

16528

**POPULAARTEADUSLIK
SARI**

M. SVEŠNIKOV

KLAASI SALADUSED



RK«TEADUSLIK KIRJANDUS»



M. SVEŠNIKOV *Sundeksemplar*

KLAASI SALADUSED



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“
TARTU, 1947

Tõlgitud teose järgi: М. Свешников, Тайны стекла, Государственное
Издательство Детской Литературы Министерства Просвещения
РСФСР, Москва/Ленинград, 1946.

Tõlkinud J. Jaanisto.



12993

A = 16558





Esimene peatükk.

Kuidas klaas avastati.

Pliniuse jutustus.

Tuhat üheksasada aastat tagasi elas Roomas kuulus teadlane Plinius vanem. See teadlane oli tuntud oma töökuse poolest. Isegi reisul olles, õõtsudes kandetoolis, tuli ta toime kirjutamisega terava kepikese abil vahaga kaetud tahvlikestele. Ja saunas, kui ori teda masseeris või käterätiga kuivatas, luges ta raamatut.

Erinevalt nüüdisaegsetest teadlastest ei olnud Plinius spetsialist: ta tegeles kõigi teadustega, mis olid sel ajal

olemas. Ta oli erakordselt teadmishimuline inimene ja tundis huvi kõige vastu maailmas.

Plinius sai surma Vesuuvi tulepurskamise ajal. Jälgi- des seda, mis toimus rannal, sõitis ta laevaga tulemäele liiga lähedale. Raske, mürgise suitsu pilved lämmatasid teadlase.

Pliniuse tähtsaim töö on tema „Looduslugu“. Ta kirju- tas seda palju aastaid. See on antiikse maailma kõigi tead- miste tõeline entsüklopeedia.

See teos jutustab taevakehade liikumisest, maadest ja rahvastest, loomadest ja taimedest, kividest ja metalli- dest, ravimite valmista- misest, maalimisvärvidest, kunstnikest ja nende pilti- dest, käsitöödest jne.



Muu hulgas on seal juttu ka sellest, kuidas avastati klaas.

Ükskord — nii jutustab Plinius — oli foiniikia kaubalaev tugeva tormi tõttu sunnitud jääma ankrusse väikeses lahes. Väsinud ja külmast kangestunud meremehed tulid rannale. Nad hakkasid otsima kohta, kuhu teha tuld, et leent keeta ning sooja saada. Rand oli liivane ja kusagil ei olnud näha kive, millele oleks võinud asetada katla. Siis tekkis ühel meremeestest mõte: kas mitte tüua laeva laadimis- ruumist mõned kamakad sellest soodast, mida veeti müü- gile, ja asetada katel neile kamakatele?

Nagu nüüdki, nõnda ka sel ajal tarvitati soodat pesu- pesemisel. Peale selle vajasisid soodat veel kalevikudujad villa pehmendamiseks ja egiptuse preestrid surnukehade balsameerimiseks.

Foiniiklased tootsid soodat vetikate tuhast ja vedasid seda oma laevadel kõikidele maadele.

Nii asetasi siis foiniikia meremehed oma katla veega soodakamakatele.

Lõke sai haruldaselt hea. Meremehed sõid tublisti ja heitsid magama. Hommikul, kui asutati reisule, pildus üks meremeestest tuleaseme hõõguvad jäänused laiali. Äkki silmas ta tules mingeid helkivaid tükikesi. Need ei sarnanenud ei puidu ega metalliga, ei savi ega kiviga. Keegi foiniiklastest ei olnud varem näinud selliseid ime-likke heledaid killukesi.

See uus, salapärane ollus — nagu kinnitab Plinius — oligi klaas: rannaliiva ja sooda sulatis.

Kas see jutustus vastab tõele? Teda on ajalooraa- matuis nii palju kordi trükitud, temaga on kõik nii harju- nud, et kellelgi ei ole pähe tulnud kahelda tema tõe- pärasuses.

Ja alles õige hiljuti leidis inimesi, kes otsustasid Pliniuse jutustuse järele proovida.

Mõned klaasivalmistamise eriteadlased katsusid keeta klaasi samal viisil, nagu seda tegid kunagi foiniikia mere- mehed.

Samuti, nagu mitu tuhat aastat tagasi, tehti lõke liiva- sel mererannal, asetati kohale soodakamakad ja pandi nendele katel veega. Jälgiti lõket kaua ning kannatlikult, heideti tulle ohtrasti puitu.

Tuule tugevad puhangud hoidsid tule leekvel. Ent ilmaaegu kõik: kui tuli kustus, ei leitud tuhast mingisu- gust klaasi.

Selles väikeses soojuses, mida annab lõkketuli, ei saa sooda liivaga ühte sulada ja klaasi moodustada.

Nõnda tõestati Pliniuse eksitus.

Aga kuidas avastati siis klaas tõelikult?

Esimene klaasisulataja.

Potte ja kannusid, nagu teada, voolitakse savitaignast ja põletatakse siis tulel. Nõnda tehakse neid praegusajal, nõnda tehti neid ka tuhandete aastate eest iidsetes Egiptuses.

Ent kuigi muinas-egiptuse potissepad püüdsid oma pottide ja tasside seinu kõigiti siledaks poleerida, jäid nende tooted siiski alati krobelisteks ning tuhmideks. Seesugustest tassidest oli väga ebameeldiv juua: nad kriimustasid huuli ja mäardusid kiiresti. Ja mis kõige tähtsam — nad olid urbsed, nende seinu läbis suur hulk ülipeeni kanalikesi, millede kaudu vesi pikkamööda läbi imbus ning välja jooksis. Seetõttu ei olnud võimalik säilitada vett sääraustes savinõudes isegi mõnda tundi. Arvatavasti polnud vähe neid vanaaegseid leiutajaid, kes murdsid pead küsimuse kallal, kuidas kõrvaldada need puudused, aga neil ei õnnestunud midagi ära teha.

Asjale tuli abiks juhus. Ühele äsjavoolitud pottidest sattus enne põletusahju asetamist juhuslikult liiva ja sooda segu. Ja milline oli potissepa imestus, kui pärast põletamist pott osutus kaetuks sileda, läikiva kirmega!

Sest ajast peale hakati savinõusid enne põletamist alati katma liiva ja sooda seguga (hiljem hakati lisan-dama veel lupja). Tuli sulatas selle segu, see voolas mööda savinõu seinu laiali, kattes neid õhukese kooru-kesega.

Seda kõva, läikivat koorukest me nimetame glasuuriks ehk vaabaks. Aga õieti öeldes võiksime teda ka klaasiks nimetada, oma koostiselt ta ei erine klaasist millegi poolest.

Lisades sooda ja liiva segule muid olluseid, õppisid egiptlased valmistama glasuuri mitmesugustes värvustes

ning varjundites: taevassinist, kollast, violetset, purpurpunast, sinist.

Kuidas tulid egiptlased mõttele, et on võimalik valmistada esemeid ka ainult klaasist, see tähendab — ainult glasuurist?

Sellele mõttele tõukas neid samuti juhus. Keegi potissepp oli katnud oma poti liiva ja sooda seguga liiga hooletult, ebaühtlaselt; sel viisil tekkis õhukese, ühtlase glasuurikoorukese asemel glasuuriklomp, väike glasuurikamakas.

See väike glasuurikamakas oli nii läikiv ning kaunis, et sarnanes kalliskiviga!

Potissepp oli leidlik mees: ta otsustas valmistada värvilise kerakese ainult glasuurist. Tal õnnestuski see.

Nii avastaski see mees ebateadlikult inimoskuste uue haru — klaasivalmistamise.

Keisritar Hatšepsut'i klaashelmes.

Palju, palju sajandeid tagasi oli Egiptuse vaaraoks naine nimega Hatšepsut. Ta suri varakult, kolmekümne teisel eluaastal. Egiptuse kombe kohaselt muudeti tema keha muumiaks, asetati sarkofaagi ja müüriti süngettesse kaljudesse Liibüa mägede jalamil. Hatšepsut'i hunnitu haudkamber peitus sügaval kaljudes; temasse viisid keerulised tunnelid hoolikalt maskeeritud sissekäiguga.

See oli hädavajalik ettevaatusabinõu: oli vaja varjata haudkambrit rüüstajate eest.

Rohkem kui kolm tuhat aastat ei häirinud mitte keegi haudkambri vaikust. Siis aga avastas sissekäigu prantsuse arheoloog Loret. Ja vaat, mis ta nägi: kaks väikest kivist koletist valvasid haudkambrit, kaitsesid selle majesteetlikku



rahu. Rinnal rippusid neil keti küljes pühad põrnikad — skarabeused. Koletiste silmad olid tehtud mäekristallist. Kui neile silmadele langes valguskiir, siis välkusid nad nii õudseltselt, et peaaegu kõik töölised-fellahid*), haaratud õudusest, jooksid laiali. Teised, arvates, et raidkujudes peitub saatan ise, tahtsid need kujud puruks lüüa. Revolver käes, päästis arheoloog kujud hävimisest.

Mumia nagu oli kaetud kuldse maskiga, mille silmad särasid nagu elusad. Surnu pead kroonis hõbedane diadeem, ta otsmikul olid keisriseisuse märgid: kuldne kotkas ja kuldne madu. Vöö vahelt ulatus välja väike pistoda; seda vajab egiptlaste uskumuste järgi keisritari hing oma surmajärgsetel rännakutel.

Ent rohkem kui kuldne näokate, rohkem kui kallihinnaline diadeem, rohkem kui pistoda huvitasid arheoloogi helmed. Nad olid klaasist tehtud. Rohekasmustadest läikivatest klaasheldestest kaelakee ümbritses mumia kortsunud, kuiva kaela. Helmed olid suured, ebaühtlased. Igal üksikul helmel võis lugeda hieroglüüfides sisselõigatud kirja — keisritari nime:



See väike ilmetu tükikene klaasi oli valmistatud kolme tuhande neljasaja aasta eest!

Kas võib pidada Hatšepsut'i helmest kõige vanemaks klaasesemeks?

Uhest hauast Teebai linna läheduses leiti hiljuti rohekat värvi-klaashelmes, mis sarnanes kujult veetilgaga.

Selle helme iga on — viis tuhat viissada aastat!

*) Fellahid — põlluharimisest elatuv muhamediusuline maarahvas Egiptuses, Palestiinas, Araabias jm. (Tõlkija märkus.)

Klaasitaigen.

Need kaks tuhat aastat, mis lahutavad Hatšepsut'i haudkambrit Teebai hauast, ei möödunud tagajärjetult: keisritari helmes on märksa nägusam kui tema esivanem. Selle aja jooksul olid egiptlased õppinud valmistama klaasist mitte ainult helmeid, vaid ka vaase, kaelakeesid, balsameerimisnõusid, karikaid vee ja veini jaoks ja väikesi paksuseinalisi pudelikesi lõhnaõlide jaoks.

Kõik need esemed tehti läbipaistmatust värvilisest klaasist.

Egiptlased ei aimanudki, et klaas võib olla läbipaistev. Et saada läbipaistvat klaasi, on tarvis tõsta temperatuuri ahjus kuni 1500 kraadini. Seda ei suutnud egiptuse klaasipuhujad kuidagiviisi saavutada. Nende klaas tuli näotult pruunikasroheline, kõrvetatud suhkru värvi. Et valmistada klaasi muudes, ilusamates värvustes, tuli juurde segada rauda, vaske või mangaanit.

Egiptlased sulatasid klaasi väikestes savipottides vabas õhus, hõõgutades pottide all tugevat leeki. Leek ei andnud vajalist palavust, seepärast tuli abiks võtta igasuguseid kavalusi, näiteks toimetada sulatamist kaks korda. Lõpuks tekkis pottides klaas, paks ja veniv nagu suhkrustunud mesi. Teda võis sõtkuda ja muljuda, temast võis voolida nagu taignast.





Aga see klaasitaigen oli nii kuum, et polnud võimalik teda käega puudutada: temaga kokku puutudes löid isegi pihrad leegitsema. Kuidas küll voolida säärasest taignast kanne, vaase, karikaid ja pudelikesi?

See on niisama võimatu, nagu on võimatu voolida karikat hõõguvast laavast, mis voolab tulemäe kraatrist.

Kuid ei ole võimalik oodata, kuni klaasitaigen jahtuks: jahtudes ta ühtlasi hangub. Ja hangunud klaasitaignast ei saa enam midagi voolida.

Klaas osutus erakordselt raskusi valmistavaks, alismatmaks materjaliks. Oli vähe sellest, et leiutada klaas; oli vaja leiutada veel menetlus, kuidas valmistada temast klaasesemeid.

Egiptlased leidsid seesuguse viisi: nad õppisid voolima hõõgkuuma taignat, teda käega puutumata.

Nii näiteks on joonistel kujutatud kannud valmistatud järgmiselt.

Meister võttis pika raudvarva ja kinnitas selle otsa külge liiva ja savi segust tehtud kerakese. Meistri abiline haaras leekidest poti klaasitaignaga, paiskas taigna kivile ja hakkas teda raudse rulliga õhukeseks kihiks veeretama. Aega viitmata surus meister raudvarva selle kihi külge. Klaas mähkus kerakese ümber, kleepus tema külge. Keerutades varba käes ja veeretades teda kivil, andis meister klaasitombule kannu piirjooned.

Valmis kann tuli varvalt maha võtta. Selleks ootas meister, kuni kann jahtus, ja pööras siis etevaatlikult varba: liivast kerake varises koost. Nüüd juba polnud raske varba välja võtta.

See kirjeldus ei anna ikkagi täpset kujutlust egiptuse klaasitöölise kunstist. Aga tehku keegi

säärane katse: võtku kepi külge savitombuke ja andku sellele siis kannu kuju, veeretades keppi mööda kivi. Ta näeb siis, kui raske see on.

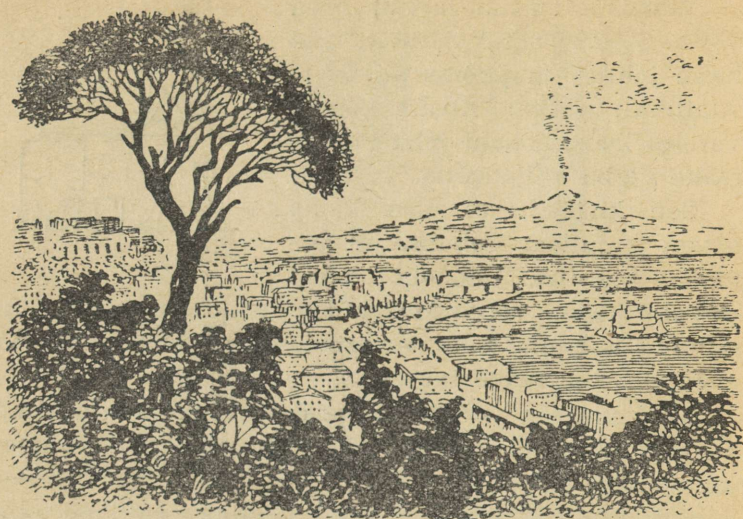
Kuid klaasist voolida on veel raskem: klaas jahtub kiiresti, egiptuse meistri käsutuses olid vaid vähesed sekundid.

Egiptuse klaasitöölised olid väga kannatlikud ning osavad. Nad õppisid oma käsitööd kaua. Ent siiski tulid neil vaasid ja kannud korrapäratu vormiga, paksude ebaühtlaste seintega, näotud.

Õhukeste seintega tooteid, nagu on meie klaasid või pudelid, ei mõistnud egiptlased üldse valmistada.

Päeva jooksul jõudis klaasitööliline valmistada väga vähe esemeid. Seepärast olid klaasesemed Vana-Egiptuses harulduseks. Nad olid väga kallid, ainult pisut odavamad kui vääriskivid.





Teine peatükk.

Imperaatorite vaasid.

Klaasimull.

Kes oleks võinud arvata, et kuum klaas, mis ei alistu inimese käele, alistub inimese hingamisele!

Meie ajaarvamise esimesel sajandil tegi meile tundmata rooma meister pika ning peenikese raudtoru väikese laiendusega otsas. Toru teisele otsale kinnitas ta puidust huuliku, et kaitsta huuli põletushaavade eest.

See leiutis oli lihtne ja ühtlasi geniaalne: peaaegu kahe tuhande aasta jooksul valmistati kõik klaasesemed selle puhumispiibu abil.

See, mida ei suutnud saavutada kõige vilunum ning osavam egiptuse meister, muutus nüüd kättesaadavaks tavalisele klaasitöölisele.

See õõnes raudkepike osutus otse võlukepiks: tema abil oli võimalik valmistada kõige mitmekesisemaid klaas-esemeid, kauneid ning peeni, väga õhukeste seintega.

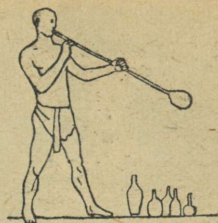
Töö klaasipuhumispiibuga tuletab väga meelde seebimullide puhumist läbi õlekõrre. Puhumispiibu otsa võetakse tombuke vedelat klaasi. Siis hakatakse piibusse puhuma. Tombuke paisub ja muutub pikkamööda klaasimulliks. Seda mulli võib puhuda nii suureks, et tema seinad ei ole paksemad kui seebimulli kelme. Ent ta jääb alati vastupidavamaks kui seebimull. Seni kui klaasimull ei ole jahtunud, võib talle anda igasugust kuju. On küllalt kõige vähemast külgepuudutusest, et mulli sein saaks selles kohas lapergune. Seesuguseks ta jääbki, kui klaas jahtub.

Kepikeste ja tangide abil võib mullist teha missugust eset tahes: vaasi, kaussi, kannu.

Aga miks ei jõudnud egiptlased klaasipuhumispiibu leiutamiseni? Tema ehitus on ju täiesti lihtne.

Egiptlastele ei oleks niisugune puhumispiip niikuinii mingit kasu toonud: nad ei osanud valmistada vedelat klaasi. Ja klaasnõu väljapuhumine sitkest klaasitaignast ei oleks jõukohane kõige tugevamalegi inimesele.

Roomlased keetsid klaasi mitte lõkketulel, vaid kivises klaasikeetmisahjus. Seetõttu õnnestus neil saavutada kõrgemaid temperatuure ja klaas sulas neil juba korralkult, muutudes pimestavalt sätendavaks piimasarnaseks vedelikuks.



Pisarapudelid ja tünnid.



Rooma majades olid klaasist kannud vee, õli ja veini jaoks, karikad ja kausid, imetamispudelid ja muud tarbeesemed.

Odavahinnalisi nõusid valmistasid rooma klaasitöölised rohekast läbipaistmatust klaasist. Aga rikkaste roomlaste lauale asetati teissuguseid nõusid — värvitust ning pisut läbikumavast klaasist, mille jaoks rooma meistrid valisid eriti puhtaid valgeid liivu.

Rooma kannud olid sagedasti kaunistatud pealisklaasist kitsaste pruunide ja hallide ribadega. Näis, nagu oleks madu keerdunud ümber kannu ja hoiaks teda tugevasti oma haardes. Meile meeldiks säärane kaunistis vaevalt; kõige tõenäolisemalt ta võtaks meilt isu ära seesugusest kannust joomiseks. Aga roomlased suhtusid madudesse teisiti kui meie, pidades neid kasulikeks olevusteks.

Kannu ümber põimunud klaasmaod — see nagu oleks osutanud: kannus peitub hea, tervisele kasulik jook.

Rooma klaasitöölised tegid väga naljakaid kannusid — näiteks pead paksu nina ja suurte, imestunud, pärani-aetud silmadega. Näis, et pea ei saa kuidagi aru sellest, miks on temasse veini valatud. Teine kann kujutab ahvi,

kes istub punutud tugitoolis. Ahv hoiab esimeste käppadega vilespilli ja nagu ootaks märguannet, et mängu alata. Selleaegne rooma kirjanik kinnitab, et see kann olevat karikatuur ühe rooma senaatori kohta. Paks, vana orangutangiga sarnanev senaator pidas end suureks





kunstnikuks ja armastas kuupaistelistel öödel vilespilli mängida.

Seesuguseid tooteid võib võrrelda skulptuuridega. Kuid töötlemisviis oli siin täiesti lahkuminev skulptori omast. Sest ei saa ju klaasist raiuda kuju peitliga, nii nagu seda raiutakse marmorist, — klaas on liiga habras. Ei saa ka voolida õhukesest klaasist, nagu voolitakse savist, — klaas tardub enne, kui meister suudab talle anda säärase keeruka kuju.

Kõik need naljakad kannud puhuti klaasipuhumispiibuga. Kuid nad puhuti erilisel viisil: metallvormi sisse.

Seesugune vorm valmistati juba varakult; tema seinte sisekülgedele oli lõigatud tarviline muster. Võtnud puhumispiibule klaasi, pistis meister piibu otsa vormi sisse ja hakkas puhuma. Klaasimull paisus metallvormis ja surus end tihedasti vastu vormi seinu. Kõik metallvormi ebatasasused jätsid oma jäljendid kuumale klaasile. Jahtudes säilitas klaas need jäljendid jäädavalt.

Vorm avati ja temast võeti välja valmis kann. Kasutades ühte ning sama vormi, oli võimalik valmistada hulk täiesti ühesuguseid kannusid.

Roomlased jõid klaaskarikatest ja -kaussidest. Neil olid ümmargused kausid ilma kõrvadeta, olid ka kausid kahe tiibade-sarnaselt laiuliulatuva kõrvaga; viimaseid nimetati tiivulisteks. Neid puhuti harilikult juba valmis pealkirjadega, näiteks:

või

„Joo, ela palju aastaid“

„Ole rõõmus, ela pikki aastaid“.

Uhel karikal, mis on säilinud meie ajani, näeme võitlevaid gladiaatoreid ja pealkirja: „Columbus“.

Mida tähendab see pealkiri?

Columbus oli kuulus gladiaator, kes elas imperaator Caligula ajal. Ühel võistlusel võitis Columbus teise gladiaatori, Caligula lemmiku. Imperaator vihastus. Ta läkitas võitjale kingi — suurepärase klaaskarika — mürgitatud veiniga.

Tänapud imperaatorit, jõi Columbus veini ära ja langes surnuna maha . . .

Rooma klaasipuhujad oskasid valmistada tillukesi klaaspudeleid, mida nimetati pisarapudeliteks. Neid kandis suursugused naised kuldse ketiga vöö küljes. Pudeliketes ei hoitud muidugi mitte pisaraid, vaid lõhnaõli. Ei olnud kerge valmistada seesuguseid tillukesi, mitmevärvliste klaaslõngadega ilustatud pudeleid.

Veelgi raskem oli teha klaastünni. Seesuguses tünnis hoiti veini ja ta oli nii suur, et temasse mahtus täiskasvanud inimene. On isegi raske kujutleda, kuidas suutsid rooma töölised välja puhuda sääraseid koletu suuri klaasimulle, mille kaal oli sada kilogrammi ja rohkemgi.

Uhele inimesele käis niisuguse tünni väljapuhumine muidugi üle jõu. Arvatavasti puhusid teda oma piipudega üheaegselt viis-kuus inimest.

Sätendavad kausid.

Juba egiptlased oskasid keeta värvilist klaasi. Aga rooma meistrid ületasid egiptuse omi, nad valmistasid klaasist iluasju, mis sarnanesid kõige haruldasemate kalliskividega: smaragdidega, safiiridega, opaalidega, türkii-sidega, rubiinidega.

Karikaid, otsekui välja nikerdatud ühtsest oonüksist, türkiisist või muu-



dest tundmatutest mineraalidest; vaase, justkui välja löi-
gatud troopika kallihinnalisest roosast, punasest ja mus-
tast puidust; pudelikesi, mis sarnanevad mitte ainult kuju,
vaid ka värvuse poolest lootoseõitega, datlitega, viina-
marjadega, apelsinidega, piiniakäbidega — kõike seda
oskasid valmistada klaasitöölised, kes elasid poolteist
tuhat aastat tagasi!

Kuid kõik need suurepäraseid esemed ei suutnud välja
kannatada võrdlust kuulsate murriinkaussidega. Nendest
kaussidest joodi veini Rooma kõige rikkamates majades,
ja sealgi ainult kõige pidulikumatel juhtudel. Murriine
hinnati mitmekordselt kallimaks kui kulda.

Võiks arvata, et murriinid mõjusid üllatavana oma
suuruse või silmapaistva kuju või kunstipärase viimist-
luse tõttu. Kõik see oleks ekslik: need kaussid on tegeli-
kult väikesed, ilma mingi kaunistuseta.

Nende ilu seisneb imetlusväärsetl eredas ja mitme-
kesises värvikuses.

Murriinide seintes välgatasid vahetpidamatult säten-
davad laigukesed, nagu oleks klaasisse sulundatud tuhan-
deid mitmevärvilisi sädemeid. Kauss säras ning sillerdas
kõigis vikerkaarevärvustes.

Milles peitus nende sätendavate kausside saladus? Sel-
les, et läbipaistva klaasi sisse olid tilgutatud mitmevärvi-
lised klaasiterakesed. Igaüks neist terakestest peegeldas
ning murdis valgust isesuguselt — see
tekitas värvuste mängu.

Murriinid olid nagu inimese käe läbi
loodud kalliskivid.

Vähe oli Roomas sääraseid inimesi,
kes omasid murriine. Ei olnud palju ka
neid, kellel kordki oma elus oleks võima-
lust olnud juua murriinist. Aga kuulnud
neist imelistest kaussidest olid muidugi





kõik roomlased. Ja on arusaadav, et neist kaussidest jutustati põhjendamatuid lugusid. Nii näiteks tõendati, et murrinide klaas levitavat mingisugust erilist, õrna aroomi.

Teati rääkida, et murrinid päästvat mürgi eest: vaevalt puutunud sätendavat klaasi, kaotavat mürk oma jõu.

Ühe murrini eest maksis Nero seitsekümmend talenti. Selle raha eest oli võimalik omandada kolmsada tervet noort orja. Habras tükike klaasi maksis kolmsada korda rohkem kui inimene!

Väga kallid, kuid siiski odavamad kui murrinid, olid klaaskausikesed käte pesemiseks. Selleaegsed roomlased ei tundnud kahvlit ega nuga, seepärast pesid pidutsejad käsi pärast iga rooga. Need kausikesed tuletasid tugevasti meelde müürisepa labidakest, ja nii neid nimetatigi labidakeseks, ladina keeli — trullaks.

Petronius, Nero tseremooniameister ja sõber, kunsti sügav tundja ning harrastaja, maksis ühe seesuguse trulla eest meie rahas kaheksateistkümmend tuhat kuldrubla.

Möödus mõni aasta, ja Nero läkitas oma endisele sõbrale käsu lõpetada elu enesetapmisega. Enne kui läbi lõigata endal tõmbsooned, lõi Petronius trulla kildudeks, et armastatud ese ei satuks türanni valdusse. Pärast Petroniuse surma käskis Nero need killud kokku korjata ja klaaskupli alla varjule panna.

Mitte vähem trullade hinnast ei olnud ka diatreetide hind. Diatreetideks nimetati karikaid, mis olid valmistamisel paigutatud klaasrõngastest tehtud võrelise ümbrise sisse. Umbris ei hoidunud tihedasti vastu karikat, seetõttu ta peaaegu ei soojenenud ja niisugusest karikast võis juua palavat jooki ilma käsi kõrvetamata.

Oma käepärasuse kõrval oli diatreet ka kaunis: karikas, mis oli otsekui mähitud klaasist pitsisse. Rooma rikkad inimesed pidasid end õnnetuks, kui nad ei omanud muude karikate hulgas kasvõi ühtainust diatreeti. Ainult säärane meeletu inimene nagu Nero võis endale lubada veidrat tuju — puruks lüüa järjestikku kaks diatreeti.

Meie ajani on säilinud umbes kümme diatreeti, neist ainult mõned tervetena. Tõenäoliselt on kõik diatreedid valmistatud ühe ja sama kunstniku-meistri poolt. Ta valmistas neid tähelepanuväärseid karikaid väga vähe ja viis oma kunsti saladuse hauda kaasa.

Väärtuslikud leiud.

Ammu enne meie aegkonda tekkis Napoli läheduses ilus väike linnake Pompeji. Ta asetses sinise lahe kaldal, juba ammu vaibunud tulemäe Vesuuvi jalamil. See oli oivaline suvituskoht ja rikkad roomlased sõitsid sinna puhkama. Linnake kasvas ja tema elanikkude arv tõusis juba üle kahekümne tuhande.

Kahekümne neljandal augustil aastal 79 ärkas äkki Vesuuv. Tema kraatrist lendasid üles kivid ja tuhapilved, voolas tulise joana laava.

Pompeji linn mattus kuue meetri paksuse tuhakihi alla. Enamik elanikke suutis pääseda; hukkus umbkaudu kaks tuhat inimest. Sellest katastroofist jutustas üksikasjaliselt Plinius noorem, Vesuuvi purskamisel hukkunud kuulsa teadusmehe õepoeg.

Kaheksateist sajandit puhkas Pompeji tuhakihi all. Siis aga sõitsid kohale õpetlased-arheoloogid ja alustasid kaevamistöid. Maetud linn tõusis pikkamööda maa alt, avanes pilt vanade roomlaste elust.



Teiste majade ja villade hulgas leiti ilus „maja fauniga“. Talle anti säärane nimi seetõttu, et tema esikülge ehtis lõbusa sokujalgse fauni kujutus.

Kõige luksuslikum saal rooma majas oli „tablinum“. Siin võttis peremees külalisi vastu ja kuulas palveletulijate soove, siin korraldati õhtuti pidusid. „Majas fauniga“ olid tablinumi seinad kaunistatud joonistega. Kahjuks on joonised ajahamba all rängasti kannatanud: värvid luitunud ning tuhmunud, suured tükid krohvi välja kukkunud. Paljud joonised olid niivõrd ära hõõrdunud, et oli võimatu neist aru saada.

Kui prahihunnikud olid saalist välja pühitud ja põrand pestud, siis märgati ka põrandal joonist, mis kujutas ketikoera. Arheoloogide imestuseks oli see joonis aja mõjust täiesti puutumata; näis, nagu oleks ta tehtud alles eile — nii värsked olid ta värvid.

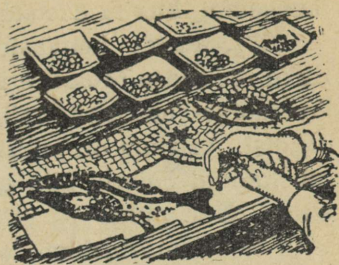
Nähtavasti oli koer joonistatud põrandale varaste hirmutamiseks. Oma ähvardava välimusega ta otsekui andis mõista: ole ettevaatlik, maja valvatakse hästi.

Mispärast ei tuhmunud siis see joonis ega luitunud kaheksateistkümne sajandi jooksul, mispärast säilitas ta kogu oma esialgse võlu? Seepärast, et ta ei olnud maalitud värvidega, vaid oli kokku pandud mitmevärvilise klaasi kuubikestest samal viisil, nagu lapsed koostavad puukuubikestest mõnda ornamenti.

Seesuguseks tööks on tarvis väga rohkesti klaasitükikesi kõige mitmekesisemates värvustes. Mida rohkem neid on, seda toredamaks on võimalik teha pilti, seda rikkam saab ta värvustelt.

Sääraseid klaaspilte nimetatakse mosaiigiks.

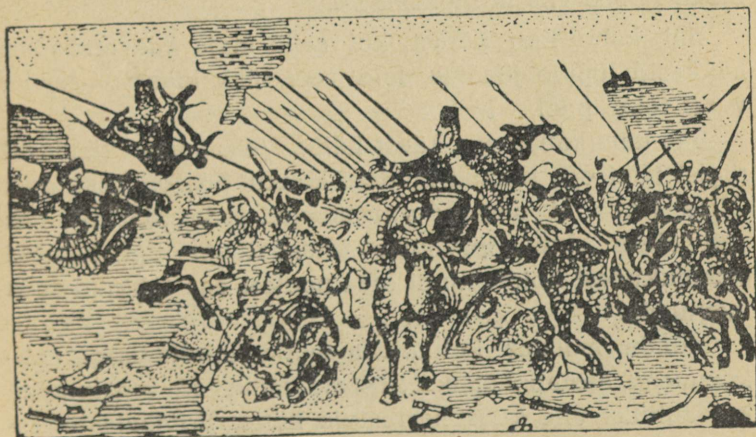
Imperaator Hadrianuse Rooma-lähedases villas leiti näiteks mosaiik „Pühkimata põrand söögitoas“.



Põrandale on lohakalt laiali pillatud leivaraasukesi, konte, mitmesugust prahti, mille koht kuidagi ei tohiks olla luksuslikus villas. Külas-taja tahaks nagu tolmuluuakese võtta ning kogu selle prügi ära pühkida. Ent see ei õnnestuks kellelgi: prügi nagu oleks kasvanud põranda külge. „Pühkimata põrand“ „kontidega“, „leivaraasukestega“ ja „prahiga“ — see on kunstipärane mosaiik!

Sellessamas „fauni majas“ on ka teises saalis mosaiik-põrand, mis kujutab Makedoonia kuninga Aleksandri lahingut pärslastega: kreeka sõdurid ründavad pärsia väepealiku sõjavankrit — võib-olla kuningas Dareiose enese oma.

