad laialdast kasutamist ka tööstuses. Neist valmistatakse masinaosaid ning mõõte- ja elektririistade detaile. Nendega kaetakse põrandaid ja seinu. Läbipaistvaid aminoplaste kasutatakse kvartsklaasi asemel. Nimelt ei lase tavaline klaas läbi ultraviolettkiirgust ja tehnikas kasutatakse tema asemel kvartsklaasi, mis on väga kulukas lõbu. Aminoplastist klaasi läbib ultraviolettkiirgus niisama hästi kui kvartsklaasi, kuid nii kaalult kui ka hinnalt on esimene eelistatavam. Viimasel ajal valmistatakse aminoplastist isegi mööblit, mis on väga kerge, hästi pestav ja hügieeniline.

Aminoplasti üheks huvitavaks kasutusala on öölendurite prilliklaaside valmistamine. Nimelt kulub inimesel valgusest pimedusse minekul tükk aega, enne kui silm harjub ja midagi nägema hakkab. Aminoplastist värvilised prillid kiirendavad tunduvalt silma harjumist pimedusega,

missugune asjaolu on eriti oluline just öistel lendudel, kus silmal tuleb sageli väga järsult ümber orienteeruda.

Poorsed aminoplastid on suurepärase soojus- ja heliisolationimaterjalid. Niisuguse vooderdusega korterid on soojad ning nende elanikud ei ole kohustuslikult kursis naabrite perekonnasaladustega.

Purunematu klaasi otsingutel leiutati niisiis uus plastmassiliik, mille toodang on viimase 40 aasta jooksul kasvanud 50-kordseks, kuid läbipaistvate materjalide probleem lahendati siiski vinüülühendite baasil.

Aine, mida praegu tuntakse orgaanilise klaasi ehk pleksiklaasi nimetuse all, saadi keeruka nimetusega ühendi — metüül-2-metüülpropenaadi ehk metüülmetakrülaadi polümeriseerimisel. Selles ühendis esineb samuti vinüülrühm ning tema polümeer on vesiselge, väga tugev klaasitaoline aine. Et ka see plastmass laseb hästi läbi ultraviolettkiirgust, siis kasutatakse teda sageli sanatooriumide, haiglate ning koolide akende klaasimiseks, sest ultraviolettkiired on inimorganismile väga vajalikud mitmesuguste ainete sünteesimiseks. Läbi sellise klaasi on võimalik pruuniks päevituda, kui akna taga valitseb 20-kraadine pakane.

Väga omapärane rakendusala on pleksiklaasil arstiteaduses. Sageli on lahasesse pandud liigest tarvis jälgida. Tavalise lahase puhul oleks seda võimalik teha ainult iga kord sidemeid ära võttes. Orgaanilisest klaasist aga on võimalik teha jäika sidet, mis võimaldab jälgida organi seisundit ilma igasuguse ümbersidumiseta.

Lennuasjanduses pole praegu küll vist ühtegi läbipaistvat detaili, mis ei oleks valmistatud orgaanilisest klaasist. Vanasti kasutati lendurikabiinide valmistamiseks tselluloidi. Nüüd on siin lähtematerjaliks pleksiklaas, mis valguse toimel ei lagune, on palju läbipaistvam ja vastupidavam igasugustele löökidele. Tavalisest klaasist on pleksiklaas 50—60 korda tugevam. Tema suureks vooruseks tuleb lugeda ka töötlemise lihtsust. Kuumutamisel temperatuurini 100—150 °C muutub ta pehmeks ja talle saab vormimise teel anda igasugust soovivat kuju. Sageli kasutatakse pleksiklaasi tema lihtsa töödeldavuse tõttu isegi optilistes aparaatides, mille kõige suuremat täpsust nõudva ja kõige kulukama osa moodustavad mitmesugused läätsede süsteemid.

Fenoolfomaldehüüdvaigud ja polüvinüülplastmassid

andsid ettekujutuse sellest, kuidas on võimalik saada ülihuvitavate omadustega aineid, mida inimkond senini ei tundnud. Keemikutel oli õnnestunud gaasist lähtudes valmistada terase tugevusega materjale, millele kuju andmine on niisama lihtne kui taignast kringli vormimine. Avastused ja üllatused aga jätkusid ning plastmasse tuli pidevalt juurde.

Ühe kõige mitmekülgsemate omadustega polümeeri avastamine toimuski jälle juhuslikult, kuigi tänapäeval on juhusel teaduslike avastuste juures üldiselt väga vähe kaasa rääkida. Seekord siiski aitas juhus leiutada plastmassi, mis kaasaja tehnikas on muutunud peaaegu asendamatuks. See plastmass oli . . .

. . . polüetüleen

Keemikud on kokkuhoidlikud inimesed. Nad ei salli, et mingi aine tootmisel tekiks kõrvalprodukte, mida kusagil kasutada ei saa. Liati on ju neil veres pisut oma eelkäijate — alkeemikute püüdlust teha mitte millestki midagi väärtuslikku. Seepärast ei saanudki nad kuigi kaua ükskõikselt pealt vaadata, kuidas nafta krakkimisel tekkis hulgaliselt gaasilisi produkte, mida lihtsalt õhku juhiti või ohutustehnilisel eesmärgil ära põletati. Kõigepealt tuli uurida, millest see hästi põlev plahvatusohtlik gaas koosneb. Analüüs näitas, et tegemist on mitmesuguste gaasiliste orgaaniliste ühenditega — süsivesinikega, millest kõige väärtuslikumad on niinimetatud olefiinsed (kaksiksidet sisaldavad) süsivesinikud, peamiselt eteen ehk etüleen ja propeen ehk propüleen. Etüleeni nagu atsetüleenigi koostisse kuulub kaks süsiniku aatomit, kuid nendega ei ole seotud enam kaks, vaid juba neli vesiniku aatomit. Süsiniku aatomid on etüleeni molekulis omavahel ühendatud kaksiksidemega nagu vinüülrühmaski. Niisiis erineb etüleen vinüülkloriidist ainult selle poolest, et viimase molekulis on üks kloori aatom, kuna etüleeni molekulis on selle asemel vesiniku aatom. Etüleeni tunti juba väga ammu, kuid tema tööstuslikuks saamiseks kasutati etanooli (etüülalkoholi, piiritust), mis ei olnud kuigi odav ega praktiline protsess.

Krakkgaase uurides avastasid keemikud, kui väärtuslikud ühendid nende koostises kaduma lähevad. Siin tuli

muidugi kiiresti vahele astuda, ning esimene samm oli see, et etüleenini hakati kasutama etanooli saamiseks. See toimus käesoleva sajandi kahekümnendatel aastatel ja oli üldse esimeseks suurtööstuslikuks nafta keemilise kasutamise protsessiks. Niisiis pöörati reaktsioon lihtsalt ümber. Kui enne saadi etüleenini etanoolist, siis nüüd hakati etanooli valmistama etüleenist ehk teiste sõnadega naftatööstuse jääkproduktist.

Kuid etüleenini ja vinüülkloriidi suur sugulus ei andnud keemikutele rahu. Vinüülkloriidi on võimalik polümeerida plastmassiks. Kas ei saaks sedasama teha ka etüleeniga? Prooviti kõikvõimalikke tuntud polümerisatsioonimeetodeid — ja saadi järsku hoopis määrideõlisid, seejuures niisuguseid õlisid, mis omadustelt tunduvalt ületasid tavalistel meetoditel naftast saadavaid produkte. Viimastel, nn. naturaalsel määrideõlidel oli nimelt see suur puudus, et nende viskoossus ja määrimisvõime sõltus tugevasti temperatuurist. Pakase käes muutusid nad väga viskoosseks, temperatuuril -60°C koguni tahkeks, nii et neid oli võimalik töödelda nagu teisigi tahkeid materjale. Kõrgetel temperatuuridel aga olid nad liiga vedelad ja kaotasid seetõttu suure osa oma määrimisvõimest. Etüleenist saadud määrideõlide viskoossus sõltus temperatuurist tunduvalt vähem, mistõttu nende määrimisvõime säilis palju suuremas temperatuurivahemikus.

Pärast eespool mainitud avastust asuti innuga nende määrideõlide tootmisele ja mõneks ajaks just nagu unustati soov saada etüleenist plastmasse.

Aastal 1930 hakkas inglise suurim keemiatoodete firma „Imperial Chemical Industries“ (ICI) uurima gaaside reaktsioone kõrgetel rõhkudel ja suhteliselt kõrgetel temperatuuridel, kusjuures eesmärgiks oli määrideõlide saamine. 1933. aastal jõuti etüleenini reaktsioonide uurimiseni. Kasutades kuni 30 000-atmosfäärist rõhku, leiti kord autoklaavi põhjast tükike tahket ainet, milles süsiniku ja vesiniku suhe oli analüüsi andmetel sama mis etüleeniski, kuid mille molekulmass oli palju suurem. Niisiis pidi see aine olema etüleenini polümeer, ja see oligi esimene tükk polüetüleenini maailmas. Et saadud aine hulk oli kõikide tema omaduste tundmaõppimiseks liiga väike, siis püüti katsed korrata. Ent alles 1935. aastal, kui selgus, et polüetüleenini saamiseks on vajalik väga vähese hapnikuhulga juuresolek, saadi rohkem seda huvitavat materjali. Polümerisatsioonipro-

dukti igakülgne uurimine näitas, et tal on terve rida suurepäraseid omadusi. See tekitas kõnesoleva protsessi vastu suurt huvi.

Protsessi edasisel uurimisel kerkis esile terve rida tehnilisi probleeme, mis olid seotud kõrgete rõhkude kasutamise-ga. Seetõttu kulus veel kaks aastat, enne kui ICI keemikud eesotsas E. W. Fawcettiga oma meetodi patenteerisid. Nende töö tulemusena selgus, et reaktsiooni teostamiseks pole sugugi vaja kümnetesse tuhandettesse atmosfääridesse ulatuvaid rõhke, vaid selleks piisab täiesti 1200 atmosfäärist. 1940. aastal lasti Inglismaal käiku esimene polüetüleenitehas, mille toodang sõjaaja tingimustes peaaegu täielikult läks raadiolokatsiooniseadeldiste valmistamiseks. 1943. aastal hakati polüetüleeni tootma ka Ameerika Ühendriikides.

1938. aastal, saanud kuulda ICI patendist, alustasid sakslased samuti katseid selle väärtusliku materjali tootmiseks. Esialgu, enne Teise maailmasõja algust, püüdsid nad täita patendireegleid ning otsisid polüetüleeni saamiseks teistsuguseid tingimusi. Sõja ajal aga ei hoolinud nad enam patendiseadustest ja said kõrget rõhku kasutades peaaegu samade omadustega polüetüleeni nagu inglasedki.

Tehnoloogilised protsessid, mille puhul tuleb kasutada kõrgeid rõhke, pole sugugi väga odavad, mugavad ega ohutud. Seetõttu püütakse alati leida teisi protsesse, mis kulgeksid normaalarõhul. Ka polüetüleeni puhul oli see nii. Pärast sõja lõppu, jätkates sellesuunalisi otsinguid, töötas sakslane K. Ziegler aastaid kestnud katsete tulemusel välja uue ja hoopis mugavama meetodi polüetüleeni saamiseks. Ta võttis kasutusele katalüsaatori, s. o. aine, mis kiirendab oluliselt reaktsiooni kulgu, ning sai polüetüleeni atmosfäärirõhul.

Samal ajal otsis itaallane G. Natta lahendust probleemile, kuidas analoogiliselt etüleeniga polümeriseerida propüleeni, mida samuti hulgaliselt leidub nafta-krakkgaasides. Täiustades Ziegleri meetodit, sai Natta 1950-ndatel aastatel propüleeni polümeeri — polüpropüleeni, mis mitmes suhtes on veelgi huvitavam kui polüetüleen (ta on näiteks kõige kergem plastmass, mis võib vabalt ujuda vee pinnal). Nimetatud kahe teadlase töö viljaks oli suhteliselt odav ja mugav meetod kahe väga väärtusliku plastmassi saamiseks. Samuti selgitasid nad suurel määral kõnesoleva protsessi teoreetilist külge. Teaduse maailm ei jäänud neile

võlgu, vaid andis neile mõlemale 1963. aastal kõrge au-
tasu — Nobeli preemia.

Polüetüleenile on avatud ukсед igal elualal, ja pole tööstus- ega teadusharu, kus teda ei kasutataks või vähe-
malt kus teda ei saaks edukalt kasutada. Oma populaar-
suse on ta pälvinud universaalsete omaduste tõttu. Vähe
on aineid, millel tugevus on ühendatud kerguse ja paindu-
vusega ning lisaks sellele veel väga heade elektriisolat-
siooniliste omadustega. Peale kõige selle ei karda polüetü-
leen happeid ega leelisi. Viimases suhtes ületab ta ka
kõige vastupidavamaid metalle, nagu kulda ja plaatinat.
Nimelt lahustuvad need ained kuningvees, mis koosneb
ühest osast lämmastik- ja kolmest osast soolhapest. Polü-
etüleenisse aga ei toimi isegi see agressiivne vedelik. Väga
lihtne on polüetüleenist esemete valmistamise tehnoloogia.
Kuumutamisel temperatuurini 120 °C muutub polüetü-
leen pehmeks nagu vaha ja temast saab vajaliku kujuga
esemeid pressida suhteliselt madalal rõhul (30 at). Mui-
dugi on tähtis ka polüetüleeni odavus, mis on tingitud sel-
lest, et tema tootmiseks kasutatakse lähtematerjalina heit-
gaase.

Kuid nagu kõikidel ainetel, nii on ka polüetüleenil puu-
dusi. Ta talub hästi madalaid temperatuure, ilma et tema
tugevus seejuures oluliselt muutuks. Teistsugune aga on
olukord kõrgematel temperatuuridel, mille puhul polü-
etüleeni tugevus oluliselt väheneb.

Selle puuduse vastu on viimasel ajal leitud tõhus
vahend. Polüetüleeni „pommitatakse“ suure energiaga
elektronidega, mille tulemusel ta muutub temperatuuri
suhtes hoopis stabiilsemaks (temperatuuri mõju on mär-
gata alles alates 210 kraadist).

Et mõista, mis toimub polüetüleeni kiiritamisel elektro-
nidega, on tarvis tunda plastmasside ühte üldist omadust.

Kõik plastmassid jagunevad kahte suurde rühma — ter-
moreaktiivseteks ja termoplastilisteks plastmassideks. Esi-
meste hulka kuuluvad näiteks fenoplastid, mis pärast seda,
kui nad on saanud tahke ja lõpliku kuju (resiit), enam
temperatuuri toimel ei pehmene. Termoplastilisi plast-
masse aga saab kuumutamise teel uuesti pehmendada.
Need nähtused on tihedalt seotud plastmasside makro-
molekulide ehitusega. Esmalt saadakse tavaliselt pikad
niidikujulised molekulid, mille vahel pole mingeid side-
meid. Fenoplastide puhul näiteks vastab sellele seisundile

resitool. Kuumutamisel seostuvad resitooli makromolekulid üksteisega, mistõttu materjal muutub jäigaks ja kaotab oma plastilisuse. Selline seostumine naabermolekulidega ristsuunas on üldiselt iseloomulik peamiselt termoreaktiivsetele plastmassidele.

Polüetüleen koosneb samuti pikkadest niitjatest molekulidest. Kiired elektronid, millega neid molekule pommitatakse, löövad nendest välja vesiniku aatomeid ja seejuures tekkivad vabad süsinikusidemed ühinevad ristsuunas naabermolekulide vabade sidemetega. Seetõttu kaotab ka polüetüleen sellisel juhul oma painduvuse ja termoplastilisuse ning muutub termoreaktiivseks plastmassiks, mille mehhaanilised omadused on esialgsetest tunduvalt paremad.