See tähelepanuväärne mosaiik võeti ettevaatlikult



välja, kinnistati tugevasti tsemendiga ja viidi Napoli muuseumi, kus ta asetseb praegugi.

1834. aastal kaevasid arheoloogid Pompejis välja rikka roomlase Meleageri maja. Töölised puhastasid puulabidatega aatriumi mitmesajandilisest mustusest ning prügist. Aatrium on piklik õu, mida igast küljest ümbritseb kaetud galerii. Siin asetseb roomlastel kodujumalate altar. Õue puhastati eriti ettevaatlikult: oletati, et siit võib leida väärtuslikke esemeid: jumalakujakesi, vaase, ehteasju.

Ja tõepoolest puutus ühe töölise labidas mingi kõva eseme vastu. Kahekordistati ettevaatust. Arheoloog laskus põlvedele ja kaevas välja mingi klaaseseme suure murdosise. See oli nii mäardunud, et polnud võimalik näha tema värvust ega isegi vormi. Kui ta aga soojas vees hästi puhtaks pesti ja pehme harjaga üle hõõruti, siis nähti, et see oli pool ilusat tume-taevassinist klaasvaasi.

Oli kahju, et leiti ainult üks pool, ent polnud midagi teha.

Vaasipool kingiti rikkale inglannale Richardson Auldjo'le ja see viis ta Inglismaale.

Ent kahe kuu pärast, kui selle maja kaevamistööd hakkasid lõpule jõudma, leiti veel tükk klaasi — sama vaasi teine pool.

See käis kaua aega käest kätte. Vaasipooled rändasid riigist riiki ega saanud kuidagi kokku. See oli absurdne. Olles lahus, ei omanud vaasipooled seda väärtust, mis neil oleks olnud tervikuks ühendatuna. Ent kumbki omanikkudest hoidis kinni oma pooldest ega tahtnud seda loovutada.

Nõnda möödus kolmkümmend, võib-olla isegi nelikümmend aastat. Lõpuks sattusid mõlemad vaasipooled kuidagiviisi ühe kunstiharrastaja kätte. Eriteadlaste-res-

tauraatorite poolt ühendati nad nii osavasti, et liitmise jälgi ei ole peaaegu sugugi märgata. Taaselustatud vaasile anti nimeks Auldjo — ühe vaasipoole esimese omaniku nime järgi. Seejärel annetati vaas Briti Muuseumile, kus teda säilitatakse praeguse ajani.

Vaasile valiti koht väikeses valges toas. Kaetud läbipaistva kupliga, lamab ta pehmel sametpadjal. Nüüd on võimalik teda hästi vaadelda ning täiel määral imetleda.

Auldjo vaas on imetaoliselt ilus nõu tumesinisest klaasist kõrge painutatud käepidemega. Teda kaunistab lai viinamarja- ja luuderohupärg piimjasvalgest klaasist.

Kuidas on tehtud see imetlusväärne pärg? Võib-olla valmistati ta eraldi ja kinnitati siis vaasi külge? Ei, võimatu on klaasiplaadist välja lõigata seesuguseid õhukesti lehekesi soonekeste ning sämbuliste äärtega ja neid siis kahjustamata vaasile üle kanda ning selle külge keevitada.

Pärg valmistati teisiti. Meister võttis esmalt puhumispiibule klaasitombu taevassinise klaasi potist, andis sellele õige vormi ja kastis ta siis potti sula valge klaasiga, mis kattis taevassinise klaasi ühtlase õhukese kihina ja liitus tugevasti tema külge. See oli raske ülesanne: klaasid tuli valida nõnda, et nad soojusest täiesti ühevõrd-selt paisuksid, sest vastasel korral oleks pealmine kiht tingimata pragunenud. See õnnestus meistril ja ta puhus sellest kahekihilisest klaasist kaunivormilise vaasi.

Aga peamine raskus seisis alles ees: oli tarvis välja lõigata klaasil joonis — pärg.





Oleks vaas olnud savist, siis oleks võinud pärja kergesti välja lõigata terava noaga. Oleks vaas olnud marmorist, oleks võinud joonise välja raiuda peitliga. Ent vaas oli klaasist, klaas aga, nagu kõigile teada, on väga habras. Ja seepärast tuli osa pealmist valget kihti välja kaapida — välja kaapida nõnda, et tema alt kohati tuleks nähtavale sinine kiht, et kujuneks joonis.

See töö oli erakordselt raske. Lõpmatu kannatlikkusega uurendas meile tundmatu kunstnik teemandiga lehtede piirjooni, süvendas uurenduskohti ja kraapis klaasipudemekesi välja. Klaas eraldus ülipsisikeste raasudena, peaaegu tolmukübemetena. Ainult vähimigi ebatäpsus, natuke suurem jõupingutus, kui vaja, ja klaas võib mõraineda, kõik võib nurjuda, kogu töö võib hävida.

Samas Briti Muuseumis säilitatakse veel teist vaasi — Portlandi vaasi. Ka see on kaunistatud uurendusjoonistega.

Sellel väikesel tume-taevassinisel vaasil on kujutatud naine luigega, samba juures seisev noormees, habemik mees, kes istub puupakul, ja muid kujusid.

Arheoloogid oletavad, et vaasil on kujutatud kreeka müüt Jasonist ja võlutar Medeiast.

Kogu klaasi-ajalugu ei tunne kunstipärasemat ning kaunimat klaasiuurendust!

Geniaalse kunstniku nimi, kelle loodud on Portlandi vaas, ei ole jõudnud meieni ja me ei tea, millal ta elas. Oletatakse, et ta elas meie aegkonna teisel sajandil.

Vaas leiti kolmesaja aasta eest Rooma imperaatori Aleksander Severuse marmorhaudkambri. See impe-

raator armastas kunstipäraseid klaasesemeid väga ja kogus neid hoolikalt. Soovides austada kadunu mälestust, panid sõbrad tema haudkambrisse ta lemmikvaasi.

Kallihinnalist klaasnõu hoiti muuseumis eriti hoolikalt. Tema läheduses dežureeris valvur. Alust, millel asetses vaas, ümbritses sambakestele tõmmatud köis, et muuseumi külastajad ei ulatuks vaasi käega puudutama.

Ja siiski ei suudetud vaasi kaitsta.

Kuidagi oli muuseumi sisse pääsenud keegi hullumeelne. Kepp käes, uitas ta mööda saale. Rooma osakonnas nägi ta Portlandi vaasi, mis, nagu alati, oli ümbritsetud rahvahulgast. Klaaskujud vaasil tõmbasid enesele ta tähelepanu. Võib-olla viirastus talle, et need kujud ärkavad ellu ja tahavad teda rünnata. Ta lõi kõigest jõust kepiga paar korda vaasi pihta. Kui ta kinni haarati, oli juba hilja: vaas oli katki.

Kutsuti kokku kunstnikke ja restauraatoreid: kas oleks kuidagi võimalik vaasi taastada? Õnneks olid killud suured, ja restauraatorid algasid tööd. Ettevaatlikult sorteeriti killud, pandi nad õigesse asendisse ja kleebiti kokku erilise liimiga. Liitekohad kaeti emailiga, mis oli valitud klaasi värvuse järgi. Taastamine õnnestus ülihästi. Vaas ilutseb uuesti muuseumis, ja publiku hulgast ei märka keegi, et ta on kokku pandud kildudest.

Aga muuseumi juhtkond oli kibedast kogemusest õpinud ning ei tahtnud Portlandi vaasi uuesti ohustada. Tuhandete külastajate hulka võiks jällegi tungida hullumeelne ning vaasi uuesti katki lüüa, mistõttu tundmatu geeniusi tähelepanuväärne teos hukkuks jäljetult.

Mida's teha: kas peita vaas tulekindlasse kappi või muuseumi sügavatesse keldritesse? Aga siis ei näeks teda ju keegi. Ei, seda muidugi ei tohi teha.

Otsustati siis teha vaasist täpne koopia. Peeti nõu õpetlastega, vilunud klaasitöolistega, skulptoritega, kuulsaate klaasiuurendajatega ja töö algas. Kahekihiline vaas tehti kaunis kiiresti valmis. Ent uurendamine venis pikale. Kahe aasta töö järel esitati lõpuleviimata koopia näitusel. Uurendustöö lõpuleviimiseks oli vaja veel vähemalt kolm aastat. Vaasikoopia valmistamiseks oli kulutatud juba ligi kolmkümmend tuhat kuldrubla.

Alles siis saadi täiel määral aru, missugust kurnavat tööd, kunstivalmidust ja ettevaatust nõudsid reljeefsete joonistega vaasid. Täiesti põhjendatult nimetati neid vaase „kannatlikkuse toodeteks“ isegi Vana-Roomas, kus aeg voolas pikkamööda.

Vana-aja kuulus kõnemees Cicero ütles kord ühes oma kõnes: „Vaene on see, kelle elamut ei kaunistata klaas.“

See oli öeldud rohkem sõnadetegemiseks, sest tõepoolest oli klaas Roomas ikkagi luksusasjaks.

Rooma meistrite kogu rafineeritud kunst ei suutnud luua kõige harilikumaid meie aja tarbeasju. Roomlased näiteks ei tundnud peegleid, ja rooma kaunitarid pidid leppima oma tuhmi ning ähmase peeglipildiga hõbedast või vasest tahvlikesel.

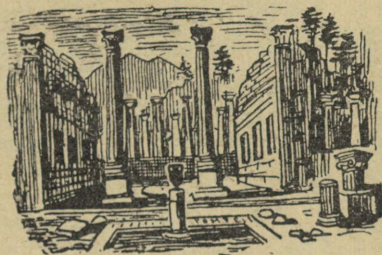
Ka aknaklaasi ei osanud roomlased valmistada ja isegi tsesarite pidustused toimusid poolpimedates saalides.

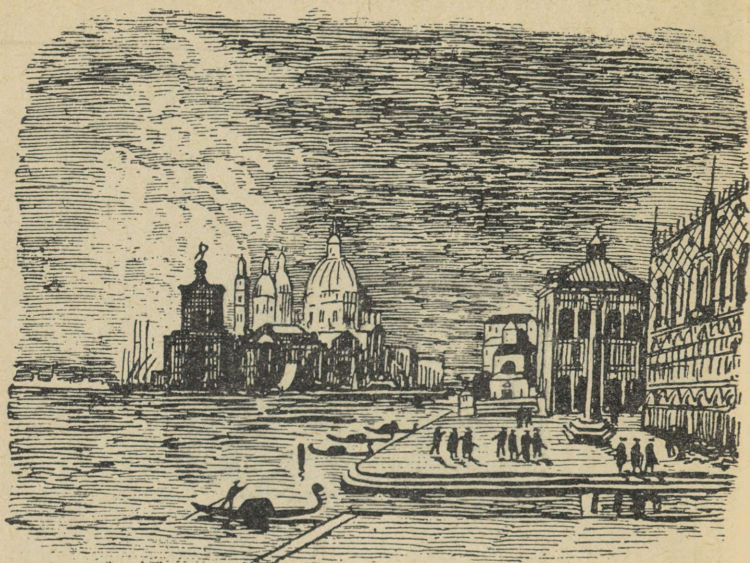
Poole maailma valitseja Nero oli lühinägelik, ei omanud aga paari lihtsaid prille; kui ta tahtis vaadelda midagi paremini, siis tõstis ta silmade ette lihvitud smaragdi.

Rooma klaasitöölised tõid oma käsitöösse rohkesti uusi võtteid. Nad leiutasid klaasipuhumispiibu. Nad

õppisid klaasi värvustama. Nad oskasid teha imetlusväärselt kauneid klaaskarikaid ja -vaase.

Aga neil ei läinud korda valmistada klaasesemeid odavatenä, kättesaadavatenä kogu rahvale.





Kolmas peatükk.

Kunstlik tulemägi.

1500 kraadi.

Nõukogude Taga-Kaukaasia mägedes asetseb ilus Goktša järv. Tema lähedusest leitakse rohkesti imelikke kive. Nad sarnanevad klaasikildudega — on niisama läikivad, teravate, lõikavate äärtega. See on vulkaaniline klaas, mis kunagi vanasti on tulemäe poolt koos laavaga välja paisatud ja seejärel maapinnal tardunud. Maa sisemuse kohutavas kuumuses vedeldus ning segunes

mitmesuguseid olluseid; nad sulasid ühte ja paiskusid sügavusest välja.

See klaas on maakera enese kingitus. Aga miks ei tehta temast karavine, joogiklaase, pudeleid?

Vulkaanilist klaasi (teda nimetatakse ka laavaklaasiks ehk obsidiaaniks) leitakse harva, — temast oleks võimalik valmistada väga vähe esemeid. Sellel klaasil on inetu, must või hall värvus, pealegi on ta raskesti töödeldav. Seetõttu tulebki meil teha kunstlikku klaasi.

Et teha klaasi, ehitas inimene midagi väikese tulemäe taolist, nimelt klaasisulatamisahju.

Et liiva, sooda ja lubja osakesed laguneksid ning siis jälle uuel viisil ühineksid, moodustades uue aine, mida me nimetame klaasiks, selleks on vaja väga suurt kuumust, väga tugevat tuld.

„Klaas on tema poolt sünnitatud: tuli on tema isa,“ — nii kirjutas kahe saja aasta eest meie geniaalne õpetlane Mihhail Vassiljevitsš Lomonossov. Ja tema sõnad on muidugi täiesti õiged.

Meieaegsetes klaasisulatamisahjudes saavutatakse 1500-kraadiline temperatuur. Kuidas anda kujutlust sellest kuumusest? Kujutleme minutiks, et priimust oleks kuumutatud kuni 1500 kraadini. Sel juhul sulaksid kõik tema osad, mis on valmistatud valgevasest ja rauast. Priimus sulaks nii nagu kuumale pliidile visatud vaha küünal!

Aga kui meie toaahi kuuneneks kuni 1500 kraadini? Siis sulaksid tellised, millest ta on ehitatud, ja hakkaksid voolama tuliste jugadena!

Klaasisulatamisahi on endastmõistetavalt ehitatud mitte harilikkudest punastest tellistest, vaid tulekindlastest kunstkividest. Need tehakse erilisest savist, mis kannatab pehmenemata 1700-kraadilist ja kõrgematki kuumust.

Iga tulekindel kunstkivi on ligi pool meetrit paks ja kaalub üle saja kilogrammi. Ent isegi need tohutud kunstkiivid purunevad vedela klaasi söövitavast toimest 1500 kraadi temperatuuris. Möödub vaevalt üle poole aasta, kui need tuleb juba asendada uutega: vanad kunstkiivid on peaaegu läbi põlenud.

Klaasisulatamisahi ei sarnane hariliku toaahjuga; ta ei ole vähem kolmekorruselisest majast — säärasest majast, millesse võib mahutada kakskümmend viis kuni kolmkümmend korterit. Klaasisulatamisahi kaalub rohkem kui kaks tuhat tonni, see on umbkaudu kahekümne kõige raskema veduri kaal.

Kuid kes leiutas säärase ahju?

Ta on leiutatud mitte ühe inimese, vaid kümnete, isegi sadade inimeste poolt.

Seda ahju loodi ning täiustati järk-järgult mitmete sajandite jooksul.

Klaasisulatamisahi — see on inimkonna kahe tuhande aastase töö, imetlusväärse leidlikkuse ja hiiglasuure visaduse mälestussammas.

Õpetatud munk.

Esimese klaasisulatamisahju ehitašid, nagu juba teame, roomlased. Need roomlaste põlvkonnad, kes valmistasid selles ahjus klaasi, on juba ammu kadunud.

Rooma riikki lakkas olemast VI sajandil. Tema asemele tekkisid uued riigid. Möödus sajandeid ja sajandeid. Ent rooma ahi elas kõik selle üle. Sellesama ehitusega ahjudes jätkati klaasivalmistamist kuni XVIII sajandini.

Selle ahju ehituse üle võime otsustada munk Theophiluse raamatu põhjal.

Theophilus oli õpetatud ning töökas inimene, kes ei

sarnanenud enamiku munkadega. Oma suures kolmeköitelises teoses, mis on kirjutatud XI sajandil, jutustab Theophilus maalikunstist, muusikast, kullassepakunstist, elevantiluunikerdamisest, klaasivalmistamisest.

Kõike seda oli ta tegelikult tundma õppinud; ta ise oli kunstnik, klaasivalmistaja ning kullassepp.

„Niisiis, mu armastatud poeg,“ pöördub Theophilus oma raamatu eessõnas lugeja poole, „sinule antakse siin tasuta seda, mida teised saavad ainult tänu piinarikastele jõupingutustele, eluohuga ületades meresid, kannatades nälja- ning janupiinu või läbi tehes pikaajalist õppimis-orjust, piineldes rahuldamatus teadmishimus. Neela siis ahne pilguga see traktaat mitmesugustest kunstidest, loe teda ning jäta ta armastusega meelde. Kogu ning säilita, mu kallis poeg, need õppetunnid, millised said mulle osaks mu rohketel reisudel, mu töödes ja vaevades. Ja kui sa oled omandanud kõik need teadmised, siis hoidu ihnsusest ning anna see kõik omakorda edasi oma õpilastele.“

Kuidas nägi siis välja klaasisulatamisahi Theophiluse aegadel? Ta oli väike, väga madal, teda köeti puiduga ja tal puudus suitsukorsten. Suits väljus tööakende kaudu, see on — läbi nende avauste, mille kaudu töölised ammutasid klaasi. Peale selle tungis suits välja ka läbi pragude telliste vahel, tulles ruumi, milles töölised puhusid klaasnõusid.

Tolleaegsel ahjul oli veel teinegi puudus: leek läbis teda liiga kiiresti, suutes temale üle anda ainult väga väikese osa



oma kuumusest — umbes ühe kolmekümnendiku. See tähendab, et kolmekümnest ahju heidetud puuhalust põlesid kakskümmend üheksa ära ilma mingi kasuta — nad kuumendasid õhku tehase kohal, aga mitte klaasi. Seejärest oldi sunnitud sulatama klaasi kaks korda, nii nagu seda tegid egiptlasedki.

Klaasi sulatati endist viisi pottides. Mõnekordse tarvitamise järel potid riknesid, põlesid läbi. Tuli põlevast ahjust vanad potid välja kiskuda ja nende asemele uued panna. Tehase omanik ei võinud nõustuda, et esmalt oleks ahi ära jahutatud ja alles seejärel potte vahetatud.

Ahi ära jahutada ja siis uuesti kuumaks ajada — see on pikk toiming. Selleks oleks kulunud mitte alla kuue päeva — kuus päeva ei oleks tehas andnud tulu.

Potte vahetati ilma ahju kustutamata. See toimus järgmiselt.

Tööline tõmbas selga paksust seanahast ülikonna ja kattis pea umbkiivriga, milles olid väikesed avaused silmade jaoks. Kätte pani ta kolmekordsed nahkkäpikud. Selles rõivastuses muutus ta väga sarnaseks tuukriga. See sarnasus suurenes veelgi, kui talle valati selga tünnitäis vett.

„Vettesukelduja“ või õigemini „tullesukelduja“ tõukas koogu abil uue, juba tuliseks aetud poti otse märatsevasse tulemerre. Tulekeeled viskusid ahjust välja ja noolisid ahnelt kogu inimest. Tema rõivaist tõusis pilvedena auru.

Ei olnud õhku hingamiseks. Oli vaja kuum pott võimalikult kiiresti kohale seada, paigutada ta täpselt selle ahjuavause ette, mille kaudu hakatakse klaasi võtma...

See päev, mil tuli vahetada potte, oli klaasitehases kõige raskem päev. Kuid ega teisedki päevad palju kergemad olnud...

Neil aegadel pidid maalikunstnikud sagedasti valmis-

tama kirikute jaoks pilte, mis kujutasid patuste piinu põrgus. Maalikunstnikud püüdsid saada kujutlust, mis-sugune peaks see põrgu olema, milles peaks seisma tema õudsus.

Ja siis, lugenud küllaldaselt kiriklikke raamatuid, nad maalisid pimedaid, kibeda suitsu pilvedega täidetud maa-aluseid ruume, kusagilt väljasööstvaid tulekeeli ja alasti patuseid, kes hingeldavad palavuses ja suitsus, kelle näod on valust virildunud.

Kõik see oli väljamõeldis.

Ent kui imekspandavalt sarnased on need pildid sellega, mis toimus klaasitehases!

Tehases oli tõepoolest alatine hämarus, keerles pilvena suits, lõõskas tuli. Kord siin, kord seal lõõmatlesid äkki pimestavalt vabisevad tulikerad. Poolalasti inimesed, näod pingutusest moondunud, puhusid kõigest jõust raudsetesse torudesse ja raputasid, keerutasid ning võngutasid hõõgkuumi keri.

See oli tõeline, mitte väljamõeldud põrgu.

Aga inimesed, kes töötasid selles põrgus, olid täielised kunstnikud.

Nad piinlesid ning kõrvetasid endid, töötades hõõgivate ahjude juures, ja lõid ülikauneid asju: lõõmavasse klaasi puhusid nad mitte ainult õhku oma kopsudest — nad panustasid hapraste klaasi oma hinge, oma tungi ilule.

Murano saarel.

Kahe kilomeetri kaugusel Veneetsiast, Aadria mere sinises laguunis asetseb Murano saar. Isegi mitte igas teatmeraamatus ei mainita teda, samuti ka mitte väikest linnakest, mis kannab sama nime.

Ja tõepoolest, mida tähelepanuväärivat leiab siin turist? Murano linnas on praegu vaevalt viis tuhat elanikku, nende hulgas rohkesti kalureid ja meremehi.

Linnas on seitsmesaja aasta eest ehitatud basiilika, on muuseumiks muudetud vanaaegne piiskopiloss. Ja see ongi peaaegu kõik, mida võib praegu öelda sellest unustatud linnakesest.

Age aastat kuussada tagasi oli Murano saar tuntud kogu kultuursele maailmale!

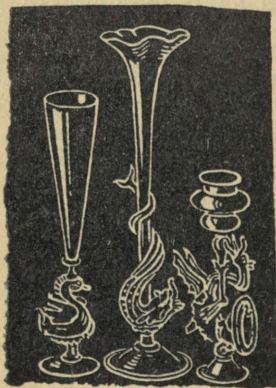
Siis elunes linnas mitte viis, vaid kakskümmend viis tuhat elanikku, kes peaaegu kõik olid osavad klaasivalmistajad. Klaasitööstuse alal tegutses saarel umbes kolmsada töökoda, tehast ja kooli.

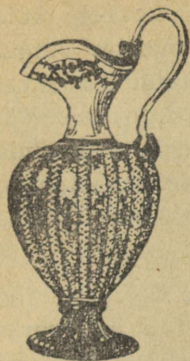
Murano päritoluga vaase hinnati kõrgelt, mõningaid mitu korda kallimaks kui kulda.

Ükskord palus Austria keiser Maximilian Burgundi hertsogilt laenuks suuremat summat raha, umbes sada tuhat kuldrubla. Hertsog vastas, et ta on nõus raha laenuks andma ainult sel juhul, kui keiser annab talle pandiks samaväärse eseme.

Keiser saatis siis hertsogile kollasest klaasist vaasi — ainult ühe vaasi, mis oli valmistatud Murano meistrite poolt. Ja hertsog rahuldus sellega ega hakanud nõudma midagi rohkem.

Murano saar kuulus Veneetsia vabariigi koosseisu, aga ta oli nagu riik riigis, nagu eriline klaasivalmistajate vabariik. Sellel klaasivabariigil oli oma seadustekogu, ta müntis oma raha, teda valitses oma Ülemnõukogu; viimane valiti kõigi ko-





danike poolt püha Nicolause, klaasivalmistajate kaitsja päeval.

Klaasivalmistajate kunsti hinnati nii kõrgelt, et iga Murano kodanik, kes sai meistriks, tõsteti ühtlasi aadliseisusse. Tema nimi kanti Murano saare „kuldraamatusse“. Meistril-klaasivalmistajal oli õigus anda oma tütar naiseks kõige suursugusemale ning uhkemale Veneetsia aukandjale — seesugune abielu loeti võrdväärseks. Säärastest õigustest ning eelistest ei tohtinud muude alade käsitöölised unistadagi.

Kõigi nende õiguste ning eeliste eest loovutasid muranolased oma vabaduse.

Murano klaasivalmistajad olid linnud kullatud puuris: nende meisterlikkus loeti riigisaladuseks; nad olid vangid, kes pidid viibima oma saarel kuni surmani.

Iga meister oli salapolitsei range järelevalve all. Tal ei olnud luba lahkuda saarelt, reisida mõnele teisele maale.

„Kui mõni tööline või meister viib oma kunsti Veneetsiast kuhugi teise kohta vabariigi kahjuks, siis saadetakse talle käsk tagasi tulla.

Kui ta käsku ei täida, siis pannakse vangki temale kõige lähemad isikud, et sellega teda sõnakuulmisele sundida.

Kui ta ikkagi kangekaelselt soovib võõrsile jääda, siis saadetakse tema järele inimene, kellele tehakse kohustusks teda tappa.“

Nii oli Veneetsia vabariigi seadus. Ja seda seadust teostati tõeliselt.





XVI sajandi keskel töötas saarel kuulus meister Angelo Beroviero. Ta valmistas suurepäraseid värvilisi pokaale. Värviliste klaaside valmistamise retseptid kirjutas vana meister korralikult nahkköites raamatusse.

Tema abiline Giorgio Ballerino, valides paraja aja, varastas peremehe tagant palavasti ihaldatud raamatu ja kirjutas salajased retseptid maha. Seejärel pani ta raamatu kohale tagasi ja põgenes ise pimedal tormisel ööl saarelt.

Põgeniku ülesotsimiseks saadeti Veneetsia vabariigi nõukogu poolt salakuulajad.

Kaks aastat otsisid need retseptide röövijat ja leidsid ta lõpuks ühes väikeses Saksa linnakeses; ta oli avanud seal klaasitöökoja.

Ja ükskord öösi oli Giorgio töökoda põlema süüdatud; see põles maani maha ja Giorgio laip leiti pistodaga südames...

Mõnel muranolasel õnnestus aeg-ajalt siiski pääseda kohutava nõukogu kättemaksust ja võõrsil edukalt elama asuda. Need põgenikud viisid muidugi oma kunsti kaasa nendesse riikidesse, kuhu nad asusid.

Laululind laulab ka puuris. Murano kunstnikud-klaasivalmistajad, kes elasid vangipõlves, lõid imetlusväärset kauneid asju.

Õhukestest, läbipaistvatest klaasilehekestest töötasid nad välja kõige kummalisemaid ornamente — roose, lohesid, tiibu, lehve — ning kaunistasid nendega veiniklaase ja pokaale.

Veneetsia klaasivalmistajad voolisid sääraseid kaunistisi vaevanõudvalt kõige lihtsamate tööriistade — tangikeste, konksukeste, pulgakeste abil.

See peen töö nõudis lõpmatut kannatust ning haruldast osavust. Õhuke klaasileheke tardus ning jäikus kiiresti, teda tuli ühtelugu uuesti soojendada. Seetõttu töötati väga lähedal kõrvetavat kuumust kiirgavale klaasisulatamisahjule: kui minna eemale, siis jahtuks kuumaks aetud leheke teel.

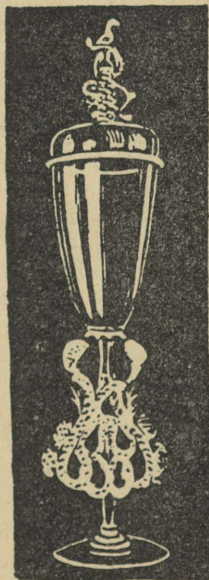
Uhte parimatest Murano pokaalidest võib näha Lenini-gradis Ermिताажis: ta kõrgus on pool meetrit ja ta seinad on nii õhukesed, et tundub — puhud ta peale ja ta tõuseb lendu nagu udusuleke. Ta ümmargune sügav kauss on täiesti kaunististeta. See-eest on ta jalg ja peajasjalikult kaas harukordselt kaunistatud. Siin näeme lehve, õisi, ornamente; need on voolitud roosi kroonlehe taoliselt õhukestest klaasilehekestest. Ulal, kõrge kaane tipus, istub väike linnuke.

Raske on uskuda, et see kõik on tehtud kõige harilikumast klaasist.

Näib, et ei ole sääraseid loomi, keda Murano meistrid poleks voolinud klaasist: oli karikaid ja kanne lindude, kasside, triitonite, lõvide kujul, oli vaase gondlite, galeeride, kellatornide kujul — kõike seda nad voolisid ja puhusid nende käes nii kuulekast klaasist.

Muranolaste suurimaks saladuseks oli filigraanklaas: kann läbipaistvast klaasist, mis oli kaunistatud tema seintesse asetatud piimja klaasi niitidega.

Kauaks jäi see Murano meistrite saladus avastamata. Aga ülejooksikud





avaldasid selle saladuse teiste maade meistritele. Ta sai tuttavaks ka Veneemaal „vitji“ nime all.

Filigraanklaasi tehakse nii. Suur hulk piimja klaasi kokkukeeratud ribakesi asetatakse metallvormi piki selle seinu. Seejärel puhutakse samasse vormi tombuke läbipaistvat klaasi; ribakesed kleepuvad selle külge. Tombuke kastetakse veel kord läbipaistvasse klaasi ja alles seejärel puhutakse temast pokaal või kann; siis osutub, et selle seintes on klaasniitidest võrguke.

See on muidugi väga peen töö, mis õnnestub ainult vilunud meistril.

Murano saar oli kuulus mitte ainult oma filigraanklaasi ja toredasti kaunistatud pokaalide poolest, vaid muranolased oskasid suurepäraselt ka klaasile maalida. See kunst tekkis juba Vana-Roomas.

Meie ajani on säilinud rooma karikas, millel on kujutatud kurgede kaklus muinasjutuliste kääbusinimestega — pügmeedega. Pillirootihnikus ründavad pisitillukesed sõdurid vapraستی oma vaenlasi. Kured tõrjuvad rünnakut tagasi, plaksutades tiibadega ja plagistades pikkade nokkadega.

See pilt on joonistatud karika välispinnale käsitsi. Pilliroog on joonistatud rohelise värviga, kured — kollasega, pügmeed — punasega.

Muranolased kaunistasid oma pokaale ja vaase joonistega veel paremini kui roomlased; nad töötasid pintslikestega, kandes klaasile värvilist emaili või peent kullakihti.

Veneetsias oli kombeks kinkida pulmadeks koloreeritud kõrgejalgseid po-



kaale. Uhel neist pokaalidest oli peigmehe, teisel pruudi pilt. Säärastest pokaalidest jõid vastabiellunud pulma-peol veini.

Oli ka seesuguseid pokaale, millele olid joonistatud terved väikesed pildid, mis kujutasid kõige sagedamini vana-kreeka kangelaste mitmesuguseid seiklusi.

Kuldjoonis ei ole nii vastupidav kui emailjoonis: kuld hõõrdub kergesti ära ning pilt võib hävida. Et seda ei juhtuks, hakkasid Murano meistrid oma jooniseid katma peene klaasikirmega. See kirme oli läbipaistev ning seetõttu märgatamatu.

Mitte põhjuseta ei säilitata Veneetsias valmištatud pokaale ja vaase kogu maailma muuseumides. Nendesse habrastesse, elegantsetesse esemetesse on panustatud palju tööd ja kunsti. Sest neidsamu instrumente ning neidsamu ahjusid omasid juba varemini rooma ja büt-santsi meistrid. Aga keegi peale muranolaste ei osanud klaasi nii kunstipäraselt töödelda.

Ahi — teemasin.

Klaasitehased vajasid rohkesti puitu, ja nimelt head puitu, palju kuumust andvaid liike — kaske, mändi, pöök-puud. Seepärast ehitati säärane tehas tavaliselt kõige tihedamasse metsapadrikusse, et alati oleks puitu käepärast. Kuid möödus aasta või kaks, ja mets nagu oleks tehasest eemale nihkunud: metsa serv läks ikka kaugemale ja kaugemale, sedamööda kui puud maha raiuti. Aga aasta kuue-seitsme pärast ilmnas, et tehas seisab lagendikul ja mets paistab kusagil kaugel-kaugel silmapiiril.

Mets jooksis tehase juurest ära.

Ja siis hakkas tehas metsa taga ajama. See toimus

väga lihtsalt: kuur ja ahi lammutati; kõik, mis osutus veel tarvitamiskõlblikuks, veeti uuele kohale. See valiti jälle metsa sügavusse; siin kasvas tehasekene nädala jooksul uuesti üles.

Kuid nii võis talitada ainult metsarikastes maades. Ja ka seal ähvardas klaasivalmistamine hävitada aja jooksul kõik metsad.

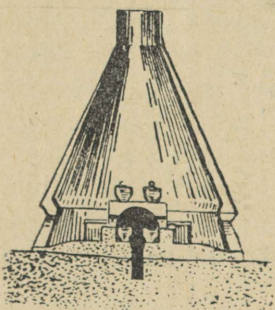
Aga mida tuli ette võtta sääraustes riikides, nagu on Inglismaa? Juba siis oli seal metsi väga vähe.

Esimestena läksid rahutuks inglise laevaehitajad: nad vajasisid head metsa mastide jaoks, laevakerede jaoks, laevade üldise väljatöötamise jaoks. Ka mööblimeistrid vajasisid head puitmaterjali. See aga jäi iga aastaga vähemaks ning vähemaks.