Nii kiiritamata kui ka kiiritatud polüetüleen on, nagu juba öeldud, tunginud kõikidele elualadele. Kui sõja ajal inglased kasutasid polüetüleeni peaaegu ainult raadiolokaatorite valmistamiseks ja rakendamist leidsid ainult tema head dielektrilised omadused, siis tänapäeval kasutab teda edukalt imik, koduperenaine, põllumees ja humanitaarteadlane, rääkimata inseneridest, konstruktoritest ja täppisteadlastest. Tarbeesemetena on polüetüleenist kotikesed, lauakatted, nõud, kandekotid, ämbrid ja matkapudelid omandanud täieliku eluõiguse, et mitte öelda asendamatus.

Põllumees kuivendab sood ja paigutab sinna drenaažitorud. Keraamiliste torude iga pole kuigi pikk. Nad purunevad ega täida pärast seda enam oma otstarvet. Polüetüleenist torud on praktiliselt igavesed. Nad ei mädane, ei korrodeeru ega kaota seismisel midagi oma mehhaanilisest vastupidavusest. Samuti ei mõju sellele materjalile üheski kliimavöötmes esinevad temperatuurikõikumised. Veelgi huvitavam on polüetüleeni kasutamine otseselt taimekasvatuses. Jaapanis näiteks kaitstakse riisipõlde öökülmade eest selle plastmassi õhukese kilega, kusjuures päevakski ei koristata seda ära, sest ultraviolettkiirguse läbipääsu see ei takista.

Arheoloog pakib oma leide polüetüleenisse, et kaitsta neid niiskuse eest. Raamatukoguhoidja rõõmustab, kui tema kogu täieneb polüetüleenist köites teostega. Ta teab, et need ei karda niiskust ega koisid. Kaubandustöötaja ei kurda kadude üle, kui kaup on pakitud polüetüleeni, ning isegi saunaline, keda ei lubata klaaspudeligas saunaruumi,

võib rahulikult oma pead pesta šampooniga, mis on polüetüleenist pudelikeses.

Raadio- ja eriti televisioonitehnikas vajatakse kõrgsagedusvoolu suhtes vastupidavat isolatsioonimaterjali, mis ühtlasi peab halvasti juhtima soojust. Siin on polüetüleen jällegi aine omal kohal. Seni kasutatud polüstüroolist on ta selles osas tunduvalt paremate näitajatega. Polüetüleenist isolatsiooniga kõrgsagedus-telefonikaablid võimaldavad suurendada abonentide üheaegsete kõnede arvu ligi 25 korda.

Üheks suureks polüetüleeni tarbijaks on keemiatööstus. Sellest korrosioonikindlast materjalist valmistatakse viimasel ajal torustikke, ventiile, kraane ja mitmesugust aparatuuri. Metallreaktorid aga kaetakse seest õhukese polüetüleenikilega.

Selline on polüetüleeni väga lühike biograafia ja ankeet. Teda iseloomustab universaalsus, kuid mõnikord on vajalikud mingisuguste eriliste omadustega ained. Ühel juhul näiteks võib tarvis olla väga head kulumiskindlust, teisel juhul eriti suurt kuumakindlust või helikindlust. Nii-suguste vajaduste rahuldamiseks on keemikutel varuks teist liiki, spetsiaalselt vastavaks otstarbeks sünteetiliselt plastmassid, millel on üks eriti silmapaistev omadus. Nii-suguseid materjale on tänapäeval olemas juba väga suur hulk. Sellepärast peatume nendest ainult osal ja jutustame pisut...

... mõnest huvitavate omadustega plastmassist

Klaasi on tuhandete aastate jooksul peetud väga harraks materjaliks, ja seda täie õigusega. On küll vist üsna vähe inimesi, kes oma elus ei ole lõhkunud ühtegi klaaset. Tänapäeval siiski on klaasi mehhaanilist tugevust suudetud mõningate tehnoloogiliste ja keemiliste täiustuste teel mõnevõrra suurendada. Veelgi suureneb klaasi vastupidavus siis, kui temast venitatakse väga peenikesed niidid ja nendest valmistatakse kangas. See on juba üsna tugev, hea soojusisolatsioonivõimega, väga happekindel ja täiesti tulekindel materjal. Sageli valmistatakse nii-sugusest kangast eesriideid teatritele ning kinodele.

Hoopis uue kvaliteedi aga omandab klaasriie siis, kui teda immutatakse mõne sünteetilise polümeeriga ning hil-

jem töödeldakse surve all. Seejuures saadakse kihilisi materjale, millel on erakordne mehhaaniline tugevus, hea elektri- ja soojusisolatsioonivõime ning väga suur happe- ja leeliskindlus. Et niisugused materjalid kujutavad endast klaasi ja plastmassi kombinatsiooni, siis nimetatakse neid klaasplastideks.

Klaasplastid on alustanud revolutsiooni auto- ja laevaehituses ning esialgu on veel raske täielikult ette näha, mida kõike nendest tegema hakatakse. Praegu toodetakse nendest juba autokeresid, mille tugevus ja korrosioonikindlus mitmekordselt ületab tavaliste metallist autokerede vastavad näitajad.

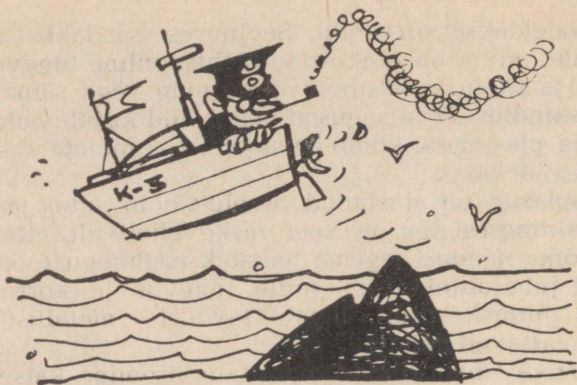
Ameerika Ühendriikides sooritati järgmine katse. Kaks klaasplastist kerega autot varustati kaugjuhtimisseadmetega ning lasti täiel sõidul (kiirusega 100 kilomeetrit tunnis) kokku põrgata. Resultaadid olid hämmastavad. Autokered läksid küll mõlki, kuid mõne aja pärast omandasid nad uuesti esialgse kuju. Küll aga purunesid mootoridetailid, mis olid valmistatud metallist.

Klaasplastist kerega autod on palju kergemad kui metallkerega autod. Näiteks „Moskvitši“ kere kaaluks klaasplastist valmistatult umbes 50 kg. Autotööstuses on see aga väga oluline tegur. Kergus on üheks kütuse kokkuhoiu võimaluseks, samuti suurendab see tunduvalt auto kiirust.

Iga autoomanik teab, kui raske on metallist autokeret kaitsta korrosiooni eest ning kui palju aega, vaeva ja raha nõuab auto küllaltki sagedasti vajalik värvimine. Klaasplastide puhul lisatakse värv juba polümeervaigule ja autod saavad sel teel praktiliselt igavese värvuse.

Veel perspektiivsem on selle materjali kasutamine laevaehituses. Laeva kere kaalu vähenemine tähendab seda, et vastavalt suureneb veetavate kaupade kogus. Veelgi tähtsam aga on laevakere korrashoiu küsimus. Meri on metallist laevakere kõige suurem vaenlane, ja selleks, et kaitsta laeva korrosiooni eest, tuleb teda alata värvida. Sadamas seisvatel laevadel võib seetõttu peaaegu alati näha mehi, kes on ametis maalritööga. Klaasplastist kerega laevadel jääb see operatsioon ära.

Tänu elastsusele ja tugevusele pole klaasplastist kerega laevadele ohtlikud ka karid. Käesoleval ajal toodetakse sellest materjalist kaatreid. Katsetamiseks lasti niisuguseid kaatreid kiirusega 80 kilomeetrit tunnis kihutada karidele.



Toimus rida pörkeid, mille juures kaater just nagu hüppas veest välja, kuid mingeid vigastusi kaatri kerel ei täheldatud. Iga teise, traditsioonilise laevaehitusmaterjali puhul oleks selline eksperiment lõppenud üpris kurvalt.

Elektrimootorite ehitamisel on alati valulapseks olnud isoleerimise probleem. Kaasaegsetes mootorites kaasneb võimsuse kasvuga paratamatult temperatuuri tõus. Kummi, polüvinüülkloriid ja ka polüstürool aga ei kannata temperatuuri üle 130 °C. Klaasplastid seevastu taluvad hästi töötemperatuuri 180—220 °C, lühiajaliselt isegi kuni 350 °C, ilma et nende isoleerimisvõime seejuures oluliselt väheneks.

Keemiatööstus on samuti suur klaasplastide tarbija. Sellest materjalist valmistatakse torujuhtmeid iga liiki lahustite ning agressiivsete vedelike transportimiseks.

Klaasplastid on leidnud tee isegi elamuehitustehnikasse, kus neist valmistatakse paneele, mis tugevuselt ei jää maha raudbetoonpaneelidest. Ka seinakattematerjalidena leiavad klaasplastid kasutamist nii oma soojusisolatsioonivõime kui ka tugevuse ja hügieenilisuse tõttu.

Kui juba jutt on ehitusmaterjalidest, siis ei saa mööda minna ühest erakordselt kergest, kuid tugevast materjalist — vahtplastidest. Vahtplaste saab valmistada väga paljudest plastmassiliikidest. Selleks puhutakse kuumutamise teel vedeldatud plastmassisse õhku või mõnda muud gaasi, misjärel segu lüüakse tugevasti vahule nagu muna-valge. Selle vahu jahtumisel tekib kärjetaoline materjal, mis on ligikaudu 20 korda kergem kui kork. Sellisest

materjalist seinad ei vaja loomulikult enam mingisugust soojus- ega heliisolatsiooni. Materjali tugevus on piisav isegi selleks, et valmistada temast hoonete välisseinu.

Oma kerguse tõttu on vahtplastid ka väga sobivad kasutamiseks kõikjal, kus on tarvis midagi vee peal hoida. Üks kuupmeeter vahtplasti võib vee peal hoida peaaegu 900-kilogrammist raskust. See tähendab, et viieruutmeetrise pindalaga ja 20 sentimeetri paksune parv kannab 12 inimest. Et see materjal pealegi ei karda vett ega märgu, siis kasutatakse teda päästepaatide, vesilennukite ujukite, päästevööde ja poide valmistamiseks.

Vahtplastidel nagu klaasplastidelgi on väga suur arenguperspektiiv. Ilmselt hakkavad nad oluliselt lihtsustama ehitustegevust, samuti ka meresõidutehnikat ja kes teab mida kõike veel.

Eespool loetletud sünteetilised materjalid — plastmassid — kujutavad enesest ainult mürdosa kõigest, mis on käesoleva sajandi jooksul selles valdkonnas saavutatud. Alkeemikute järeltulijad aga kannavad endas Allahi needust ja leiavad, et kõik tehtu on alles algus ning inimkond vajab veelgi paremaid, esialgu isegi veel kujutletamatute omadustega materjale. Tänapäeva „alkeemikud“ on varustatud suurepärase laboratooriumidega ning vaevalt möödub päevagi, kus keegi neist ei leiuta mõnda uut imepärase omadustega materjali.

Kuid mitte kõik keemikud ei otsi plastmasse. Suur osa neist on murdnud ja murrab pead teise tähtsa polümeerse materjali tootmise kallal, mida inimesed samuti väga suurel hulgal vajavad ja millele on looduses olemas üsna suur eeskuju naturaalse aine näol. Ka nende teadlaste tööd on krooninud mõningane edu, ja seepärast tulebki edasi jutustus sellest, kuidas jõuti...

... Hevea brasiliensis'e mahlast sünteetilise kautšukini

Maailmas on kõige rohkem verd valatud nelja asja pärast. Need on kuld, kautšuk, nafta ja ideed. Tegelikult on seejuures nii kautšuki kui ka nafta pärast kaudselt verd valatud samuti kulla saamise eesmärgil ning need materjalid ise on olnud ainult väliseks vormiks. Algul, kui inimkond oli primitiivsemal arenemisastmel, toimus võitlus otseselt kulla pärast. Hispaania konkistadooride tulirelvad

jätsid inkadest järele ainult mikaalsed kultuuriaarded ja hoiatava mälestuse kullaahnusest tingitud julmusest. Elast-
sed kautšukikerad, millega pärismaalased mängisid, ei
huvitanud kullaahneid hispaanlasi vähemalgi määral. Nad
ei aimanud, et neli sajandit hiljem muutub see aine inim-
konnale üheks vajalikumaks ja ihaldatavamaks materja-
liks ning tema pärast valatakse samuti verd nagu tol ajal
kulla pärast.

Aastal 1496, tulles oma teiselt Ameerika-ekspeditsioo-
nilt, tõi Kolumbus mõned neist indiaanlaste mängukanni-
dest enesega kaasa. Teaduse ja tehnika tase oli aga tol
ajal nii madal, et sellest materjalist ei osatud midagi mõist-
likku valmistada ja see vajus unustusse. Uuesti kuuldi sel-
lest Euroopas alles 1738. aastal, kui prantsuse akadeemik
Charles de Condamine esitas Pariisi Akadeemiale aruande
oma ekspeditsioonist Lõuna-Ameerikasse. Muu hulgas kir-
jeldas ta suuri puid, mis kasvasid kuni 40 meetri kõrgu-
seks ja mille tüve läbimõõt oli kuni 2 meetrit. Indiaanlased
tegid nendesse puudesse sügavaid sisselõikeid ja kogusid
piimataolist mahla, mis seismisel muutus paksuks. Sellesse
kleepuvasse vedelikku kasteti korduvalt vajaliku kujuga
savist vormi, kuni vormi ümber kogunes küllaldase pak-
susega kiht, mida siis suitsutati lõkketule kohal. Pehme ja
kleepuv mass muutus seejuures elastseks ning säilitas
oma kuju, kui savivorm ära lõhuti. Indiaanlased valmista-
sid sel viisil enesele jalatseid ja joogipudeleid ning tegid
oma riietust selle mahlaga immutamise teel veekindlaks.
Nende keelest läkski botaanikasse kõnesolevat mahla
andva puu nimi — *hevea*, millele avastuskoha tähistami-
seks lisati veel sõna *brasiliensis*. Ka see eurooplastele tund-
matu aine sai oma nime indiaani keelest, kus „kao“ tähen-
das puud, „o-tšu“ voolamist, nutmist ja „kao-o-tšu“ seega
puu pisaraid. Viimasest sõnast tegid eurooplased lõpuks
„kautšuki“.

Hoolimata Condamine'i põhjalikust ettekandest ja kaasa-
toodud näidisesemetest ei äratanud kautšuk tol korral
siiski veel huvi. Ükskõiksus tema vastu oli tingitud tema
kasutamiseiga seotud raskustest. Nimelt oli riideid võima-
lik immutada ainult hevea mahlaga — lateksiga, kuid
puust saadud lateks muutus seistes juba mõne päeva jook-
sul tahkeks ja pärast seda ei osatud temaga enam midagi
peale hakata. Tänu meremeeste reklaamile aga suurenes
ometi pikkamööda huvi selle aine vastu, eelkõige muidugi

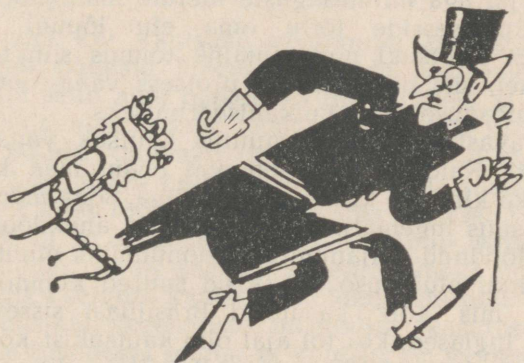
Inglismaal, kus veekindel riietus oli niiske kliima tõttu väga vajalik.

Esimese eurooplastele vajaliku praktilise kasutusala leidis kautšukile 1770. aastal inglise keemik Joseph Priestley. Ta avastas, et kautšukiga saab hästi pliatsikirja kustutada, ning andis sellele ainele nimeks *India rubber*, mis otseses tõlkes tähendab „india hõõruja“. Kummi nimetuks ongi inglise keeles tänapäevani jäänud *rubber*.

Umbes samal ajal selgus, et kautšukit saab lahustada pähkliõlis, tärpentiniõlis ja eetris. Katse kautšuki tärpentinlahusega immutatud riidest vihmamantleid valmistada ei andnud aga kuigi häid tulemusi, sest vähe leidis inimesi, kes oleksid pidevalt talunud tärpentinilõhna (tärpentin aurustub üsna aeglaselt).

Alles 1823. aastal avastas šoti insener Mackintosh, et kautšukit saab lahustada solventnaftas — vedelas aines, millel seni ei olnud mingit kasutusala ja mida jäi suurel hulgal järele kivisöe kuivutamisel. See lahusti lendus kergesti ja vihmamantlite tootmiseks ei paistnud enam mingit takistust olevat. Mackintosh ostis ära kogu solventnafta, mis oli järele jäänud Glasgow' gaasivabrikus, ning patenteeris veekindla riide tootmise menetluse.

Tehnoloogia, mida Mackintosh kasutas, oli väga lihtne. Kaks kangast kleebiti kautšukilahusega kokku ning sellest materjalist valmistati tavalisel teel mantel, mis sai oma valmistaja nime — *mackintosh* (ka see sõna on tänapäevani inglise keelde püsima jäänud). Mackintoshi ettevõtte, mis Inglismaa kliimas töötas tuua kenakesi kasu-



meid, leidis palju järeletegijaid. Siis selgus aga, et küsimus pole kaugeltki veel lahendatud. Suvel, kui jõukad inglased uhkeldasid oma *mackintosh*'ides, mis olid üsna kulukad luksusesemed, ilmnesid ebameeldivad üllatused. Kallihinnalised *mackintosh*'id muutusid kleepuvaks, rikkusid ära oma kandjate ülikonnad ning jäid istmete ja üks-teise külge kinni. Talvel aga tõmbusid nad kõvaks ja pragnesid.

Vaene Mackintosh ja tema kolleegid ei jõudnud kuidagi rahuldada kahjutasunõudmisi ning mantlivabrikandid läksid üksteise järel pankrotti. Meeleheitel pakkusid nad suuri summasid leidureile, kes oskaksid kautšukist teha materjali, mis ei muutuks temperatuuri toimel. Pakutud summad ahvatlesid paljusid kõige mitmekesisemate elukutsetega inimesi uurimistöid alustama. Tulemusteta prooviti läbi tuhandeid keemilisi ühendeid. Alles 1839. aastal naeratas Fortuna ameerika kaupmehele Goodyearile, kes oli juba kogu oma varanduse kulutanud kautšuki uurimiseks ja oli isegi võlavanglaga tutvust teinud. Goodyear pillas kogemata tüki kautšukit kuumale pliidile ja sai ootamatult elastse, vetruva tüki kummit niisugusel kujul, nagu me teda tänapäeval oleme harjunud nägema. Goodyear oli väga üllatunud, sest ta teadis, et kautšuk oleks kuumenedes pidanud kleepuvaks, poolvedelaks massiks muutuma. Siis aga meenus talle, et ta oli kautšukitükid üle puistanud väävliga, mis pidi vältima nende kokkupleepumist. Nüüd lisas Goodyear juba teadlikult kautšukile väävlit ja kor-das katset. See andis sama tulemuse. Selle protsessi avas-tamine tegi mitmeid osavaid tööstureid miljonärideks. Goodyear jäi aga mitmesuguste inetute mahhinatsioonide ja patendiprotsesside tõttu oma elu lõpuni vaeseks meheks. Et kautšuki muundumine toimus siin tempera-tuuri toimel, siis nimetati see protsess vana-rooma tule-jumala Vulcanuse järgi vulkaniseerimiseks.

Sellest avastusest peale muutus kautšuk väga nõuta-vaks aineks. Kalossid ei kleepunud enam maa külge ja hakkasid ka kingade küljest lahti käima. Sõna *mackintosh*, mis rahvasuus lugematutes kupleedes ja anekdootides oli vahepeal jõudnud naljanumbri sünonüümiks muutuda, sai nüüd täieliku eluõiguse. Tekkisid suured kummiesemete vabrikud, mis kõik kasutasid Brasiiliast sisseveetavat kautšukit. Inglased, kes tol ajal olid kautšukist kõige roh-kem huvitatud, tegid 1872. aastal Brasiilia valitsusele ette-

paneku müüa neile *Hevea brasiliensis*'e seemneid, mida nad kavatsesid külvata oma troopikaaladele Tseilonil ja Birmas. Nähes oma kauba head minekut, püüdsid brasiillased muidugi kautšukimonopoli säilitada. Saanud eitava vastuse, saatsid inglased Brasiiliasse „botaaniku“ Henry Wickhami, kellel kohaliku floora uurimise sildi all õnnestus salaja kodumaale saata 70 000 heveaseemet.

Kautšuki tootmises toimus nüüd suur murrang. Tseilonil, Jaaval, Sumatral ja Borneol asutati suuri kautšuki-istandusi ja nende toodang surus hevea sünnimaa metsade produktiooni üha rohkem tagaplaanile. Käesoleval ajal annab Brasiilia kautšuki maailmatoodangust ainult ligikaudu kaks protsenti.

Huvi edasine suurenemine kautšuki vastu oli jällegi tingitud elektriseadmetetööstuse ja muidugi ka autotööstuse kiirest arenemisest möödunud sajandi lõpul ja eriti käesoleva sajandi algaastail. Nendes tööstusharudes muutus kautšuk täiesti asendamatuks. Kõigepealt oli ta hea isolatsioonimaterjal, millega oli lihtne katta elektrijuhtmeid. Temast valmistatud esemed olid vee- ja gaasikindlad. Ükski senituntud materjal ei olnud ka nii painduv ega elastne. Kautšukit võis pikkuselt kuni kümnekordseks venitada ning tuhandeid kordi painutada ja murda, ilma et ta oleks purunenud. Samuti oli ta ületamatult kulumiskindel. Kõige selle tõttu leidis ta väga laialdast kasutamist. Tänapäeva auto valmistamisel kasutatakse umbes 200 kautšukist detaili, mille kogukaal ületab 100 kilogrammi. Lennukite puhul ulatub kautšukist detailide kaal 600 kilogrammini ja suurte sõjalaevade puhul isegi 60 000—70 000 kilogrammini.

Samal ajal kui kautšuki töötlemine arenes tööstuses empiirilisel, püüdsid keemikud jõuda selgusele, millest on tingitud selle aine omadused ning millest ta koosneb. Neid uurimisi alustas juba 1826. aastal inglise füüsik Faraday, kes püüdis kautšukit destilleerida õhuta ruumis. Ta sai mingi läbipaistva heleda vedeliku, mida senini veel ei tuntud. Ent alles 1860. aastal õnnestus inglasel Williamsil kindlaks teha, et kautšuki koostisse kuulub isopreen, mis oli ka Faraday' poolt saadud vedeliku üheks komponendiks. Täieliku selguse kautšuki molekuli ehitusse tõi kaas-aegsete füüsikalise-keemiliste meetodite kasutusele võtmine. Selle tulemusel selgus, et kautšuk on looduslik polümeer, mille makromolekul koosneb tuhandetest 2-me-

tüül-1,3-butadieeni ehk isopreeni molekulidest. Teiste looduslike polümeeride sirgetest, niiditaolistest molekulidest aga erineb kautšuki molekul selle poolest, et ta meenutab spiraalvedru. Kautšuki venitamisel sirgenevad need makromolekulid nagu vedrud raskuse mõjul, tõmbe lakkamisel aga omandavad nad jälle endise kuju. Kui oli selgunud kautšuki molekuli struktuur, saadi aru ka vulkaniseerimisprotsessi olemusest. Toorkautšukis on üksikud makromolekulid suhteliselt liikuvad. Kui aga kautšukile lisatakse väävlit ja kuumutatakse, siis tungivad sula väävli aatomid kautšuki molekulide vahele, neid nagu laiali tõugates. Samal ajal ühineb iga väävli aatom kahe kautšuki molekuliga, muutes nad teineteise suhtes vähem liikuvaks. Väliselt avaldub see kleepuva, poolvedela materjali muutumises püsivaks ja elastseks.

Loodusega konkureerimine on alati keemikuid huvitanud. Seetõttu alustati sünteetilise kautšuki saamise katseid juba varsti pärast isopreeni eraldamist Williamsi poolt. Prantsuse keemikul Bouchard'il õnnestuski 1879. aastal isopreeni polümeeriseerimine kautšukitaoliseks aineks. Sellel katsel oli siiski ainult teoreetiline väärtus, sest isopreeni ennast saadi tol ajal ainult kautšukist.

Kolm aastat hiljem sai inglise keemik Tilden küll tärpentiniõlist isopreeni ja sellest edasi kautšukitaolist ainet, kuid see aine oli tööstuslikuks tootmiseks liiga kallis. Kilogramm sellist sünteetilist kautšukit maksis peaaegu niisama palju kui kilogramm kulda.

Aastal 1888 leidis vene keemik I. Kondakov veel ühe meetodi isopreeni ja sellest edasi kautšuki saamiseks, kuid ka see produkt ei suutnud omahinnalt võistelda loodusliku ainega. 1901. aastal aga tegi Kondakov hoopis uue avastuse. Nimelt selgus, et kautšukitaoliste materjalide saamiseks pole vaja tingimata isopreeni, vaid lähteaineteks võivad olla ka teistsugused ühendid. See selgus katsetest isopreenile lähedase aine 2,3-dimetüül-1,3-butadieeniga ehk lihtsalt dimetüülbutadieeniga. Ka sellest ainest saadav kautšuk oli küll kallis, kuid see avastus näitas, et keemikul pole tingimata vaja loodust pimesi imiteerida, vaid eesmärgile jõudmiseks on veel rida teisi võimalusi.

Seda rada läks ka teadlane, kellest sai sünteetilise kautšuki tööstusliku tootmise esimese meetodi autor. See oli vene keemik Sergei Lebedev. Ta võttis lähteaineteks isopreeni, 1,3-butadieeni ehk divinüüli ja veel neliteist

sama tüüpi ühendit. Järgnes palju aastaid pingsat uurimistööd, tuhandeid katseid ja palju ebaõnnestumisi. Oma töö tulemusena jõudis teadlane järeldusele, et lahendust tuleb otsida butadieenist. See oli aine, mida saadi piiritusest. Piiritust aga oli võimalik saada mitmesugustel menetlustel, mis kindlustas kautšuki tootmiseks laialdase toorainebaasi.

1909. aastal esines Lebedev oma tööde tulemustega Peterburi ülikoolis ja näitas väikest tükikest butadieen-kautšukit. Tõsi küll, kautšuki saagis oli veel väga väike, kuid põhimõtteliselt oli probleem lahendatud. Kummalisel kombel aga ei pööratud Lebedevi tööle tol korral erilist tähelepanu ja keegi ei osanud arvata, et selle meetodi alusel mõnikümmend aastat hiljem hakatakse terves maailmas tootma sadu tuhandeid tonne sünteetilist kautšukit.

Algas Esimene maailmasõda. Saksamaa oli kautšuki-allikatest ära lõigatud, kuid kautšukit vajasid suurel hulgal kõik sõjamasinad. Samal ajal kui liitlasvägede transportivahendid olid varustatud kummirehvidega, liikusid Saksamaa sõjamasinad metallrehvidel või mingisuguse paberkattega ratastel. Alles sõja lõpu eel õnnestus sakslastel leiutada odav meetod atsetooni tootmiseks, millest edasi saadi dimetüülbutadieeni ning lõpuks Kondakovi menetlusel metüülkautšukit. Seda kautšukit toodeti sõja lõpuaastail 2000 tonni, kuid kvaliteedilt oli see halb, vanares ja kulus kiiresti ning oli väga kallis. Pärast sõda lõpetati kohe selle kautšukiliigi tootmine.

Tõsist muret hakkas kautšukiprobleem tekitama ka noorele Nõukogude riigile. Kodusõja aastail püüti läbi saada tsaariarmee ladudes leidunud kasinate varudega. Kuid juba siis kutsuti V. I. Lenini algatusel kokku maa nimekaimad keemikud, kellele tehti ülesandeks sünteetilise kautšuki saamise tööstusliku menetluse väljatöötamine. Katsed kasvatada meie maa lõunarajoonides *Hevea brasiliensis*'t ei andnud tulemusi, sest sealne kliima ei olnud neile troopikataimedele sobiv. Ka teised sellesuuna- lised katsed jäid tulemusteta.

1926. aastal kuulutas Kõrgem Rahvamajanduse Nõukogu välja rahvusvahelise konkursi sünteetilise kautšuki tööstusliku tootmise parima menetluse saamiseks. Auhinnaks oli 15 000 rubla kullas.

Konkursist võttis osa palju teadlasi, nende hulgas ka Lebedev. Olles kindlalt veendunud, et lähtematerjal — butadieen — on valitud õigesti, otsis ta palavikuliselt või-

malusi selle saagise suurendamiseks. Lahenduse andis katalüsaatorite kasutamine. Samuti osutus see tee ainuõigeks ka butadieeni polümeriseerimisel. Siin oli protsessi kiirendajaks metall naatrium. Lebedev täitis kõik konkursi nõuded ja valitsuse otsuse kohaselt asuti maailma esimese täisväärtusliku sünteetilise kautšuki tehase ehitamisele.

Kapitalistlikes maades ei usutud, et sõjast laastatud noores riigis võidi hakkama saada nii tähtsa ja keeruka teadusliku probleemi lahendamisega. Isegi nii andekas ja tehniliselt taibukas leidur nagu Edison väitis ajakirjanduse esindajaile: „Ma ei usu, et Nõukogude Liidul õnnestus saada sünteetilist kautšukit. See on puhas väljamõeldis. Minu ja teiste kogemused on näidanud, et kautšuki sünteesi protsessi vaevalt üldse kunagi kroonib edu.“ See näitas, et ka targad mehed võivad mõnikord üsna rängalt eksida.

15. veebruaril 1931. aastal toodeti Leningradis sünteetilise kautšuki tehases esimesed 60 kilogrammi seda ihaldatud ainet.

Aasta hiljem asuti samal meetodil sünteetilist kautšukit tootma Ameerikas ja Saksamaal. Lebedevi avastus vallutas maailma. Mida rohkem seda protsessi tundma õpiti, seda ökonoomsemaks ta muutus. Ühest tonnist piiritusest saadakse nüüd 600 kilogrammi butadieeni, sellest aga omakorda ligi 400 kilogrammi kautšukit.

Sünteetilise kautšuki tootmine on majanduslikult võrralt kasulikum naturaalse kautšuki tootmisest. Ühe tonni naturaalse kautšuki saamiseks peaks üks inimene töötama 5,5 aastat, sünteetilise kautšuki puhul aga tuleb iga töölise kohta aastas 360 tonni produktsiooni. Tähtsaks plussiks on ka geograafiline sõltumatus. Sünteetilist kautšukit saab toota nii põhjas kui lõunas. Kõiki tootmisprotsesse on võimalik mehhaniseerida ning automatiseerida, mis suuresti alandab sünteetilise kautšuki omahinda.

Viimase kolmekümne aasta jooksul on mitmetes maailma maades välja töötatud kümneid uusi menetlusi mitmesuguste kautšukiliikide tootmiseks ja looduslikul kautšukil tuleb omaduste poolest sageli oma sünteetilisele poolvennale alla anda. Piiritust on õpitud valmistama hoopis odavamatest ainetest, kui seda on kartul või teravili. Lähtematerjaliks võivad siin olla nii puidujäätmed kui ka naftagaasides leiduv etüleen. Sageli kasutatakse aga kautšuki tootmise toorainena hoopiski uusi ühendeid,

mida saadakse samuti nafta-krakkgaasidest. Ka atsetüleen, mis on lähteaineks paljudele plastmassidele, kasutatakse edukalt mitmete sünteetilise kautšuki liikide tootmiseks.