Klaasivalmistamine mitte ainult ei häirinud muid käsitöölasi, vaid ähvardas varsti hävitada ka iseenda: kui kõik metsad on ära tarvitatud, siis kustuvad paratamatult ka klaasisulatamisahjud ja klaasi enam ei saa...

Inglise valitsus otsustas klaasivalmistajatele keelata ahjude kütmise puiduga — anti käsk üle minna söele: söe poolest on Inglismaa rikas.

Sellekohane range seadus anti välja 1615. aastal.



Kuid seadust välja anda oli märksa kergem kui sundida ahjusid sütt tarvitama. Mida kõike tegid küll klaasisulatajad selleks, et sütt põlema saada! Nad purustasid teda väikesteks tükikesteks, soojendasid neid tükikesi tuleriidal enne ahju panemist, valasid neile petrooleumi, õli, isegi piiritust. Miski ei aidanud. Söele ei jätkunud põlemiseks õhku. Raske suits roomas laisalt mööda

ahju, nagu ei raatsiks ta sealt lahkuda. Seejärel laskus ta pikkamööda alla ning kustutas vaevalthõõguva tulukese.

Nähtavasti oli tarvis ahi tervenisti ümber teha selleks, et saada tugevat tõmbust ja sundida sütt põlema kuuma leegiga.

Ja seda tegi inglise klaasivabrikant Telwell.

Ta ehitas laia maa-aluse tunneli; selle kaudu tungis õhk võimsa joana koldesse, läbis põleva söe kihi ja vuhi-
ses üles. Peale selle ümbritses Telwell kogu ahju kaitse-
kattega, mis oli ahjust enesest kuus korda kõrgem. Kaitsekate oli ülalt kitsam. See moodustas omamoodi korstna — praeguse vabrikukorstna algkuju. Aga see korsten ei asetsenud ahju peal; vastupidi — kogu ahi, kogu tehas oli peidetud sellesse laia korstnasse.

Kujunes välja otsekui hiiglasuur teemasin; ent viimas-
ses on korsten keskel, siin aga — vastupidi — klaasi-
sulatamine toimus keskel, kuna õhuvool möödus ahjust igast küljest.

Telwell'i ahi lasti käiku 1618. aastal. Süsi põles temas hästi. Lõpuks ometi oli saavutatud säärane temperatuur, mis võimaldas piirduda klaasi ühekordse sulatamisega senise kahekordse asemel. Uues ahjus valmis klaas võr-
ratult kiiremini.

Inglise klaasivalmistajad ei taotlenud ilu ega ele-
gantsust. Nad valmistasid vastupidavaid ning käepäraseid
pudeleid, viinaklaase, karavine, klaase.

Muu hulgas hakkasid nad esimestena valmistama
klaasist tindipotte. Varem tehti tindipotid nahast, sar-
vest või metallist. Inglise klaasivalmistajate poolt leiu-
tati ka ohutud tindipotid, millest tinti välja ei joosnud,
kui nad ümber kukkusid. Selleks painutati tindipoti ääred
sissepoole — kui seesugune tindipott ümber kukkus, siis
voolas tint ääre süvikusse ja ei joosnud välja.

Valmistati ka erilisi kaasaskantavaid tindipotte — väi-



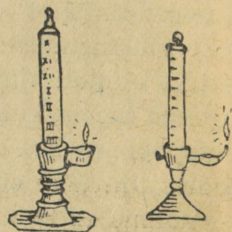
kesi pudelikesi nõnda kitsa kaelaga, et sealt mahtus läbi ainult hanesulg. Neid kanti rinnataskus. Uhel vanaaegsel joonisel on kujutatud kirjutaja säärase tindipotiga; joonisel on allkiri: „Jack teenistuses“.

Rikaste linnakodanike jaoks puhuti välja taevassinised klaaskerad valgete triipudega. Selliseid keri nimetati „nõiakeradeks“. Neid asetati majade välisuste ette: oletati, et nad kaitsevad haiguste eest. Juhtus, et need talismanid äkki hirmsa mürtsuga lõhkesid.

Keegi inglise meister leiutas erilise seadise — lampkella; õli tase klaaslambis alanes tunni ajaga ühe pügala võrra. Kui näiteks süüdati lamp kell üksteistkümmend ja õli tase alanes nelja pügala võrra, siis oli võimalik ainsa pilguga otsustada, et peab olema kell kolm öösi. Muidugi oli selle seadise järgi võimalik määrata kella-aega ainult ligikaudu.

Saksa meistrite leidlikkus ei olnud väiksem. Aga nende leidlikkus oli hoopis teist laadi, piirnedes sagedasti mõttetusega. Kõige harilikumatele asjadele püüdsid nad anda ootamatut, kentsakat vormi.

Nii näiteks valmistasid nad meestesaapa või naistekinga kujuga pokaale või jälle sääraseid, mis kujutasid hobuseid, linde, koeri. Üks meister valmistas isegi torupillikujulise kannu kahe toru ja vanguga. See kann oli salaviguriga: temast ei saanud kuidagi veini valada, kuigi ta oli täidetud. Salavigur seisnes selles, et kannu tuli hoida mitte vangust, vaid kerest. Vähe sellest — kui vein lõpuks hakkas välja voolama, siis ei voolanud ta





mitte kahe laia ning suure toru kaudu, vaid väikesest külgmisest nibust, pritsides lähedalolijad täis: selgus, et suured torud olid vaid petteks. Saksa meistrid mõtlesid välja maailma kõige pentsikumad karikad — „kutterolfid“. Et juua kutterolfist, oli vaja kannatlikkust: vein roomas laisalt mööda torukesti ning sattus suhu ainult tilkhaaval. Ja kogu aja, kui inimene jõi, kajasid tema kõrvades toonekure metsikud karjed: seda tekitas õhk, mis tungis vaevaga läbi karika kitsaste kanalite.

„Trahvi“-karikast oli veelgi raskem juua. Väliskujult tuletas see meelde oma kübarale kummutatud seent. Temast sai juua ka vaid tilgakaupa ning ainult sel teel, et teda kogu aeg ringi keerutati.

Kasulik suits.

Inglise klaasisulatamisahi neelas väga palju sütt. Arusaadavalt mõtisklesid siis paljud leidurid küsimuse üle, kuidas seda ahju täiustada ning ökonoomsemaks teha. Kahesaja aasta jooksul ei õnnestunud see kellelgi.

Aga miks see ahi õieti oli ebakasulik?

Seepärast, et sütt kulus väga palju ning lendus õhku palava suitsuna, mis oli kummutatud kuni 900 kraadini. Peale selle jahutas leeki väljast ahju voolav õhk. Leegi

temperatuur oli umbkaudu 1300 kraadi, aga õhk oli külmadel päevadel umbes 10 kraadi alla nulli. Erinevus, nagu näha, on väga suur. Ja see külm õhk voolas kogu aja võimsa joana ahju, võttes leegilt selle kuumuse.

Külm ei olnud mitte ainult õhk, vaid ka süsi. Ka see pidi esmalt soojenema, et põlema hakata. Sellekski kulus soojust.

Süsi ja õhk olid nagu vargad, kes võtsid ahjult osa tema soojusest ära. Ja suits viis enesega kaasa teise osa soojust ning kulutas selle viljatult.

Kuidas vabastada ahi kõigist neist puudustest? Selle raske ülesande lahendas Friedrich Siemens.

Tema mõte oli geniaalselt lihtne: ahju sisenevad külm süsi ja külm õhk, aga ahjust lahkub ilma mingisuguse kasuta kuum suits. Püüdkem siis ometi see suits kinni ning sundigem teda andma oma soojust söele ja õhule!

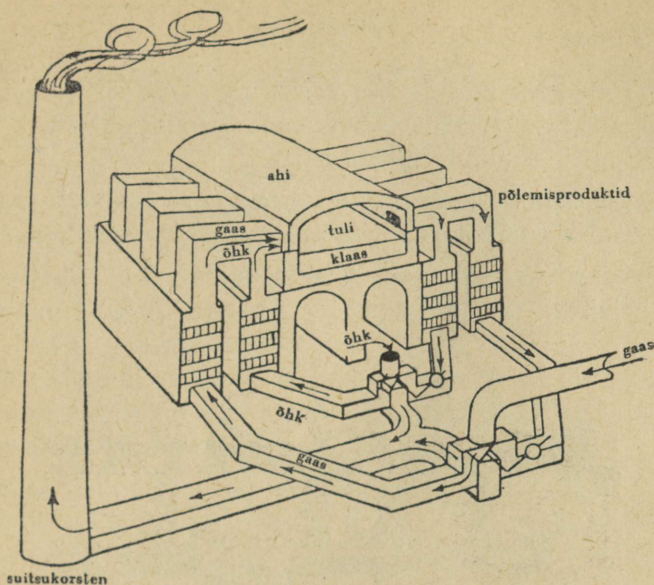
Selleks otsustas Siemens kõigepealt söe gaasiks muuta. Sel ajal osati juba söest põlevgaasi saada. Paljudes Saksamaa linnades töötasid tol ajal gaasitehased ning juhtisid gaasi torude kaudu korteritesse.

Siemens hakkas õhku ja põlevgaasi kuumutama suitsult äravõetud soojusega. Ta ehitas selleks erilised õhu- ja gaasikumutamiskäikude süsteemid, millised ta nimetas regeneraatoriteks, see on seadeldisteks soojuse tagasi- saamiseks.

Siemensi ahi on ehitatud järgmiselt. Temas on kaks paari käike-regeneraatoreid — parem- ja pahempoolsed.

Kuum suits lastakse enne korstnast väljumist, ütleme, pahempoolsetesse käikudesse. Nende seinad ja võred on varsti tulised. Seejärel suunatakse suits parempoolsetesse käikudesse, pahempoolsetesse aga lastakse nüüd juba õhk ja põlevgaas.

Läbides tuliseid käike soojenevad õhk ja gaas. Seevastu aga käikude seinad ja nende võred jahenevad. Vii-



maks on nad täiesti jahtunud. Mida nüüd teha? Nüüd on tarvis uuesti lasta suitsu läbida neid käike, gaas ja õhk tuleb aga lasta mööda parempoolseid käike — neid, mil-liseid just äsja kuumutades läbis suits.

Suits nagu valmistab ette, soojendab teed õhule ja gaasile. Teeb ühe tee soojaks, lahkub sellelt ja siirdub teisele. Ja seni, kui gaas ja õhk voolavad ettevalmistatud teed mööda, jõuab suits neile soojaks teha juba teise, naabruses oleva tee.

Nõnda lahendas Siemens teravmeelselt mõlemad üles-anded: soojus ei välju enam ahjust viljatult koos suitsuga, samal ajal aga õhk ja süsi ei võta leegilt tema kuumust.

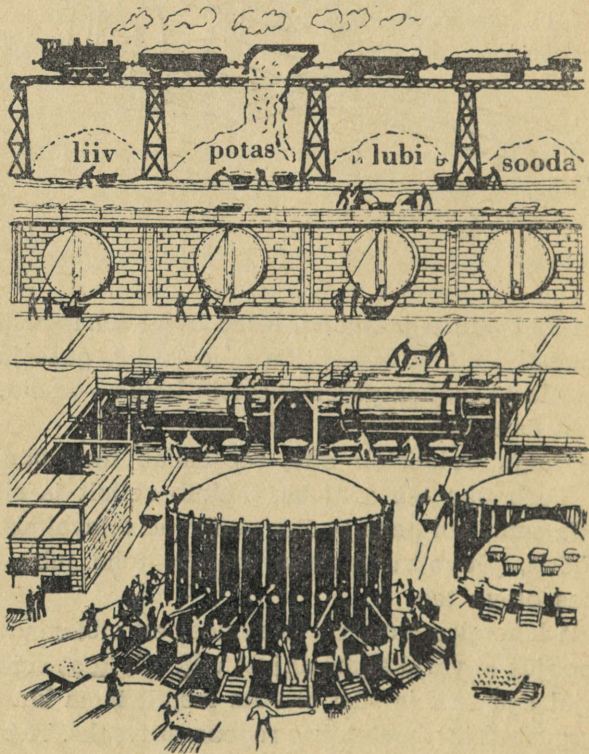
Seesugust ahju nimetatakse regeneratiivseks. Ta annab kergesti temperatuuri kuni 1450 kraadini ja isegi kõrgemat.

Klaasijärv.

On ebakasulik sulatada klaasi pottides: ahju on võimalik paigutada mitte rohkem kui kümme-viisteistkümend potti — ainult mööda ääri.

Kogu ahju keskosa on tühi, sinna ei saa asetada potte: klaasipuhuja ei ulatuks nendeni oma puhumispiibuga.

Kuidas vabaneda sellest ebamugavusest? Jällegi tuli abiks juhus.



Ühes saksa tehases, kuhu parajasti oli ehitatud uus Siemensi ahi, juhtus õnnetus. Veel vilumata klaasisulatajad ei osanud anda vajalist temperatuuri ja üks pott lõhkes. See tähendab, et voolas välja kolmsada kilogrammi klaasi, millest oleks võinud valmistada vähemalt poolteist tuhat joogiklaasi.

Sääraseid juhtumeid oli olnud varemgi, ja seepärast see viperus ei häirinud kedagi eriliselt. Aga kui tunni aja pärast lõhkes veel kaks potti ja poole tunni pärast lõhkesid kõik ülejäänudki — siis see oli juba suur õnnetus, täielik katastroof.

Klaas voolas mööda kogu ahju sisemust laiali, klaasi sees aga ujusid lõhkenud pottide tükid. See oli terve klaasijärv, leekidest lõõskav, valgusest hiilgav.

Kuidas panna nüüd ahju uued klaasipotid lõhkenute asemele? Tuleks ahi ära jahutada ning töö katkestada vähemalt kaheks kuuks. Aga seesugusel juhul on suured kahjumid möödapääsmatud.

Siis tegi üks töölistest ettepaneku jätta ahi kustutamata, pottide tükid klaasi seest lihtsalt välja õngitseda ja pärast seda klaas lõpuni sulatada mitte pottides, vaid otse ahjus.

Kogu viietuhanda-aastase klaasivalmistamise jooksul ei olnud seda mitte keegi kunagi katsetanud. Mis saab siis, kui sula klaasi järv ahju seinad läbi põletab ning vabadesse paiskub? Ta põhjustab hirmsaid õnnetusi.

Kuid tehast seisma jätta ei tahtnud ka mitte keegi. Otsustati riskida ning klaas lõpuni sulatada.

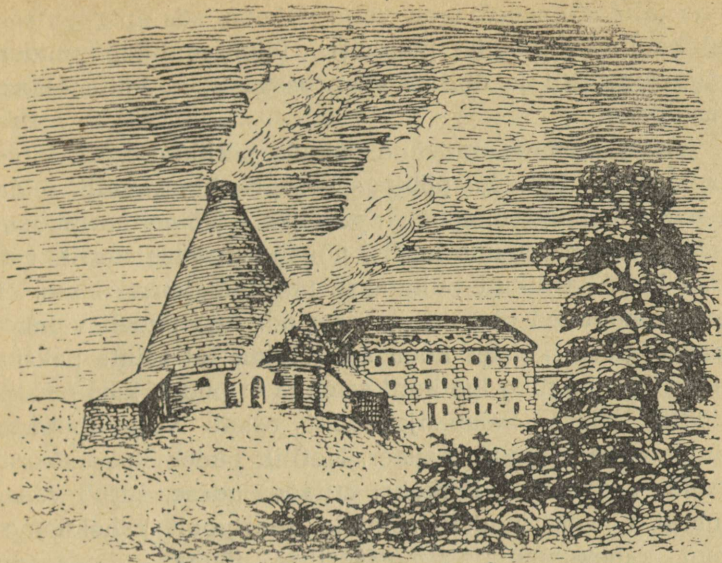
Kõikide imestuseks ei juhtunud mingit uut õnnetust; klaas sai niisama hea kui varemgi.

Pärast seda juhtu hakati paljudes tehastes klaasi sulatama mitte enam pottides, vaid otse ahjus.

Nõnda hakati ilma igasuguse ümberehitamiseta, ilma mingisuguste kulutusteta saama kaks korda rohkem

klaasi kui varemini. Hiljem muidugi täiustati ahjude ehitust, kohastati neid klaasisulatamiseks ilma pottideta. Nii tekkisid vannahjud. Need sarnanevad tõepoolest tohutute vannidega, kuid on vee asemel täidetud sulaklaasi tulise massiga.





Neljas peatükk.

Pudeli ajalugu.

Pudel pudelis.

Inimene on ammust ajast harjunud töötama kätega. Klaasipuhuja aga töötab peamiselt kopsudega — elundiga, mille loodus on määranud hingamiseks, kuid mitte otseselt töötegemiseks. Seepärast nõuabki tema töö erilaadset, millegi muuga raskesti võrreldavat pingutust.

Ei ole sugugi lihtne klaasist mulli valmis puhuda. Kui anda klaasipuhumispiip täiesti terve, tugeva inimese kätte, kes on esmakordselt juhtunud klaasitehasesse, ja

teha talle ettepanek mull välja puhuda, siis äpardub see tal hoolimata kõigist püüdeist. Piibusse tuleb puhuda väga tugevasti ja ühtlasi väga osavasti, et võita klaasi vastupanu.

Veelgi raskem on välja puhuda piklikku mulli kitsa kaelaga ja lameda põhjaga — seda klaasimulli, mida oleme harjunud nimetama pudeliks. Kõige harilikuma pudeli väljapuhumine käsitsi nõuab suurt meisterlikkust. Tõsi küll, harilikult puhutakse pudeleid vormi sisse, et nende mõõtmed oleksid alati samad. Aga pudeli valmistamisel peab meister kogu aja jälgima, et seinte paksus oleks ühtlane ning iga kord sama ja et pudeli kael omaks kindlat laiust. Šampanjapudelit oskab välja puhuda ainult väga vilunud meister. Harilik pudel, kui temasse valada seda veini, lõhkeks: eritades gaase, surub vana, kobrutav vein pudeli seintele seestpoolt kahekümnekuni kahekümneviie-atmosfäärilise jõuga — peaaegu niisama suurega, kui on auru surve kiirrongi veduri katlas.

Šampanjapudeli seinad peavad olema täiesti ühtlase paksusega. Tema põhi peab olema väga tugev, eriti seal, kus ta ühineb seintega: selles kohas lõhkevad pudelid kõige sagedamini.

Kõige paremaid, kõige tugevamaid pudeleid tellisid veinitöösturid harilikult Venemaalt. Vene meistrid nähtavasti oskasid pudeleid välja puhuda kõige paremini.

Pudelimeistrite hulgas esines oma töö täielikke meistreid, päris silmamoondajaid. Nad teostasid näiteks seesuguseid trikke.

Hariliku viinapudeli sees kõlgub klaasist kukeke, ainult pisut väiksem pudelist enesest. Kuidas pääses ta sinna kitsa pudelikaela kaudu?

Vanadel meistritel oli veelgi rabavam trikk. Liitriise pudelis on pooleliitrine ja selles omakorda veel väike

veerandliitrine pudel. Täiesti võimatuna tunduv asi: kolm pudelit, mis on asetatud üksteise sisse. Kuidas ometi on sellega hakkama saadud?

Meister puhus esmalt kõige vähema pudeli välja ja algas siis pooleliitrise pudeli puhumist. Klaasimull, näe, on juba pikenenud, omandab pudeli välimuse. Sel hetkel löikab meister kääridega kiiresti pudeli põhja lahti (tulist klaasi võib lõigata nagu paberit) ja pöörab ta kõrvale. Tehtud avause kaudu pistab ta mulli sisse väikese pudeli. Seejärel asetab ta põhja kohale ja kuumutab mulli uuesti tulel, — tehtud löikekoht keevitub kokku ning sileneb.

Täpselt samal viisil paigutas ta hiljem pooleliitrise pudeli kõige suuremasse, liitrisesse.

Nõnda lõbutsesid klaasipuhujad vanasti, nii püüdsid nad leida meelelahutust oma raskes, üksluises töös.

Robinet' pump.

Kui klaasipuhuja töö on raske isegi tervele inimesele, siis kümme korda raskem oli ta Robinet'le. Ta töötas kuulsas Baccarat' kristallivabrikus Prantsusmaal. Robinet'l olid väga nõrgad kopsud, ta põdes sagedasti. Ta piinles kujutletamatult, välja puhudes päeva kohta tuhat ning rohkemgi pudelit. Ent tööst loobuda polnud võimalik: tal oli suur perekond.

Ja siis hakkas Robinet mõtlema, kuidas oma rasket tööd kergendada, millise jõuga võiks inimkopsud asendada. Töölised naersid veidriku üle, kes puhkamise asemel hakkas pärast kümnetunnist tööd veel midagi meisterdama.

1828. aastal, pärast kaheaastast visa tööd, ehitas Robinet siiski oma seadeldise valmis. See oli erilise

konstruktsiooniga õhupump. Harilik, jalgrattapumba-
taoline õhupump ei kõlba pudelite väljapuhumiseks: ta
on liiga nõrk, temaga tuleb kaua pumbata. Selle aja
jooksul klaas muidugi jahtuks. Pealegi on see käsipump,
klaasipuhujal aga on käed hõivatud puhumispiibuga.

Robinet' pump töötab jala jõul. Jalgpedaal surus tuge-
vat vedru, see tõmbas pumbakannu alla ja imes õhku
silindrisse. Kui vedru lasti lõdvaks, suruti õhk silindrist
välja, ta tungis läbi puhumispiibu klaasitombukesse ja
paisutas seda.

Oli muidugi vaja suurt pingutust, et tugevat vedru
kokku suruda, ja jalale oli see väsitav. Kuid töölise kop-
sud olid tööst vabastatud.

Robinet' pump ei olnud võimeline pudeleid välja
puhuma nõnda osavasti, nagu seda tegi inimene oma
kopsude abil.

Seepärast ei leidnud säärane pump suuremat raken-
damist. Robinet jäi kehvikuks, aga ta oli õnnelik juba
seepärast, et suutis kergendada oma seltsimeeste-klaasi-
puhujate tööd kahes-kolmeski tehases. Sada aastat pärast
Robinet'd võtsid meie nõukogude insenerid endale uuesti
ülesandeks konstrueerida säärane klaasipuhumispiip,
mis puhuks klaasesemeid mitte inimkopsude, vaid suru-
õhu jõul.

Kaasaegne tehnika võimaldas lahendada seda üles-
annet loomulikult palju paremini, kui seda suutis teha
Robinet, ja automaatseid klaasipuhumispiipe kasutatakse
praegu mõnes meie tehases.

Põhimiselt aga liikus klaasitootmise mehhaniseeri-
mine hoopis teisi teid mööda. Seal, kus polnud nõuta-
vad kunstniku võimed, vaid ainult täpsus ning meister-
likkus, osutus tehnika arenemisel võimalikuks täiel mää-
ral asendada inimese ränka tööd keerukate ja täpsete
masinate tegevusega.

Michael Owens ei unustanud oma lapsepõlve.

1859. aasta esimesel päeval sündis inglise söekaevuri Owensi perekonnas poeg — Michael. Eriti rõõmsalt teda vastu ei võetud: pere oli suur, ajad aga rasked. Perekonnaisa teenistus oli päris väike. Tal tuli sagedasti, kui raha õhtusöögiks ei jätkunud, lõbustada oma lapsi mõne ootamatu väljamõeldisega. Seesuguste vigurite peale oli ta suur meister. Traaditükist, laastukestest ja lapikestest oskas ta teha näiteks konna, mis hüppas mööda tuba nagu elus konngi.

Samasugusest lihtsast materjalist meisterdas ta mänguvedureid, -aurikuid, -veskeid; ja kõik need liikusid, tiirlesid, töötasid. Oma naisele Maryle ehitas ta tuulemootori, millega võis oivaliselt kohvi jahvatada. Häda seisnes aga selles, et ei olnud midagi jahvatada: perekonnal puudus mitte ainult kohv, vaid kaunis sagedasti leibki.

On arusaadav, miks Michael, kui ta sai üheksa-aastaseks, saadeti kooli asemel rõskesse ning süngesse söekaevandusse. Siin, sügaval maa all, hakkas ta oma isa abistama. Tundide kaupa roomas pisike söekaevur põlvedel märjas, pimedas ning õudses augus, vedades enda järel rasket kelku söega.

Aga poisikesel oli „õnne“: ta vahetas varsti töökohta — ta asus klaasitehasesse kütja käealuseks. Michael segas süsi koldes, purustas kokkupõlenud süte koorukest, käsitsedes suure pingutusega rasket roopi. Tema kohuseks oli tugeva tule säilitamine ahjus, ja tehase valitsejat ei huvitanud see põrmugi, et poiss saab põletushaavu kuumadest söetükikestest ning lämbub ahju-gaasidest. Veelgi vähem mõtles ta sellele, et lapsel on väljakannatamatult raske olla iga päev kümme piinarikast tundi ahju juures.

Michael osutus harukordselt tugevaks poisiks. Täpselt kaks aastat töötas ta selles põrgus. Kaheteistkümnenaastasena sai ta juba klaasivalmistajaks. Ta võttis klaasipuhumispiibule tombukese klaasi, tiirutas seda ja andis ta siis meistrile väljapuhumiseks edasi.

Erakordne osavus ja vastupidavus aitasid poisil saada kolme aasta pärast klaasipuhumismeistriks. Sellel tööl oli ta neliteistkümmend aastat. Kolmekümneaastase noor-mehena sai ta tehnikuks.

Michael Owens oli pärinud oma isalt huvi mehhaanika-ala vastu. Ameerika tehases teostas ta rea täiustusi ning leiutisi.

Kuid töölistel, ehkki harjunud nägema tema katsetusi, olid ometigi imestusest rabatud, kui Owens hakkas ükskord suvel tegema imelikku ja, nagu tundus, täiesti mõttetut tööd: ta püüdis sulaklaasiga täidetud potist mingi veidra pumbakese abil osa seda klaasi välja imeda. Kui see tal õnnestus, surus ta jalamaid kolbi ja pritsis klaasi põrandale. Nii ujutas ta põrandat mitme päeva jooksul vedela klaasiga.

Seesugune tegevus oleks sobinud vahest küll üleannetule poisikesele, mitte kuidagi aga tõsisele inimesele.

Owensi imelik käitumine seletus sellega, et ta kavatses ehitada automaat-pudelimasina — seesuguse masina, mis puhuks pudeleid ise, ilma inimese kaasabit.

On raske öelda, millal tekkis Owensil esmakordselt see julge mõte. Võib-olla juba siis, kui ta viieteistkümnenaastasena hakkas pudeleid puhuma ja sai omal nahal tunda, kui piinavalt raske on see töö.

Paljude aastate jooksul küpses temas see mõte. Oli tarvis omada tõepoolest üliinimlikku visadust, et seda mõtet kõigis üksikasjus lõpuni mõelda, et viia teda teostamiseni. Sest mitte keegi ei uskunud, et säärase masina

ehitamine oleks võimalik. Vanadelt vilunud klaasitöölised ja töös halliks läinud inseneridelt kuulis Owens alati ühte ning sedasama vastust, lühikest nagu vana-sõna: „Klaas ei roni masinasse.“

Ja tundus, et see on tõesti nõnda.

Kujutleme: klaasitombuke, millest peab tekkima pudel, satub masinasse. See tuline tombuke tuhmub ning tiheneb silmanähtavalt. Kui see klaas ometi kas või minutiks jääks iseeneseks ega muutuks! Aga ei: iga sekundiga muutuvad tema temperatuur, püdelus, paindumus, värvus. Klaas oma vahetpidamatus muutumises on püsimatult nagu aegki. Kuidas küll tabada neid vähe-seid sekundeid, mille kestel klaas kõigub kahe oleku — vedela ja tahke — vahel? Sest ainult siis võib masin anda klaasile pudeli kuju.

„Klaas ei roni masinasse!“

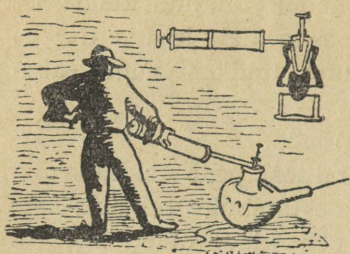
Ent siiski ei uskunud Owens seda juhtlauset. Ei või olla seesugust materjali, mida inimesel ei õnnestuks endale alistada.

Owens nägi: ainult klaasitöölised töötavad käsitsi, kõikides teistes tehastes töötavad juba masinad. Viimase sajandi jooksul on kõik muutunud: üle merede sõidavad aurikud, mitte enam purjekad; postidiližansse asendavad raudteerongid; inimesed ehitavad pilvelõhkujaid, elektri-jaamu, kaevavad kanaleid läbi mandrite; on leiutatud allveepaati, katsutakse ehitada isegi lennumasinat.

Ainult klaasivalmistajad ei võta osa sellest ühisest edukäigust.

Klaasitehases puhutakse pudeleid peaaegu samal viisil, nagu seda tehti veel vanaaegses Roomas kaks tuhat aastat enne meie ajaarvamist. Eks see ole absurdne?

Masin, mida plaanitses Owens, pidi koosnema mitmest mehhaanilisest, suruõhu jõul töötavast kompressorpumbast.

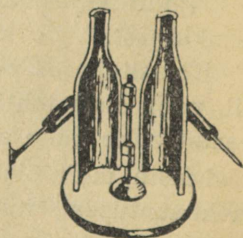
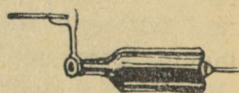


Pump tõmbab enesesse tilga sula klaasi, paiskab siis selle metallvormikesse ja puhub õhku sellesse klaasitilka. Nii sünnib pudel.

Owens ei lootnud muidugi, et seesugusel lihtsal viisil saaks teha head pudelit. Ei, see täispuhutud klaasitilk, see „mustand“-pudel saab niisama vähe sarnane hariliku pudeliga nagu laps täiskasvanuga. Ta saab väike, kaks korda väiksem, kui vaja; tema piirjooned on veel ebamäärased — pigemini on ta väljavenitatud klaasisambake kui pudel. Ent kõik see pole nii tähtiski. Peaasi on see, et kuuma klaasi tombuke alistus juba masinale, muutis oma kuju, — hetk, mil seda oli võimalik saavutada, ei olnud mööda lastud.

Aga seejärel: vormike avaneb ja palava „mustand“-pudeli haarab teine, avar metallvorm. Masin-pump hakkab uuesti puhuma. Ja et vastsündinud pudel pole veel jõudnud jahtuda ega tarduda, hakkab ta õhu survele laiaks paisuma ning kasvama. Ja lõpuks kujuneb ta tõeliseks, täiskasvanud pudeliks.

Niisugune oli Owensi kavatsus. Aga kui raske oli seda teostada, kui palju ootamatuid takistusi tuli ületada! Nii tuli näiteks välja mõelda seadeldis, mis ei laseks kuumal klaasil metalli külge kleepuda. Vastasel korral ei saaks pudeleid masina küljest lahti kiskuda: nad kleepuksid masina külge nagu kärbsed liimpaberile.



See on ainult üks takistus, neid oli aga sadandeid.

Owens ületas kõik raskused.

1905. aastal lasti käiku esimene Owens'i automaat pudelite valmistamiseks; ta töötas hästi. Oli vaid vaja seesugused masinad kõikides pudelitehastes tarvitusele võtta.



Poisikene-klaasipuhuja ei unustanud täiskasvanuna neid piinarikkaid tunde, mis ta oli veetnud lõõskava ahju juures, klaasipuhumispiip hammaste vahel. Nüüdsest peale ei tarvitse enam kellelgi nõrkeda selles põrgulikus töös. Mitte enam inimene, vaid masin hakkab pudeleid valmistama.

Nõnda mõtles Owens. Ent asi kujunes hoopis teisiti.

1908. aastal ostis Euroopa pudelivabrikantide liit patendi Owens'i masinaile. Ta maksis selle eest kaksteistkümmend miljonit kuldmarka — suure summa. Kuid selgus, et vabrikantide liit ei ostnud patenti hoopiski selleks, et neid masinaid ehitada. Vastupidi — ta omandas patendi selleks, et mitte keegi ei saaks teda kasutada, ja pudeleid valmistati käsitsi nagu varemgi.

Liidule oli kasulik, et pudeleid oleks vähe ja et neid võiks müüa kalli hinna eest.

Sel puhul kirjutas Vladimir Iljitš Lenin: „Saksa pudelivabrikantide kartell ostab kokku Owens'i patendid ja paneb nad kalevi alla, mitte lastes neid rakendada.“

Vaatamata kõigile püüetele ei õnnestunud pudeli-liidul siiski tähelepanuväärivat leiutist maha matta.

Vabrikantidel läks üha raskemaks leida töölisi-klaasipuhujaid. See töö oli nii raske, et töölised eelistasid minna mis tahes teisele tootmisalale, mitte aga klaasitehasesse. On ju tõsi, et kapitalistlikus olukorras pole

töötatöolistest puudust, kuid kaugeltki mitte igäüks ei oska pudeleid välja puhuda. Selleks on vaja aastaid õppimist.

Tahestahtmata tuli Euroopa vabrikantidel hakata ehitama automaat-pudelimasinaid.

Tujukas masin.