Keemikud on õppinud valmistama kautšukeid, millel on niisuguseid omadusi, mis naturaalsel produktil puuduvad. Naturaalne kautšuk näiteks tursub ning lahustub õlide ja bensiini toimel, klorobutadieenist ehk kloropreenist saadavat produkti aga need ained ei mõjosta. Samuti ületab kloropreenkautšuk naturaalselt kautšukit tugevuselt.

Polüisobutüleenkautšuk ei vanane seismisel ega karda happeid ja leelisi. Butüülkautšuk laseb naturaalsest kautšukist tunduvalt vähem läbi õhku, mistõttu teda kasutatakse õhukummide valmistamiseks.

Sünteetiliste kautšukite üheks kõige suuremaks puuduseks oli kuni viimase ajani suhteliselt väike kulumiskindlus. Nüüd on ka selles osas leitud lahendus. Polüuretaan-kautšuki kulumiskindlus ületab 2—3 korda naturaalse kautšuki vastava näitaja. Kui tavalised autokummid peavad vastu 30 000—40 000 kilomeetrit, siis polüuretaan-kautšukist kummidega on võimalik sõita 80 000—120 000 kilomeetrit.

Väga lähedane naturaalsele kautšukile on omaduste poolest polüisopreenkautšuk. Isopreen, millest algas kautšuki sünteesi uurimine, on muutunud küllalt kättesaadavaks ja möödunud sajandi teadlaste unistus on täitunud. Isopreeni saadakse suurel hulgal nafta-krakkgaasidest ja temast toodetava kautšuki mõned liigid on tugevamad ja elastsemad kui naturaalne kautšuk.

Nii naturaalse kautšuki kui ka sünteetiliste kautšukite Ahhilleuse kannaks on suhteliselt väike kuumakindlus. Nad hakkavad lagunema juba temperatuuril 100—120 °C. Tänapäeva tehnika, eriti lennuasjandus oma suurte kiirustega vajab aga kautšukit, mis taluks vähemalt 200-kraadist temperatuuri. Siin tuli appi element räni, mis moodustab rohkem kui 25% maakoorest. See on üks väheseid elemente, mis samuti nagu süsinikki on võimeline andma ahelataolise struktuuriga ühendeid. Ühendid, milles esineb räni, on väga kuumakindlad. See viis keemikuid mõttele katsuda kautšuki molekuli sisse viia räni aatomeid. Nii sündisid 20 aastat tagasi silikoonkautšukid, mille molekulides vahelduvad süsiniku ja räni aatomid. Need kautšukid säilitavad elastsuse temperatuurivahemikus —60 kuni +250 °C. Tõsi

küll, nad on praegu veel shteliselt kallid, kuid tehnoloogia täiustumisel kujuneb see üheks perspektiivsemaks kautšukiliigiks. Juba praegu valmistatakse temast iga liiki tihendeid, amortisaatoreid ja muid detaile mitmesugusele kõrgetel temperatuuridel ja rõhkudel töötavale aparatuurile.

Lahendatud on ka sünteetilise lateksi tootmise küsimus. Paljudel juhtudel on vaja kasutada samasugust kautšuki emulsiooni, nagu seda eritavad hevead. Sünteetiliselt saadakse sellist lateksit, lastes polümeerisatsiooniprotsessil kulgeda vees, kusjuures appi tulevad jällegi mitmesugused katalüsaatorid, samuti ühendid, mis hoiavad tekkinud sünteetilise kautšuki tilgakestena lahuses. Sellist sünteetilist lateksit kasutatakse kangaste kummeerimiseks, meditsiiniliste kinnaste ja kunstnaha valmistamiseks ning mitmeteks muudeks otstarveteks.



Alkeemik: Õudne! Nägin unes sünteetilist kautšukit ja plastmasse.

Kolme aastakümne jooksul on sünteetiline kautšuk muutunud aseainest täiesti iseseisvaks, sageli üllatavalt heade omadustega materjaliks. Juba praegu ületab sünteetilise kautšuki maailmatoodang naturaalse kautšuki toodangu. Jälle on alkeemiku järglased rikastanud inimkonda uute materjalidega. „Kao-o-tšu“, mille pärast on valatud palju verd, mille korjamisel on plantaatorite piitsade all hukkunud lugematult indiaanlasi ja neegreid ning mille salapärase olemuse selgitamisega on tuhanded teadlased palju aastaid vaeva näinud, on oma monopolistliku seisundi kaotanud. Sadades, aga võib-olla ka tuhandetes vabrikutes töötavad reaktorid, mille sisust vormitakse kõikvõimalikke esemeid alates imikulutist ja lõpetades hiiglalennuki ratastega. Kuid nagu plastmasside puhul, nii ka siin on keemikud saanud selgeks ainult A ja võib-olla ka B. Palju on veel teha, et muuta see materjal odavamaks ja kulumiskindlamaks, et nii kaloss kui ka autokumm kestaks vanaisast pojapojani, sest uus aeg ja uued kasutusalaad esitavad ka kautšukile üha uusi ja raskemaid nõudmisi. Nii ei saa vaene keemik ka selles valdkonnas rahu, vaid järgnevad ikka uued ja uued eksperimendid, et toota veelgi täiuslikumaid kautšukiliike.

Plastmassid ja kautšuk. Õigupoolest on need ju ained, millest alkeemik veel undki ei osanud näha. Sealsamas aga on inimese üheks esmaseks vajaduseks alati olnud kehakate, mis kaitseks teda talvel külma ja suvel päikese eest. Lubas ju alkeemik aidata inimest kõikide tema probleemide lahendamisel. Läks siiski palju aastasadu, enne kui tema järglased jõudsid asuda lahendama küsimust, kuidas riietada ka vaest meest ja veel rohkem naist ilusasti ja odavasti ning saada...

... siidi ja sametit puidust, kivisöest ning naftast

Loodus on olnud küllalt kitsi inimese varustamisel kiudainetega ja muude kehakatteks sobivate materjalidega. Kiviaja inimene kattis end loomanahkadega. Hiljem õppis inimkond kasutama riide valmistamiseks mõningaid taimi, nagu džuuti, kanepit ja lina. Edasi avastati, et lambad kõlbavad peale söömise ka villa kasvatamiseks. Hiinlased aga kerisid juba 5000 aastat e. m. a. lahti siidiusside kookoneid ja said sealt imepeent, kuid tugevat niiti, millest riide val-

mistamine oli aastatuhandeid nende monopoliks. Kui sel-
lele loetelule lisada veel puuvill, siis ongi looduslike keha-
kattematerjalide sortiment peaaegu ammendatud.

Nagu plastmasside, nii ka uute riidematerjalide otsimine
sai alguse luksusartiklile odava asendaja leidmise püüdest.
Näib, et inimliku edevuse rahuldamine on üldse mitmel
puhul avastuste ajaloos olulist osa mänginud. Muidugi ei
ole väiksem tähtsus olnud ka loodetaval kasumil.

Läbi aegade on üheks ihaldatavamaks ja kallimaks
riidematerjaliks alati olnud siid. Hiinlaste monopol selle
materjali osas lõppes alles viis sajandit p. m. a., millal tii-
beti rändmungad esinesid arvatavasti maailma esimeste
„tööstusspioonidena“ ja tõid oma palvekepikeste õõnsus-
tes siidiliblekate mune Bütsantsi, kust siidiussid edasi
jõudsid ka Euroopasse. Kuigi laialdaselt siidiussikasvatus
Euroopas siiski ei levinud, sest see kapriisne ussike kasu-
tab toiduks ainult mooruspuu-lehti, mooruspuu aga vajab
kasvamiseks väga head kliimat, mida Euroopal on üsna
vähese pakkuda. Ühtlasi nõuavad siidiussid väga suurt hoolt
ja tööjõukulu. Kõik need faktorid muutsid siidriide ajaloo
kestel rikka rahva kehakatteks ning siidi kahinat võis
kuulda peamiselt ainult õukondades ja aadlike ballidel.

Võib-olla siidi suurepäraseid omadused, aga võib-olla
lihtsalt soov ka vaest naist odavasti, kuid kaunilt riietada
pani teadusemehi juba ammu mõtlema küsimusele, kas ei



oleks võimalik inimkäte abil teostada sedasama, mida teeb siidiuss oma organismis. Üheks selle mõtte esimeseks väljendajaks oli prantsuse füüsik René-Antoine Réaumur, keda me rohkem tunneme termomeetri autorina. Ta kirjutas 1734. aastal: „See on idee, mis, kuigi ta esimesel pilgul võib paista kimäärina, ei olegi tegelikult sügavamal juurdlemisel nii väga teostamatu.“

Algul lähenesid teadlased sellele küsimusele üpris primitiivselt. Nad arvasid, et kuna siidiussid söövad mooruspuu lehti, siis tuleb lahendust otsida mooruspuust. Siidiussi osatähtsuse siidniidi valmistamisel taandasid nad lihtsalt mooruspuu lehe lahustamisele ja hiljem lahuse eritamisele näärmete kaudu.

Hoolimata rohketest katsetest aga ei õnnestunud mooruspuu lehti milleski lahustada. Edasi püüti keemilise analüüsi teel selgitada, millest see lahustumatu aine siis õieti koosneb, ja leiti, et mooruspuu lehtede põhiliseks koostisosaks on tselluloos. Tselluloos on teatavasti süsiniku, vesiniku ja hapniku ühend, millest koosnevad kõikide taimede rakukestad, siidiusside poolt produtseeritud niitidest aga leiti peale tselluloosi koostisosade veel lämmastikku.

Edasises mõttekäigus tehti teoreetiline viga, kuid ka vigane teooria andis siiski praktiliselt rahuldava tulemuse. Mõttekäigu aluseks oli eeldus, et tselluloos muutub lahustuvaks, kui talle lisatakse lämmastikku. Kõige lihtsamal viisil saab lämmastikku ühendisse sisse viia nitreerimise, s. o. lämmastikhappega töötlemise teel. Sel meetodil saadigi tselluloosist tõepoolest ühend, mis lahustus piirituse ja eetri segus, andes viskoosse lahuse. Kui see lahus suruti läbi väga väikeste avauste vette, millele oli lisatud pisut lämmastikhapet, siis tahkestusid tekkinud niidid ning esimesed tehissiidikiud olidki valmis.

Teoreetiline viga, mille tegid tolelaegsed teadlased, seis siidiusside osa alahindamises. Tegelikult ei toimu nendes pisikestes organismides lihtsalt tselluloosi lahustumine, vaid igaüks neist kujutab endast täiuslikku polümeeride kombinati. Nagu mainisime plastmassidest rääkides, on tselluloos looduslik polümeer. Siidiussi organismis lõhutakse tselluloos ja ehitatakse ümber uueks polümeerseks aineks — fibroiiniks, mis kuulub aga juba valkainete — proteiinide hulka. Tselluloosi nitreerimisel seevastu toimub ainult nitrorühmade ühinemine tselluloosi molekulidega, ilma et viimaste esialgne ehitus oluliselt

muutuks. Tekkiv nitrotselluloos on seesama materjal, mida kasutasid nii Parkes kui ka Hyatt esimeste plastmasside saamiseks. Nähtuse vale tõlgitsemine ei takistanud siiski praktiliste tulemuste saavutamist. Muide, seda trikki, mida teeb väike siidiuss, ei ole ka tänapäeval suuteline järele tegema ükski teaduse kroonitud peadest.

Sajandite vältel kujunes moe ja riietuse alal tooniandjaks Prantsusmaa, ja küllap selle tõttu olidki prantslased need, kes tehissiidi saamise probleemiga kõige rohkem tegelesid. Kirjeldatud meetodi avastamise au kuulus siiski inglasele Swanile, kes 1883. aastal sai oma laboratooriumis esmakordselt seda kunstlikku siiditaolist materjali. Tööstusliku meetodi aga töötas aasta hiljem välja prantslane Saint-Hilaire de Chardonnet, kes mõne aasta pärast asutas ka esimese tehissiidivabriku. Selles vabrikus toodetud siidiliik läks ajalukku nitraatsiidi ehk šardoneesiidi nime all.

Uue materjali sünd tõestas veel kord inimhõimuse ja käte võimekust. Pariislannad ja nende järel kogu maailma naised said uue kleidimaterjali. Kuid šardoneesiid suutis naturaalse siidiga võistelda siiski ainult välimuse ja muidugi eelkõige odavuse poolest, sest tselluloos, mida tol ajal saadi juba puidust, oli suhteliselt odav aine. Tugevuselt jäi see siidiliik naturaalsest siidist maha (eriti väike oli šardoneesiidi vastupidavus märjaks saamisel). Tähtis oli aga eeskuju, ja mõne aastakümne jooksul töötati välja veel kolm meetodit tselluloosist tehiskiu saamiseks. Kõigepealt hakati tootma vask-ammoniaaksiidi, siis viskoossiidi ja lõpuks 1910. aastal atsetaatsiidi. Neist kaks viimast ületasid omadustelt tunduvalt šardoneesiidi ja mõne omaduse poolest ei suutnud nendega konkureerida koguni siidiusside meistritöö.

Tehissiidivabrikud levisid kiiresti üle maailma ja nende produktsioon võitis suure populaarsuse. See ei vajanud reklaami, sest tehissiid näitas ennast kõikjal parimast küljest ja tema tootmine oli aastaajast olenematult võimalik nii põhjas kui ka lõunas. Põhjas kasutatakse tselluloosi saamiseks puitu, lõunas puuvillajäätmeid, mida riide valmistamiseks ei ole võimalik kasutada. Ühest kuupmeetrist puidust saadakse 160 kg tehissiidi, mis asendab 320 000 siidiussi töövilja, kuigi igaüks neist produtseerib oma kookoni valmistamisel kuni ühe kilomeetri pikkuse niidikese. 160 kilogrammist tehissiidist on omakorda võimalik valmis-

tada 4000 paari sukki või 1500 meetrit kangast. Omahin-
nalt on saadav materjal naturaalsest siidist mitu korda
odavam ning teda on võimalik toota küllalt kiiresti ja suurt-
es hulkades. Viskoossiidi kiudu näiteks saadakse kiiru-
suga 60—100 meetrit minutis, kusjuures üheaegselt valmis-
tatakse miljoneid kiude.

Viskoossiid on praegu kõige rohkem toodetav tehiskiu-
liik ja tema aastatoodang ulatub miljonitesse tonnidesse.
Naturaalset siidi toodeti 1958. aastal kogu maailmas vaevu
60 000 tonni, viskoossiidi aga üle kahe miljoni tonni. Käes-
olevaks ajaks on viskoossiidi toodang küll veel mõnevõrra
suurenenud, kuid selle kasvutempo on veelgi paremate
keemiliste kiudude loomise tõttu vähenenud.

Viskoossiidist valmistatakse kleite, mantleid, pesu ja
palju muid riietusesemeid. Sageli segatakse teda villa, siidi
ja puuvillaga, kusjuures esimestel juhtudel saadakse oda-
vam, kuid niisama heade omadustega materjal, viimasel
juhul aga omandab puuvillane riie siiditaolise välimuse.

Viskoossiidist parem, kuid kallim materjal on atsetaat-
siid, mis on tehissiididest kõige tugevam. Ta on isegi tuge-
vam kui teras. Üheruutmillimeetrise ristlõikepinnaga siid-
niidi abil saab tõsta kuni 126-kilogrammiseid raskusi, samal
ajal kui niisama jäme terastraat peab vastu ainult 110 kilo-
grammile. Kui aga valmistada atsetaatsiidist kahesenti-
meetrise läbimõõduga köis, siis saab selle abil üles tõsta
täiskoormusega kaubavaguni, s. o. umbes 30 tonni. Et atse-
taatsiid imab ühtlasi vähem niiskust kui viskoossiid, siis
kortsus ja venib ta pesemisel vähem. Seejuures on temast
valmistatud riided soojemad, sest tema soojusjuhtivus on
väiksem. Ka välimuselt ületab atsetaatsiid viskoossiidi.
Üheks ainulaadseks omaduseks on see, et atsetaatsiid laseb
läbi ultraviolettkiiri. Sellest materjalist supeltrikoos on
võimalik üleni pruuniks päevitada.

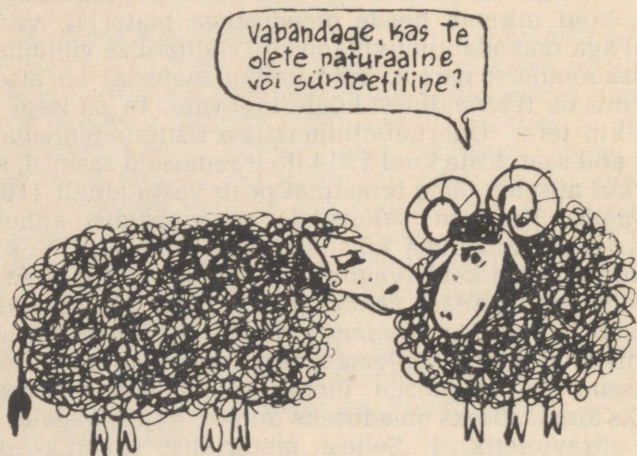
Kõiki nende omaduste tõttu kuulub atsetaatsiid kõige
kvaliteetsemate siidiliikide hulka.

Viskoos- ja atsetaatsiidi on aga võimalik ka teisiti töö-
delda. See materjal esitab edukalt väljakutse nii lammas-
tele kui ka paljudele karusloomadele. Vastavat tehnoloogi-
at rakendades on temast võimalik saada villataolist
materjali — staaplit. Sellest materjalist riie on isegi tun-
duvalt hügieenilisem kui villane riie ja säilitab kauem
oma ilusa välimuse. Maailmas toodeti 1958. aastal 1,2 mil-
jonit tonni staapelkiudu. Vastava hulga naturaalse villa

saamiseks oleks olnud tarvis kasvatada 170—180 miljonit lammast.

Edukalt kasutatakse tehiskiude ka kunstkarusnaha valmistamiseks, kuid siin on sünteetilised kiud veelgi paremate omadustega.

Tegelikult kulges keemiliste kiudainete tootmise areng analoogiliselt plastmasside tootmise arenguga. Algul saadi tehiskiudaineid, s. o. kasutati uute ainete saamiseks looduses valmiskujul esinevat polümeeri, millele keemiliste menetlustega anti uued omadused. Plastmasside puhul kulus sünteetiliste polümeerideni jõudmiseks kolm aastakümnet. Sünteetiliste kiudaineteni jõudmiseks aga kulus üle viiekümne aasta, olgugi et polümerisatsioonireaktsioon oli juba plastmasside tehnoloogiast tuttav.



Pärast aastakümneid kestnud tööd, kasutades lähteainetena fenoolist saadud heksaandihapet ehk adipiinhapet ja heksametüleendiamiini, õnnestus ameeriklasel Carothersil alles käesoleva sajandi kolmekümnendail aastail küllaltki keerukate reaktsioonide abil saada esimest sünteetilist kiudainet — nailonit.

Aastail 1937—1938 sai saksa teadlane P. Schlack teise sama tüüpi sünteetilise kiudaine — perlooni, mida meie

tunneme kaprooni nimetuse all. Schlack kasutas lähtematerjalina samuti fenooli, kuid muutis selle nõndanimeetatud kaprolaktaamiks.

Enne Teist maailmasõda need sünteetilised kiud peaaegu ei jõudnudki laiatarbekaupade materjaliks muutuda, kuigi nad osutusid veelgi paremateks kui seni saadud tehiskiud. Sõja ajal kasutati mõlemat nimetatud sünteetilist ainet sõjatööstuse vajaduste rahuldamiseks. Et nailon ja perloon on edukalt rakendatavad ka plastmassidena, siis valmistati neist peale langevarjude veel lennukite osi, peamiselt katematerjali. Pärast sõda astusid need ained rahva ette, kes nad vaimustatult vastu võttis. Tõenäoliselt pole ükski materjal nii kiiresti sellist populaarsust omandanud kui sünteetilised kiudained. Nõukogude Liidus alustati kaprooni tootmist pärast Suurt Isamaasõda ja praegu on vaevalt võimalik leida inimest, kes vahetaks näiteks kaproon-sukad naturaalsest siidist sukkade vastu.

Paarikümne sõjajärgse aasta jooksul on leitud juba sadu erinevaid sünteetilisi kiudaineid ning nende toodang kasvab nii meil kui ka kapitalistlikes maades väga kiiresti. Kui 1950. aastal toodeti terves maailmas ainult 69 000 tonni sünteetilisi kiudaineid, siis üheksa aasta jooksul see arv kümnekordistus ja käesoleval ajal on juba 20-kordne. Kommentaarid on siin liigsed.

Sünteetilised kiudained oma tormilise arenguga on nii mõnigi kord andnud põhjust nimetada XX sajandit nailonisajandiks, kuigi see tundub pisut profaneerimisena, sest lõpuks on nailon ju ainult üks ja kaugeltki mitte kõige tähtsam paljudest polümeersest materjalidest. Sünteetiliste kiudainete eelised kõikide teiste ihukatematerjalidega võrreldes on aga siiski vaieldamatud ja küllalt olulised.

Vaatleme näiteks kas või neidsamu esimesi seda laadi aineid — kaprooni ja nailonit, mis tänapäeval on väga levinud. Eelkõige on nad väga tugevad ja kulumiskindlad. Üks nailonsärk vastab oma eluealt vähemalt kahele tavalisele siidsärgile. Ääretult lihtne on tema pesemine. Teda on vaja ainult mõned korrad muljuda leiges pesemisvahendi lahuses ja loputada. Põhjus, miks sünteetilisest kiust esemed vähem määrduvad ja on kergesti pestavad, peitub kiu ehituses. Kui vaadelda suure suuredusega mikrokoobis kõrvuti mõnda looduslikku kiudu ja näiteks kaproonkiudu, siis võib nende vahel näha niisama suurt

erinevust nagu palja silmaga vaadates kuuse ja telefoni-
posti vahel. Sünteetiline kiud on nii-öelda libedam ning
seetõttu ei jää mustuseosakesed tema külge nii kergesti
ega tugevasti kinni. Pärast pesemist ei vaja kaproonist ja
nailonist esemed triikimist.

Kõik looduslikud kiud kardavad kauaaegset vees ligu-
nemist ja baktereid, mille toimel nad hakkavad lagunema
ehk teisiti öeldult mädanema. Kaproonist kalavõrgud
aga võivad kasutusel olla terve püügihooaja, ilma et neid
oleks vahepeal vaja kuivatada. Bakterid ega vesi neile ei
mõju.

Väga tähtsat osa etendab sünteetiliste kiudude tootmise
tehnoloogia. Kui näiteks kaproonkiule antakse spiraalne
kuju, siis saadakse niit, mis venib nagu vedru ja millest
valmistatud esemed sobivad suuruselt nii Jüri Järvetile
kui ka Johannes Kotkale. Kaob vajadus valmistada erineva
suurusega sokke ja sukki, kusjuures niisugused venivad
esemed on ühtlasi erakordselt kulumiskindlad.

Sageli lisatakse ka villale kaprooni ja nailonit, mis muu-
davad selle kergesti kuluva materjali palju vastupidava-
maks. 30% kaprooni näiteks suurendab villase soki eluiga
seitse korda.

Kui meie põlised karusloomad oleksid suutelised kade-
dust tundma, siis nailon- ja kaproonkasukad kindlasti teki-
taksid neis seda tunnet. Niisugused kasukad ei jää mil-
legi poolest ehtsatest karusnahkadest maha, vaid, vastu-
pidi, ületavad neid nii kerguselt kui ka vastupidavuselt.
Neile saab anda kõikvõimalikke värvitoone, mis samuti
paneksid metsaelanikud tõsise probleemi ette, sest maa-
kera fauna ei „tooda“ näiteks roosasid või helesiniseid
karusnahku. Looduslikest karusnahkadest hoopis paremini
säilitavad need kasukad oma välisilme märjaks saades.
Kõige olulisem aga on siiski nende suhteline odavus, mis
teeb nad kättesaadavaks ka lihtsatele inimestele, mitte
ainult üksikuile „äravalituile“.

Üheks keemiliste kiudude väga tähtsaks rakendusala-
ks on tehnika. Autokummid näiteks kaetakse seest kordrii-
dega, et vältida sise- ja väliskummide kokkukleepumist ja
liigset kulumist. Suure kiirusega sõitmisel aga kuumene-
vad kummid sageli 100—120 kraadini, missugusel tempe-
ratuuril puuvillane kiud muutub jäigaks ja hapraks. Kee-
milisest kiust kordriie talub seda temperatuuri suurepära-
selt ning autokummi iga pikeneb selle tagajärjel vähemalt

poolteist korda. Seega saavutatakse kahekordne võit: kulub vähem kummit ja samuti ka riidet.

Kaprooni ja nailoni varal püüdsime anda ettekujutuse sünteetiliste kiudude üldistest omadustest. Paljudel teist liiki sünteetilistel kiudainetel aga on veelgi suurepärasemaid omadusi. Näitena võib nimetada 1955. aastal sünteesitud lavsaani, mille tootmist Nõukogude Liidus viimase aastakümne jooksul on alustatud. See on villaga väga sarnane, kuid seejuures kolm korda odavam ja tunduvalt soojem materjal. Tavaliselt kasutatakse lavsaani segatult naturaalse villaga. Seejuures saadav riie on tunduvalt õhem, kuid niisama soe kui tavaline villane riie. Tema eriliseks vooruseks aga on see, et ta ei kortsu. Piisab ühekordsest pressimisest, et terve kvartal käia viikis pükstega.

Kõrgelt hindavad seda materjali ka purjesportlased, sest lavsaanist purjed ei veni ja lasevad ühtlasi vähem õhku läbi kui traditsioonilised puuvillased purjed, mistõttu kahaneb n.-õ. tuuleenergia kadu. Vahe nende materjalide omadustes on nii oluline, et isegi võistlustel peetakse ühe ja sama klassi jahtide osas eraldi arvestust olenevalt purje-riide liigist.

Kuigi lavsaan on väga noor materjal, on tema tootmine laialdaselt levinud. Inglismaal toodetakse teda terüleen, Ameerika Ühendriikides dakroni ja Poolas elaani nime all.

Lähemal ajal ilmub meie riidekauplustesse veel üks sünteetiline kiud — nitroon. See on väliselt kõige kvaliteetsema lamba- või kitsevilla taoline materjal, mis on veelgi kulumiskindlam kui kaproon ja kardab kõikidest senituntud sünteetilisest kiudainetest kõige vähem valgust. Villase riide pesemine on alati olnud üsna tülikas toiming. Nitroonist ülikond aga on väga lihtsalt pestav. Plekkide kõrvaldamiseks piisab sooja veega hõõrumisest.

Raske on loetleda kõiki viimase paarikümne aasta jooksul sünteesitud kiudaineid. Igal neist on omad plussid, kuid samuti ka miinused. Tähtis on see, et inimesed on õppinud valmistama palju materjale, millega loodus ei suuda võistelda ühe või teise omaduse poolest. Sünteetilise kiudaine liikide suurest sortimendist on praegu juba võimalik valida igaks erijuhuks sobivat materjali. Keemikud on õppinud teadlikult juhtima polümeerisatsiooni- ja polükondensatsiooniprotsesse just niisuguste molekulide tekkimise suunas, mis annavad neile vajalike omadustega materjale.

Keemikud on andnud inimkonnale palju uusi, kõige

mitmesugusemateks otstarveteks kasutatavaid materjale, kuid nad on käesoleval sajandil väga tõsiselt tegelnud ka muude probleemidega.

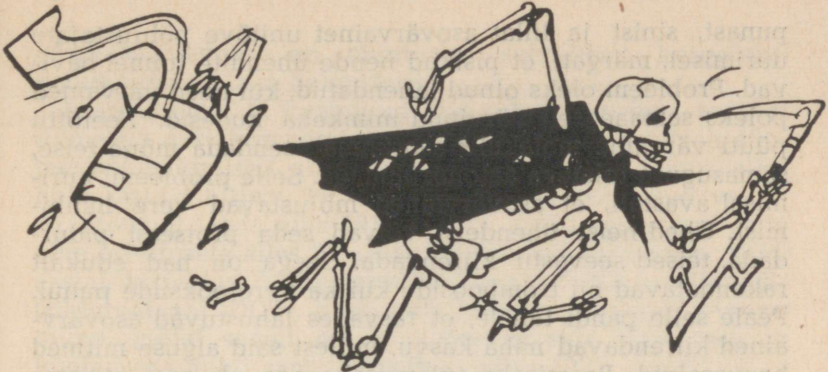
Paljude sajandite jooksul sai inimene haiguste puhul abi ainult looduslikelt ravimitelt ning ravimisega tegelesid ainult arstid ja farmatseudid. Tänapäeval aga on inimesed paljudel juhtudel . . .

. . . elu eest tänu võlgu keemiale

Kõige väärtuslikum on inimesele tervis. Vananemise, haiguste ja surma vastu on inimene püüdnud võidelda kõige iidsematest aegadest alates. Ravimite valmistamisega — farmaatsiaga — tegelesid juba muistsed kultuurrahvad: egiptlased, hindud ja hiinlased. Säilinud kirjalike andmete põhjal said hiinlased juba 3000 aastat tagasi ravimeid umbes 900 taimest. Antiikses Kreekas ja Roomas arenes ravimite valmistamise kunst veelgi edasi, kusjuures kuulsaim rooma arst Galenos valmistas plaastreid, mille koostisse kuulus mitukümmend komponenti. Kõik muistsete rahvaste ravimid olid saadud looduslikest ainetest, taimsetest ja loomsetest produktidest, ning kujutasid enesest paljude keemiliste ühendite segu. Individuaalseid keemilisi ühendeid, mida hakati ka ravimitena tarvitama, valmistasid esimestena araabia alkeemikud.

Kuulsaimaks ravimite valmistajaks polnud aga siiski araablane, vaid tadžikk Ibn Sina (980—1037), keda Euroopas tunti Avicenna nime all.

XVI sajandil Paracelsuse poolt loodud iatro- ehk ravi-keemia luges peaaegu ainukesteks ravimiteks mõningaid keemilisi ühendeid ning pidas haiguste põhjuseks mingite selliste ainete puudumist organismis. Siitpeale hakkasid individuaalsed keemilised ühendid ravimitena üsna suurt osa mängima, kuid nende valmistajateks jäid peamiselt ikkagi apteekrid-farmatseudid, ning peab ütleva, et radikaalseid vahendeid suurema osa haiguste vastu, täpsemalt haiguste põhjustajate vastu, kuni XX sajandini ei tuntud. Õigupoolest ei saanudki tõeline arstiteadus tekkida, kuni ei tuntud biokeemiat, s. o. keemia haru, mis püüab selgitada ja järele aimata elusorganismides toimuvaid ülipeeni keemilisi protsesse. Sellele distsipliinile pani aluse ensüümide avastamine E. Buchneri poolt 1897. aastal. Edasi püüti



keemiliste meetodite abil tundma õppida looduslike orgaaniliste ainete ehitust. Sel alal oli teerajajaks E. Fischer, kes tõestas, et valgud koosnevad paljudest aminohäpetest. XX sajandi bioloogiaalased avastused on üldse tihedalt seotud keemiliste meetodite rakendamisega.

Käesoleva sajandi algul tekkis ka uus, keemial põhinev farmakoloogia. Esimeseks täiesti sünteetiliseks ravimiks oli salvarsaan, mille 1912. aastal sünteesisid Ehrlich ja Hata. See oli ühtlasi esimene ravimpreparaat, mis astus otseselt võitlusse haigusi põhjustavate mikroorganismide spiroheetidega. Niisuguse ühendi leidmiseks sünteesiti suur hulk preparaate ning alles 606. sünteesi produkt — „preparaat 606“ ehk salvarsaan — osutus küllalt efektiivseks ja seejuures inimorganismile kahjutuks. 606 täiesti uue keemilise ühendi sünteesimine oli iseenesest juba väga suur töö. Peale selle oli vaja iga preparaadi toimet kontrollida tuhandetel katseloomadel. Kas ei ärata imetlust teadlaste püsivus ja järjekindlus? Salvarsaan oli esimeseks tõhusaks ravimiks seni peaaegu ravimatuks peetud süüfilise vastu. Samuti näitas ta end parimast küljest ka arvukate troopikahaiguste ravimisel.