1919. aasta esimesel jaanuaril sai Michael Owens kuuekümnepäevaseks. Teda tuli õnnitlema rohkesti sõpru ja tuttavaid. Liigutatud oma külaliste tähelepanekust, viis Owens nad tehasesse, et näidata neile oma lemmiklast töös. Masinasaali laiade klaasuste juures Owens seisatas, paludes külalisi sisse vaadata.

Avaras ning valges saalis seisis automaatide kahekümnetonnised hiiglamürakad. Inimesi polnud näha, automaadid töötasid oma metall-lihaste täie võimsusega. Korskavad masinad imesid klaasi ja heitsid arusaadamatult kiirusega kümneid pudeleid sekundis välja. Kokku pandud kümnest tuhandest osast, masinad otsekui omasid mõistust. Nende liigutused olid hoogsad ning samal ajal ettevaatlikud. Tundus otse mõistmatuna see delikaatne ettevaatlikkus hiiglase poolt, kes oleks võinud vabalt tiirutada õhus viitteistkümmend kokkukõidetud elevanti. Masinad läikisid, olles üle valatud palava õliga nagu hoogsast tööst tekkinud higiga. Valmis pudelite joad voolasid nende alt ja transportöörade lõpmatud lindid viisid neid saalist välja. Automaadid töötasid nagu hästi reguleeritud kronomeetrid: rahulikult ning näiliselt ilma ruttamata. Distsiplineeritud masinate võimsa töö ülikaunis vaatepilt!

Need masinad puhuvad ühesuguse kergusega niihästi tillukesi poolteise-milliliitri pudelikesi-ampulle kui ka

hiiglasuuri balloone mahuga ükssada üheksakümmend liitrit.

Owens näitas oma lemmikut. See oli hiiglasuur masin viieteistkümne haruga. Ta valmistas õllepudeleid — neli-kümmend pudelit minutis, kaks ja pool tuhat pudelit tunnis. See on terve käsitsi töötava tehase tootmisvõime.

Seesugust komplitseeritud masinat, ütles Owens, võib võrrelda viuliga. Kohmaka, kolossaalse metallmassi võrdlemine delikaatse ning õrna instrumendiga tundub imelikuna. Ent see on siiski õige. Selle tundliku ning närvilise masina hinge tundmaõppimine on maksnud palju aastaid ränka tööd.

Alguses vastas see masin kõigile mõjustustele ärevalt. Teda tegi rahutuks ilmastik, värske õhu voolus, klaasi temperatuuri tühine võnkumine, teist liiki õli ja kümned muud põhjused. Igapäev uurisid Owens ja tema abilised masina tujusid, leiutasid viise, kuidas teda mõjustada, rahustasid ta tuhinaid ning ärritusi. Jah, see on tõepoolest viiul! Kui ta ei ole täpselt häälestatud, siis mängib ta kuidagiviisi, — annab vildakaid, halvasti väljapuhutud, näotuid klaasnõusid...

Tänu Owensi võlumasinale muutus klaasivalmistamine mõne aasta jooksul rohkem kui varem viie aastatuhande kestel. Vladimir Iljitš Lenin arvas, et Owens on teostanud tehnilise „revolutsiooni pudelite tootmises“.

Suur leiutaja suri 27. detsembril 1923. Veel mõni päev enne surma proovis ta oma masina uut mudelit, mille raskus oli kaheksakümmend tonni.

Owensile sai osaks leiduri kohta haruldane õnn — näha oma automaadi võitu kogu maailmas.

Pudelike tühjuse hoidmiseks.

Võimsad automaadid võivad valmistada harilikke pudeleid kuupalju tahes. Ent inimene ei vaja pudeleid mitte ainult õlle, veini või piima jaoks. Tekkis vajadus veel täiesti isesuguste pudelikeste järele, sääraсте järele, milledes võiks hoida... tühjust. Meie räägime klaaskolbidest elektrilampide jaoks. Alguses, kui elektrilambid olid alles äsja leiutatud geniaalse Edisoni poolt, pumbati klaaskolvikestest kogu õhk välja. See oli täiesti möödapääsmatu. Esimestes elektrilampides andis valgust hõõguv süsiniit, mis oli valmistatud kookospalmi söestatud kiust. Õhu käes oleks seesugune juuspeen süsiniit voolu läbimisel silmapilkselt süttinud ning ära põlenud. Õhutus ruumis aga ei põle seesugune niit läbi mitme saja ja isegi tuhande tunni jooksul, vaatamata sellele, et teda on kuumutatud kuni 1700 kraadini Celsiuse järgi.

Aga söest hõõgniidiga elektripirnid ei rahuldunud täiel määral neid üha kasvavaid nõudeid, mida esitati elektervalgustusele. Söest hõõgniidiga elektripirnide peamiseks puuduseks oli see, et nende valgus ei olnud küllalt ere. Siis asendati söest hõõgniit niidiga metallist — volframist. Volframniidi hõõgumistemperatuur oli tunduvalt kõrgem kui söest niidi oma, ja elektripirnide eredus tõusis tugevasti. Aga nende elektripirnide töötamisaeg oli lühike, sest volfram pihustub õhutus ruumis. See pärast valmistatakse nüüd enamik elektripirne teisiti. Väljapumbatud õhu asemel täidetakse nad gaasiga — argoniga või lämmastikuga; see hoiab niiti pihustumise ja läbipõlemise eest, pikendades seega elektripirni töötamisaega märgatavalt.

Elektripirnid põlevad igal pool: linnas ja maal, toas, teatris, kinos.

Nii head kui elektripirnid ka ongi, lõpuks põlevad nad siiski läbi ja neid tuleb asendada uutega.

Igas korteris vahetatakse aasta jooksul elektripirne kindlasti kümme korda. Ja kui palju on seesuguseid kortereid linnas ja kui palju linnu maakeral! Seepärast kulub elektripirne väga rohkesti: kümneid ja sadu miljoneid.

Niisama palju on tarvis teha ka kolvikesi. Need on hoopis keerukamad tooted kui harilikud pudelid.

Seesugune kolb peab olema täiesti läbipaistev, sest vastasel korral elektripirn valgustaks halvasti. Ta tehakse eriti puhtast klaasist. Elektripirni seinad peavad olema väga õhukesed. Seepärast ei saa teda valmistada pudeli-automaatide abil. Ent kust võtta terve armee klaasipuhujaid, kes valmistaksid miljoneid kolbe?

Appi tulid leiutajad.

1928. aastal mõtles ameeriklane Huddon välja masina nende kolbide valmistamiseks. See masin puhub neid välja klaasilindist, mis roomab vannahju kitsast pilust.

See keerukas automaat kannab nime „Corning Nr. 399“. Ta toodab kaksteistkümmend kolbi sekundis; see tähendab — ööpäeva kohta üle miljoni kolvi!

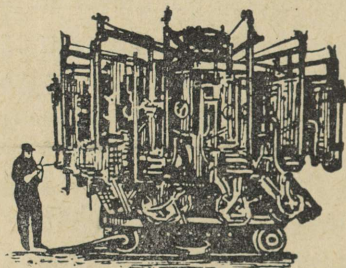
Säärane masin asendab ligi kahtsada klaasipuhujat...

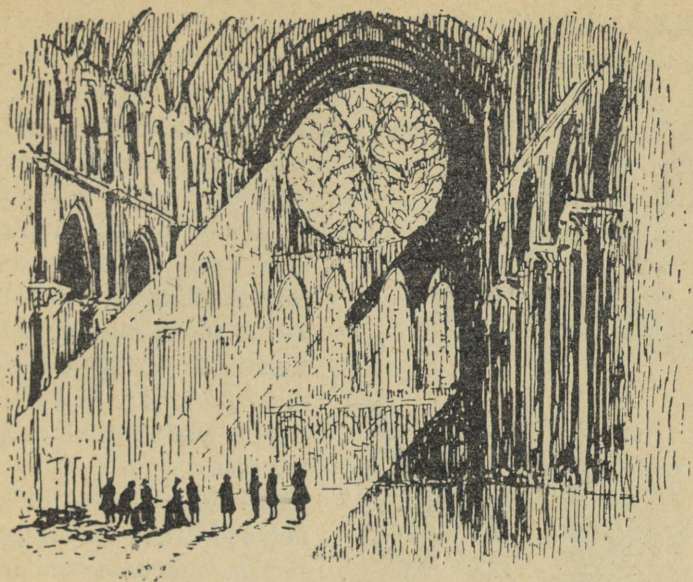
Leidurite-klaasivalmistajate visa töö ei olnud asjatu.

Rohkem kui viis tuhat aastat võitles inimene tulise klaasimassiga, andis talle nõutava kuju oma kätega ja oma kopsude jõuga, kastes teda ohtrasti oma higiga. Näis nii, et inimene jääb igavesti selle alistumatu materjali kütkeisse. Ja ennäe! — vähem kui viiekümne

aasta jooksul muutus kõik: masinad vabastasid inimese sellest rängast tööst.

Meie ajal on peaaegu võimatu leida pudelit, mis oleks välja puhutud klaasipuhuja kopsude jõuga.





Viies peatükk.

Klaas aknas.

Majad ilma klaasideta.

Prantsuse loss, mis kuulus krahvidele Montpensier'ele, on ehitatud seitsmesaja aasta eest selle aja parimate arhitektide poolt.

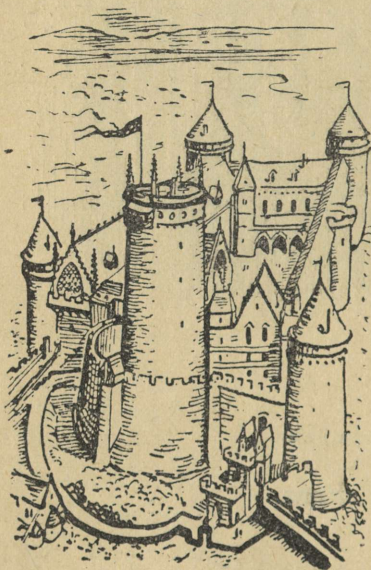
Lossi ette oli kaevatud sügav kraav, millest viisid üle tõstesillad; oli ehitatud kõrge kivi müür, mis suutis vastu seista kõige võimsamate müüri lõhkumismasinade hoopidele.

Lossi tohutus ümmarguses tornis olid sammastega ja

raidkujudega ilustatud saalid, elutoad ja laoruumid. Loss oli samaaegselt niihästi kindlus kui ka palee.

Kuid selle lossi aknad jäid klaasideta. Akendeks olid väikesed, puitluukidega suletavad avaused müürides. Isegi suvel, kui luugid olid avatud, valitses saalides ja elutubades hämarik.

Talvel suleti luugid umbselt ja siis oli täiesti pime.



Tuli kogu aeg hoida tuld hiiglakaminates, et tubades ei oleks nii pime ning külm. Ja ikkagi oli lossi elanikel jahe: läbi luugipilude puhus tuul, tungis pakane.

Et mitte ära külmuda, pugesis krahvid Montpensier'd magama minnes paksude sulgkottide vahele.

Eks ole imelik: klaasi tunti juba neli tuhat aastat; samas Montpensier'de lossis oli rikkalik kollektioon böömi ja veneetsia meistrite kauneid vaase

ja karikaid, aga akendel ei olnud klaase ees!

Kõik see saab arusaadavaks, kui meelde tuletada, et mitmete aastasadade jooksul ei olnud õnnestunud teha klaasi läbipaistvaks; seetõttu ta ei kõlvanudki akende jaoks. Tahestahtmata tuli pead murda, kuidas katta avausi majade seintes ja kuidas teha seda nõnda, et oleks soe ja mitte täiesti pime.

Hiinlased näiteks katsid oma majakeste aknaid õhukeste sarvplaadikestega. Euroopas tarvitati vilkkivi,

õliga immutatud paberit või vahatatud lõuendit, Venemaal — härja põie kilet.

Kõik see kaitses küll kuidagi külma eest, aga valgust laskis läbi väga vähe; sääras-tes elumajades oli igavene vi-devik.

Lõunapoolsete maade elanikud, roomlased ja kreeklased, ehitasid oma majad täiesti ilma akendeta. Uhe seina asemel püstitati sammastik. Valgus tungis majja siseõuest.

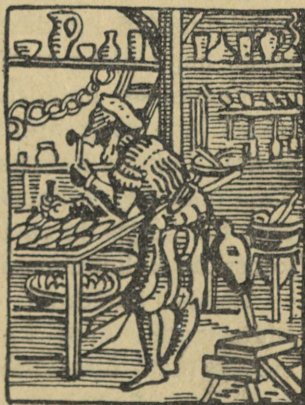
Alles XIV sajandil hakati valmistama klaase akende jaoks, meie arvamusst mööda väga imelikke klaase. Need olid väikesed, vormidesse valatud klaaskettakesed.

Et klaasida üht akent, tuli seatinavõre abil kinnitada suur hulk sääraseid kettakesi.

Maja, mis oli klaasitud säärase kettakestega, sarnanes vanglaga: kõigil tema akendel olid võred. Kettakes-test koostatud klaasid olid ebaühtlase paksusega, nende läbi midagi näha oli väga raske. Võis näiteks näha, et tänaval longib mingi loom, kuid polnud arusaadav, kas see on lehm, hobune või eesel.

Ent siiski käsitseti neid klaase väga ettevaatlikult, neid hinnati ning hoiti.

Vanasti oli Northumberlandi hertsogi mõis Inglismaal rikkamaid. Aastal 1567 andis selle mõisa valitseja oma teenijatele järgmise korralduse:



„Et suurte tuulte aegu isand hertsogi lossis klaasid purunevad ning kaotsi lähevad, tuleb kõik klaasid akendest välja võtta ja kindlasse kohta paigutada, niipea kui tema hiilgus ära sõidab. Kui aga tema hiilgus tagasi pöördub, võib klaasid jälle akendesse panna, sest nad on kallid ja neid parandada on raske.“

Kettakestest koostatud klaasid olid tõesti kallihinnalised. Uhes sellega nad olid ka inetud. Sääraseid klaase võis veel kuidagi panna losside akendesse: need olid kitsad ning vähe silmapaistvad. Aga katedraalide tohutuid aknaid polnud võimalik nendega klaasida.

Neil aegadel olid katedraalid kõige kaunimad, kõige rikkamad ehitised.

Oli vaja leiutada mingisugust muud klaasi, mis ei rikuks katedraali väljanägemist.

Mitmevärviline aken.

Prantsuse linn Reims on kuulus oma katedraali tõttu. See tohtu ehitis koosneb hulgast pikkadest teravatest tornikestest ning sirutub kaugele taevasse. Ta on ehitatud tahutud kividest, ent tundub õhulisena ning kergena, nagu oleks ta rõivastatud kivipitsidesse.

Vaadeldes katedraali loendamatu raidkujusid, tornikesi ja teravakaarelisi aknaid võib küll uskuda, et teda ehitati üks sada kaheksakümmend aastat. See ei olegi nii väga pikk aeg: Milaano katedraali ehitamiseks kulus näiteks üle neljasaja aasta, Kölni katedraali ehitamiseks — kuussada kolmkümmend kaks aastat.

Reimsi katedraal on ilus mitte ainult väljastpoolt. Majesteetlik ning kaunis on tema sisemus — kõrged saalid (neid nimetatakse „löövideks“) peente sammastega, võlvkaartega ning kuplitega. Ja igal pool raid-

kujusid, puunikerdisi, po-
leeritud kive.

Terve kosk valgust
voolab katedraali kuskilt
ülevalt. See ei ole harilik
päevavalgus. Voolab oja-
de kaupa kollast, sinist,
lillat, punast valgust. Sa-
lapärane ning pisut jube
tunne haarab igäühte, kes
astub katedraali.

Kuidas on saavutatud
seesugune imetusväärne
valgusemäng?

Katedraali akendesse
on pandud värvilised klaa-
sid — vitraažid; neid läbi-
des muutubki päikeseval-
gus nõiduslikkudeks mitmevärvilisteks jugadeks.

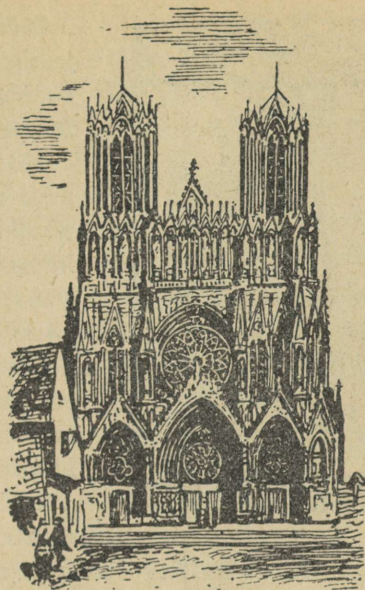
Vitraažikunst on väga vana. Poolteist tuhat aastat
tagasi mõistsid juba bütsantsi klaasisulatajad lamedaid
värvilisi klaase töödelda.

Alguses paigutati klaasitükid lihtsalt reastikku — pu-
nased, sinised, kollased tükikesed vaheldusid ilma mingi
korrapärasuseta. Oli väga kirju, ent mitte väga ilus.

Hiljem hakati paigutama klaasitükikesi nõnda, et
neist koostuks mingi ornament. Tekkisid aknad, mis oma
värvustevalikult meenutasid vaipu. Akna keskel on näi-
teks helekollastest ja punastest klaasidest ornament-
joonis, äärtel aga lai raam tumesinistest ja sinililladest
klaasitükkidest.

Ent klaasivalmistajad-kunstnikud ei jäänud sellele
peatuma: klaasvaipadelt siirdusid nad klaaspiltidele.

Tekkis aknaklaase, mis kujutasid terveid maastikke





mägedega, metsadega, luhtadega, järvedega; tekkis sääraseidki klaase, millel oli kujutatud inimesi loomi, lilli.

Erinevalt harilikust pildist kumab aken-pilt päikese käes, olles pooleldi läbipaistev. Katedraali hämaruses tundub ta õhus rippuvana, sisemise valgusega hiilgavana. See annab talle erilise, salapärase veetluse...

Vitraažid olid ehteks kirikutele ja katedraalidele. Kuid harilikudes elumajades olid seesugused aknad siiski ebakohased: nad lasksid liiga vähe valgust läbi.

Mitmevärviline, tükikestest kokkupandud klaas ei suutnud kuidagi asendada harilikku aknaklaasi.

Aknaklaas peab tingimata olema värvitu ning läbipaistev, et majas oleks valge. Ta peab koosnema mitme kildudest, vaid ühest suurest, terviklikust klaasitahvlist.

Seesugune ülesanne kerkis klaasimeistrite ette.

Meister-silindripuhuja.

Kas on võimalik välja puhuda lamedat klaasitahvlit? Muidugi mitte. Puhumise tulemuseks on mull, mitte tahvel. Ainus lahendus oli — lõigata see mull lahti ja teha temast tahvel.

Juba 1330. aastal leiutas prantslane Coquereil lameda aknaklaasi valmistamise viisi. See viis seisnes selles, et peaaegu täiesti ümmargune klaasimull avati veel tardumata seisundis kausiks; seejärel rullus see kausi kiire

tiirutamise tõttu iseenesest lamedaks, õhukeseks sõõriks. Seesuguse sõõri keskele jäi aga paratamatult ikkagi kühmuke, mis rikkus klaasi väga. Ümmarguse kuju pärast nimetati neid klaase kuuklaasideks. Kuigi säärasel viisil valmistati kaunis suuri kettaid, läks neist täisnurksete tükide väljalõikamisel siiski väga palju klaasi kaotsi; ka ei olnud seesuguse klaasi kvaliteet kuigi hea, tema valmistamine aga nõudis suurt oskust. Seetõttu ei levinud kuuklaasid ja nad tõrjuti peatselt välja klaasi poolt, mida valmistati nõndanimetatud silindriviisil.

See töötlusviis püüdis saada mitte ümmargust, vaid väga suurt piklikku mulli — silindrit. Seesugune silinder lõigati pikuti läbi ja rulliti lahti — nii saadi kaunis suur klaasitahvel.

Kuid seesugust ühtlaste, õhukeste seintega silindrit valmistada oli väga raske. Puhumisel püüab klaas võtta loomulikult mulli, kera kuju. Siin aga on vaja välja puhuda mitte kera, vaid silinder.

Meister-silindripuhuja töötab järgmiselt.

Kõrgel puutellingul seisab poolalasti mees. Tal on käes pikk raudpiip, mille otsas helendab purpurpunane kera.

Kera on kogu aja liikvel, muudab alatasa oma kuju, väriseb, sillerdab. Mees paneb piibu suu juurde, pillub žonglöörina teda üles ning langetab alla, vehib temaga sügava renni kohal, mis on kaevatud tellingu alla. Aegajalt puhub meister piibusse, pungitades seejuures oma põski nii kohutavalt, et need näivad kahe tohutu muhuna pingutusest punasel näol. Kümnete tabatamatute piibu liigutuste järel hakkab kera tuhmuma, tema ere värvus läheb tumepunaseks, ta venib tähelepandamatult pikaks läikivaks inimesekõrguseks silindriks.

Silindripuhuja on köidetud tellingule kinnitatud posti külge — ja mitte põhjusega: ilma selleta kukuks ta oma



koormise raskuse mõjul renni, otsekohe lõõskavasse klaasi.

Lõpuks on meister silindri välja puhunud. Raskesti hingeldades joob ta terve kopa täie vett.

Meister ei suudaks ka ise seletada, miks puhumispiibu raputamise tõttu mullungi läheb ning pikeneb, kuna tema seinad õgvenevad.

Meister ei arutle; ta tunneb, kui pikka aega on tarvis puhuda piibusse ning millise jõuga. Pikkade tööaastate jooksul on tema lihased ja kopsud muutunud täpseks automaadiks, mis teeb oma harjunud tööd alateadlikult.

Silindripuhujatel juhtub ka äpardusi, eriti tööpäeva lõpupoolel. Väsinud lihased ei taju tarvilisi pingutusi enam küllaldase täpsusega. Puhumispiibu ebaõige kallak, nõrgem õhusurve, puuduliku tugevusega viibutus — ja silindrid ei õnnestu.

Meister vihastub. Jällegi äpardus: reeglipärase silindri asemel tuli pirn!

Mitte iga klaasipuhuja ei tunne nende tabatamatute liigutuste saladust, mis kujundavad silindri hiilgava kere rangelt ühtlaste seintega.

On vaja tohutut vastupidavust, suurt kehalist jõudu, terveid kopsu ja — mis peaasi — kunstniku võrratut tunnet selleks, et toime tulla lõõmava klaasi tujuka, rahutu massiga, mis igal minutil, igal sekundil muudab oma loomust igas oma kõige pisemaski pinnaosas.

Silindrite väljapuhumine on väga raske töö. Ja ta on kestnud peaaegu meie ajani. Veel tänapäevalgi on säili-

nud siin-seal väikesed tehased, kus klaasipuhujad vehivad raskete puhumispiipudega, millede otsas on tulised kerad.

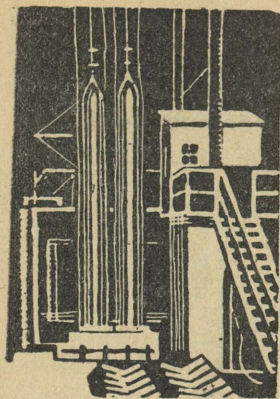
Õnneks on sääraseid tehaseid vähe ja peatselt ei jää neist ühtegi alles: leidurid on välja mõelnud masinaid, mis vabastavad klaasitöölisi sellest raskest, kurnavast tööst — silindrite väljapuhumisest.

Klaasisammas.

1894. aasta talvel astus klaasisulataja Lubbers kiiresti Chambersi tehaste valitseja kabinetti. Ta oli nii erutatud, et ei suutnud midagi selgesti öelda. Ta lihtsalt tõmbas valitsejat klaasisulatamisahju poole.

Lubbers pistis põrandal seisvasse sula klaasi potti klaasipuhumispiibu otsa ja, puhudes temasse õhku, hakkas teda pikkamööda üles tõstma. Puhumispiibu järele venis piklik klaasimull. Jätkates puhumist, astus Lubbers taburetile: mull pikenes veelgi. Tema ülemine osa tardus, aga alumine ots, mis venis potist, oli ikka veel pehme. Lõpuks lõi Lubbers klaasisilindri poti küljest lahti. Puhumispiibu küljes rippus kõige ehtsam klaasisilinder, mis oli valmistatud kahe minuti jooksul lihtsalt ning kunnilt, ilma klaasipuhujate igasuguste võteteta. Polnud kahtlust: Lubbers oli teinud tähelepanuvääriva leiutuse. Loomulikult ei olnud võimalik ehitada masinat, mis kopeeriks meistri-silindripuhuja tööd: see töö põhjenes ju tervenisti vaistul, tundel, kunstil. Ent silindrit välja venitada nii, nagu seda tegi Lubbers, suudab masin kahtlemata.

Lubbers nakatas oma enesekindlusega ka Chambersi. Kõik see tundus ju nii lihtsana. Näis nii, et kolme-nelja kuu pärast saab masin valmis ning klaasipuhumispiibule



tuleb lõpp. Kogu maailma ehitistes hakkab ilutsema klaas, mis on valmistatud Lubbers-Chambersi masinatega.

See kõik oli unistus. Oleksid Lubbers ja Chambers ometi teadnud, kui palju sügavaid pettumusi ning väsimatut võitlust lõpmatute raskustega neid ees ootab!

Raha andis Chambers. Masin ehitati kaunis kiiresti valmis. Asuti tema proovimisele. Ja siin tuligi hulganisti igasuguseid ootamatuid ebameeldivusi.

Silindrid mõranesid, enne kui neid suudeti poti küljest eraldada, ja varisesid maha kildude vihmana. Silindri seinad olid ebaühtlase paksusega. Silindrid ei tulnud ühtlase laiusega, vaid kitsenesid järk-järgult, mida rohkem allapoole, seda enam.

Oli vaja väga rohkesti katsetusi, enne kui õnnestus keerukate mehhanismide abiga kõik need pahandavad puudused kõrvaldada. Kuid kõige suuremaks piinaks sai silindri uus vigur: selgus äkki, et ta „hingab“. Silinder pulseeris rütmiliselt, kord laienedes, kord kitsenedes, ja tema seintele tekkis volte ning kortse.

See uus ebameeldivus viis Lubbersi peaaegu meeletehetele. Vaatamata kõigile pingutustele ei õnnestunud „hingamise“ põhjust selgitada. Ent äkki tuli appi juhus. Silindri väljatõmbamisel mõranes temasse õhku suruv toru ja osa suruõhku pääses välja. Mõra jäeti parandamata ja õhku hakati andma suurema surve all. Ja äkki — milline õnn! — lakkas silinder „hingamast“.

Järelikult on tarvis, et silindri sees olev õhk oleks

ühenduses välisõhuga. Selleks ehitati eriline klapp, mis sundiski silindri taltuma...

Kaksteistkümmend aastat oma elust andis Lubbers tujukale masinale, enne kui see hakkas tootma head aknaklaasi. Lubbersi tööviis levis laialt, olles esimene mehhaniseeritud viis tahvelklaasi valmistamiseks.

Lubbers-Chambersi tööviisi järgi tehakse klaasi järgmiselt.

Sula klaasi lõõskavast massist hakkab aegamööda kasvama jäme klaasisammas, jämedam kui vana tamme või seedri tüvi. Möödub minuteid — masin venitab habrast, säravat sammast väsimatult ning ühetasaselt ülespoole. Juba on ta saavutanud viie, kaheksa, kümne meetri kõrguse, tungib aga ikkagi veel kõrgemale. Ta jääb peatuma alles siis, kui on saavutanud kolmeteistkümne meetri kõrguse, see on kolmekorruselise maja kõrguse.

Tohutu klaasisammas, sale, sile ning särav, seest õõnes, seisab rahulikult. Inimesed näivad sambaga võrreldes kääbustena; nad lõikavad tema tüve niiske rauaga läbi. Ja näe — nagu dirižaaabel angaaris, nii õõtsub sammas õhus vaevaltmärgatavalt.

See mürakas, mille kaal on kolmsada kilogrammi, lastakse ettevaatlikult pukkidele, lõigatakse tükkideks ja sulatatakse lamedateks tahvliteks...

Lubbers — geniaalne tööline-leidur — ei elanud oma masina täieliku triumfini, talle ei saanud osaks näha oma töö erutavat pilti. Ule pingutanud end liiga raske tööga, suri ta niisama vaesena, nagu sel päeval, mil ta näitas Chambersile oma esimest katset.

Klaasilint.

Meie ajal on Lubbersi tööviis juba vananenud ja nüüd on tarvitusele võetud teised masinad, mis samuti toodavad aknaklaasi. Seesugune on näiteks belgia leiduri Fourcault' masin. See ei venita klaasi mitte sambaks, vaid lindiks. See tööviis, mille järgi tõmmatakse lõputut, laia ja ühtlast klaasilinti, on kõige lihtsam ning hõlpsam. Siin ei ole vaheprotsesse. Pole tarvis puhuda õhku venitatavasse silindrisse, pole vaja iga kord tohutut, rasket klaasisammast ära lõigata, ei tarvitse lõpuks teda osadeks lõigata ega sirgu ajada, nagu tehakse aknaklaasi valmistamisel käsitsi, vana silindri-tööviisi järgi. Kogu töö piirdub siin sellega, et klaasi kaasa kiskuda horisontaalses asendis oleva ning ülespoole tõusva metallvarva abil. Seesuguse tööviisi paremused ei võinud jääda leidurite poolt tähele panemata. Mitmed neist püüdsid juba enne Fourcault'd midagi välja mõelda selleks, et saada otsekohe valmis aknaklaase. See pole ju mitte ainult lihtsam, vaid ka kiirem ning odavam.

Aga kuidas töötavad Fourcault' masinad käesoleval ajal? Järgmisel viisil. Sula klaasi pinnal ujub nõndanimeetatud „laevuke“, mis on valmistatud tulekindlast materjalist. Tõeliselt sarnaneb see „laevuke“ rohkem pikastiga, mille põhja on peaaegu kogu tema pikkuses lõigatud kitsas pilu. Niipea kui surutakse „laevukesele“, sundides teda pisut sula klaasi sisse sukelduma, hakkab läbi pilu kogu selle pikkuses klaas sisse tungima. Nüüd on ainult vaja teda koos hoida, et ta laevukest mööda laiali ei voolaks, ja ettevaatlikult ülespoole tõsta. Lindi ääred jahtuvad kiiremini kui keskoht; seetõttu saavad nad paksemateks ning vastupidavamateks ja hoiavad linti ühesuguses laiuses. Selles kohas, kus lint on juba kõvenenud, haarab teda kahest küljest paar valtse, mis

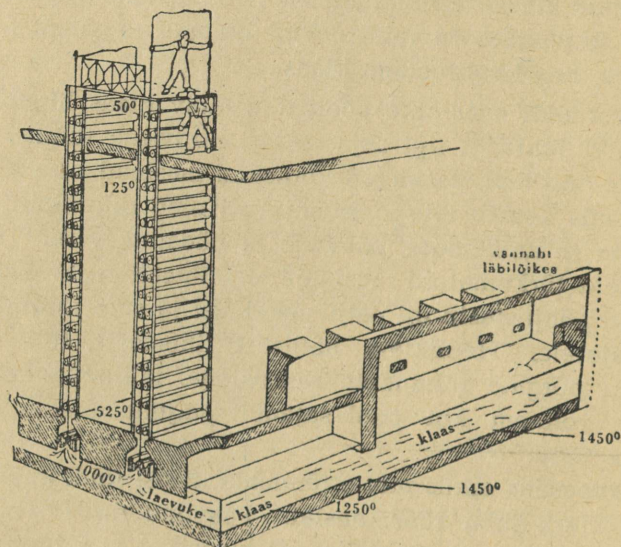
tiirlevad eri suunas ning venitavad linti edasi. Sääraseid valtside paare on mitte üks, vaid palju, ja nad on asetatud täpselt üksteise kohale. Valtside vahelt läbi minnes ning nende jõul edasi liikudes tõuseb klaasilint otse üles, ikka kõrgemale ja kõrgemale. Olles läbinud viis meetrit ja seejuures pikkamööda jahtunud, väljub lint masinast peaaegu täiesti tardununa. Lindi küljest lõigatakse suured tükid klaasi ja tükeldatakse need tarviliste mõõtmete järgi. Aknaklaas on valmis. Võib akendesse panna sileda, läikiva, hea kvaliteediga klaasi.

Fourcault' masinate poolt tõmmatav klaas liigub mõningatel juhtudel ligi saja meetri kiirusega tunnis. Päevad ja ööd läbi tõmbavad kuulekad masinad oma klaasilinti, mis kerkib ülespoole sujuvalt ning rahulikult, peatumata ja katkemata, päevade ja nädalate viisi. Vaadates neid tõrkumatuid masinaid, on lihtsalt raske uskuda, et nad põhjustasid nii palju sekeldusi ja meeolehärrmi oma leiutajatele. Hoolimata näilisest lihtsusest, tuli siingi kokku põrgata tuhandete raskustega, mille ületamiseks kulus rohkem kui pool sajandit paljude andekate inimeste tööd.