Teiseks sünteetiliseks ravimiks oli asovärvainetest saadud preparaat Bayer 206. Aafrika ekvatoriaalsetel aladel oli üheks raskeks, sageli surmaga lõppevaks haiguseks tsetsekärbeste poolt levitatav unitõbi. Juba Robert Koch oli 1882. aastal tuberkuloosibatsillide avastamisel kasutanud sünteetilist värvainet — metüleensinist. Rakendades

punast, sinist ja lillat asovärvainet unitõve põhjustajate uurimisel, märgati, et pisikud nende ühendite toimet hävivad. Probleem oleks olnud lahendatud, kui need värvained poleks samaaegselt värvinud inimkeha kudesid. Seetõttu püüti värvaine molekulis asorühma asendada mõne teise, samasuguse toimega aatomirühmaga. Selle probleemi uurimisel avastati, et asovärvained mõjustavad vere hüübimist. Ühed neist ühendeist võivad seda protsessi pidurdada, teised seevastu kiirendada. Seega on nad edukalt rakendatavad nii trombooside kui ka verejooksude puhul. Peale selle pandi tähele, et rasvades lahustuvad asovärvained kiirendavad naha kasvu, millest said alguse mitmed haavasalvid. Peamiseks tulemuseks aga oli see, et asorühma asendamisel karbamiidiga saadi uus preparaas, mis edukalt tappis unitõve tekitajaid. See ühend sünteesiti aastal 1916 ja läks müügile nimetuse „Bayer 206“ all.

Salvarsaan ja preparaas Bayer 206 olid kemoteeraapia triumfide eelkäijateks.

Järgmiseks haiguseks, mida keemikud asusid ründama (loomulikult koos arstidega), oli malaaria. Troopikamaade 700 miljonit elanikku ähvardas alaline malaariaoht. Ravimina selle haiguse vastu oli küll juba üsna ammu tuntud kiniin, mida saadi kiinapuu koorest, kuid ravi selle preparaadiga kestis kaua, paljud inimesed ei talunud seda ainet ning 50—70 juhul sajast jäi püsima haiguse kordumise oht. Leiti, et metüleensinine värvib ka malaaria tekitajaid, kuid ei hävita neid. Selleks, et anda talle surmavat toimet, liideti temaga kiniini malaariavastane aatomirühm ja saadigi algul uus preparaas plasmotsiid ning veidi hiljem akrihhiin. Nende kahe ravimi kombinatsioon andis arstidele malaaria vastu võitlemiseks palju efektiivsema relva kui seni kiniin.

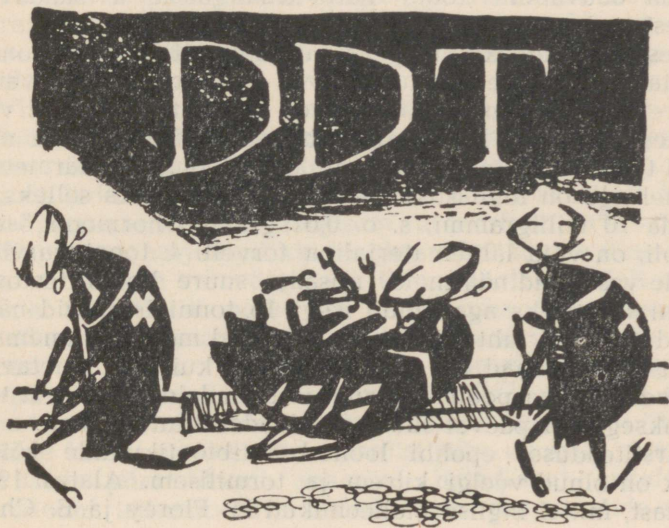
Eriti kiiresti hakkas kemoteeraapia arenema alates käesoleva sajandi kolmekümnendaist aastaist. 1932. aastal sai Domagk samade asovärvainete baasil uue ühendi prontosiili, mis oli sulfoonamiidravimite suure rühma esimene esindaja. Prontosiid, valge ja punane streptotsiid, etasool, norsulfasool, ftalasool ning veel tuhanded teised samatüübilised ühendid, millel suuremal või väiksemal määral on haigusi tekitavate mikroorganismide elutegevust halvav toime, täiendavad sellest ajast alates ravimite arsenalit. Angiin, kopsupõletik, meningiit ja mõned muud haigused, mis meie isade noorpõlves lõppesid suurel osal juhtudest

kõige kurvemini, on muutunud suhteliselt kergeteks, kodus ravitavateks haigusteks.

Peab ütleva, et keemikud olid juba käesoleva sajandi esimestel aastakümnetel arstidest ette jõudnud. Nad sünteesisid hulgaliselt ühendeid, mille ravitoime selgus alles hulk aastaid hiljem. Nii näiteks oskasid keemikud valget streptotsiidi saada juba 1912. aastal, arstid aga võtsid selle aine tarvitusele alles 25 aastat hiljem. Veelgi varem, 1874. aastal, kirjeldas Zeidler esmakordselt 4,4'-diklorodifenüül-trikloroetaani (DDT), kuid selle ühendi putukaid hävitav toime, millel sageli on väga otsene side tervishoiu ja hügieeniga, tehti samuti kindlaks alles 1937. aastal.

Arvatavasti on praegugi maailmas palju preparaate, mille toimet arstid saaksid ühel või teisel juhul edukalt rakendada, kui nad ainult oleksid suutnud selle toime kindlaks teha. Seejuures võib-olla on juba tuntud ühendeid, mis võiksid aidata ka seni ravimatuteks peetud haiguste puhul.

Keemikute teened XX sajandil ei piirdu aga sugugi ainuüksi ravimpreparaatide sünteesimise või looduslikest produktidest eraldamisega. See sajand võib inimkonna elus auga kanda kõige puhtama ja hügieenilisema sajandi



nimetust. Tänu keemikute poolt sünteesitud desinfektioonivahendeile ei kaasnenud isegi kahe maailmasõjaga massilisi nakkusepideemiaid, mis varem olid sõjaaegse nälja, mustuse ja laastamise alatised kaaslased.

Käesolevasse sajandisse kuulub veel kolme väga tähtsa ühendite rühma — vitamiinide, hormoonide ja antibiootikumide avastamine ja teadlik rakendamine. See, et tänapäeval on igast apteegist võimalik saada kõikide nende ühendirühmade väga mitmesuguseid esindajaid, on jälle suurelt osalt keemikute teene.

Vitamiine, mille olemasolu vajalikkusest inimese toidus rääkis esmakordselt vene teadlane N. Lunin 1880. aastal, tuntakse käesoleval ajal kahekümne rühma ümber, mis koosnevad omakorda veel reast üksikühendeist. Kõikide nende ühendite struktuuri määramine ja väga paljudel juhtudel ka sünteesimine on toimunud keemialaboratoriumides viimase 30—40 aasta jooksul. Enamikku neist toodetakse tuhandetesse tonnidesse ulatuvates kogustes sünteetiliselt, kasutades lähteainetena nii nafta- kui ka koksikeemiatööstuse produkte. Inimorganismile ühte vajalikumat põhivitamiini — vitamiini A näiteks oli veel mõni aasta tagasi võimalik saada ainult kalamaksaõlist või kullahinnalisest aimest tsitraalist. Tänapäeval on välja töötatud menetlus, mis võimaldab seda vitamiini ligikaudu 20 korda odavamini toota nafta-krakkgaasidest saadavast aimest — isopreenist.

Eespool öeldu kehtib peaaegu täielikult ka hormoonide kohta. Hormoone produtseerivad elusorganismide sise-sekretsiooninäärmed ja sageli on nad vitamiinidega võrreldes tunduvalt keerukama ehitusega. Seetõttu on neid tihti tülikam sünteesida kui eraldada loomade näärmetest. Vahel aga on lugu siiski vastupidine. Näiteks selleks, et saada 10 milligrammi, s. o. 0,01 grammi hormoon östradioli, on vaja lähtematerjalina tervelt 4 tonni sarvloomade vastavaid näärmeid, niisama suure hulga testosterooniga saamiseks aga kulub isegi 15 tonni loomseid näärmeid. Sellistel juhtudel on sünteetilised meetodid enamasti alati kasulikud nii produkti hinna kui ka toodetavate ühendite hulga poolest. Mainitud ühendeid tõepoolest toodetaksegi tänapäeval suurtes hulkades sünteetiliselt.

Arstiteaduses epohhi loonud antibiootikumide võidukäik on olnud veelgi kiirem ja tormilisem. Alates 1940. aastast, millal inglise biokeemikud H. Florey ja E. Chain

eraldasid A. Flemingi poolt avastatud, mikroobe tapvast hallitusseenest esimestena penitsilliini, on eraldatud ja kirjeldatud juba üle 400 antibiootikumi liigi. Vaevalt oleks nende ühendite triumf ilma keemiata ja keemikuteta mõeldav olnud. Liiasi toodetakse neist kaasajal üsna mitmeid, näiteks levomütsetiini ja süntomütsiini sünteetiliselt ja poolsünteetiliselt, s. o. kasutades lähteainetena mingeid looduslikke ühendeid ja neid keemiliselt töödeldes. Seejuures on sünteetilised antibiootikumid nii mõnelgi juhul tunduvalt efektiivsemad vastavatest looduslikest produktidest.

Käesolev sajand on mõndagi andnud ka valude vaigistamiseks. Varasematel aegadel oli peaaegu kõikide valuvaigistavate vahendite kasutamine seotud väga tõsise narkomaaniaohuga. Kohalikuks tuimastamiseks kasutati sageli kokaiini, mis on üks kohutavamaid narkootikume, mida inimkond tunneb. Väga vähesed neist, kellel praegu tänu novokaiinisüstile peaaegu valutult hammas välja tõmmatakse, meenutavad aegu, millal inimene oli seotud dilemma ette: kas taluda valu või riskida kokainistiks muutumisega. Peaaegu seesama kehtib ka teiste valuvaigistite kohta. Veel pool sajandit tagasi olid ainukesteks seda laadi aineteks oopiumist saadavad alkaloidid, mille tarvitamine on alati seotud harjumuslikkuse ohuga. Raske on öelda, kas näiteks morfiin on ajaloo jooksul valuvaigistina rohkem kasu toonud või inimesi vaimselt ja kehaliselt laostunud varemteks muutnud. Arvatavasti Aasia maades, aga viimasel ajal ka läänes kipuvad negatiivsed jooned vist küll peale jääma.

Viimastel aastatel on narkootikumide asendamise osas mõningaid edusamme tehtud. On sünteesitud rida preparaate, nagu dikaiin, roskaiin, promedool, fenadool ja lüdoool, kuid täisväärtslikku ühendit pole seni leitud. Mõni neist preparaatidest on mürgisem kui morfiin, mõne puhul jääb püsima harjumuslikkuse oht, mõni sünteetiline aine aga ei ole oma valuvaigistava toime poolest küllalt efektiivne. Keemikuist pojad on selles osas terve maailma emade ees võlglased, sest laste ilmaletoomine on ikka veel seotud valudega. Väikeste valude vaigistamiseks aga on leitud päris hulgaliselt keemilisi ühendeid, mis oma ülesannet rahuldavalt täidavad. Pea-, hamba-, närvi- ja lihasevalude korral on keemiku retordist juba edukalt võimalik abi saada püramidooni, analgiini, butadiooni, askofeeni, verodooni, tsitramooni ja sadade teiste preparaatide näol.

Tõenäoliselt oleks keemikute ravialane panus veelgi suurem, kui arstiteadus suudaks anda mingeid konkreetsemaid teaduslikke kriteeriume, missugustena ta just uusi preparaate näha tahab, ja samuti kui suudetaks selgitada seos haiguse ja selle ravimiseks vajaliku ühendi struktuuri vahel. Praegu on see paljudel juhtudel veel teadmata ja nii arst kui keemik saab tegutseda ainult empiirilisel, paljude preparaatide proovimise teel.

Palju kasu on arstiteaduses toonud polümeersed materjalid. Operatsioonide teostamist lihtsustavaid läbipaistvaid instrumente, süstlaid, fonendoskoope jm. valmistatakse praegu suurel hulgal polüetüleenist. Samasse materjali pakitakse steriilseid vahendeid ning edukalt kõlbab ta ka iga liiki proteeside valmistamiseks. Samuti kasutatakse selleks otstarbeks laialdaselt teisi plastmasse.

Maailmas on juba terve hulk inimesi, kelle soontesse pumpavad verd plastmassidest klappidega südamed, mõnel juhul aga voolab ka veri ise kaproonist või lavsaanist sooni mööda. Uudiseks pole enam ka söögi- või hingetoru valmistamine plastmassidest. Isegi rääkimist võimaldavate kunstlike kõride konstrueerimine on õnnestunud. Jääb vaid oodata, millal saavutatakse sel alal niisugune täiuslikkus, et ilmuvad esimesed plastmassist kõriga Carusod.

Mõningad plastmassid, mida viiakse inimorganismi, kasvavad kudedega kokku ja muutuvad orgaaniliselt seotud kehaosadeks.

Palju on keemikud suutnud arste aidata ning iga päev toob endaga midagi uut kaasa. Inimese keskmine eluiga on XX sajandil tänu arstiteaduse ja võiks öelda et ka keemia edusammudele tunduvalt pikenenud. Seetõttu suurenes maakera elanikkond näiteks 1964. aastal iga päev umbes 200 000 inimese võrra, ja kui eeldada, et selline iive kestab (milles teaduse ja tehnika edasise kiire arengu tõttu pole mingit põhjust kahelda), siis on oodata, et maakera elanikkond, mis praegu ületab juba 3 miljardit, 2000. aastaks kahekordistub. Keemikud on täitnud oma eelkäija lubaduse uute materjalide, riietuse ja tervise osas, või vähemalt on suutnud selle lubaduse täitmiseks juba ühte-teist päris radikaalset ära teha. Allahile antud lubaduses oli aga mainitud ka seda, et paljudel inimestel maakeral pole küllalt süüa. UNESCO andmetel nälgib maailmas praegugi üks kolmandik inimkonnast. Kas siin siis keemikud ei ole midagi ära teinud? Ei tohi ju unustada, et...

Inimene vajab toiduks kolme rühma keemilisi ühendeid. Need on süsivesikud, rasvad ja valgud. Peale selle on organismi normaalseks elutegevuseks vajalikud mineraal-soolad, vesi ja vitamiinid. Kõiki neid aineid saab inimene seni veel looduselt, või kui ta ongi suuteline mõnda neist keemilisel teel sünteesima, siis pole see enamikul juhtudel veel positiivset majanduslikku efekti andnud. Üheks erandiks on vitamiinid, mida on sageli kasulikum toota keemialaboratooriumis, selle asemel et mõne grammi vitamiini saamiseks läbi töötada kümneid tonne väga kasina vitamiinisisaldusega taimseid või loomseid materjale.

Kõikide toiduainete saamise aluseks on maa (erandi moodustavad ainult kalad, kes rahuldavad küllalt tähtsa osa meie vajadusest valkude järele). Maa on see, mis kasvatab meile taimi, mida me otseselt tarvitame toiduks või mida me söödame loomadele, et saada liha, piima ja võid. Selle eest, et ta meid toidab, oleme maad isegi hakanud kutsuma hellitusnimega „emakeseks maaks“, sest temast sõltumatuks pole suutnud end veel teha ei kõrgema kvalifikatsiooniga teadlane kõige moodsamas laboratooriumis ega ameerika miljardär, rääkimata nendest inimestest, kellel puuduvad niihästi suured teadmised kui ka kümnekohalised pangaarved. Ja ometi käiakse maaga maailma mastaabis väga halvasti ümber. Maasse suhtutakse hoopiski ebamajanduslikumalt, kui seda võiks oodata kaasaja küllalt suure teadusliku pagasiga varustatud inimkonnalt.

Tervet meie planeeti toidab vähem kui kolm protsenti maismaa pindalast, mis kujutab endast põllumaad. Sellele lisandub 5,4 protsenti karjamaad. Need arvud näitavad, et me oleme sõltuvad väga väikesest kasuliku maa pindalast. Samas aga ehitatakse tehaseid, hooneid, terveid linnu ja ühendusteid kultiveeritavatele maa-aladele, ilma et keegi hoolitseks selle asemele samasuguse pindalaga uute põllumaade muretsemise eest. Rõõmustava erandina tuleb siin esile tõsta ainult Nõukogude Liitu ja teisi sotsialistliku leeri riike, kes on viimase kümne aasta jooksul pööranud suurt tähelepanu uudis- ja jäätmaade harimisele ning on näidanud eeskju oma rahva üha kasvavate vajaduste rahuldamisel toiduainetega.

Pöördudes tagasi rahvaarvu kasvu küsimuse juurde, on huvitav märkida, et 1959. aastal tuli iga inimese kohta

maakeral keskmiselt pool hektarit põllupinda. Kui rahvarvu kasvu prognoosid osutuvad õigeks, põllumaade pindala aga jääb endiseks, siis tuleb 2000. aastal iga inimese kohta 0,2 hektarit ja 2050. aastal ainult 0,1 hektarit külvipinda. Teiste sõnadega: et terves maailmas toita inimesi kas või niisuguselgi tasemel nagu praegu, on üheksakümne aasta pärast tarvis põllupinna igalt hektarilt saada praegusest viis korda rohkem saaki. Kaasaja tase oma ühe miljardi nälgiva inimesega on aga väga kaugel ideaalsest.

Selleks, et tulevikus saada küllaldaselt toiduaineid, on mitmeid teid. Üheks neist on külvipindade suurendamine uudismaade harimise näol, milleks maailmas on võimalusi küllaldaselt. Teiseks tuleb kõne alla seniste kõrbealade viljakandvateks põldudeks muutmine niisutussüsteemide abil. Ka see on tehnika praeguse taseme juures juba täiesti reaalne. Parimaks näiteks selle kohta on Assuani paisu ehitamine Araabia Ühinenud Vabariigis, mille tagajärjel Egiptuse põllumaade pindala suureneb tunduvalt.

Kolmandaks võimaluseks on seniste põllumaade viljakuse tõstmine kaasaja teaduse, eelkõige keemia saavutuste laialdase rakendamise teel.

Suur saksa keemik Justus Liebig avaldas 1840. aastal raamatu „Keemia ja selle rakendamine põllumajanduses ning füsioloogias“. See klassikaline uurimus pani aluse uutele teadusharudele — agrokeemiale ja taimefüsioloogiale. Põllumehed teadsid ka enne Liebigit, et taimede edukaks kasvatamiseks on tarvis maad väetada. Juba iidsetest aegadest olid väetistena tuntud sõnnik ja tuhk. Väetiste taimefüsioloogiliste funktsioonide selgitamise au aga kuulub Liebigile.

Oma raamatus tõestas Liebig, et taimede kasvamiseks on vajalikud kolm elementi: lämmastik, kaalium ja fosfor. Samuti näitas ta, et maapinnast võtavad taimed ainult vett ja mineraalaineid, vajalikku süsinikku aga saavad nad õhus sisalduvast süsinikdioksiidist (süsihappegaasist). Tõsi küll, juba Lavoisier tegi kindlaks, et taim ehitab gaasist, mida loomad välja hingavad, s. o. süsihappegaasist päikesevalguse kaasabil elusaid kudesid ning saadab sealjuures atmosfääri tagasi hapnikku. Kuid prantsuse teadlane ei tunginud kaugemale taimede kasvamise seotud probleemidesse. Taimede kasvamise tingimused seoses elementide ringkäiguga looduses tegi terves kompleksis selgeks Liebig.

Muuseas, Liebigi teooria leidis tol ajal küllalt vastuväitjaid, kes omistasid sõnnikule mingeid erilisi omadusi ega uskunud, et taimed võiksid kasvada ainult keemiliste ühendite varal. Nende veenmiseks ostis Liebig Giesseni linnalt tüki liivast maad, millel senini peaaegu midagi ei kasvanud, ning väetas seda ainult keemiliste ühenditega. Mõni aasta hiljem oli maalapp, mida praegugi veel nimeatakse „Liebigi künkaks“, kaetud kõige lopsakama taimestikuga.

Liebigi õpilased läksid veelgi kaugemale. Nad võtsid puhast, valget liiva, keetsid seda „kuningvees“ ja pesid siis destilleeritud veega. Sellesse mikrokõrbesse külvasid nad seemneid ja väetasid külvi keemiliste ühenditega. Taimi, mida sel teel saadi, polnud mingil viisil võimalik eristada tavalisel mullal kasvatatutest. Kõik need faktid saidki aluseks Liebigi ephohiloovalle raamatule. Liebig oli tollal 37 aastat vana ja tegutses juba alates kahekümne esimesest eluaastast Giessenis keemiaprofessorina.

Sellest ajast peale hakkas kiiresti arenema taimedele vajalikke elemente sisaldavate kunstväetiste tootmine, olgugi et küllalt suuri raskusi tekitas selleks sobivate lähtematerjalide leidmine. XIX sajandi jooksul lahenesid küsimused kaalium- ja fosforväetiste osas. Lämmastikku aga, mida õhus vabal kujul sisaldub 78 protsenti, ei suudetud selleks otstarbeks küllaldaselt leida, sest õhulämmastiku sidumise meetodeid tol ajal veel ei tuntud. Seotud lämmastiku saamise tähtsaimaks allikaks oli tol ajal tšiili salpeeter, kuid see oli transpordikulude tõttu kallis ja teiseks polnud tema varud nii suured, et nad oleksid suutnud rahuldada terve maailma vajadusi. Elada ise sõna tõsisel mõttes lämmastiku keskel ja tunda seejuures tema ühendest nii suurt puudust — see oli üks XIX sajandi paradoksidest. Keemikud ei tahtnud kaua aega selle küsimuse lahendamisele asuda, sest nad teadsid väga hästi, kui suurt energiakulu on vaja selleks, et panna lämmastikku ühinema mõne teise elemendiga.

Lahendus leiti alles käesoleva sajandi algul. Esialgu püüdsid keemikud järjekordselt loodust imiteerida. Juba 1800. aastast oli teada, et välgu toimel ühineb lämmastik hapnikuga ning vihm uhub ühinemisproduktid lämmastik- happe näol maapinda, seda sel teel väetades.

Looduse selle kunsttüki järeletegemist võis enesele lubada ainult väga odava ja rikkaliku elektrienergiaga

maa. Norralased Birkeland ja Eyde võisidki just tänu oma kodumaa arvukatele hüdroelektrijaamadele seda küsimust lahendada asuda. Vajaliku temperatuuri saamiseks kasutasid nad Volta kaart, mille elektroode magnetite abil lähendades ja eemaldades tekitati üksteisele järgnevaid miniatuurseid välke. Elektroodide vahelt pumbati läbi õhku, millest seejärel kunstliku vihma abil pesti välja tekkinud lämmastikuühendid. Sel teel valmistati Norras omal ajal miljoneid tonne nõndanimetatud norra salpeetrit, mis oli üheks esimeseks õhust saadud lämmastikväetiseks.

Hiljem tõrjus selle meetodi välja odavam menetlus, mille aastail 1905—1908 töötas välja saksa teadlane Haber, kes kõrget rõhku, temperatuuri ja katalüsaatoreid kasutades liitis lämmastikku vesinikuga ammoniaagiks. Kuivõrd komplitseeritud ja suurte tehniliste raskustega seotud oli vastav tööstuslik protsess, selgub järgmistest näidetest. Lähtegaasid pidid olema äärmiselt puhtad. Juba tuhandik protsenti lisandeid katkestas protsessi. Kasutatavad kompressorid pidid võimaldama tuhandeid tonne gaasi kuni 1000-atmosfäärise rõhuni kokku suruda. Kõige suuremaid raskusi aga tekitas vesiniku võime 500-kraadisel temperatuuril ja 1000-atmosfäärisel rõhul kõige parematestki terasesortidest läbi tungida. Kõik need raskused siiski ületati Esimese maailmasõja ajal, millal Saksamaa tundis väga suurt puudust lämmastikust, sest seda kulus suurel hulgal mitte ainult väetiste valmistamiseks, vaid ka lõhkeainete tootmiseks.

Tänapäeval toodetakse sel meetodil sadu miljoneid tonne ammoniaaki, millest edasi saadakse lämmastikväetisi ja mis on keemikute suureks panuseks näljaküsimuse lahendamisse. Nii mõtlesid ka Nobeli preemia määramise komisjoni liikmed, omistades selle autasu 1918. aastal Haberile.

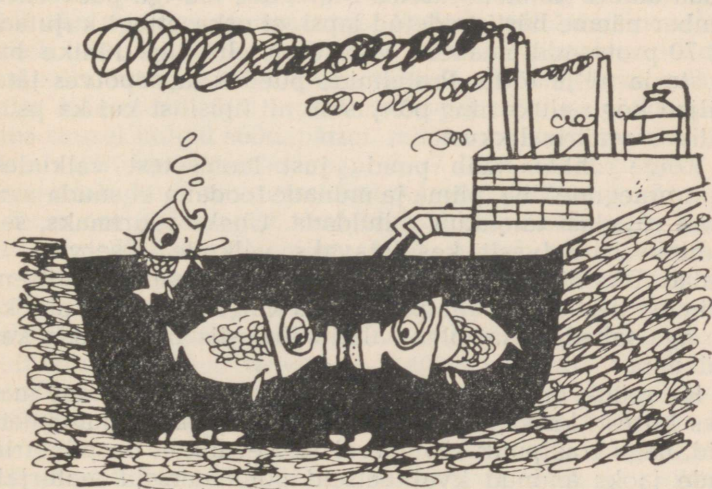
Käesoleval ajal on selgunud, et taimed vajavad vähesel määral ka mitmeid teisi elemente, nagu näiteks boori, vaske, mangaani, molübdeeni, tsinki ja koobaltit. Nende andmine taimedele aga ei tekita kaasaja keemiatööstuse küllaltki kõrge taseme juures erilisi raskusi.

Keemikud on kunstväetiste osas oma töö põhiliselt teinud. Lahendada on vaja ainult nende ainete toodangu suurendamise küsimus. Väetiste rakendamise kõige efektiivsemate meetodite väljatöötamine jääb juba agronoomide ülesandeks.

Kuid saagikuse tõstmine ei olene ainuüksi väetiste olemasolust. Väga suureks probleemiks on maakeral kujunenud ka mageda vee varude vähenemine.

Ligikaudu 60% meie planeedi maismaast kannatab veepuuduse all. Arenenud maades kulub aastas elaniku kohta 1000 kuupmeetrit magedat vett. Magedat vett vajatakse joomiseks, majapidamises kasutamiseks, põllumajanduslikeks ja tööstuslikeks otstarveteks. Vee tarbimine suureneb, kuid tema hulk väheneb. Selles on süüdi jõgede voolu reguleerimine, metsade maharaiumine ja melioratsioonitööd. Suur osa veest rikutakse ka tööstuses. Igal aastal lastakse jõgedesse ja järvedesse ligikaudu 700 kuupkilomeetrit tööstuse heitvett, mis suuremal osal juhtudest muudab nende veekogude veed kasutamiskõlbmatuks. Seetõttu on kaasaja üheks tähtsamaks ülesandeks mageda vee saamine mereveest, mis moodustab maakera veevarudest 99 protsenti.

Praegu tuntakse juba mitmeid meetodeid soola kõrvaldamiseks mereveest. Keemikud on ka siin andnud rea aineid ja menetlusi, nagu näiteks ioonidid ehk ionivahtajad, s. o. ained, mis nagu filtrid eraldavad veest soola ioone. Ka destillatsioon, mis tegelikult on füüsikaline protsess ja mida praegu mageda vee tootmiseks kõige rohkem



kasutatakse, on ikkagi välja töötatud keemikute poolt. Peeaegu kõik merevee magestamise meetodid aga nõuavad väga suurel hulgal energiat ning tõenäoliselt laheneb see probleem lõplikult alles siis, kui aatomienergia kasutamine muutub odavaks ja efektiivseks.

Väga suurel osal maismaast aurustub vesi kiiremini, kui seda suudetakse juurde anda. Eriti tõsine on see küsimus riisi kasvatamisel, kus kasutatakse põldude üleujutamist. Vee aurustumise vähendamiseks on keemikud viimastel aastatel rakendanud ühe orgaaniliste ühendite grupi — pindaktiivsete ainete — erilist võimet tungida vee ja õhu piirkihti, moodustades seal väga õhukese (ühe molekuli paksuse) kile. Ained, mida selleks kasutatakse, ei ole taimedele kahjulikud, kuid vähendavad kuni 50 protsenti vee aurustumist, mis tähendab teiste sõnadega veekulu vähenemist poole võrra.

Eespool oli juba juttu plastmassikiledest, millega kaitsakse taimi külma eest, samuti polümeeridest valmistatud dreanažitorudest. Arvatavasti juba lähemate aastate jooksul hakatakse neid rakendama hoopis laialdasemalt kui seni. Selleks tuleb lihtsalt suurendada polümeeride tootmist juba tuntud meetodite kohaselt.

Lahendamata on praegu veel ka valkude saamise probleem. Aastaks 2000 tuleb maailma valgutoodang suurendada umbes kolmekordseks. Meie, kes me iga päev enese ümber näeme hästi toidetud lapsi, ei oska ettegi kujutada, et 70 protsendil maakera lastest on elu liiga lühike haiguste ja nälja tõttu. Proteiinide puudus lapsepõlves jätab jäljed kogu eluks ning põhjustab nii füüsilist kui ka psüühilist alaväärtuslikkust.

Kõige rohkem jääb puudu just loomsetest valkudest, sest praegune liha, piima ja munade toodang ei suuda maailma vajadusi täielikult rahuldada. Üheks suurimaks, seni suhteliselt halvasti kasutatavaks valkude reserviks on kalad. Üks hiina vanasõna ütleb: „Kui sa pead hoolitsema inimese eest ainult ühe päeva, siis kingi talle üks kala, kui sa aga tahad, et tal oleks alati süüa, siis õpeta teda kalu püüdma.“

Kalapüük on viimastel aastatel peaaegu kõikides maa- des kiiresti kasvanud. On tekkinud uued kalapüügimeetodid, nagu traalpüük süvamerel jt. Keemikud on püügiriistade jaoks andnud kvaliteetseid polümeerseid materjale. Samas aga läheb suur osa kalasaagist kuumadel ilmadel

raisku. Sageli ulatub riknenud kalade hulk 50 protsendini, mis näitab, et lihtsate, odavate ja kõikjal kasutatavate konserveerimismeetodite leidmise osas ootab keemikuid veel avar tööpõld. Mõningaid sammukesi on sellel alal ka juba tehtud. Hiljuti näiteks avastati, et ammoniaagi abil on võimalik lihtsalt ja odavasti kalu säilitada, kuid see meetod vajab veel kontrollimist.

Samuti vajab lahendamist troopikas lihavarude säilitamise küsimus. Suur tähtsus on putukatõrjel. Statistilised andmed näitavad, et putukate tõttu hävib maakeral ligi kolmandik kõikidest toodetavatest toiduainetest. Keemikud on viimastel aastatel sünteesinud võrdlemisi palju insektitsiide (mürkkemikaale putukate tõrjeks), mis annavad suurt majanduslikku kasu. Iga rubla, mis kulutatakse mürkkemikaalidele, säilitab näiteks 5—10 rubla eest teravilja, suhkrupeedi ja juurvilja saaki, 15—30 rubla eest tehnilisi kultuure ja marjakultuure ning 40—70 rubla eest tsitrusviljade saaki. Seejuures tõuseb mõnevõrra ka insektitsiididega töödeldavate põllukultuuride saak. Suurt kasu annavad põllumajandusele ka mitmesugused keemilised umbrohutõrjevahendid — herbitsiidid, mis hävitavad mittekõrrelisi taimi ning tõstavad oluliselt teraviljasaaki. Tšehhoslovakkias näiteks ulatub herbitsiidide kasutamisest tingitud täiendav saak 6—8 tsentnerini hektari kohta.