Esimesena andis mõtte tõmmata klaasi lindi kujul inglane Clark juba 1857. aastal. Peamine raskus, millega kohtus Clark, seisnes selles, et klaasilint ei tahtnud kuidagi alal hoida ühte ja sedasama laiust, vaid kitsenes seda rohkem, mida pikemalt teda välja tõmmati, muutudes lõpuks päris kitsaks niidiks. Clarkil tuli lindiga rohkesti vaeva näha, enne kui ta aru sai, et on vaja tugevamini jahutada selle ääri: jahenedes muutuvad need sitkemaks kui keskkohat ja moodustavad nagu raami, millele lint on pingule tõmmatud; seetõttu jääb lindi laius ühtlaseks.

Olgugi et Clark seisis õigel teel, jäi tema leiutis ellu viimata ja ei leidnud pika aja jooksul poolehoidjaid.

Ometi oli see mõte — saada ühe korraga valmisklaasi akende jaoks — liiga ahvatlev, ja ligi kolmkümmend aastat pärast Clarki võtsid mitmete maade leidurid asja uuesti käsile ning tegelesid temaga püsivalt seni, kuni Fourcault Belgias ja Colburn Ameerikas leiutasid teineteisest täiesti sõltumatult tööviisi, kuidas saada klaasist katkestamatut linti kõige kindlamini ja lihtsamini.



Fourcault' masin.

Fourcault jõudis järeldusele, et seniste katsetuste äpardumise peamine põhjus seisneb selles, et klaasi tõmmatakse vedela klaasi massist otsekui rebides. Ta otsustas toimida teisiti, nimelt mitte tõmmata, vaid suruda klaasi läbi pilu. Menetlus, millega ta teostas oma idee, oli lihtsalt geniaalne, ja Fourcault kasutas seda oma masinates. Palju vaeva ning kannatlikkust pani Fourcault oma leiutisse, enne kui see tal täielikult õnnestus. Täiusliku ma-

sinani jõudmiseks oli vaja üha uusi katsetusi, oli vaja raha, mida Fourcault'l ei jätkunud. Mitmel korral haaras teda meelegeide ning ta oli loobumas mõttest viia oma suurepärane leiutus lõpuni. Tema isiklik väike tehaseke jäi rahapuuduse tõttu mitmel korral seisma ning oli tegevuseta, sellele vaatamata et Fourcault' masina paremused olid kõigile silmanähtavad. Alles pärast Esimest Maailmasõda pääses Fourcault' tööviis täielikule võidule ja sai kõige laiemal leviku osaliseks kõigis maades. Kuid Fourcault ei elanud oma idee lõpliku triumfini ja tema töö ei leidnud väärilist tasu.

Meil NSVL-s rakendatakse praegusajal aknaklaasi mehhaniseeritud töötlemisel eranditult Fourcault' tööviisi. Meil töötab kogusummas umbes kolmsada Fourcault' masinat. Nad valmistavad klaasi kõikide meie ehitiste jaoks, ja nüüd on juba peaaegu võimatu näha akendes vana silindri-tööviisiga valmistatud klaase. Teise Maailmasõja alguseks tuli Nõukogude Liit esimesele kohale klaasivalmistamise alal.

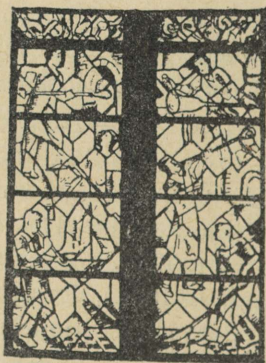
Gus-Hrustalnõi linnas asuvas Dzeržinski-nimelises tehases töötab kakskümmend Fourcault' masinat. Juba esimese poolteise aasta töö jooksul lasksid nad välja nii pika klaasilindi, et see ulatub Moskvast Ameerikani.

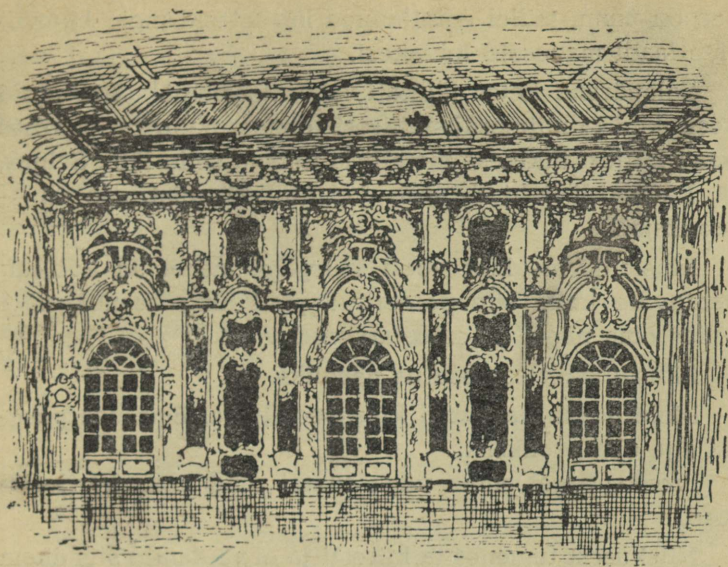
Välismaail, peamiselt Ameerikas, on kõige suurema leviku omandanud teine klaasilindi tõmbamise menetlus — Colburni oma. Colburn, samuti kui Fourcault'gi, töötas sellesama probleemi kallal visalt ning kaua. Aga tema mõte liikus teist rada mööda. Fourcault surus klaasi läbi laevukese pilu, kuid Colburn, kasustades Clarki ideed, tõmbas linti otse vedela klaasi pinnalt ja, jahutades tema ääri ning hoides neid eriliste valtside abil alati ühesugusel kaugusel teineteisest, sai samuti ühesuguse laiusega klaasi.

Pärast 15-aastast visa tööd saavutas Colburn toredaid

resultaate. Fourcault' l tõuseb lint ülespoole, Colburnil aga paindub ta klaasi pinnast natuke kõrgemal üle tiirleva valli ning liigub edasi horisontaalselt. Läbides pikka tunnelahju, jahtub klaasilint pikkamööda, ja tunnelist väljumisel lõigatakse temast tarvilise pikkusega tükke. Colburni masinad töötavad veelgi suuremal määral häireteta kui Fourcault' omad. On selgunud, et sel tööviisil on paremusi võrreldes Fourcault' tööviisiga. Colburni masinatel toimub klaasivalmistamine kaks korda kiiremini kui Fourcault' masinatel ja klaas on kõrgema kvaliteediga. Ei ole kahtlust, et Colburni tööviis leiab peatselt levikut ka meil ning omandab siin väärilise positsiooni.

Juba nüüd on kõigile selge, et klaasipuhumispiip, mis põhjustas nii palju piinu silindritegijatele, on oma aja üle elanud. Masinad suudavad aknaklaasi valmistada igasugusel hulgal, kiiresti ning hästi.





Kuues peatük.

Peegli ajalugu.

Salapärane ketas.

Umbes saja aasta eest leidsid arheoloogid ühest egiptuse haudkambrist väikese metallketta, mis oli kaetud paksu roostekorraga. Ketas oli kinnitatud noort naist kujutava statueti pähe.

Milleks tarvitati seesugust ketast?

Arheoloogide arvamused läksid lahku. Ühed väitsid, et säärane ketas võis asendada lehvikut. Teised ütlesid, et see on lihtsalt kaunistis. Kolmandad aga oletasid, et

see on pann, millele egiptlannad küpsetasid meie biskviitide laadi magusaid leivakesi.

Salapärane ketas läkitati laboratooriumi. Siin pesid keemikud ta mitmesajandilisest tolmust puhtaks, mürsids tema küljest tükikese metalli ja uurisid selle läbi. Selgus, et ketas oli tehtud vase ja tina sulandist, see on — pronksist.

Musta kirme kiht võeti smirgliga maha. Ja kui tuli nähtavale ketta sile poleeritud pind ning keemik nägi selles oma nägu, oli kõik arusaadav.

Mõistatuslik ese osutus peegliks.

Meie oleme harjunud klaaspeeglitega. Egiptuse peeglid aga olid pronksist.

Pronkspeegel andis väga tuhmi ning ebaselge kujutuse.

Niiskusest tumenes ta kiiresti ja ei näidanud siis enam midagi.

Seepärast püüti muinasajal valmistada ka teissuguseid peegleid — hõbedasi. Seesugune peegel annab kaunis selge ning puhta kujutuse. Aga hõbegi tuhmub aja jooksul. Pealegi on hõbepeegel loomulikult väga kallis.

Tehti ka terasest peegleid. Kuid ka need läksid kiiresti ähmaseks ning kattusid punaka roostekorraga.

Tuhandete aastate kestel ei tundnud inimesed mingisuguseid muid peegleid.

Näib, et ei peaks kuigi raske olema metallpeeglit tuhmumise eest hoida. On ainult vaja kaitsta teda õhu ja niiskuse mõjutuse eest mingi katekihi abil.

Meie katame ju kallist lakeeritud lauda vahariidega, et ta ei määrduks ega kriimustuks.

Loomulikult ei saa peeglit vahariidega katta; teda tuleks katta millegi läbipaistvaga. Lihtsalt öeldud: teda

tuleks katta klaasiga ning sel viisil muuta metallpeegel klaaspeegliks.

Ei egiptlased ega roomlased poleks saanud seda teha: nad ei osanud valmistada tahvelklaasi.

Murano meistrid õppisid esimestena valmistama täiesti läbipaistvat klaasi. Nemad leidsid tööviisi, kuidas teha klaasimullist lame tahvel. Nemad võisid juba asuda selle ülesande lahendamisele, mis käis üle jõu kõigil varematal klaasivalmistajatel: teha klaaspeegel.

Nõnda oli jõutud niikaugemale, et olid olemas poleeritud metalltahvlike ja klaastahvel. Et saada head peeglit, tarvitses vaid need teineteisega tihedasti ühendada.

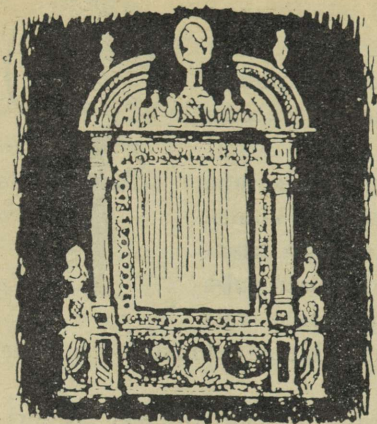
Agas kuidas ühendada nii lahkuminevaid materjale? Külmas olekus ei saa neid kuidagi liita. Kui õige katsuma neid kokku joota? Jahtumisel praguneks klaas kahtlematult: klaas ja metall paisuvad ju erineval määral.

Ja kui õnnestukski ühendada klaas metalliga, vaevalt suudaksid siis paljud inimesed sääraseid peegleid osta: need oleksid liiga kallid. Hõbetahvlike väikese peegliksese jaoks peab kaaluma mitte vähem kui viiskümmend grammi, võib-olla rohkemgi. Agas viiskümmend grammi hõbedat maksab väga palju.

Et toota peegleid, milliseid võiks müüa mitte ainult kuningatele ja hertsogitele, vaid ka harilikkudele, mitte väga rikastele inimestele, oli tarvis teha õige õhuke metalltahvlike, — õieti öeldes mitte tahvlike, vaid kile. Ja loomulikult peaks see kile väga tugevasti klaasi külge kleepuma.

Ülesanne osutus kaunis raskeks, ent ta lahendati siiski. Siledale marmoritükile laotati tinalaht ja valati temale elavhõbedat. Tina lahustus elavhõbedas ja nii





tekkis see, mida nimetatakse amalgaamiks. Sellele asetati klaastahvel ja amalgaami hõbedane, läikiv kile, ainult siidpaperipaksune, kleepus tihedasti klaasi külge.

Nõnda tehti esimene tõeline peegel.

Veneetsia hoidis kaua peeglite valmistamise viisi sügavas saladuses. Kõigi Euroopa riikide õukonnad ja nende järel ka kõik

rikkad ning suursugused inimesed tellisid kahesaja aasta vältel peegleid Veneetsiast, makstes nende eest suuri summasid.

Tuua kingituseks peegel loeti neil aegadel helduse tipuks.

Kui Prantsuse kuninganna Maria Medici abiellus, kinkis Veneetsia vabariik temale pidulikult peegli — Murano meistrite parima saavutise.

Peegel oli üsna väike — selle raamatu suurune, aga teda hinnati viiekümne tuhandele frangile. Tõsi küll, ta oli ümbritsetud kallihinnalise raamiga.

Peegel sai nagu rikkuse märgiks. Püüdes teistest mitte maha jääda, keeldus aadliseisuse viimanegi liige kõigest muust, kuid ostis enesele tillukese peegli.

Prantsuse minister Colbert nägi, kuidas raha voolab Prantsusmaalt Veneetsiasse: ainult Veneetsia klaasivalmistajad oskavad peegleid teha, aga nad ei avalda oma saladust kellelegi. Colbert otsustas avastada selle saladuse iga hinna eest.

Prantsuse saadikule Veneetsias tehti ülesandeks kaks-

kolm peeglimeistrit ära osta ja nad Prantsusmaale toimetada.

Pimedal sügisööl lahkus üks lootsik vaikselt Murano saarelt: mõned Murano meistrid põgenesid Prantsusmaale. Seal peideti nad nii hästi, et Veneetsia nuuskurid ei suutnud nende jälgi leida.

Murano põgenikud andsid kõik oma saladused prantsuse meistritele välja.

Mõne aasta pärast avati Normandia tihedate metsade sügavuses prantsuse peegliklaasivabrik...

Peeglid jäid pidevalt moeasjaks. Juba mitte ainult ülemkiht ja mõisnikkond, vaid ka kaupmehed ja jõukad käsitöölised tahtsid nüüd evida peegleid oma kodudes. Peeglitega hakati kaunistama voodeid, laudu, toole, kappe.

Isegi ballikleitidesse õmmeldi väikesi peeglitükke. Tantsijaid valgustati küünaldega, ja kogu saal silledas rohkearvulistest peegelduslaikudest. Need jooksid mööda lage, hüplesid seintel, vilksatasid külaliste nägudel. See oli kaunis vaatepilt.

Iga aastaga valmistati peegleid üha rohkem, kuid nende kvaliteet jäi madalaks: peegliklaasitahvlid olid ebatasased, näod kajastusid peeglites ebaõigesti, tundusid viltu kistuna.

Pealegi olid peeglid väga väikesed: suuri peegliklaasitahvleid ei suutnud valmistada isegi kõige paremad meistrid.

Et näha oma peeglipilti tervikuna, selleks tuli peeglist sammu kakskümmend-kolmkümmend eemale astuda.

Kogu õukonna ülemkiht, eesotsas kuningaga, nõudis suuri siledaid peegleid.

Sada tundi.

Suurte peeglite tötlusmenetluse avastasid prantslased. Meisterdati pikad ning laiad raudlauad, millel olid äärekandid nagu piljardil. Seesugusele lauale valati sula klaas ning hakati seda malmvaltsiga rullima umbes samal viisil, nagu perenaine rullib pirukataignat.

Nõnda saadi suur tahvel peegliklaasi.

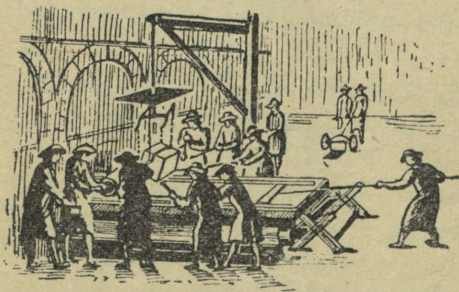
Ent ikkagi polnud see tahvel veel täiesti sile. Tarvitses vaid käega temast üle tõmmata, ja kohe võis tunda, et klaas on ebatasane, et temas on konarusi ning lohke.

Seesugune klaas ei kõlba peegliks. Aga kuidas teha klaas siledaks, kuidas saavutada läiget?

Juba muistsed egiptlased oskasid oma klaasvaaside seinu siledaks teha. Selleks hõõrusid nad neid kaua ning tugevasti liivaga. Liivaterad silusid klaasi, pühkisid temalt ära tillukesed, silmale vaevalt nähtavad konarused.

Täpselt samasugusel viisil hakati nüüd peegliklaasi lihvima.

See oli vaeva nõudev ning raske töö. Uhele klaasitahvlile asetati lapiti teine, puistati nende vahele liiva ja hakati siis alumist tahvlit ülemisega ühtlaselt hõõruma. Väga ühetooniline, väsitav ja — mis peaasi — palju aega nõudev töö!



Et väikesegi peegli jaoks määratud klaasitahvel hästi ära lihvida, pidi kaks meest töötama tundi kolmkümmend.

Aga sellega ei ole töö veel lõpetatud:

pärast lihvimist on klaas küll sile ja ühepaksune, kuid on ilmunud uus viga — klaas on muutunud tuhmiks ning läbipaistmatuks.

Millest tekkis see tuhmus? Sellest, et klaas on kaetud tema vastu hõõrdunud liivaterakeste jälgedega, loendamatu hulga mikroskoopiliste kriimustuste ning täketega.

Loomulikult ei kõlba säärane klaas peegliks. Teda tuleb veel kord üle siluda — poleerida.

Klaasi poleeritakse väga peene pulbriga — puudriga. Tööline silub klaasi väikese, vildiga ülelöödud lauake-sega — polissuaariga. Mitu korda on vaja tõmmata polis-suaariga mööda klaasi? Sada, tuhat või kümme tuhat korda? Ei, hoopis rohkem, — arvatavasti sadu tuhandeid kordi.

Poleerimine nõuab veelgi rohkem aega kui lihvimine: kuni seitsekümmend tundi.

Kolmkümmend ja seitsekümmend, kokku sada tundi selleks, et ühe peegli jaoks klaas siledaks teha!

On arusaadav, et peeglid olid sel ajal kallid.

Selle rahaga, mis siis ühe väikese peegli eest maksti, võis keskmise jõukusega perekond pool aastat elada.

Meie ajal on klaasi poleerimiseks ja lihvimiseks erimasinad.

Päratu suurele ümmargusele lauale valatakse õhuke kiht kipsi ja selle peale asetatakse tõstekraana abil klaasitahvlid. Kui kraana klaasitahvleid näpitsate või tangide viisil pigistaks, siis klaas loomulikult ei taluks seda surumist ja mõraneks. Kuid kraana haarab klaasi hoopis teisiti, palju delikaatsemalt: kummist iminappade abil. Raske klaasitahvel nagu kleepub iminappade külge, kandub läbi õhu ning laskub õrnalt lauale. Alles siis laseb iminapp ta lahti.

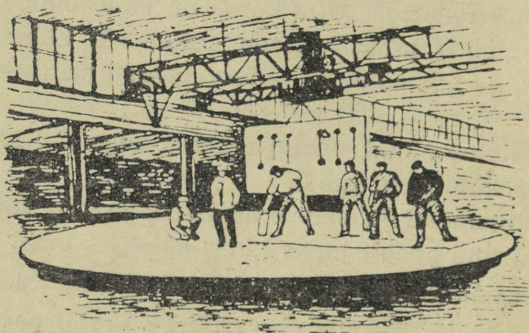
Laud klaasitahvlitega sõidutatakse lihvimismasina

pöörlevate ketaste alla. Need hakkavad kiiresti pöörlema. Poole tunni pärast on klaas juba lihvitud.

Seejärel sõidutatakse laud vildiga ülelöödud poleerimisketaste alla: need annavad klaasile tarvilise läike.

Selleks kõigeks ei kulu mitte seitsekümmend tundi, nagu käsitsi töötamisel, vaid kõigest viiskümmend-kuuskümmend minutit.

Pärast seda, kui õpiti suuri peegleid tootma ja neid, olgugi käsitsi, poleerima, saadi hoopis paremad peeglid ning neid hakati õhinal ostma. Tekkis mood kaunistada



peeglitega terveid tube: mitte ainult seinu, vaid isegi lagesid. Seesugused toad üllatasid külalisi, kutsusid esile vaimustust. Aga elada peeglitetoas muidugi ei saa: igal pool, kuhu vaatad, näed lõpmatut tubade reastikku, tuhandeid vastupeegeldusi. Esialgu tundub see naljakana, aga pärastpoole läheb vastumeelseks ning jubedaks. Tahad nii ruttu kui võimalik minna harilikku tappa.

Ega hispaania inkvisitsioon ilmaegu välja mõelnud erilise piinamisviisi peeglite abil. Inimene paigutati mitmeks päevaks karbitaolisse peeglitetappa, milles peale tema ja lambi ei olnud mitte midagi. Päevad ja ööd läbi vaatasid tema peale vastupeegeldused, otsekui tema

enese kaksikvennad. Neid oli üleval, hüvakul, vasakul, all. Nad kordasid iga tema liigutust, otsekui irvitades vangistatu üle.

Kõige sagedamini juhtus siis nii, et inimene ei talunud piinamist peeglite abil ning läks hulluks.

Peegellagedest ja peegelseintest loobuti lossides peatselt. Kuid siiski jäid peeglid losside parimateks kaunististeks. Hõbedast, pronksist ja portselanist raamides riputati neid ridade kaupa seintele.

Katariina-aegse lossi suur pidusaal Puškino linnas oli samuti peeglitega kaunistatud; kolme reana katsid need seinu.

Suurte vastuvõtude korral valgustasid saali sajad küünlad. Nende valgus helkis otsatult tagasi peeglitelt ja siledalt parketilt. Inimesed nagu kumblesid valguse meres.

Selle tähelepanuvääriva lossi hävitasid saksa rööv vallutajad Puškino linna okupeerimise ajal.

Pärast masinpoleerimise ning rea muude täiustuste leiutamist läksid peeglid odavamaks. Lõpuks ometi muutusid nad kättesaadavaks mitte ainult kuningatele ja rikastele-miljonäridele, vaid harilikkudelegi inimestele.

Peegliklaasitahvleid hakati hindama mitte ainult peeglimaterjalina, vaid ka omaette väärtusena: see klaas oli ju hoopis läbipaistvam, puhtam, „suursugusem“ kui tavaline klaas. Peegliklaas läigib, ta on ilusam kui harilik klaas.

Seesugust klaasi hakati tarvitama kaupluste vaateakendeks. Ka jaamahooneid, luksuslikke võõrastemaju, muuseumihooneid, vagunikupeesid, laevakajuteid hakati klaasima peegliklaasiga.

Peegliklaas muutus nagu aknaklaasi kõrgemaks sortiks.

Varsti hakati peegliklaasi nõudma ka autode jaoks.

See oli tõsine nõudmine: autosid lastakse müügile miljonite kaupa, igale autole aga on vaja mitu klaasi.

Tekkis sama olukord, mis pudeli- ja aknaklaasigagi: peegliklaasi valmistavad tehased ei suutnud kõiki nõudmisi rahuldada.

Oli tarvis kiiresti muuta tehnikat, et järsult suurendada peegliklaasi väljalaskmist.

Peegliklaasilint.

Peegliklaasitehased ei suuda küllaldasel määral klaasi anda; järelikult tuleb enesel õppida teda suurel hulgal valmistama. Nii otsustas Henry Ford, ameerika autokuningas. Asja edasi lükkamata kutsus Ford kaks noormeest — Every ja Brown'i — ja tegi neile ülesandeks korraldada peegliklaasi tootmine uueviisiliselt.

Every ja Brown teadsid sel ajal klaasi kohta niisama palju kui kehtas meie hulgast: nad teadsid, et klaas on läbipaistev ning puruneb kergesti. Mil viisil klaasi tehakse, sellest ei olnud neil aimugi. Every polnud klaasitegija, vaid mehhaanik; Brown aga töötas insenerina tekstiilvabrikus.

Ford valis just need kaks klaasitööstuse alal asjatundmatut inimest ettekavatsetult: nemad — nii arvestas Ford — ei ole koormatud eelarvamustega ega tunne hirmu seesuguste katsetuste ees, mis eriteadlasele juba ette tunduksid ebaõnnestumisele määratud olevat.

Noormehed võtsid asja vapralt käsile. Nad mõlemad asusid lihttöolistena klaasitehasesse. Every hakkas uurima ahjusid ja klaasisulatamist, Brown aga tutvuma klaasitahvlite valmistamisega.

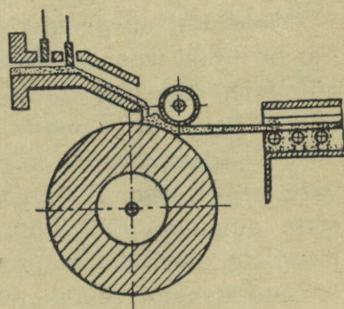
Nad silmitsesid teraselt kõike, mis tehases tehti, ning

esitasid endale iga kord ühe ja sellesama küsimuse: kas seda ei saaks teha teisiti — paremini ning kiiremini?

Ühe kuu teise järel töötasid Every ja Brown klaasitehases. Ja vähehaaval valmis neil nende raske ülesande lahendus: nad nägid juba vaimus uut, senistest täiesti erinevat klaasitehast, seesugust tehast, kus klaas ise roomab ühe masina juurest teise juurde.

1919. aastal algasid noored insenerid oma esimesi katsetusi ja 1922. aastal teostasid nad juba selle, mille poole püüdisid.

Uutes masinates lastakse veniv klaasimass kahe pöörleva valtsi vahelt läbi; sealt roomab ta lindina välja. Kogu aja pöörlevad valtsid, kogu aja voogab nende juurde tiheda voolusena kuum klaas ja, nende vahel lame-daks muljutuna, roomab edasi klaasilindina — lakkamata ning lõputuna. Valtsid ajavad linti ikka edasi ja edasi.



Klaas lastakse kahe valtsi vahelt läbi.

Sellest liikuvast lõputust lindist lõigataksegi välja klaasitahvleid igas tarvilises suuruses.

Tahvlid pannakse vagonettidele — need moodustavad terve rongi. See liigub aeglaselt mööda pikka koridori, millesse on üles seatud lihvimis- ja poleerimismasina-d. Ja sel ajal, kui rong läbib aeglaselt koridori, lange-tavad masinad kindlas järjekorras oma sada kaheksa-kümmend viit tiirlevat ketast klaasitahvlitele, — nii hõõ-rutakse ning silutakse klaasi. Kui rong koridorist-kon-veierist väljub, on kõik klaasitahvlid juba lihvitud ja läikima poleeritud.

Eks ole imelik: klaas ei seisa tehases mitte minutitki kohal, vaid liigub kogu aja edasi.

Alguses voolab tuline sula klaas aegamööda, nagu püdel tuline jõgi, ühest vannahju otsast teiseni; siis roomab ta nagu madu valtside alt lõputu lindina ja viimaks, asetatud tükkidena kohale, sooritab ta reisu raudteerongis.

Klaas siseneb ahju liiva, sooda ja teiste ainete seguna ja lahkub raudteerongist siledate, läikivate tahvlite näol, mis on täiesti valmis otsekohe auto akendesse paigutamiseks.

Meie ajal on peegliklaas peeglist nagu lahku läinud. Tal on nüüd iseenda elutee. Teda vajatakse ehitistele ja autodele. Aga osa klaasi läheb ikkagi peegliteks; peegleid ei unustata ja nende kvaliteet paraneb alata.

Peeglid, mis olid kaetud amalgaamiga, andsid kahvatu peegelduse. Nende valmistamisel tuli tegelda mürgiste ainetega. Oli juhtumeid, mil töölised said surma mürgiste elavhõbeda-aurude tõttu.

Aastat kaheksakümmend tagasi loobuti amalgaamist. Selle asemel hakati klaasitahvlit katma õhukese hõbedakihi. Et see õrn hõbedakirme viga ei saaks, kaeti ta pealt värvikihi.

Seesugused peeglid annavad väga ereda peegelduse.

Nagu vanasti, nii ehitatakse meiegi ajal klaasist tube ja saale. Need saalid võimaldavad igale külastajale teostada paigalt liikumata otseku reisu ümber maailma.

Vaadake näiteks, kuidas on ehitatud meelepetete-klaaspalee Pariisis: tema seinad koosnevad suurtest peeglitest, mida raamidena ümbritsevad mitmesugused sambad, kaunistised, raidkujud. Ristuva peegelduse tõttu näib vaatajale, et ta seisab keset rohkeid ühesuguseid saale, mis suunduvad igasse külge. Vähe sellest: kõikidesse nurkadesse on asetatud tiirlevad trummelsambad:

tarvitseb vaid neid pöörata, ja kogu vaatepilt muutub äkki täiesti, nagu võlukepikese viipe tagajärjel.

Vaatajale näib nüüd, et ta on sattunud hindu tempelisse. Uus trumlipööre — ja ta on juba ääretu põlismetsa tihniku keskel. Veelgi ja veelgi muundub tuba-kaleidoskoop, ja vaatleja kandub üha uutesse kohtadesse...

Praegu võib valmistada niisugust klaasi, mis ühelt küljelt vaadatuna on peegel, teiselt küljelt vaadatuna aga harilik läbipaistev klaas, mille läbi on kõik näha.

Seesuguste klaasidega varustatud autost võite vaadelda kõike ümberringi. Teid aga ei näe keegi: iga möödamineja, kes vaatab auto aknasse, näeb iseenda vastupeegeldust, mitte aga teid.

Niisugused klaasid on väga mugavad piilumiseks: sina näed, aga sind ei nähta. Selle eesmärgiga pannakse neid välismaailma ustesse, mis viivad klassidest koridori. Ulevaataja astub tasahiljukesi ukse juurde ja vaatab, mida õpilased teevad; need aga teda ei näe.

Nüüd valmistatakse ka värvilisi peegleid: kullakaid, taevassiniseid, kollaseid, roosivärvilisi, meelislillevärvilisi ja muudes varjundites. Seesuguste peeglitega oli peallistatud ühe ehitise sein New Yorgi maailmanäitusel.

On lõppeks võimalik valmistada ka niisuguseid peegleid, mis näitavad inimese nägu ilusamana, kui ta tõepoolest on. Saladus on siin väga lihtne: peegli klaas omab tabamatult nõrka roosat varjundit. Peeglipilt saadakse niisama selge kui harilikuski peeglis, kuid naha pisikesed vead jäävad varju. Säärases peeglis paistab nägu erakordselt värskena ning noorena.

Seesuguste peeglitega kauplevad välismaailma peegliärid elavalt.

Nõguspeegel.

Aastat seitsekümmend tagasi sattus üks arst mõttele: kas ei saaks vaadata söögitoru kaudu inimesele makku?

See oli julge mõte. Sest kulg: neel — söögitoru — magu, ei ole sirgjooneline, tal on kõverus sees. Aga valguskiir, nagu teada, on sirgjooneline.

Aga just siin lähebki peeglit tarvis: ta murrab kiirt, muudab selle suunda.

Kui poisike aknal istudes lõbutseb sellega, et püüab päikesevalguse peegelduslaiku ja laseb teda naabritele silmadesse, siis kasutab ta just seda peegli omadust.

Kui peeglitega on võimalik siirutada valgust — nagu pillutakse palli käest kätte, siis on järelikult võimalik siirutada ka kujutist, näiteks vaadata ettepoole, kuid näha seda, mis toimub tagapool või ümber nurga.

Ja järelikult on võimalik vaadata läbi söögitoru makku.

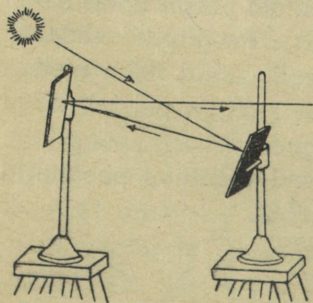
Nõusoleku lasta endal seda katset teha andis üks tsirkusekunstnik-mõõganeelaja.

Arst juhtis talle söögitorru pika ning kitsa peeglitega varustatud toru, mille välise otsa külge oli kinnitatud lambike.

Ja ta nägi tõepoolest mao sisemust, ehkki halvasti, sest lambikese valgus oli nõrk. Aga siiski võis ühte-teist eraldada.

Nii leiutati periskoop mao-vaatlusteks — gastrokoop.

Hiljem täiustati teda: paigutati torukese sisse juhe ja kruviti selle otsa tilluke elektrilambike. Nüüd, kui lamp põleb maos, on kõik väga selgestinäha.



Väike, kuid tugev lambike valgustab mao sisemust hästi, ja arsti vilunud silm leiab kiiresti paise või kasvaja.

Seesuguse meditsiinilise periskoobia võib ühendada fotoaparaadi ning saada ülesvõtte mao sisemusest.

Peamist rakendamist ei leidnud periskoop siiski mitte arstiteaduses, vaid sõjaasjanduses.

Sõjaline periskoop — see on lihtsalt pikk toru, mille ülemisse ja alumisse otsa on paigutatud kaldasendis väikesed peeglid.

Kujutis, mille ülemine peegel kinni püüdis, heidetakse üle alumisele peeglile — siin võib teda vaadelda.

Läbi periskoobi võib jälgida vaenlast ilma kaevikust välja ulatumata, jäädes ise vaenlasele nähtamatuks.

Sel viisil moodustavad kaks harilikku peeglit, mis on paigutatud torru, tähtsa optilise riista.

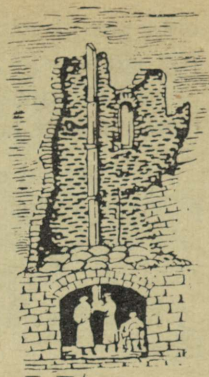
Tõsi küll, peeglil on võistleja — prisma, kolmetahuline klaasitükike.

Ka prisma murrab kiiri ja sunnib neid suunda muutma.

Parimad periskoobid, näiteks allveepaatide omad, on prismaperiskoobid. See-eest on aga peegelperiskoope hoopis kergem valmistada.

Kuid veelgi tähtsam kui harilik lame peegel on optikas nõguspeegel: ta juhib kiiri kitsa ühtlase kimbuna või sunnib neid kokku minema, ristuma ühes punktis teatud kaugusel peeglist.

Muistne legend jutustab, nagu oleks kuulsal kreeka õpetlasel Archimedesel õnnestunud valmistada suur nõguspeegel. Kui Rooma laevastik ründas Sürakuusat — linna, milles Archimedes elas, — siis pööras õpetlane



oma peegli nõnda, et selle poolt koondatud päikesekiired suundusid laevale vastu. Puust laev lõi leegitsema. Selsamal viisil süütas Archimedes üksteise järel kõik teisedki roomlaste laevad. Sürakuusa oli päästetud.

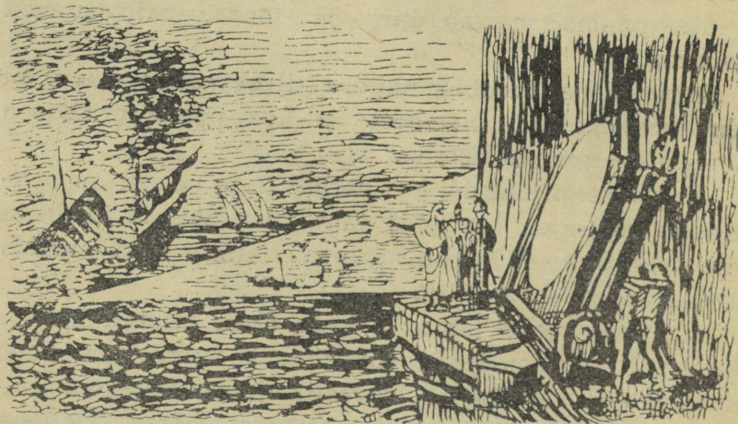
See legend ei vasta muidugi tõele: selleks, et nii palju päikese soojust kokku koguda ning seda nii kauge maa taha saata, oleks olnud vaja tohutu suurt ja pealegi ülihästi lihvitud nõguspeeglit.

Seesuguseid peegleid ei osatud Vana-Kreekas valmistada.

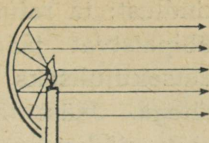
Mõne aja eest katsetati nõguspeeglite rakendamist „päikesemootori“ ehitamiseks. Mitu nõguspeeglit kogusid päikesekiiri ja juhtisid neid aurukatlale. Vesi katlas läks keema ja aur pani masinad käima.

„Päikesemootoreid“ on muidugi kasulikum ehitada seal, kus päike annab palju soojust: lõunapoolsetes maades.

Suuri tulemusi ei ole need mootorid siiski veel andnud.



Hoopis tähtsam on nõguspeegli teine rakendamisviis: mitte soojendamiseks, vaid valgustamiseks.



Elektri-taskulaternas asetseb tilluke lambike, millel on ainult mõneküünlaline valgustugevus. Kui ta saadaks oma kiired igale poole, siis oleks säärasest laternakesest liiga vähe kasu: tema valgus ei tungiks ühest-kahest meetrist kaugemale.

Aga lambikese taha on paigutatud väike nõguspeeglike. Ja seetõttu tungib valguskiir kümne meetri kaugusele ettepoole.

Samuti on ehitatud ka autode esilaternad ja projektorid.

Võimsas projektoris helendab väga suure tugevusega kaarlamp. Aga kui nõguspeegel projektorist välja võtta, siis hajuks lambi valgus sihitult igasse külge ning lamp ei saadaks oma valgust enam mitte seitsmekümne, vaid ainult ühe-kahe kilomeetri kaugusele...

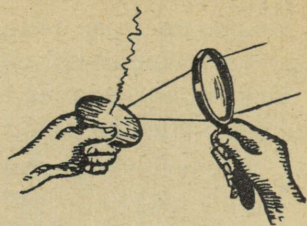
Valgussignaalide-seadeldises raudteel, masti tippu kinnitatud laevalaternas, tuletornilaternas — igal pool me leiame klaasi, mis kogub valguse kitsaks kimbukeseks.

Siiski oleks ebaõige väita, et selleks koguvaks klaasiks tarvitatakse alati nõguspeeglit. Nii nagu tasapinnalisel peeglil on oma võistleja — prisma, nõnda on oma võistleja ka nõguspeeglil — läätsklaas.

Doktor Clawbonny, vahva kapteni Hatteras' kaaslane Jules Verne'i romaanis, oli leidlik inimene.

Nende arktiline ekspeditsioon osutus äkki raskes seisukorras olevaks: ilma tuletikkudeta neljakümnekaheksakraadilises pakases. Mis ette võtta? Kui kellelgi ekspeditsioonist oleks nõguspeegel kaasas olnud, siis oleks saanud sellega tuletikke asendada. Ent nõguspeeglit ei leidunud kellelgi. Doktor Clawbonny ei kaotanud mee-

kindlust: ta raius kirvega tüki läbipaistvat jääd, tahus selle läätsekujuliseks ning poleeris kätega. Jääst tehtud läätsega püüti päikesekiiri ning juhiti nad kokkukogutud kimbuna taela peale. Ja peagi leegitses tael lõbusa tulukesega.



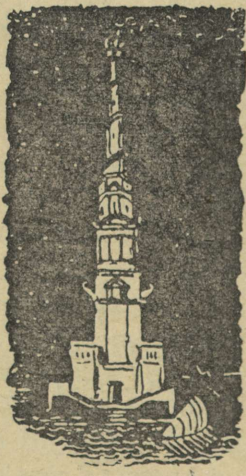
See jutustus äratav siiski mõningaid kahtlusi.

On raske kujutleda, kuidas doktor Clawbonny suutis tahuda kirve abil, pealegi neljakümnekaheksa-kraadilise külma käes, suure reeglipärase kujuga jääläätse. Sest kui see lääts ei oleks tulnud täiesti sile ega reeglipärane, siis ei oleks ta suutnud koguda ühte punkti kõiki temale langevaid kiiri ja tael ei oleks leegitsema hakanud.

Jääst lääts ei ole kiirte kogumiseks kuigi kõlblik.

Palju parem on klaaslääts — koondav klaas ehk, nagu teda mõnikord nimetatakse, süüteklaas.

Seesugune klaas võib juba küll täita sedasama ülesannet, mis nõguspeegelgi. Mõnedel juhtudel on käepärasem kasutada nõguspeeglit, teistel juhtudel — lääts, kuid mõnikord — nii ühte kui ka teist.



Meie rääkisime näiteks, et taskulaternasse asetatakse lambikese taha nõguspeegel. Aga sellest ei piisa: laternas on ka väike lääts lambikese ees. Peeglike ja lääts abistavad teineteist kogu selle valguse koondamisel, mida annab lambike. Eriti keeruliselt on ehitatud tuletornilatern.

Vanal ajal oli kõige võimsa-

maks tuletorniks Aleksandria tuletorn — tohutu ühesaja seitsmekümne meetri kõrgune torn; see kõrgus vastab neljakümne- kuni neljakümneviie-korruselise pilvelõhkuja kõrgusele.

Seda tuletorni peeti üheks „maailma imeks“. Tema tipus põles määratu suur tuleriit, mis oli meremeestele suundanäitavaks tähiseks.

Meil ei ole teada, kui kaugemale selle tuletorni valgus tungis. Kuid väga kaugemale ta muidugi ei võinud tungida, sest isegi suur tuleriit ei anna kes teab kui palju valgust. Pealegi hajus tema valgus igasse külge ja pidi seetõttu oma jõu kiiresti kaotama.

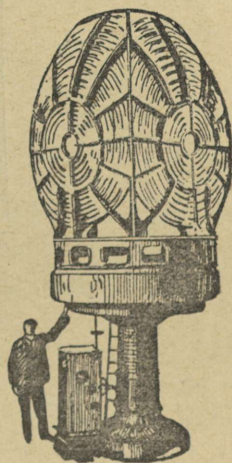
Tuhandete aastate jooksul püüdsid inimesed tuletorni valgust mitmesuguste abinõudega tugevdada. Põletati puu asemel sütt ja tõrvikuid, seati üles mitmetahilisi õli-lampe, tehti nende külge torusid, et nad eredamini põleksid.

Ent kõik see aitas liiga vähe.

Tuletorni tuled olid nõrgad, ja juhtus, et laevakaptenid pidasid kaldal põlevat lõket tuletorniks. Laev purjetas valguse suunas ja pörkas veelustele kividele või jooksis karile.

Laevade päästjaks osutus klaas: tuletornilampide taha asetati nõguspeegel. Seejärel hakati lampe paigutama ümmargustesse aamitaolisesse koond-läätsklaasidesse.

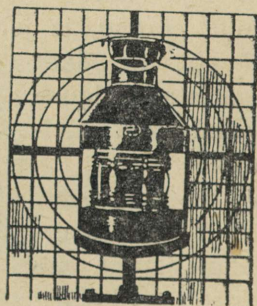
Uks kõige suurematest tuletornidest rakendati tegevusse 1925. aastal Prantsusmaal, Dijoni linna läheduses. See ei näita teed mitte meremeestele, vaid lenduritele. Valgus vilgub iga viie sekundi järel.

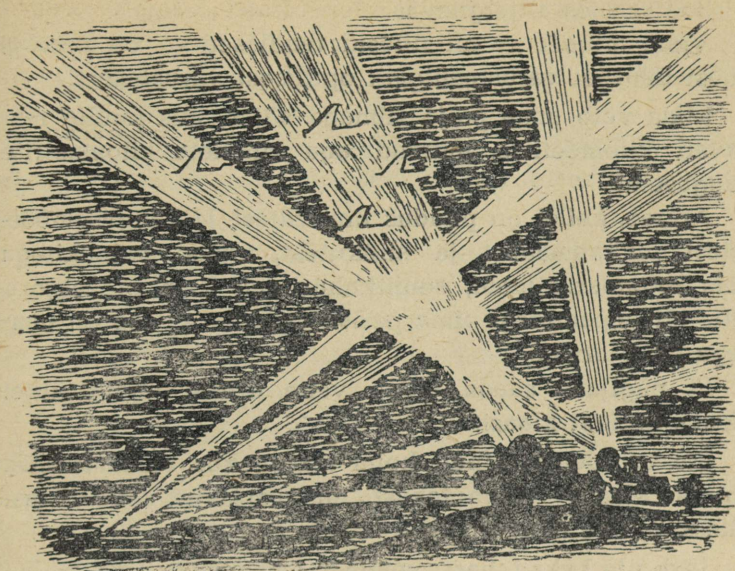


Dijoni tuletorn seisab kõrgel künkal. Tema laternaks on väikese toa suurune klaaspuur. Ta annab valgust läätsedega ja peeglitega. Selle laterna kiirtevihku on selge ilmaga mitmete kümnete kilomeetrite kaugusele näha.

Päikesemootor, sinise lambi reflektor, elektri-taskulatern, prožektor, tuletorn — need kõik vajavad nõguspeeglit. Kuid me ei loetlenud kaugeltki kõike. Oleme jättnud mainimata näiteks teleskoobi peegli.

Kuid oleme niikuinii tähelepandamatult siirdunud optika valdkonda. Ja enne kui jätkata oma jutustust, peame kõnelema sellest erilisest klaasist, millest valmistatakse optilisi riistu.





Seitsmes peatükk.

Guinand'i saladus.

Kolmekümne aasta eest.

1916. aasta kevadel, maailmasõja ajal, sõitis kustutatud tuledega väike laev üle mere ning, olles õnnelikult vältinud kohtumisi vaenlase allveepaatidega ja ujuvate miinidega, jõudis Inglismaa rannikuni.

Laevalt astusid maale mõned vene teadlased. Nad evisid nähtavasti erilisi, tähtsaid volitusi, sest neile võimaldati kiiresti kokkusaamine inglise ministriga, kellele nad oma asja esitasid.

See seisnes alljärgnevas.

Vene armeel — nii ütlesid teadlased — on puudus ühest tähtsast varustusliigist: optilisest varustusest.

Mida võib näha palja silmaga sõjas, kus kuulid lendavad kilomeetrite, mürsud aga kümnete kilomeetrite kaugusele?

Armee, kellel on puudus binoklitest ja kaugusemõõtjatest, pikksilmadest ja sihikutest, armee lennukitega ilma fotoaparaatideta, seniitkahuritega ilma prožektoriteta, allveepaatidega ilma periskoopideta — see on peaaegu pime armee.

Et nägijaks saada, vajab vene armee ainult ühte: klaasi, optilist klaasi.

Ent on olemas ainult kolm tehast, kus valmistatakse optilist klaasi. Kolm tehast, mis varjavad selle klaasi saladust. Üks nendest on — saksa oma.

Jääb üle kaks tehast: vendade Chance'ide oma Inglismaal ja Mantois' oma Prantsusmaal.

Kuid kummalgi neist tehastest ei ole klaasi ülejääke ja kumbki neist ei suuda Venemaal varustada.

Teadlased palusid, et neile tehtaks teatavaks optilise klaasi saladus. Siis oleks võimalik seda klaasi Venemaal valmistama hakata.

Inglise minister keeldus seda tegemast: ta juhtis vene teadlased Prantsusmaale.

Seal lisandus komisjoni põhjendustele veel üks, kõige tugevam.

Prantsusmaa saatus rippus sel ajal juuksekarvakese küljes: sakslased ründasid Verduni. Ainsaks lootuseks oli Venemaa abi. Prantsuse sõjaväejuhatuse nõudis vene vägede pealetungi iga hinna eest.

Vene teadlased vastasid: avaldage meile optilise klaasi valmistamise saladus.

Kuid Mantois keeldus kategooriliselt saladust avaldamast.

Asjasse segas end Prantsusmaa president ise. Ta andis lubaduse mõjutada Mantois'd.

Vene teadlased külastasid jonnakat töösturit Mantois'd, kordasid uuesti talle kõiki oma põhjendusi ja pakkusid saladuse eest miljon franki.

Vana Mantois kuulas neid sõnagi lausumata, ainult ta nägu hakkas üha rohkem punetama. Ja lõpuks hakkas ta rääkima, öeldes, et ta on toonud küllalt ohvreid isamaale. Tema poeg, tema saladuse ainus pärija, on Verduni all hukkunud.

Mantois teatas, et need jutuajamised erutavad teda, klaasivalmistamine aga nõuab hingelist tasakaalu. Mantois hoiatas lõpuks, et kui teda ükskord lõplikult rahule ei jäeta, siis katkestab ta klaasivalmistamise täiesti, isegi Prantsusmaa tarveteks.

Enam ei olnud vene teadlastel Prantsusmaal midagi teha. Mantois osutus tugevamaks kui president.

Teadlased pakkisid oma sumadanid ja pöördusid uuesti Inglismaale...

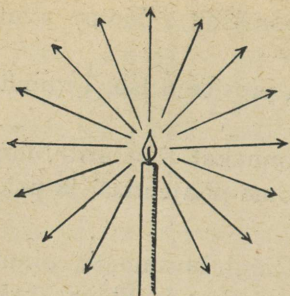
Ent siin lahkume neist.

Milles peitub siis optilise klaasi saladus? — seda tahame teada saada. Miks valdasid seda ainult mõned inimesed maailmas?

Et vastata sellele küsimusele, tuleb meil kaugelt alata.

Valgus ja klaas.

Valguslaineid võrreldakse sagedasti merelainetega. Kuid õieti rõhutab see võrdlus pigemini erinevust kui sarnasust. Kui alata kas või suurusest: valguslained on merelainetest samavõrd vähemad, s. t. lühemad, kui-



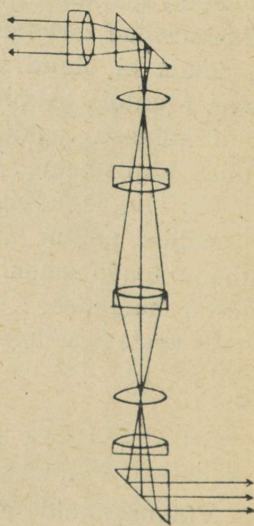
võrd mikroob on inimesest vähem.

Merelaine läbib ühe tunni jooksul mõned kümned, kõige rohkem — mõned sajad kilomeetrid. Aga valguslaine läbib kolmsada tuhat kilomeetrit — mitte ühe tunni, vaid ühe sekundi jooksul. Merelained liiguvad mingis teatavas suunas;

valguslained levivad aga igasse suunda. Ja lõpuks, merelained, kohates oma teel mõnda takistust, näiteks kivi, ei suuda seda läbida: nad kas hoovavad tagasi või voolavad ümber kivi. Valguslaine aga suudab läbida takistuse, näiteks klaasi.

Sellele ongi kogu optika rajatud: asetada valguslaine teele seesugune takistus, mis sunnib teda oma teed muutma. Asetatakse valguslaine teele näiteks peegel: laine veereb tagasi, s. t. peegeldub, ja jätkab oma teed juba uues suunas.

Või asetatakse valguslaine teele säärane peegel, mis, ütleme, on vasakust otsast õhem kui paremast. Klaasi on valgusel raskem läbida kui õhku — ta kulutab selleks poolteist korda rohkem aega. Laine vasem äär, millel tuli klaasis lühem tee läbida, jõuab laine paremast äärest ette ning kogu laine pöördub paremale poole, liigub juba teises suunas kui enne seda.



Või asetatakse laine teele seesugune klaas, mis on kõige paksem oma keskmises osas. Sel korral jõuavad laine ääred ette, kuna keskosa jääb maha — läbinud klaasi, laine hakkab kitsenema, koonduma.

Niimoodi, seades valguslainete ette mitmekujulisi klaasitükke, juhib inimene neid laineid. Ja valguslained — nii pisikesed, et neid mahub sentimeetrile kümneid tuhandeid, nii kiired, et nad jõuavad Päikeselt Maale kaheksa minuti jooksul, — valguslained kuulevad inimese sõna, lähevad sinna, kuhu kästakse!

Ent nad kuulevad sõna ainult siis, kui klaasile on vajaline kuju antud täiesti täpselt ja kui temal ei ole mingisuguseid mügarikke ega lohke.

Agas millised on need mügarikud ja lohud? Mammutile tunduks munakivisillutis arvatavasti täiesti sileda pinnana. Mikroobile aga tunduks aknaklaas mägisena, orgudest ning kuristikest läbilõigatuna.

Kui räägime valguslainerest, siis peame arvestama mitte mammutit, vaid mikroobi. Valguslaine suhtes on pisitilluke, meile mittetajutav mügarik klaasil just seesama, mis merelainetele kõrge kaljujärsak.

Me rääkisime juba sellest, kuidas harilikke peegleid lihvitakse ja poleeritakse. Optilisi peegleid ja läätsi poleeritakse aga võrratult hoolikamalt. See on tõepoolest erakordne töö: poleerida klaasi nõnda, et ta tunduks siledana isegi mikroobile! Mitte ilmaaegu ei harrastanud seda tööd seesugused isikud, nagu filosoof Spinoza, Newton ja teised kuulsad õpetlased.

Sellest on aga vähe, et klaasi välispind siledaks teha: tuleb teha ta ühtlaseks ka seesmiselt.

Mida see tähendab? Muidugi ei ole klaasimassis eneses mingisuguseid mügarikke ega auke. Ent see-eest võib seal leiduda kohti, mis osutuvad valguslainele suure-

maks takistuseks kui klaasi naaberosad. Kõige tühisemastki erinevusest klaasi koostises on küllalt selleks, et valguslaine kalduks kõrvale temale antud teest ja suunduks hoopis mujale, kui vaja.

Kõige puhtam klaas.

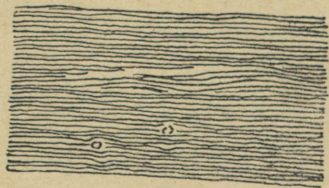
Kas olete kunagi vaadanud läbi pudeliklaasi killu? Selle läbi vaadates näivad inimesed vildakatena, virildunud nägudega, vatsakatena nagu teekatlad või pikkadena nagu tornid.

Selle põhjuseks on asjaolu, et niisugune klaas ei ole homogeenne ehk ühtlane. Ta on valmistatud kümnest aimest ja ühesse tema tilgasse on sattunud rohkem ühte ainet, teisesse aga — teist. Igas oma punktis võltsib klaas: iga millimeeter murrab kiirt omamoodi.

Võtame tüki akna- või pudeliklaasi ja vaatleme teda vastu valgust hoides tähelepanelikult. Mida me märkame? Kõigepealt — peenimaid pisimullikesi. Kui klaasi sulatati, siis ta pulbitses ning kobrutas, eritas gaase. Tardumisel ei jõudnud kõik gaasid klaasist lahkuda, osa neist osutus otsekui klaasimassi sissemüürituks ning jäi sinna pisitillukeste mullikeste näol igaveseks ajaks.

Meie näeme klaasis veel otsekui läbipaistvaid niite ja ribakesi — need on nõndanimetatud klaasitriibud, mis koosnevad klaasiainesest, mille koosseis väheke erineb kogu muust klaasimassist. Neid võib eriti hästi märgata siis, kui klaasi vaadelda väikeste joonekestega täiskriipsutatud paberi taustal.

Mõnikord võime klaasis näha veel hallikaid kübemesi. Need on kas liivatera-



kesed, mis pole klaasivalmistamisel täiesti ära sulanud, või tulekindla savi raasukesed, mis on klaasi sattunud poti murenenud seintest või sinna juhuslikult kukkunud ahju võlvidest.

Näete, kui palju vigu võib märgata harilikus klaasis, kui teda tähelepanelikult vaadelda.

Kõik need mullikesed, kübemekesed ja niidid muudavad kiirte teed ning moonutavad kujutust. Muidugi on peegliklaas pudeliklaasist võrratult parem. Peegliklaas, mis on pandud kaupluse vitriini, on peaaegu nähtamatu. Ta näib täiesti puhtana, läbipaistvana, ühtlasena. Raske on uskuda, et ta siiski kiirte teed moonutab. Aga ometi on see nii: selle klaasi iga tükike erineb pisut naaber-tükikestest. Tõsi küll, sääraseid jämedaid vigu, nagu pudeliklaasis, peegliklaasis ei esine. Kui aga vaadata peegliklaasile otskandist, siis selgub jalamaid, et ta ei olegi nii ühtlik ning läbipaistev, nagu esimesel pilgul näib. Me märkame siis, et kogu klaas koosneb nagu üksikutest kihtidest, ta sarnaneb lehttaignast pirukaga. Selgub, et peegliklaasi valamisel klaasitriibud, millised leiduvad potis, asetuvad klaasisse kindla korra järgi, kihtidena. See kihilisus teeb peegliklaasi täiesti kõlbmatuks optiliste riistade üksikosade valmistamiseks.

Kui mikroskoobi läätsed oleksid tehtud peegliklaasist, siis ei maksaks seesugusesse mikroskoopi vaadatagi: kindlapiirilise ning täpse kujutuse asemel näeksime vormitut tuhmi täppi. Oleks nii, nagu laste „telefoni-mängus“: sõna antakse ühelt teisele kõrvast kõrva edasi ja kui ta jõuab viimase mängijani, siis osutub ta äratundmatuks — nii on jõutud teda selle ajaga moonutada.

Kuidas valmistada siis seesugust klaasi, mis oleks peegliklaasist parem?

Looduses — tõsi küll, väga harva — on leitud ainet, mis oma puhtuse, läbipaistvuse ja valgusemurdmisjõu

poolest on palju parem isegi peegliklaasist: see on — mäekristall. Kuid mäekristall ei ole siiski klaas, vaid täiuslikult läbipaistev ning väga puhas ränikivi. Looduses leidub teda väga vähe ja ta ei saanud arvesse tulla materjalina rohkearvuliste optiliste riistade valmistamisel, milliseid mitmesuguste teadusalade õpetlased selleks ajaks vajama hakkasid.

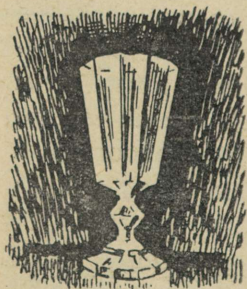
Paljude sajandite jooksul unistasid klaasivalmistajad niisuguse klaasi valmistamisest, mis oleks niisama puhas ning läbipaistev kui mäekristall. Ja lõpuks, aastat kolmsada tagasi, valmistatigi niisugune klaas — siis, kui sellest ei mõeldudki, täiesti juhuslikult.

Sel ajal siirdusid inglise klaasivalmistajad puitküttelt süsiküttele. Pottidesse sattus tahma ja selle tagajärjel saadi musta klaasi.

Prooviti sulatada klaasi kinnistes pottides. Must värvus kadus, kuid klaas ei keenud hästi läbi. Otsustati siis klaasile seatina lisandada.

Tõepoolest toimus keemine nüüd ülihästi. Kuid klaas on juba seesugune aine, millelt võib alati ebameeldivaid üllatusi oodata: ta kees küll hästi, osutus aga erekollaseks.

Mida küll kõike ei proovinud inglise klaasivalmistajad, et pääseda sellest uuest hädast!



Ükskord pandi klaasi segusse sooda asemel potast — pulbrit, mida, nagu soodatki, tarvitatakse pesupesemisel.

Uus klaas kees hästi ja kollane värvus puudus.

Kui aga sellest klaasist pokaal tehti, siis hämmastusid kõik.

Pokaal säras peaaegu nagu teemant. Kerge löök vastu tema

äärt tekitas laulva, hõbedase kili-
na.

Oma säralt, läbipaistvuselt ning
puhtuselt võis uus klaas kallihinnalise
mäekristalliga võistelda, aga kõigi
muude omaduste poolest oli ta harilik
klaas, mis pealegi laskis end hästi
keeta ja igal viisil kergesti töödelda:
puhuda, tahuda ja graveerida. Seda
tõeliselt suurepärasest klaasist hakatigi ni-
metama kristallklaasiks.

See avastus tehti 1635. a.

Kristallklaas oleks nagu ise kippunud kunstniku
kätte. Temast hakati valmistama kunstipärase graveerin-
guga kaunistatud pokaale ja veiniklaase. Vaskrattakese
ja teemandi abil graveerisid kunstnikud säravale klaa-
sile mitte ainult vinjette, vaid terveid piltegi: maastikke,
jahistseene, linnade vaateid.

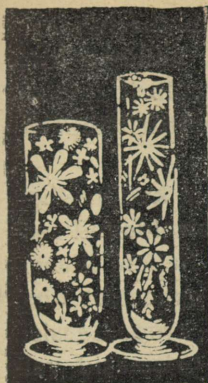
Uhele väikesele pokaalile graveeris kunstnik-klaasi-
valmistaja linna vaate. Tugeva luubi läbi võis maju, kõr-
get torni ja muid ehitisi selgesti näha.

Teine meister tuli toime portreede graveerimisega
kristallile.

Kristall osutus kunstnikele-meist-
ritele täielikuks aardeks.

Kuid veelgi väärtuslikumaks aar-
deks osutus kristallklaas teadlastele,
sest peale ilu oli tal veel üks väga
tähtis omadus — ta murdis valgust
väga tugevasti. See klaas osutus
asendamatuks mitmesuguste opti-
liste riistade valmistamisel.

Klaase, mis sisaldasid seatina, ha-
kati nimetama flintklaasideks nende



läbipaistvuse ja värvusetuse tõttu. See nimetus tuli Inglismaalt, kus flintklaasiks nimetati klaasi, millesse liiva asemel pandi puhta räni — tulekivi — pulbrit (inglise keeles on tulekivi — flint) ja mis oli seetõttu läbipaistvam ning puhtam kui tavaline klaas.

Hiljem õnnestus keeta niisama kõrge kvaliteediga klaasi nagu flintklaasiki; uus klaas aga ei sisaldanud seetõttu, evides siiski muid tähtsaid omadusi. Sellele klaasisordile anti nimeks kroonklaas. Nendest puhastest ning läbipaistvatest klaasidest, flintklaasist ja kroonklaasist, hakatigi optiliste riistade tarvis läätsi ja prismasid valmistama. Kuid isegi kõige paremad klaasid ei olnud ikka veel küllalt head: ebaühtlikkus, mullikesed ja triibud klaasis jäid püsima.

Kui oleks osutunud võimalikuks nendest puudustest vabaneda, siis oleksid kõik optilised riistad mitmekordselt paremaks saanud. Aga kuidas seda saavutada?

Paljud teadlased ja insenerid murdsid selle kallal pead, kuid ei suutnud midagi välja mõelda. Mullid on klaasis niisama vältimatud nagu rõugearmid inimese näol, kes on rõuged läbi põdenud, — nõnda oletasid vilunud klaasivalmistajad.

Ent oma suurimaks hämmastuseks said nad äkki teada, et keegi prantsuse kellassepp, nimega Guinand, tuleb toime imetoredate läätsklaaside valmistamisega — need on mullikestest ning triipudest peaaegu täiesti vabad.

Oma saladust ei avaldanud Guinand mitte kellelegi. Alles surma eel teatas ta selle oma poegadele.

Nõnda siirduski see saladus põlvest põlve saja aasta jooksul.

Guinand'i geenius suri koos temaga.

Pärijate kätte jäid vaid mõnede klaasisortide tardunud, muutumatud retseptid. Viie sugupõlve rikkus põhjenes neil retseptidel, milledele hakati vaatama peaaegu

nagu pühadele käskudele. Muidugi täiendasid Guinand'i pärijad neid retsepte saja aasta jooksul pisut, kuid ei sõandanud neist iialgi järsult kõrvale kalduda. Ja selleks polnud neil vajadustki: võistlejaid ei leidunud.

Võistlejad ilmusid alles üheksateistkümnenda sajandi lõpul. Geniaalne füüsik Abbe töötas välja uued nõuded optiliste klaaside kohta; ta määras kindlaks, milliseid klaase nimelt on mitmesuguste optiliste riistade jaoks tarvis.

Abbe töötas koos keemik Schott'iga, kes lahendas hiilgavalt need ülesanded, millised Abbe talle esitas. Ta töötas välja suure hulga optiliste klaaside koosseise ja õppis muutma nende klaaside omadusi soovi kohaselt, ka täiustas ta klaasi kvaliteeti. 1881. aastal rajas Schott Jena linnas optilise klaasi tehase, mis hiljem sai kogu maailmas kuulsaks.

Abbe ja Schott'i teaduslikult põhjendatud koostöö andis hiilgavaid tulemusi ning optilistele riistadele olid kindlustatud tarvilised klaasisordid. Võistlus aga jäi püsima ning Abbe-Schott'i meetodeid ja leiutisi hoiti samuti saladuses, nagu varemini Guinand'i retsepte ja tööviise tema pärijate poolt.

Kõik maad vajasisid optilisi riistu — fotoaparaate, binokleid, pikksilmi, mikroskoope ja teleskoope. Aga valmistada oskasid neid kõigest kolm tehast maailmas: üks Prantsusmaal, üks Saksamaal, üks Inglismaal.

Sõda „kihulasega“.

1916. aastal õnnestus vene teadlastel optilise klaasi saladus teiskordsel Inglismaa külastamisel ikkagi kätte saada. Tõsi küll, Venemaal tuli selle eest kallist hinda maksta. Inglise tehaseomanikule Chance'ile anti kahe-

kümne viie aasta peale erilised õigused ja privileegiumid. See oli väga rõhuv, orjastav leping, kuid teist valikut sel ajal ei olnud.

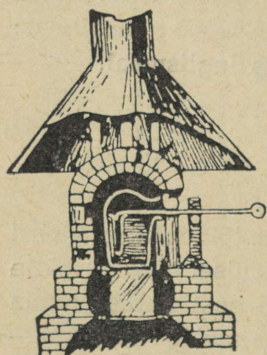
Ja Petrogradis portselanitehases (praegune Lomonosovi-nimeline tehas) tekkiski uus optilise klaasi osakond. Tehase tehniline juht, insener N. N. Katšalov (käesoleval ajal NSVL Teaduste Akadeemia kirjavahetaja-liige), kutsus uue tegevuse juhtimisele silmapaistvaid teadlasi: akadeemik N. S. Kurnakovi, akadeemik D. S. Roždestvenski, professorid V. J. Grum-Gržimailo, N. A. Pušini ja V. J. Tištšenko.

Osakonna ülemaks kutsuti noor keemik I. V. Grebenštšikov (praegusel ajal akadeemik).

Algasid esimesed, katselised klaasivalmistamised.

Milles aga seisnes Chance'i, õigemini Guinand'i saladus?

Triibud tekivad klaasis sellest, et kogu aja, mil toimub keetmine, puutub sula klaas poti seintega kokku ning söövitab, s. o. lahustab neid. Selle lahustamise tõttu tekib hoopis teise koostisega klaas kui potis olev ülejäänud klaasimass. Ja siis hakkavad seinte juurest triibud edasi roomama. Nad levivad ikka kaugemale poti



keskkoha poole ja rikuvad järkjärgult kogu klaasi. Aga kuidas neid triipe vältida? Selgub, et on tarvis keetmise ajal luua potis katkestamatu keeris, sulatatud klaas peab olema alatises ringlemises. Ja selleks on tarvis teda kogu aja pika roobiga segada.

Segama ei pea muidugi mitte puuroobiga (see läheks põlema) ega raudroobiga (see sulaks

ära), vaid roobiga, mis on valmistatud tulekindlast savist.