Tähtsat osa liha, piima ja munade tootmise alal mängib valkude sisaldus loomade ja lindude söödaratsioonides. Tuleb märkida, et keemikud on koos bioloogidega näidanud mitmeid võimalusi loomasöötade rikastamiseks valkudega. Käesoleval ajal toodetakse puidutööstuse jäätmetest juba suurel hulgal söödapärmi, mille 1 kg lisamine söödale tõstab näiteks piimatoodangut 6—7 liitri võrra päevas ja suurendab piima rasvasisaldust 0,4—0,6 protsendi võrra.

Suur osa kalasaagist töödeldakse kalajahuks, mis sisaldab kuni 80 protsenti valke. 1962. aastal püüti maailma meredest ümmarguselt 45 miljonit tonni kalu, millest 12 miljonit tonni töödeldi kalajahuks. Mitmesuguste keemiliste meetoditega saab kalajahu valmistada nii, et täielikult kõrvaldatakse rasvad ja isegi ebameeldiv kalalõhn, mistõttu kalajahu on täiesti võimalik kasutada ka inimeste toidu rikastamiseks valkainetega. Teatavaks psüühiliseks takistuseks on siin ainult vastumeelsus, mis on tingitud sellest, et kalad töödeldakse jahuks koos luude ja sisikondadega. Toiteväärtuselt ja bioloogilistelt omadustelt on

kalajahu igal juhul laitmatu toiduaine, kuigi esialgu tarvitatakse teda ainult loomasöödana. Peruus kontrolliti kalajahu kõlblikkust toiduainena, lisades teda leiva valmistamisel jahule. Lapsed, kes seda leiba sõid, kosusid suurepäraselt. Niisiis on siin üks võimalus inimkonna valguratsioonide suurendamiseks.

Üheks kõige uuemaks valkude saamise meetodiks on mikrobioloogiline meetod. Välismaal hiljuti avastatud mikroobid sünteesivad valke nafta parafiinseist süsivesinikest, tehes seda pealegi sellise tempoga, et nende produktsioon nii kaaluliselt kui ka ajaliselt ületab igasuguste loomsete valkude toodangu. Praegu töötab Prantsusmaal juba vastav katseseade. Kui see meetod majanduslikult ennast õigustab, siis on inimkond valguprobleemi lahendanud, võib-olla küll mitte otseselt, kuid igal juhul kaudselt, valksete söödavarude näol.

Poolteist sajandit tagasi propageeris pastor Malthus teooriat, mille kohaselt inimkond suureneb kiiremini, kui kasvab tema elatamiseks olemasolevate vahendite hulk. Elu on selle teooria järgi võitlus, kus parimad jäävad ellu, ning rikkus ja positsioon on tasu selles võitluses ilmutatud vahvuse eest. Haigused ja sõjad aga on määratud selleks, et rahvaarv ei kasvaks suuremaks, kui olemasolevad toiduvarud võimaldavad ülal pidada.



Kõik see, mis on tehtud sotsialistlikes riikides põllumajanduse arendamisel ja looduse ümberkujundamisel, näitab faktiliselt, et jutt ülerahvastuse ohust on reaktsiooniline mõttetus ja on mõeldud ainult kapitalistliku eksploatatsiooni õigustamiseks. Terves maailmas on küllalt võimalusi, et inimesed saaksid tehnika ja teaduse abil oma maad ümber kujundada, ja küsimus on ainult nende võimaluste realiseerimises. Kui vähearenenud maade majandusliku taseme tõstmiseks oleks võimalik ära kasutada näiteks üks viiendik praegu aastas sõjalisteks ettevalmistusteks kulutatavast umbes 100 miljardist dollarist, siis tõuseks nende maade rahvaste elatustase igal aastal kahe protsendi võrra.

Küsimus näljast on teaduse ja tehnika kaasaegse taseme juures inimkonna häbiplekiks. Teadused, sealhulgas keemia, on näidanud palju võimalusi selle probleemi lahendamiseks. Need võimalused tuleb ainult ära kasutada. Arvutused näitavad, et praegu teadaolevad meetodid võimaldaksid kindlustada küllaldase toitlustustaseme rohkem kui 10 miljardile inimesele, mis praeguse kasvutempo juures tähendab, et me tuleme ilusasti toime kauem kui aastani 2050, siis aga teavad inimesed juba hoopis paremini, kuidas lahendada toidu ja rahvastiku probleeme.

Keemia ja keemikud on käesoleva sajandi jooksul öelnud vaid esimese sõna. Kuid needki saavutused on sageli nii üllatavad, et päris raske on isegi erialainimestel kujutleda, missugune on...

... keemia tulevik

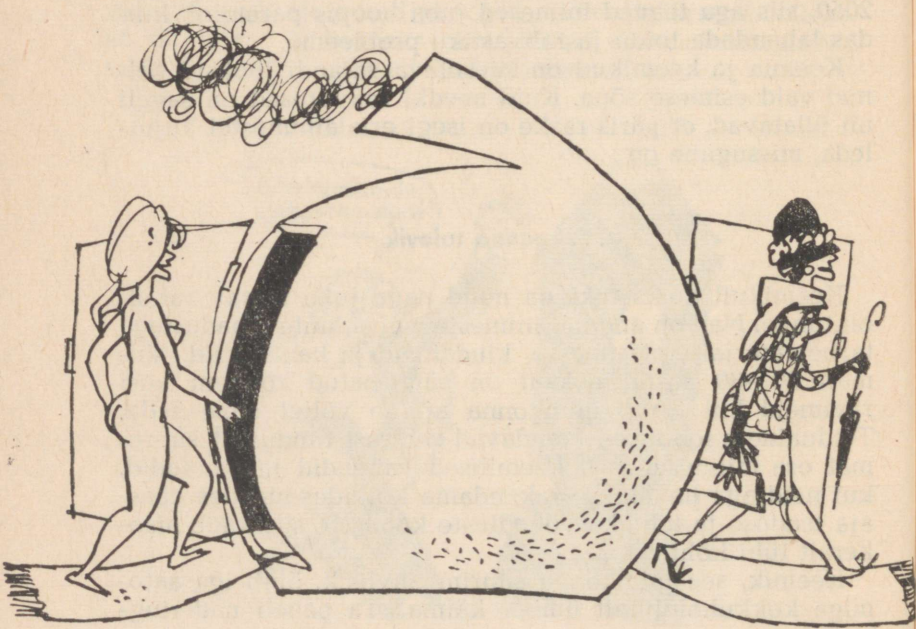
Keemikuil võiks tekkida nüüd nagu juba teatav rahulolutunne. Nad on andnud inimestele uusi, uute omadustega tarbematerjale, plastmasse, kiudaineid ja kautšukeid. Viimase 20—30 aasta jooksul on sünteesitud rohkem uusi ravimeid kui terve inimkonna ajaloo vältel enne seda. Toiduainete tootmisel etendavad senisest tunduvalt suuremat osa mitmesugused keemilised vahendid ja meetodid, kui neid aga hakatakse rakendada kõikides maades kaasaja teaduse ja tehnika võimaluste kohaselt, siis kaob maa-keralt tühi kõht.

Keemik, see inimkonna suurim Shylock, õpib iga aatomiga kokkuhoidlikult ümber käima. Ta paneb nad ring-

lema inimese vajaduste kohaselt ja rakendab neid palju kordi erinevateks otstarveteks.

Näiteks kasutab ta tselluloosi molekule algul võib-olla kirjutuslauana, hommikuste uudiste ammutamise baasina, kunstilise elamuse saamise vahendina või kehakattematerjalina. Kui tselluloosi molekul on tühjaks ammutatud ja „moraalselt vananenud“, siis töötab inimene bakterite abil selle aine ümber ja söötab sellega loomi, kes valkude või rasvade kujul loovad võimaluse inimese eksisteerimiseks. Edasi kulgeb juba looduslik molekulide lõhkumise protsess, mille tulemusena elusorganismid hingavad välja süsihappegaasi. Kui eespool nimetasime maad emakeseks, siis Päike on vähemalt amme eest, sest ultraviolettkiired „õmblevad“ süsihappegaasi molekulid jälle kokku hiiglasuurteks molekulideks. Ring on täis. Kaduma ei lähe selles ringkäigus ühtegi aatomit.

Tõenäoliselt pole kaugel aeg, kus inimesed hakkavad kasutama sünteetiliste fermentidega töödeldud toiduaineid,



mis on kergemini omastavavad ja suurema toiteväärtusega kui senised naturaalsed produktid. Kindlasti saadakse jagu ka valkude sünteesi probleemist. Võimalik, et tekib täiesti uus keemia- ja tööstusharu — gastrokeemia, mis hakkab tegelema inimkonna toitmise küsimustega.

Juba mõnekümne aasta pärast koosneb inimese garde-roob arvatavasti peaaegu täielikult sünteetilistest materjalidest valmistatud esemeist. Praegugi püüavad keemikud luua selliseid sünteetilisi kiudaineid, millest valmistata- vaid rõivaid võiks edukalt kanda nii suvel kui talvel, mil- lel oleks baktereid surmav toime, mis oleksid hügieenili- sed ja ultraviolettkiirgust läbilaskvad ning mis ei märguks vihma käes.

Seniste esialgu üksikute sünteetilistest materjalidest eksperimentaalmaajade asemele kerkivad terved polümeeri- dest valmistatud linnad, kusjuures iga hoone püstitami- seks kulub vaid mõni päev. Korterid ja mööbel neis el- amis on pestavad, hügieenilised ja mugavad. Hoonete küttesüsteem baseerub elektrit juhtivatel plastmassist seinakatetel, mis hoiavad automaatselt ruumides püsiva temperatuuri. Samuti säilitatakse automaatselt vajalikul tasemel ruumide õhuniiskus.

Hoopis uusi nõudeid materjalidele püstitavad planeeti- devahelised lennud. Küllap vist ainult keemikud suuda- vad tagada inimesele ohutuse kosmilise kiirguse ja tohu- tute temperatuurikõikumiste puhul maailmaruumi sügavas vaakuumis. Võimalused kosmonautide varustamiseks hapniku, kütuse, toiduainete ja kõige muu vajalikuga tuleb jällegi leida keemikuil.

Praegu on veel raske kujutledagi kõiki probleeme, mis seisavad inimesel ees tema tungimisel maailmaruumi ava- rustesse. Suurel osal juhtudest igatahes jääb keemikuile üsna põhiline vastutus nende reiseid eduka sooritamise eest.

Ekslik oleks ka arvata, et kõik „maapealsed“ keemia- alased probleemid on inimkonnal lahendatud. Iga päev püstitab keemiale ja keemikuile uusi ülesandeid.

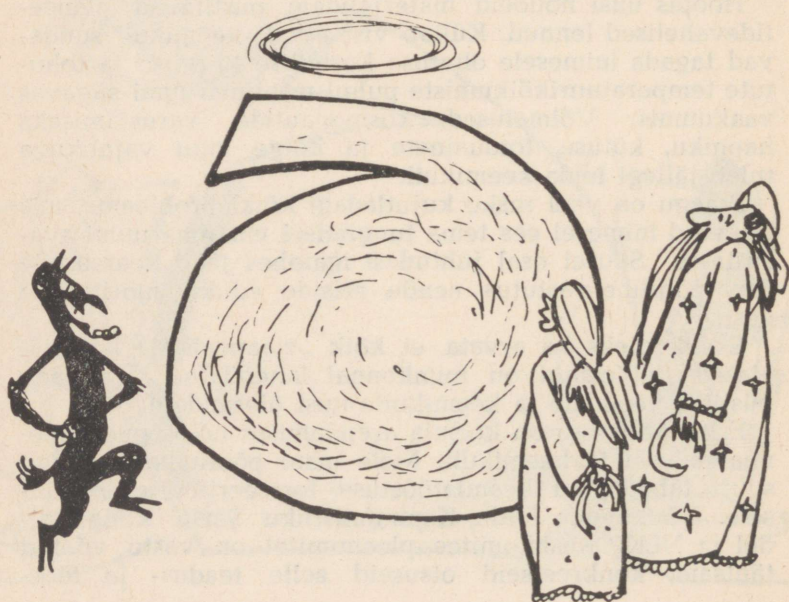
Eriti tähtis osa on keemia arendamises nõukogude kee- miateadusel ja keemikuil. Meie maal pööratakse praegu suurt tähelepanu keemiatööstuse forsseeritud arendami- sele. Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei kongressi- del ja NLKP Keskkomitee pleenumitel on vastu võetud tähtsaid, konkreetseid otsuseid selle teadus- ja töös-

tusharu igakülgseks abistaniseks. Pole kahtlust, et niisugune riiklike abinõude rakendamine viib Lomonossovi, Mendelejevi ja Butlerovi kodumaa ka keemiatööstuse alal esiritta ning annab nõukogude inimesele hulgaliselt vajalikke sünteetilisi materjale, ravimeid ja palju muud.

Tõeline „keemiline sümfoonia“ on veel loomata, kuid isegi juba selle avaakordid lihtsustavad võrratult inimkonna elu. Imik teeb tutvust keemiaga sünteetilisest kautšukist luti abil. Pensionär uinub õhtul kiiresti ja rahulikult luminaali varal. Küpsustunnistus aga antakse noorele inimesele, kes pealaest jalatallani on võlgu keemiale, ise seda sageli teadmatagi.

Tänapäeva inimest lahutab sellest esimesest juhukeemikust, kes kogemata lükkas hao tulle, sadu tuhandeid aastaid. Praegu aga kulgeb teaduse evolutsioon nii kiiresti, et juba hoopis lühema aja möödumisel vaatavad meie lapselapselapsed meid samasuguse pilguga nagu meie seda esimest tuletegitjat.

Mina, kahekümnenda sajandi keemik, annaksin palju, kui ma saaksin heita pilgu kahekümne viiendasse sajandisse, et näha, millega on siis inimkond ja keemikud hakkama saanud.



SISUKORD

Esimene alkeemik	5
... kõigest sellest, mis oli enne seda	6
... looduslikud kõrgmolekulaarsed ained	24
... ained, mida me tunneme plastmasside nimetuse all	27
... sünteetilised polümeerid	34
... gaasilistest ainetest saab valmistada plastmasse	37
... polüetüleen	45
... mõnest huvitavate omadustega plastmassist	50
... <i>Hevea brasiliensis</i> 'e mahlast sünteetilise kautšukini	53
... siidi ja sametit puidust, kivisöest ning naftast	63
... elu eest tänu võlgu keemiale	72
... aastal 2000 peab maakera toitma 6 miljardit inimest	79
... keemia tulevik	87

Томсон Тоомас Вольдемарович
РАСКАЗЫ О ХИМИИ И ХИМИКАХ

На эстонском языке

Художественное оформление Х. Хийбус

Издательство «Валгус»

Таллин, Пярнуское шоссе, 10

*

Toimetaja R. Toming

Kunstiline toimetaja H. Keigo

Tehniline toimetaja E. Toivere

Korrektorid A. Kalberg ja H. Kull

Ladumisele antud 28. XII 1965. Trükkimisele antud 26. VII 1966. Paber 54×84, 1/16.

Trükipoognaid 5,75. Tingtrükipoognaid 4,83.

Arvestuspoognaid 5,01. Trükiarv 5000.

MB-08022. Tellimise nr. 3830. Trükikoda

«Punane Täht», Tallinn, Pikk t. 54/58.

Trükipaber nr. 2 — Kohila Paberivabrik.

Hind 20 kop.

2—5—1

7

A

27840

5159597

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00515959 7