Segada tuli väga kaua — mitu tundi järjest. Eriti raske oli segada just keetmise lõpu eel, kui klaas hakkas tihedaks minema. See-eest segunesid koostusained hästi ning jaotusid ühtlaselt, nii et klaasis peaaegu ei olnudki kübemekesi, mullikesi ega niite-triipe.

Uus osakond eksisteeris ainult kaks aastat. Algas kodusõda, tehas ei saanud kusagilt tooraineid ega kütet. Klaasivalmistamine toimus seisakutega üha pikemate ajavahemikkude järel. Ja iga keetmise korral mõtlesid töölised: kas see tõesti jääb viimaseks?

1919. aastal kasvasid raskused äärmuseni. Rinded nihkusid Petrogradile üha lähemale, rongid käisid hädavaevalt. Töölised nälgisid ikka rohkem ja rohkem...

Ja saabuski viimase keetmise päev. Viimast korda tõmmati ahjust välja pott silmipimestavalt särava klaasiga. Siis kustutati ahi. Võtmetega kõlistades käis valvur tehase läbi, riputas ette lukud, lukutas ukсед... Tehas jäi seisma.

Ta jätkas oma tööd alles 1923. aastal. Otsiti üles vanad töölised, kes olid mööda Nõukogude Liidu linnu ja külasid laiali sõitnud ja mitmetel rinnetel viibinud. Mitte keegi neist ei keeldunud tehasesse tagasi tulemast. Ja peagi töötas seal juba seitsekümmend inimest.

Meie ei hakka siin tehase ajalugu jutustama. Jutustame ainult ühest sündmusest, mis juhtus tehases mõni aasta pärast tema teiskordset sündi. See oleks peaaegu tehase elu maksnud ja see lõppes ebaharilikul viisil. Seda sündmust nimetatakse „sõjaks kihulasega“.

Optilist klaasi ründas „kihulane“. See on eriline liik praaki, mille puhul iga sentimeeter klaasi on tuhandeid kõige pisemaid mullikesi täis lükitud.

See oli väga kohutav. Üks keetmine teise järel andis

haiget klaasi, mis tervenisti praaki visati. Kogu tehas oli jalule aetud. Kuulutati välja tööd „erakordse hädaohu puhul“. Katsetati läbi kõik võimalikud keetmise teisen-damised. Muudeti keemilist protsessi. Muudeti klaasi koostist. Suurendati temperatuuri nõnda, et kõik ahjud pragisesid. Ei aidanud miski. „Kihulasest“ ei saadud jagu.

Siinkohal on loomulik küsida: kas Guinand'i saladus siis ei kaitsnud praagi eest? Selles asi ongi, et ei kaits-nud. Guinand oli avaldanud kõik oma saladused, aga väga varsti selgus, et need ei sisalda mitte mingit teaduslikku teooriat, vaid kujutavad endast lihtsalt reeglite loetelu, millised olid rohkete aastate kogemustest saadud, midagi kokakunstiretseptide taolist.

Chance'i retseptid olid tehasele muidugi kasulikud. Kümnel leheküljel olid loetletud praagi põhjused. Olid ette nähtud isegi säärased piasjad nagu see, et potti ei tohi puudutada metallist instrumentidega. Räägiti isegi sombuse ilma mõjust. Ent kõik need retseptid ei seleta-nud seda, mis toimub potis, ega kaitsnud praagi eest. Nõukogude eriteadlastel tuli enestel praagi põhjused välja uurida ja tundmatu vaenlasega võitlust pidada.

Akadeemik Roždestvenski veetis tehases päevad ja ööd. Tehase laboratooriumi paigutati kolm diivanit puh-kamiseks, ja laboratooriumi kaastöölised ei lahkunud tehasest nädalate kaupa.

Nii möödus kolm kuud. Optilise klaasi tehas tõi ainult kahjusid ega andnud toodangut.

Kuid kolme kuu pärast andis laboratooriumi palavi-kuline töö siiski tulemuse. Tõsi küll, see tulemus oli väga imelik; ta rääkis vastu Mantois', Chance'i ja Schott'i kõigile reeglitele, kogu nende sajandipikkusele kogemusele.

Lühidalt — laboratoorsete katsetega oli kindlaks teh-tud, et üheksakümnetunnine klaasi keetmine on eelarva-

mus. On tarvis keeta ainult kolmkümmend tundi. On tarvis klaasi segada mitte keetmise viimase kuue tunni jooksul, nagu oli kombeks, vaid kohe algusest peale.

Tehases töötavad eriteadlased otsustasid teha julge katse: teostada keetmine uuel tööviisil. Keskpäeval lõppes esimese brigaadi valvekord. Kuid keetmise lõpuni jäi ainult kuus tundi ja brigaad ei tahtnud enne tulemuste selgumist ära minna. Ettemääratud ajaks kutsuti kohale tagavaratöölised: pott koos klaasiga kaalus puuda viiskümmend ja brigaadi enese jõuga oli võimatu teda ahjust välja tõmmata. Ent juhtus see, mida tehase juhid ei võinud aimatagi: töölised — vanad, vilunud klaasikeetjad — ei tulnud potti ahjust välja tõmbama. Nad ei suutnud käsku uskuda, pidasid selles antud tähtaega veaks: ei ole ju võimalik klaasi kolmekümne tunni jooksul valmis keeta.

Esimene ja teine brigaad, kattes end kuumuse eest viltkilpidega, tõmbasid poti omal jõul ahjust välja. Ja kui tulid kohale tagavaratöölised — üheksakümmend tundi pärast keetmise algust, nagu alati, — nägid nad imet: ühe poti asemel oli kolm potti — kõik suurepärase, „kihulasest“ vaba klaasiga.

Kuu aja pärast oli uus tööviis kätte õpitud. Kaheksa keetmise asemel kuu kohta hakkas tehas andma kaksikümmend. Klaasi hind langes poole peale. Ka „kihulane“ oli võidetud. Ja klaas ise sai palju parem.

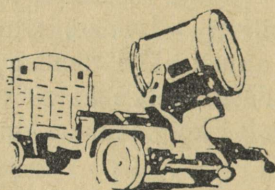
Nõnda lakkas optiline klaas kolme perekonna sugukondlikuks saladuseks olemast. Nõukogude klaasivalmistajad ei õppinud mitte ainult seda klaasi keetma, vaid nad hakkasid keetma teda uuel viisil, kiiremini ning paremini.

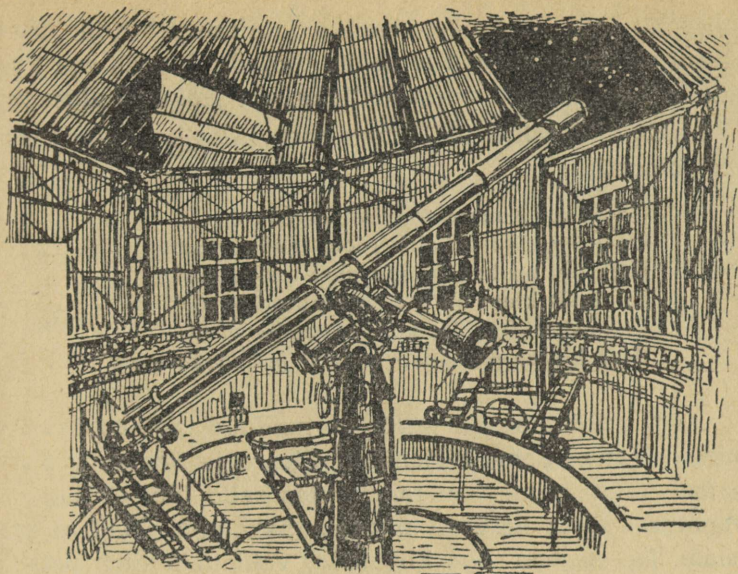
Praegusel ajal ei segata meie tehastes klaasi enam käsitsi saviroobiga, nagu seda tegi Guinand. Eriline mehhanism tekitab potis keerise, hoiab sula klaasi ala-

tises ringlemises ja teeb seda palju paremini kui inimesed.

Meie keedame nüüd optilist klaasi ise ja valmistame temast igasuguseid aparate.

Missugused optilised riistad on siis meie ajal olemas ja milleks neid vajatakse?





Kaheksas peatükk.

Inimkonna silm.

Kaks klaasi.

Paljudki inimesed kannavad endaga alati kaasas kaht väikest ümmargust klaasitükki — need on prillid. Lühinägelikel on prillid alati ninal, nad lahkuvad neist ainult ööks, kui heidavad magama. Teistel on prillid tarvilised lugemiseks — need on kaugenägelikud, enamasti elatanud inimesed.

Kujutleme minutiks, et klaasivalmistajad äkki unustavad prilliklaaside tegemise oskuse. Mis juhtuks siis

miljonite lühi- ja kaugenägelike inimestega? Kõik need täiesti terved inimesed ei saaks töötada, lugeda ega kirjutada. Nad jääksid päris abituuks, elu jaoks üleliigseiks.

Mihhail Vassiljevitš Lomonossov ütles kahesaja aasta eest õigesti:

Oh suur on mure see, kui lugeda ei saa;
On päevgi vastik siis, rõõm tundub tusana!
Kõik elu on kui öö, kui ahel raske kanda,
Ja ainult klaas on see, mis troosti suudab anda.
Käe oskusliku jõul kõik nägemise vead
Paar klaase parandab — neid prillidena tead!

Aeg, mil inimesed prille ei tundnud, polnudki väga ammu. Vana-Rooma kirjanikud Cicero ja Suetonius kaebavad oma viimastes raamatutes selle üle, et nad on vanaduse tõttu halvasti nägema hakanud. Nad ei saa enam ise lugeda ega kirjutada, vaid neil tuleb pidada enese juures erilisi orje — lugejaid ja kirjutajaid.

Mitte keegi vanaaegsetest kirjanikest ei maini prille.

Aga roomlased, nagu me teame, oskasid ometi klaasist suurepäraseid esemeid valmistada. Kas nad siis tõesti ei märganud, et kumerad ja nõgusad klaasid nägemisvõimet paremaks muudavad?

Jah, nad ei märganud seda ega võinudki märgata — sel lihtsal põhjusel, et tolleaegne klaas oli tuhm ning sisaldas rohkearvuliselt kõige peenemaid mullikesi. Läbi seesuguse klaasi ei olnud peaaegu mitte midagi näha. Ta ei kõlvanud prillideks.

Kogu pika Rooma ajaloo jooksul valmistati prille ühelainsal korral, õigemini, ei valmistatud mitte prillid, vaid ainult üks prilliklaas — monokkel. Ja see tehti mitte klaasist, vaid smaragdist: poleeriti smaragdi nii, et ta sai täiesti sile, lame, pisut nõgusate külgedega. Läbi selle smaragdi, sulgedes teise silma, vaatleski lühi-

nägelik Nero gladiaatorite võitlust.

On arusaadav, et seesuguse smaragdist monokli võis enesele soefada ainult Rooma imperaator! Ja vaevalt see smaragd nägemist parandaski: ta oli rohekas ning vähe läbipaistev.

Alles tuhat kolmsada aastat pärast Nerot tekkisid päris prillid — klaasprillid. Kes nad leiutas, seda me ei tea. Teame ainult, et prille hakati kõige esmalt müüma Itaalias.

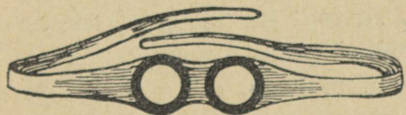
Nende valmistamisviisi hoiti alguses ranges saladuses. Seda tundsid vaid vähesed meistrid. Prillipaari eest maksti siis kuni tuhat kuldrubla ning seda maksti röömuga...

Prillid olid leiutatud. Ja nüüd tekkis küsimus: kuidas neid kanda? Selle näiliselt kerge ülesande lahendamiseks kulds kolmsada aastat.

Alguses kinnitati prillid kübara külge. Prillid ja kübar moodustasid ühe terviku. Väga mugav see just ei olnud: kodus tuli lugemisel ja kirjutamisel kübaraga olla.

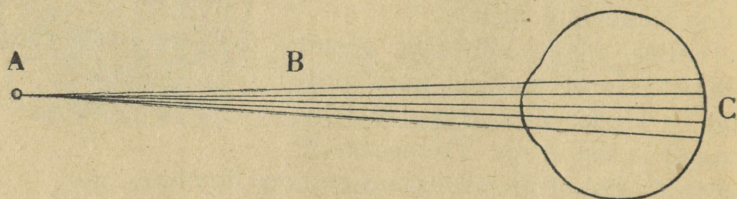
Seejärel hakati klaase raudrõngastesse raamima, milised kinnitati varva külge. See oli nagu mingi pensnee, näpitsprill. Ent näpitsat sel „pensneel“ ei olnud. Ta aina libises ninalt maha, teda tuli alati käega kinni hoida.

Katsetati prilliklaaside raamimist rihmadesse. Rihmasse lõigati ümmargused mulgud ja kinnitati klaasid nendesse. Rihmade otsad aga köideti kukla taha sõlme.



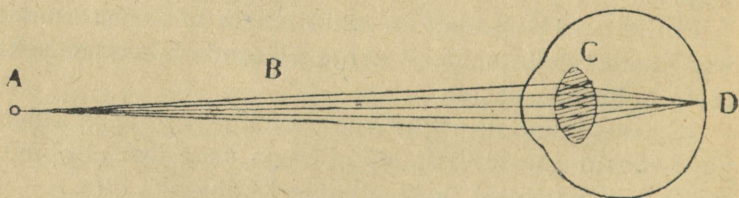
Meieaegsetega sarnanevad prillid tekkisid alles XVI aastasajal.

Prilliklaase valiti sel ajal muidugi ilma arsti abita. Kaupmees ladus lihtsalt letile kõik prillid, mis tal olemas olid, ja ostja valis need, mille läbi ta kõige paremini nägi.



Silmale, millel puudub lääts, näiks helendav punkt laiguna.

A — punkt, B — tema kiired, C — laik silmapõhjal.

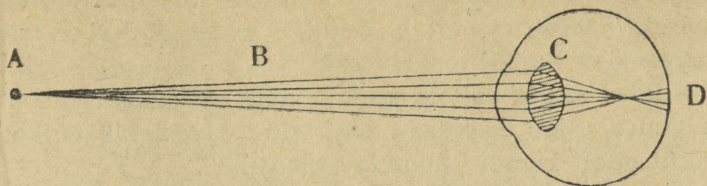


Silmalääts koondab helendava punkti kiired uuesti punktiks silmapõhjal.

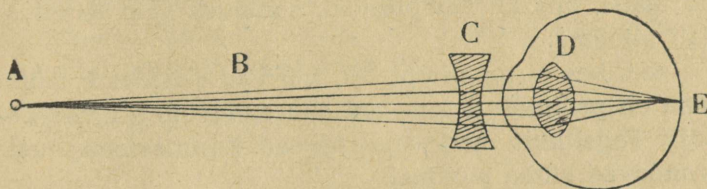
Siis ei teatud veel seda, miks erinevad inimesed vajavad eri prilliklaase ja miks prillid nägemist parandavad.

Alles XVI aastasaja lõpul lahendas astronoom Kepler meie nägemise saladuse. Ta tegi kindlaks, et silmas on olemas läbipaistev, kummaltki poolt kumer kehakene — silmalääts. Sellel on niisugune kuju, et ta teda läbivad kiired kokku kogub ning nad üksteisega ühinema sunnib.

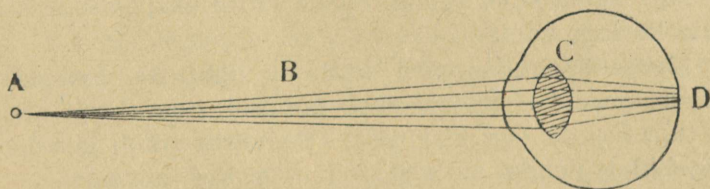
Nii parandatakse nägemisvigu.



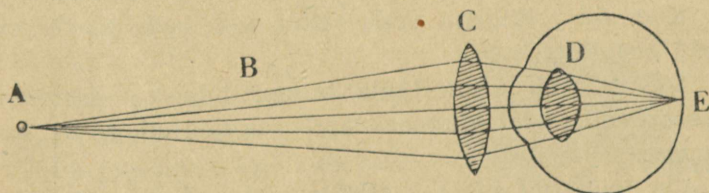
Lühinägeliku silma lääts koondab kiired punktiks mitte silmapõhjale, vaid selle ette.



Lühinägelikku silma parandatakse nõgus- (hajutava) läätsesega.



Kaugenägeliku silma lääts koondab kiired mitte silmapõhjale, vaid kuhugi selle taha.



Kaugenägelikku silma parandatakse kumer- (koondava) läätsesega.

Kaugenägelikel inimestel ei ole see silmalääts aga küllaldase kumerusega ega kogu valguskiiri tarvilisel määral. Seetõttu valgub kujutis silma võrkkilel laiali ning saadav kujutis on ähmane.

Kuidas saada sellele hädale abi? Silmaläätsele, mis on silmas, tuleb lisandada veel teine, klaasist lääts: kumaltpoolt kumer „koondav klaasike“.

Lühinägelikel, vastupidi, on silmalääts liiga kumer, ta kogub valguskiiri liiga tugevasti. Lühinägelikud ei vaja seepärast mitte kumeraid, vaid mõlemalt poolt nõgusaid läätsi, mis kiiri hajutavad, sundides neid lehvikuna laiali minema.

Need, kes ei tunne optikat, küsivad sagedasti: milline toime on prillidel — kas nad suurendavad või vähendavad? Tegelikult nad aga teevad kujutise selgemaks, parandavad silma puudusi.

Seni oleme rääkinud sellest, kuidas prillid inimesi abistavad.

Aga halbu silmi juhtub olema mitte üksnes inimestel, vaid ka loomadel.

Kaugenägelikkus, tõsi küll, ei põhjusta loomadele mingisuguseid ebameeldivusi: hobusel, koeral või kassil ei tule lugeda ega kirjutada. Seevastu rikub aga lühinägelikkus nendel elu veel rohkemgi kui inimestel.

Ameerikas oli juhtum, mil lühinägelikule koerale kirjutati prillid. Optikud tegid prillid valmis. Need prillid olid kinnitatud rihmadesse, mis kukla taha kinni köideti.

Koer oli prillidega väga rahul ega lasknud kellelgi neid ära võtta.

Mis puutub harilikkude, inimprillide valmistamisse, siis on sellel alal viimasel ajal saavutatud suuri edusamme.

On leiutatud näiteks seesugused prillid, milliseid ei asetata ninale, vaid tihedasti vastu silmi, laugude alla.

Raame säärastel prillidel muidugi ei ole. Oma kujult vastavad nad täpselt silma kumerusele. Kui vaatate selliseid prille kandvale inimesele, siis te ei märkagi neid prille. Need suurepärased prillid ei lähe kunagi higiseks, ei kuku maha ega purune.

Koondav klaas on suuteline mitte ainult abistama nõrgaks jäänud silmaläätse, vaid mõningatel juhtudel teda isegi asendama.

Võib juhtuda, et silmalääts haigestub ja kirurgil pole muud võimalust, kui ta välja lõigata. Ilma selleta aga inimene ei näe. Ent osutub, et loomuliku silmaläätse asemele on võimalik teha kunstlik.

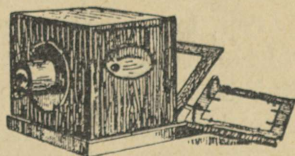
Silma ette kinnitatakse väga tugev koondav lääts ja see annab inimesele nägemisvõime kas või osaliseltki tagasi.

Kinnipüütud kiir.

Terve inimene ei vaja klaasläätse, tal on silmas enesel lääts. On aga olemas seesugune aparaat, mis mitte kuidagi ei saa läbi ilma klaasläätseta — see on fotoaparaat.

Palju sajandeid on inimesed unistanud seesugusest aimest, mis oleks võimeline valguse jäljendit säilitama. Keemikud otsisid seda, aga ei leidnud. Lõppude lõpuks avastati selline aine ikkagi, kuid mitte keemiku, vaid noore maaliija poolt.

1827. aastal jooksis keegi noor naine suures erutuses kuulsa prantsuse õpetlase juurde. Ta palus õpetlast pisarsilmil, et see tema mehele, maali-



Daguerre'i fotokaamera.

kunstnik Daguerre'ile, aru pähe paneks ning veenaks teda paleti ja pintsli juurde tagasi pöörduma. Sest juba mitu kuud teostab Daguerre mingisuguseid katseid, olles andunud meeletule kavatsusele valguse jäljendit kinni püüda ja teda vasktahvlikesel säilitada.

Ta on oma tellimused hooletusse jätnud, ostab kogu olemasoleva raha eest optikult kalleid läätsi ja apteegist igasuguseid keemilisi aineid ning lukutab enda ter-
veteks öödeks ja päevadeks pimedasse tupp.

Õpetlane rahustas noort naist ning lubas tema meest manitseda. Kui ta aga Daguerre'i tööga tutvus, siis ei mõelnudki ta teda noomida, vaid, vastupidi, kiitis selle heaks ning rõõmustas leiutajat sellega, et tunnistas tema tee õigeks.

Tõepoolest õnnestus sel kangekaelsel Daguerre'il, keda paljud pidasid hullumeelseks, päikesekiirt kinni püüda ja kinni hoida: tal õnnestus valguse jäljend tahv-
likesele kinnistada.

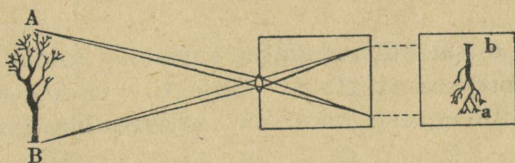
Seks otstarbeks hõbetas Daguerre vasktahvlike ja hoidis teda seejärel elavhõbeda-aurus. Siis paigutas ta tahvlike fotoaparaati. Tahvlike mustus neilt kohtadelt, kuhu langes valgus. Tekkis metallportree, nn. „dagerro-
tüüp“ — meie foto esivanem.

Oleks aga Daguerre oma tahvlike lihtsalt valguse kätte asetanud, siis ei oleks sellele mingit kujutist tek-
kinud: tahvlike oleks üleni mustaks läinud. Fotoaparaadi sisse tuli paigutada lääts, mis sarnaneks inimese või looma silmas leiduva silmaläätsega.

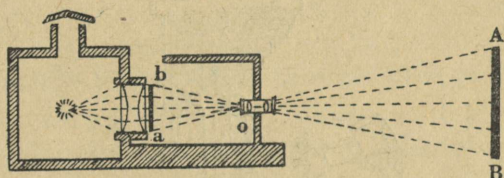
Agas kust saada lääts? Kas lõigata see välja lehma või hobuse silmast? Võib-olla töötaks seesugune loodus-
lik lääts päeva või kaks, aga siis lähaks ta rikki, hak-
kaks mädanema. Järelikult ei kõlba looma silmast võe-
tud lääts päevapildistamiseks.

Siia sobis just koondav klaaslääts. Kui klaasivalmis-

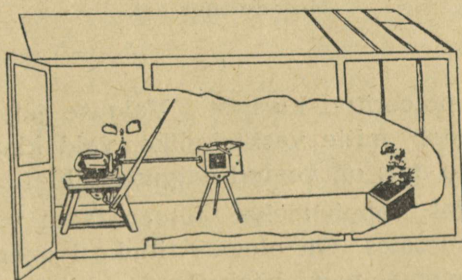
tajad poleks osanud läätse valmistada, siis poleks praegu fotograafiat, päevapildistamist, kogu Daguerre'i leiutus oleks tühja läinud.



Nõnda tekib fotoaparaadis kujutis.



Valguspildiaparaat: ba — diapositiiv, o — objektiiv, AB — suurendatud kujutis ekraanil.



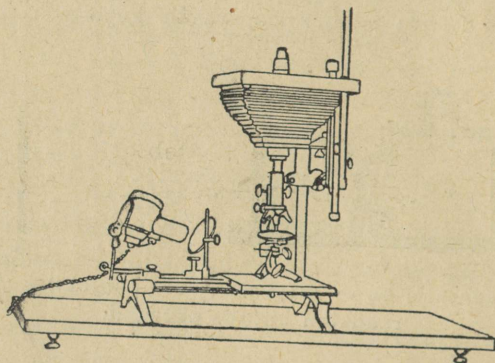
Kinoaparaat fotografeerib lille kasvamist.

Daguerre'i poolt leiutatud hõbetatud tahvlike oli liiga vähese valgustundlikkusega.

Oli küllaltki ebameeldiv ennast neil aegadel pildis-

tada lasta. Fotograaf määris kõigepealt oma kliendil näo kriidiga: nii õnnestus pilt paremini. Siis suunas pildistaja oma aparadi pildistatavale. Ja viimasel tuli kriidiga määritud näoga istuda liikumatult pool tundi või kauemgi.

Sellest on möödunud palju aastaid. Fotoaparaat on muutunud täpseks riistaks. Objektiiv ei koosne enam lihtsast prilliläätsest: nüüd on ta keeruline seadis mit-



Mikrofotoaparaat.

mest hästi poleeritud klaasist. Valguse jäljendi püüab ning kinnistab mitte vasktahvlile, vaid klaasplaat või tselluloidkile, mis on kaetud valgustundliku kihiga.

Meie ajal valmistatakse fotoaparate väga mitmesugustes suurustes. On olemas tillukesi aparate, mida kantakse randmel nagu käekella. On hiigla-aparate — nõnda suuri, et nende osade ümberpaigutamiseks tarvatakse eralist mootorit. Seesugune aparaat täidab terve ruumika toa ja annab ruutmeetrisuursi ülesvõtteid.

Astronoomias on fotoaparaat palju uusi tähti avastanud. Inimese silm ei suuda isegi teleskoobi abil väga

nõrkade taevatähtede valgust näha. Kui aga teleskoobiga ühendada fotoaparaat, siis hakkab seesuguselt silmale nähtamatult taevatähelt plaadile valgust langema ning aja jooksul nagu koonduma; lõppude lõpuks jätab täht oma jälje plaadile.

Loomulikult kestab seesugune pildistamine palju tunde.

Umbes saja aasta eest tekkis mõte koostada kogu tähtede-maailma fotograafiline atlas. See töö oli nõnda ulatuslik, et tema teostamine käis ühele observatooriumile üle jõu. Ulesande võtsid käsile kaksikümmend observatooriumi eri maades. Igaühele neist määrati oma taeva- piirkond. Tehti üldse rohkem kui nelikümmend tuhat ülesvõtet; nende läbitöötamine kestab veel praegugi.

Kui atlas valmis saab, siis leiavad astronoomid seal umbkaudu kolmkümmend miljonit taevatähte — kümme tuhat korda rohkem, kui on võimalik näha palja silmaga. Sellest kujuneb teadusele suure väärtusega käsiraamat — maailmaruumi kaart.

See mõte — ühendada fotoaparaat mikroskoobiga — tekkis kõige enne bakterioloog Robert Kochil. Avastanud tuberkuloosibatsillid, tahtis Koch neid üles joonistada, et ka teistele õpetlastele näidata, kuidas need batsillid välja näevad. Joonis aga ei saa kunagi täiesti täpne. Siis otsustas Koch teha batsillist ülesvõtte. Ta ühendas mikroskoobiga fotoaparaadi. Ülesvõtte tuli selge ning täpne. Kõik võisid näha, missugused on kohutavad tuberkuloosibatsillid.

Sellest ajast peale on mikrofotograafia saanud vajalikuks igal pool, kus rakendatakse mikroskoopi, see on — igas teadusharus.

Meie ajal on fotoaparaadiga varustatud lennukilt võimalik fotograferida maapinda. Aerofotograafia on terve teadus omaette, vajalik nii sõja- kui ka rahuajal.

Fotoaparaadi nooremaks vennaks on kinoaparaat. Kino kohta ütles V. I. Lenin, et see on „kõige tähtsam „kunstidest““. Ka see kunst võlgneb oma olemasolu koondavale klaasläätsele. Kui poleks klaasi, ei oleks ka fotoaparaati ega kino!

Mikroskoop.

Hollandi linnas Middelburgis elas kolmesaja viiekümne aasta eest keegi prillimeister. Kannatlikult lihvis ta klaase, tegi prille ja müüs neid kõigile, kes neid vajasisid. Tal oli kaks last — kaks poissi. Need armastasid väga isa töötuppa pugeda ja seal tema tööriistadega ning klaasidega mängida, olgugi et see neile oli keelatud.

Kord, kui isa oli kodunt lahkunud, hiilisis poisid harielikul viisil tema töölaua juurde — ehk leidub seal midagi uut, millega aega viita?

Laul oli prillide jaoks valmistatud klaase ja nurgas vedeles lühike vasktoru: sellest kavatses meister rõngaid välja lõigata — prilliraamideks.

Lapsed torkasid toru kummassegi otsa ühe prilliklaasi. Vanem poiss pani toru silma juurde ning vaatas laual oleva lahtilöödud raamatu leheküljele. Tema imestuseks paistsid tähed tohutult suured. Vaatas torusse ka noorem ja karjatas hämmastusest: ta nägi koma, ent mis sugust koma, see sarnanes paksu ussiga!

Poisid suunasid toru klaasitolmule, mis oli tekkinud klaaside lihvimisest. Ja nad ei näinud tolmu, vaid klaasiterakeste kuhikut.

Toru osutus päris võluriistaks: ta suurendas kõiki esemeid tugevasti.

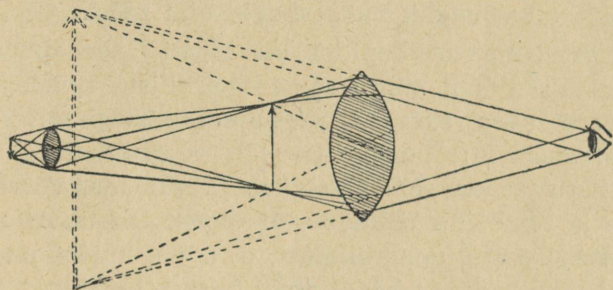
Poisid rääkisid oma avastusest isale. See ei hakanud

nendega taplemagi: niivõrd oli ta hämmastunud toru haruldasest omadusest.

Ta valmistas katseks niisamasuguste klaasidega uue, suurema ja reguleeritava pikkusega toru. Uus toru suurendas veelgi paremini.

See oligi esimene mikroskoop. Tema juhuslikuks leiutajaks oli 1590. aastal prillimeister Zacharias Jansen, õigemini öeldes — tema lapsed.

Mistõttu mikroskoop suurendab?



Mikroskoobi ehituse skeem.

Janseni mikroskoobis oli kaks koondavat klaasi, mis asetsevad torus mõningas kauguses teineteisest. Esimene klaas oli mikroskoobile nagu läätses: mingile esemele lähendatuna andis ta selle suurendatud kujutise; teine klaas suurendas seda kujutist veelgi: see oli luubiks.

Klaasläätis ja luup — need on iga mikroskoobi kõige olulisemad osad.

Läätse juurde paigutatakse ese, mida tahetakse vaadelda; seepärast nimetataksegi seda mikroskoobi osa objektiviiks. Silm aga surutakse vastu luupi; seetõttu nimetatakse seda okulaariks: ladina keeles on silm — oculus.

Nõnda võib saada väga tugeva suurenduse: kui näiteks objektiviiv suurendab kujutist kaksikümmend korda,

okulaar aga veel kümme korda, siis on üldine suurendus $20 \times 10 = 200$ korda...

Teade Jansení leiutisest levis kiiresti mitte ainult üle kogu Hollandi, vaid ka teistes riikides.

Paljud õpetlased sõitsid Middelburgi ainult selleks, et tellida enesele mikroskoop või ainult kordki temasse vaadata.

Juba 1592. aastal kirjutas üks Janseni külastajatest, looduseuuri ja Hefnagel, raamatu „Putukatest ja mitmesugustest väikestest olenditest“. Raamatus jutustati sellest, mida on võimalik mikroskoobi abil näha.

Esimestel mikroskoopidel oli siiski suuri puudusi. Kujutis tuli tuhm, mingisuguste värviliste ribadega ja vikerkaaretaolise säraga. Séesuguse riistaga oli raske uurimisi teostada: harjumatu silm ei suutnud peaaegu midagi aru saada selles valguse ja varjude, värviliste täppide ja tumedate laikude põimikus. Oli tarvis suurt vilumust ja palju kannatlikkust, et näha, kuidas on ehitatud näiteks ämbliku käpake või kärbse lõualuu.

Mõned õpetlased katsusid ehitada suuremajõulisi mikroskoope, kui olid need, milliseid valmistas Jansen. Nad paigutasid torusse selles või teises kombinatsioonis mitmesuguseid läätsi — niiviisi saavutati mõnikord väga tugev suurendus. Aga värvilised ribad ja vikerkaaretaoline sära suurenesid nõnda, et nad kujutist peaaegu täielikult varjama kippusid.

Katsuti siis tugevamat suurendust saada teisel viisil: hakati klaasläätsi ja luupi teineteisest kaugemale paigutama.

Tõepoolest suurenes kujutis, kuid see-eest läks ta nii tuhmiks, et polnud võimalik temast aru saada.

See tundus ränga solvanguna: meister-optik lihvib läätsi kaua ning hoolikalt ja paigutab nad ettevaatlikult torusse. Kõigi arvestuste järgi peaks mikroskoop väga

tugeva suurenduse andma. Näib nii, et heida ainult pilk mikroskoopi — ja sa näed seesuguseid looduse imesid ning saladusi, milliseid ükski inimene pole veel kunagi näinud.

Ja äkki varisevad kõik need lootused rusudeks.

Mikroskoop suurendab rohkem kui sada korda, ent mis sellest kasu on, kui kujutisest on võimatu aru saada: ta on täiesti kahvatu ning tuhm ja upub värvilisse virvendusse.

Mida teha? Optikud langesid meeleheitesse.

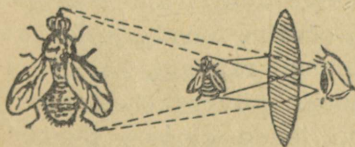
Lõppeks nad loobusid täiesti kaheklaasilistest torudest. Nad hakkasid ainult ühte klaasikest metallplaadikesesse asetama. Ent see-eest ei hoolitud ajast ega vaevast, et seda klaasikest paremini lihvida.

Seesugused läätsed, mis olid ise herneterasuured, suurendasid sada korda ja rohkemgi.

Õieti öeldes olid nad tugevad luubid ja mitte mikroskoobid.

Sääraseid pisitillukesi läätsi õppis suurepäraselt lihvima hollandlane Antony Leeuwenhoek, linna raekoja uksehoidja. See oli erakordselt kindlameelne inimene. Oli ta kord otsustanud, et tema läätsed peavad kõige paremad saama, siis võis selles ka kindel olla.

Leeuwenhoek asetab puutahvlikese avausse nõõpnõelapea-suuruse lääts; seda lääts silus ning lihvis ta mitmed nädalad. Klaasikeste ette paigutas ta nõela. Siis hakkas ta nõela otsa kinnitama kõike, mis aga kätte juhtus: lihakiukesi, härja silma tükikesi, kärbeste päid, igasuguste loomade karvu. Imetlusväärne lääts andis sajakuuekümnekordse suu-



Nõnda suurendab kumerlääts.

renduse. Ta muutis lamba karvakese paksuks karvaseks palgiks, kərbse peas aga võis selgesti näha hulka tundmatuid niidikesi ja torukesi.

Sellesse väikesesse klaasikesse oli väga väsitav pike-mat aega vaadata. Päeva lõpuks valutas Leeuwenhoekil pea ja veri oli valgunud silmadesse. Ta andis enesele töötuse loobuda sellest kahjulikust tegevusest. Hommikul aga ei saanud ta enesest võitu ja istus jällegi oma mikroskoobi juurde.

Kord võttis Leeuwenhoek peene klaasvarvakese, torakas selle maja ees olevasse lompi ja kinnitas siis varvakese koos veetilgaga nõelale mikroskoobi ette. Ja nüüd nägi ta midagi otse uskumatut! Sogase vee tilgas kihises terve loomaaed: karvased koletised, mingisugused tundlate-pärjaga ümbritsetud kerakesed, mingisugused vartega lillekesed nagu kellukad. Ja kõik need olendid liikusid ning liputasid hännakestega!



Kõige lihtsam mikroskoop; a — objektiiv, b — okulaar.

See oli terve uus maailm, mille olemasolu mitte keegi enne Leeuwenhoeki ei aimanud.

Ent nende loomakeste hulgas (nagu selgus hiljem) oli inimese kõige kardetavamaid vaenlasi — tigedaid nähtamatuid koletisi, kes inimese kehasse tungivad, siin paljunevad ja inimesele haigusi ning surma toovad...

Leeuwenhoek kirjutas oma imetusväärsest avastusest inglise kuninglikule õpetatud seltsile, mille liikmete hulgas olid muuseas ka Isaac Newton, suurim füüsik, ja Robert Boyle, keemiateaduse rajajaid. Algul ei usutud Leeuwenhoeki: niivõrd ebatõenäolise tundus tema teade elusate olendite nähtamatu maailma kohta.

Kuninglik selts tegi ühele oma liikmetest, Robert Hooke'ile, ülesandeks ehitada mikroskoop ning kontrollida Leeuwenhoekki vaatlusi.

1677. aasta viieteistkümnendal novembril tõi Hooke mikroskoobi kuningliku seltsi istungile. Ja siis veenduti, et Leeuwenhoekil oli õigus: mustpipra ekstrakti tilgas nähti pisitillukesi loomi.

Pärast seda hakkasid väga paljud õpetlased nähtamatut maailma uurima. Parimad optikud nõrkusid pingutustest, püüdes välja mõelda riistu, mis annaksid tugevamat suurendust. Paljud katsusid seda saavutada mitme klaasi ühendamise teel. Kuid sellistest katsetest ei tulnud, nagu ennegi, midagi välja: iga kord tekkis vikerkaaretaoline sära, mis kujutise täiesti varjas. Kui oleks kuidagi võimalik sellest vabaneda!

Lõpuks õnnestus inglise optikul ja klaasieriteadlasel Dollond'il seda saavutada. Ta kleepis kokku kaks läätse, koondava ja hajutava, kusjuures kumbki neist oli valmistatud eri klaasisordist.

Tekkis suurendusklaas, mis enam värvilist sära ei andnud.

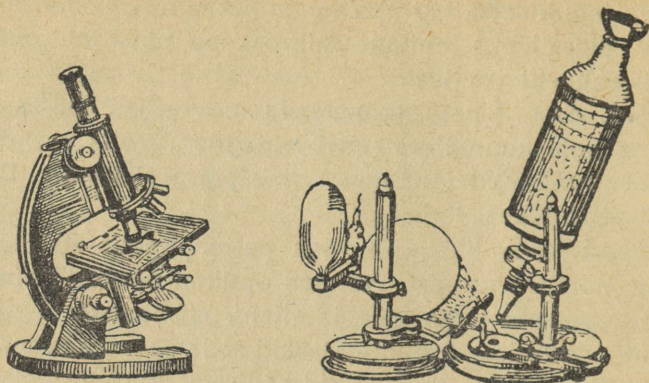
Nüüd oli võimalik mitme klaasiga ja väga tugevasti suurendavaid mikroskoobe ehitada.

Meie ajal annavad head mikroskoobid kahetuhandekordse suurenduse. Ulitugevad, erilise ehitusega mikroskoobid — „ultramikroskoobid“ — lubavad kindlaks teha veelgi väiksemaid osakesi.

Mikroskoop on nüüd kujunenud nagu õpetlase silmaks.

Bioloogil ei ole võimalik läbi saada ilma mikroskoobita: kuidas saaks ta muidu raku saladusi teada? Sest rakkudest koosneb ju kogu elusloodus — niihästi inimene kui ka sisalik ja lill.

Arst võitleb haigustega. Haiguste esilekutsujaiks aga



on bakterid, nõnda väikesed, et neid võib näha ainult mikroskoobi abil. Nii võime öelda, et kogu meie arsti-teadus võlgneb oma olemasolu mikroskoobile.

Füüsik, keemik, geoloog ja mineraloog ei saa ka läbi ilma mikroskoobita: et ainet korralikult tundma õppida, on tingimata tarvis paljude ainete üksikosakeste — pisi-kristallide — ehituse kohta selgusele jõuda.

Ka insener vajab mikroskoopi.

Igäüks teab, kui tohutult suur ehitis on meieaegne sõja-liinilaev. Tema veeväljasurve on ligikaudu kolmkümmend viis tuhat tonni. Tema terassoomuse paksus on peaaegu pool meetrit.

Aga igäüks ei tea, et seda soomust mikroskoobi all uuritakse, enne kui laev temaga üle lüüakse. Sest metalli vastupidavus oleneb tema kristallide ehitusest.

On võimatu loetleda kõiki mikroskoobi teeneid. Mitte ükski teadusharu ei saa läbi ilma temata. See on ka arusaadav: ta näitab aine ehitust, temas peituvaid saladusi.

Nii suure tähtsuse on omandanud klaasläätis ühenduses luubiga.

Aatomite signaalid.

Ligi kahe tuhande aasta kestel oletasid õpetlased, et kõik värvused moodustuvad valguse segunemisest pimedusega. Sinises värvuses on näiteks palju pimedust, mis on lahjendatud ainult õige vähese valgusega; kollases, vastupidi, on palju valgust, aga vähe pimedust.

Sellest teooriast järeldus, et põhivärvused on valge ja must, teised aga — nende kombinatsioonid. Kuid kellegi ei õnnestunud seda kontrollida — lahutada mingi värvus valgeks ja mustaks, pimeduseks ja valguseks.

Esimene, kes seda teooriat kontrollis — ja ta ühtlasi ümber lükkas —, oli suur matemaatik ja füüsik Isaac Newton.

1666. aastal, olles kahekümnenelja-aastane, asus ta päikesevalguse uurimisele.

Newton sulges toa akna tugeva luugiga, nii et ruum jäi täiesti pimedaks. Luugi sisse puuris Newton väikese mulgu, mille läbi väga kitsas valguskimp tuppa tungis ja väikese ümmarguse täpina — heleda laiguna — valgele seinale langes.

Akna lähedale paigutas Newton klaasprisma servaga allapoole. See prisma oli täpselt päikesekiire teel. Enne seinani jõudmist pidi kiir prismast läbi minema.

Aga milleks paigutas Newton sinna prisma?

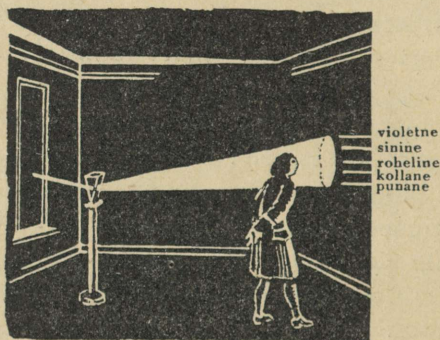
Me teame juba, et prisma valguskiiri murrab ning neid oma esialgset kulgu muutma sunnib. Kuid selgub, et prismal on veel teinegi omadus: eri värvusega kiiri murrab ta eri viisil.

Kui valguskimbuke on värvuselt ühtlane, siis läbib ta ka prismat ühtlasena, muutes ainult oma suunda. Aga kui prismasse tungib kimbuke, mis koosneb mitmevärviliste — violetsete, punaste, roheliste kiirte segust, siis ei lähe kiired prismast väljudes enam ühiselt edasi, vaid

igäüks kulgeb ise teed: violetne pöörduv järsult kõrvale, punane kaldub oma endisest suunast kõige vähem kõrvale, roheline aga jääb nende vahele. Klaas jagab liidesse kõik need kiired, millised enne olid kokku segatud.

Selleks sulgeski Newton oma akna luugiga, tehes sellesse vaid väikese mulgu: ta otsustas filtreerida läbi prisma päikesevalgust, seda kõikide poolt põhimiseks peetud ning üksikuteks värvusteks mittelahutatavat valgust.

Newtonile avanes järgmine pilt.



Prismast väljus terve vihk mitmevärvilisi kiiri ning ümmarguse, valge päikeselaigu asemel oli seinal vikerkaarevärvides ribake — spekter.

Nii tegi Newton suure avastuse: tõestas, et kõigi poolt tunnustatud värvuste seletus ei ole õige.

Valge värvus, mida peeti põhimiseks, osutus tõeliselt tervenisti seitsme värvuse seguks.

Meie silm ei taba päikesevalguse koostuselemente, ta tajub neid liidetuina, samuti nagu ebumusikaalne kõrv ei eralda orkestri kõlast üksikuid muusikariistu — viiulit, tšellot, flööti ja teisi, temale tundub, nagu mängiks ainult üks võimas ning väga kõlav muusikariist.

Päike — see on nagu tohutu tugevusega valgusorkes-
ter. Inimese silm ei orienteeru küllalt peenelt selle
orkestri mängus. Päikesevalgus tundub silmale ühevärvi-
lisena, pimestavalt heledana. Klaasprisma paljastab ini-
mese silma eksimuse.

Newton ei püüdnud teada saada, kas ka teiste hõõgu-
vate kehade valgus annab vikerkaare — spektri, ja kui,
kas siis niisamasuguse kui päike või erineva.

Selle küsimuse kallale asus kakssada aastat pärast
Newtoni katseid Robert Bunsen, keemiaprofessor Heidel-
bergis.

Ta leiutas laboratooriumipõleti, mis andis väga kuuma
leegi. Selle põleti leegisse asetati Bunsen söe, soola ja
mitmete muude ainete tükikesi, kus nad hõõguvateks
aurudeks muutusid. Isegi metallid andsid selles kuumu-
ses leegi.

Kõige huvitavamaks osutus see, et erinevate ainete
leegid olid erineva värvusega.

Nii näiteks andis naatrium alati kollase leegi, kaa-
lium — violetse, liitium — punase, vask — rohelise.

Bunsen arvas juba, et ta on avastanud uue, kiire ning
lihtsa analüüsimisviisi. Tuleb ainult uuritav aine põleti
tulle pista ja vaadata, millise värvuse leek omandab. Kui
leek läheb violetseks, siis tähendab see, et aine sisaldab
kaaliumi; läheb leek aga kollaseks, siis on temasse sat-
tunud naatriumi. Et seda hariliku keemilise analüüsi teel
kindlaks teha, kulub kaks või kolm päeva tööd, on vaja
igasuguseid keemilisi reaktiive, destilleerimisriistu, toru-
sid, imitõstlaid (pipette), kolvikesi, väga täpseid kaalu-
sid. Uuritavat ainet peab keetma, hoolikalt läbi kurnama,
kuumutama, palju kordi kaaluma.

Põleleji aga annab sama vastuse mõne sekundi jooksul
— tuleb ainult pilk heita tema leegile.

Aga see oli liiga ennatlik järeldus: selgus, et eri ained

annavad põlemisel sagedasti ühe ja sellesama värvusega leegi. Kord kirjutas Bunsen meelehärmiga oma laboratooriumipäevikusse, et niihästi liitiumi kui ka strontsiumi soolad andsid ühesuguse vaarikpunase värvusega leegi. Kollase leegi andis niihästi puhas naatriumisool kui ka sama sool liitiumisoolaga või kaaliumisoolaga segatuna.

Võib-olla tekkis iga kord pisut erineva varjundiga leek, isegi kindlasti pidi see nõnda olema, kuid see erinevus on nähtavasti nii peen, et inimese silm seda ei märkagi.

Bunsen katsus vaadelda leeki läbi värvilise klaasi, kuid seegi ei aidanud. Ta jõudis juba arvamusele, et gaasipõleti ei suuda keemilist analüüsi asendada.

Õnneks tuli Bunsenile appi Gustav Kirchhoff, füüsika-professor sealsamas Heidelbergis. Ta tundis hästi klaasprisma võimet hajutada sellele langevat valguse liitkiirgust värvilisteks lihtkiirgusteks.

Võib-olla näitab prisma, nõnda arvas Kirchhoff, et eri ainete leek annab üksteisest erinevaid spektreid.

Kirchhoff valmistas erilise riista — spektroskoobi. Ta paigutas prisma sigarikarpi nõnda, et see võis tülje ümber tiirelda. Karbi külgeina pistis ta lühikese toru, mille otsas oli kumerklaas, toru teise otsa kattis ta mustast paberist kettakesega, mille keskel oli ava, pilu.

Selle riista tõi Kirchhoff Bunseni laboratooriumi.

Põleti kiir püüti spektroskoobi prismale. Leeki heideti strontsiumi, liitiumi, kaaliumi ja vase pisitükikesi.

Ja siis selgus, et nende ainete leekidel on igaühel oma eriline, teistest lahkuminev spekter, mis koosneb üksikutest erivärvilistest ribakestest.

Kaaliumi violetne leek andis kolm joont: kaks punast ja ühe violetse.

Naatriumi spekter koosnes ainult ühest kollasest joonest.

Spektroskoop tabas otsekohe erinevuse liitiumi ja strontsiumi leegi vahel. Silmale tundusid mõlemad leegid ühesugustena — vaarikpunastena. Spektrid aga läksid lahku: liitiumil on kaks joont: üks punane, väga ere, ja teine oranži värvusega, ähmane. Strontsiumi spekter aga koosneb ühest taevassinisest, ühest kollasest, ühest oranžist ja kahest punasest joonest.

Selgub, et peaaegu iga aine on omapärane valgus-orkester. Mõni koosneb kahest, mõni kolmest, mõned isegi seitsmest ja rohkemast instrumendist.

Spektri järgi on võimalik ühte ainet teisest täpselt eraldada. Nii nagu igal raadiojaamal on omad „kutse“-signaalid, nõnda on ka igal ainel, igal tema aatomil oma, ainult temale iseloomulik vikerkaar, oma „signaal“.

Nõnda, tänu väikesele prismakujulisena valatud klaasitükile, loodi spektraalanalüüs. See osutus väga täpseks ning tundlikuks uurimisviisiks. Mitte ühegi muu analüüsiga ei ole võimalik tabada näiteks ühe kümnemiljondiku milligrammi naatriumi manulust. Kuid tarvitseb vaid uuritava aine hõõguvaks kuumutada ja, kui ta sisaldab naatriumi isegi seesugusel pisimal määral, me näeme otsekohe naatriumi valgus-„signaali“ — kollast ribakest.

Ükskord leidis Bunsen ühes kaljus mingit ainet vähese liitiumilisandiga. Sellel kaljul kasvas mingi põõsas ja Bunsen mõtles, et põõsa lehtedes peaks leiduma pisut liitiumi, mida juured on koos toitelahjadega kalju seest välja imenud.

Bunsen põletas mõned lehekesed oma põleti leegis ja spektroskoop kinnitas otsekohe, et nendes leidub tõe-poolest liitiumi.

Bunsen andis sületäie neid lehti lehmale. Kui siis lehm ära lüpsiti, avastas spektroskoop ka tema piimas liitiumi.

Lehma omanikul lasti kruusitais seda piima ära juua. Pisimad liitiumi jäljed pidid sattuma tema verre.

Bunsen uskus: nüüd enam ei õnnestu liitiumi leida, tema jäljed on kadunud.

Milline oli aga tema imestus, kui veretilka spektroskoobiga uurides leiti jällegi hästituntud erepunane ja selle kõrval tuhm oranž joon! See oli sama liitium...

Spektroskoopi vajab meie ajal niihästi füüsik kui ka keemik, arst kui ka insener.

Arstid ei põleta uuritavate ainete raasukesti põleti leegis — selle asemel nad segavad seda ainet veega lamedas vannikeses. Kui läbi seesuguse lahuse lasta päikesespekter, siis tekivad selle mõnedes kohtades tumedad ribakesed. Nende ribakeste suuruse ja paigutuse järgi võib otsustada, millist ainet on võetud.

Terve inimese veri annab päikesespektri kollases osas kaks tumedat riba. Kui aga verre on sattunud vingugaasi, siis nihkuvad need ribad violetse osa poole; ühtlasi kitseneb üks neist natuke.

Kui inimene ei ole mürgitunud vingugaasiga, vaid ütleme näiteks, aniliiniga, siis näitab tema veri juba kolme tumedat riba, millistest kõige laiem asetseb spektri rohelises osas.

Insenerile-metallurgile on spektroskoop abiks metallide vastupidavuse määramisel.

Kuid kõige vajalisem on spektroskoop astronoomidele.

Umbes sada aastat tagasi väitis üks prantsuse filosoof, et inimkond võib mistahes edusamme teha, aga ühte asja ei saa ta iialgi teada: igavesti jääb teadmatuks, millest koosnevad päike ja taevatähed. Siin on inimeste teadmiste piir, millest ei pääse üle.

Neil aegadel tundus see tõepoolest täiesti võimatu: ei saa ju taevatähe küljest tükikest näpistada ja analüüsiks laboratooriumi saata.

Aga väike klaasprisma lükkas kõik filosoofi arutlused ümber. Teostus see, mis tundus võimatuna: värviliste kiirtekimpude järgi, milledeks tähtede kiirgus prisma läbides laguneb, saime teada, missugustest ainetest tähed koosnevad.

Niiviisi tekkis klaasi abil uus teadus — taevakeemia.

Eks ole imelik: mõningaid aineid me leidsime enne päikesel, mis asetseb meist saja viiekümne miljoni kilomeetri kaugusel, ja alles siis meie maakeral.

1868. aastal, uurides päikese protuberantside spektrit, leidsid prantslane Janssen ja inglase Lockyer selles salapärase kollase joone. See ei olnud naatrium, sest leitud joon asetses spektris hoopis teisel kohal. Mitte ükski neist ainetest, mida keemikud tundsid, ei võinud anda säärast imelikku joont.

Lockyer otsustas nimetada uut ainet heeliumiks, mis kreeka keeles tähendab päikest.

Möödus kakskümmend seitse aastat, ja keemikud avastasid sellesama aine ka maakeral.

See on umbes niisugune lugu, nagu kuuleksime meie mingi kauge raadiojaama muusikasaates meile tundmatu muusikariista heli ja mõtleksime sellele muusikariistale erilise nime välja, mitu aastat hiljem aga märkaksime, et täpselt samasugune muusikariist seisab meil endil toas.

Galilei teleskoop ja tema järglased.

1609. aastal pistis itaalia õpetlane Galilei vanasse tarbetusse orelitorusse kaks läätse ja muutis niiviisi selle toru pikksilmaks.

See pikksilm lähendas esemeid kõigest kolmekordselt. Kuid seesugunegi nõrk seadeldis oli selle aja kohta hämmastav. Paljud Padova linna suursugused elanikud roni-

sid koos Galileiga kõrgesse torni, et vaadata sealt merel purjetavaid laevu: toru abil võis laevu näha juba kaks tundi enne nende sadamasse jõudmist.

See pikksilm (teda võib nimetada ka teleskoobiks) meenutas ehituselt mikroskoopi: ka temal on ettepoole asetatud klaasläätš, tahapoole aga — suurendusklaas.

Kuid mikroskoobist erinevalt ei andnud klaasläätš teleskoobis suurendatud kujutist: et läätš suurendaks, tuleb ese temale väga lähedale paigutada. Läbi pikksilma ei vaadatud aga mitte lähedasi, vaid kaugeid esemeid.

Kujutist suurendas ainult teine klaas. Seepärast oligi suurendus mitte eriti tugev.

Klaasläätš annab teleskoobis eseme väikese kujutise. Kuid see-eest võib ta anda väga selge ja ereda kujutise, seda eredama, mida suurem ta ise on.

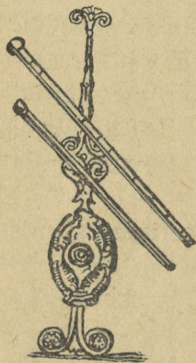
Koondades kiiri toimib klaasläätš nagu valguslehtina. Mida suurem ta on, seda enam valgust ta haarab. Inimese silmaläätš ei ole oaterast suurem. Klaasläätse aga võime loomulikult teha hoopis suurema.

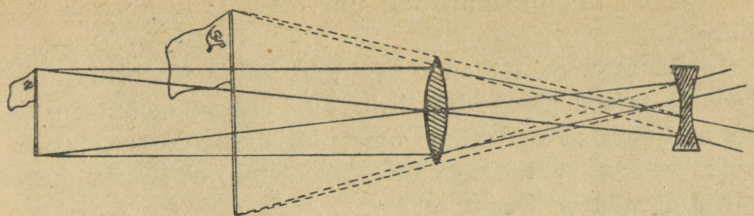
Nõnda Galilei tegigi. Ta valmistas varsti uue teleskoobi, mis suurendas juba kolmkümmend korda ja mille läätš oli mitu korda suurem inimese silmaläätsest.

Selle teleskoobi valguslehter koondas valgust sada korda tugevamini kui inimese silmaläätš.

1610. aasta seitsmendal jaanuaril suunas Galilei oma teleskoobi taevasse ja tardus hämmastusest: nii ebatavaline oli see pilt, mida ta nägi.

Kõige teravama nägemisvõimega inimene ei näe taevas üle kolme tuhande tähe. Galilei aga nägi oma teleskoobi läbi palju tuhandeid sääraseid tähti, milliseid





Nii tekib kujutis Galilei pikksilmas.

enne teda keegi pole näinud: teleskoop suurendas nõrkade tähtede heledust ja tegi nad nähtavaks.

Kuu näis harilikule silmale kettana. Kuid läbi teleskoobi vaadates oli selge, et Kuu ei ole ketas, vaid kera, — tema teine pool on varjus.

Inimesed olid juba ammu Kuu pinnal mingisuguseid laike märganud. Aga mis laigud need on, seda ei teadnud keegi öelda. Ühtedele näis, et Kuule on joonistatud inimese nägu, teistele viirastus seal jänes või mõni muu loom.

Galilei aga eraldas teleskoobi abil Kuul mägesid, lagendikke, suuri, meresid meenutavaid nõgusid. Kuu mägede poolt heidetud varjude suuruse järgi arvutas ta välja isegi nende mägede kõrguse.

Planeet Jupiter näib paljale silmale täpina. Aga kui vaadata läbi teleskoobi, siis võib näha, et Jupiter on tõeliselt helkiv kera. Selgus, et kaaslast ei evi mitte ainult Maa. Jupiteri läheduses märkas Galilei veel nelja väikest heledat kerakest. Need olid Jupiteri kaaslasted ehk kuud.

Suunanud pikksilma Linnuteele, nägi Galilei selgesti, et see on loendamatu hulga taevatähtede koondis. Nüüd ei saanud enam kuidagi öelda, et Linnutee olevat maiste aurude kogum, mis on taevaruumis põlema süttinud.

See oli täieline murrang universumit käsitlevas teaduses.

Juba sada aastat enne Galileid väitis Kopernikus, et Maa ja teised planeedid tiirlevad Päikese ümber. Kuid sel ajal suutis Kopernikus oma põhjenditega ainult vähe-seid veenda. Nüüd aga oli päris selge, et Kopernikusel oli täiel määral õigus.

Kaks torusse asetatud klaasi näitasid selgesti, et Maa ei ole sugugi universumi keskus. Sellega õõnestasid nad ristiusu aluseid.

Galilei vangistati inkvisitsiooni poolt ja ei puudunud palju, et ta oleks tuleriidal ära põletatud. Ta pääses ainult sel teel, et ütles end kogu rahva ees oma „ketser-lusest“ lahti.

Hiljem hakkas Galilei veelgi suuremate läätsedega teleskoope ehitama. Kuid siin, samuti nagu mikroskoobi, eksitasid värvusribad ja -vöödid esialgu tugevasti. Alles pärast seda, kui õpiti optilist klaasi valmistama, sai suurte teleskoopide ehitamine võimalikuks.

Neid teleskoope, mis ehituselt sarnanevad Galilei omadega, s. o. valgust läätse abil koondavad, nimetatakse refraktoriteks.

Kõige suurem teleskoop-refraktor on püstitatud Yerkes'i observatooriumis Chicago läheduses. Ta klaas-lääts, mille läbimõõt on ükssada kaks sentimeetrit, kaalub poolteistsada kilogrammi.

Kujutleme minutiks, et inimesel oleks nii suur silma-lääts. Siis peaks inimese silm olema väga mahuka toa suurune, pea aga — majasuurune.

Seesuguste silmadega inimesele tunduks küünlaval-gus väga eredana. Elektrilambile vaadates jääks ta kindlasti pimedaks: lambi valgus, koondatud kitsaks kimbuks, põletaks silma õrna koe läbi...

Suuri läätsi on erakordselt raske valmistada. Lääts

peab ju olema ideaalselt läbipaistev ja — mis peasi — ei tohi sisaldada kõige pisemaidki õhumullikesi ega klaasitriipe. Vastasel korral hajuvad taevatähe kiired ja meil pole võimalik tähte selgesti näha.

Veelgi raskem on seesugust läätse reeglipäraselt lihvida ja poleerida. See on kunst omaette, mille omandavad vaid vähesed.

Galilei teleskoobi eeskujul ehitatud teleskoop on oma arengu piirile jõudnud. Kolmesaja aasta jookul on ta arenenud, täiustunud, kasvanud. Edasi kasvada ta enam ei suuda.

Nende kolmesaja aasta jooksul on teleskoop sünnitanud terve perekonna optilisi riistu, mis ehituselt temaga sarnanevad. Selle perekonna liikmeteks on teatri- ja sõjaväebinoکلid, pikksilm, stereoskoopiline toru, vintpüssi teleskoopiline sihik ja suurtüki panoraam.

Viimane toimib samaaegselt niihästi pikksilmana kui ka periskoobina ja sihtimiseadisena...

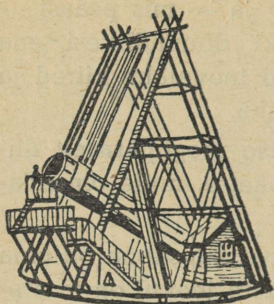
Jah, Galilei vana teleskoop võib uhkust tunda oma rohkearvuliste järglaste üle. Nad kõik arenevad ning täiustuvad, nad kõik toovad kasu niihästi rahu- kui ka sõjaajal.

Aga kuidas on siis teleskoobi enesega? Kas ta siis tõesti ei ole enam täiustumisvõimeline?

Peegelläätis.

Kiirtekimpu ühte punkti koondada võib peale läätse ka nõguspeegel. Miks mitte ehitada siis teleskoopi „peegelläätsega“? Sest suurt peeglit on kergem valmistada kui suurt läätse.

Esimese seesuguse teleskoop-reflektori ehitas 1668.



aastal Isaac Newton. See oli üsna väike riist, tema nõguspeegel oli väiksem kui tikukarp.

Kuid siiski võis selle teleskoobiga selgesti näha meilt väga kaugel asuvaid Jupiteri kaaslasi.

Mida suurem on teleskoobi „valguslehter“, seda rohkem sa-
tub temasse valgust ning seda tu-
gevam on teleskoop. Teleskoop-
reflektoris on „valguslehtri-
ks“ nõguspeegel. On arusaadav, et teleskoopide ehitajad püüdsid teha peegli võimalikult suuremõõtmelise.

Astronoom Herschel ehitas poolteisesaja aasta eest oma ajastu kohta hiiglasuure teleskoobi: tema peegli läbimõõt oli üle meetri. Peegel ei olnud klaasist, vaid vase ja tina sulandist.

Vask, nagu teada, paisub soojuse mõjul tugevasti. Tarvitses vaid peeglit sõrmega puudutada, ja juba muutus peegli kuju soojuse mõjul. Muidugi polnud võimalik nii pisikest vormi muutumist märgata. Kuid sellest muutmisest piisas, et valguskiired kõrvale kaldusid ja kujutis teleskoobis ähmaseks ja segaseks läks, nõnda et ka Herschel ise eelistas taevast vaadelda mitte selle suure teleskoobi, vaid teiste, vähemate abil.

Klaaspeegel oleks metallpeeglist võrratult parem olnud. Kuid sel ajal ei osatud veel täiesti puhast, ühtlikku klaasi valmistada.

Pärast seda, kui õpiti valmistama optilist klaasi, hakati ehitama klaaspeeglitega varustatud teleskoope.

Kõige suuremaks teleskoop-reflektoriks oli kuni viimase ajani Mount-Wilson'i observatooriumi teleskoop Kalifornias. Tema peegli läbimõõt oli kaks ja pool meetrit. See tähendab, et tema „valguslehter“ oli kaks ja pool

korda suurem kui Yerkes'i teleskoobil, kõige suuremal teleskoop-refraktoril.

Mount-Wilson'i teleskoobi klaaslääts koondab kaks-sada viiskümmend tuhat korda rohkem valgust kui inimese silmalääts.

Ja ometi jääb see teleskoop-hiiglane kääbuseks, võrreldes uue teleskoobiga, mida Ameerikas praegu ehitatakse. Uue teleskoobi nõguspeegli läbimõõt on viis meetrit.

Selle peegli valmistamisel tuli lahendada palju raskeid ülesandeid.

Kõigepealt oli tarvis kuidagi vähendada peegli kaalu. Seesuguse suurusega klaasketas peaks ju nelikümmend tonni kaaluma. Ta hakkaks iseenese raskuse tõttu nõkku vajuma.

Kui väike see nõkkuvajumine ka ei oleks, peegli vorm moonduks ikkagi ja kujutis muutuks otsekohe ebaselgeks.

Et seda vältida, otsustati peegel valada mitte massiivsenä, vaid õhukese, tagaküljel ribidega varustatud plaadina. See kergendas peegli kaalu täpselt poole võrra.

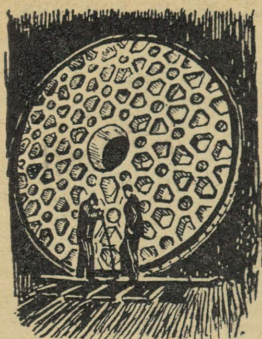
Oli vaja abinõusid tarvitusele võtta ka selleks, et peegel temperatuuri kõikumiste tagajärjel ei moonduks. Selleks valati ta niisugusest optilise klaasi sordist, mis soojuse mõjul peaaegu ei paisu.

Muidugi pidi klaas olema ideaalselt puhas ning ühtlik. Just see oligi kõige raskem ülesanne. Säärases tohutus klaasitükis ei tohtinud mitte ühtegi mullikest, mitte ühtegi kübemekest, mitte ühtegi triipu olla!

Mitte kunagi varem ei olnud ükski klaasitehas nii suurt ketast valanud — ka mitte harilikust klaasist, optilisest klaasist rääkimata.

Selle ketta valamiseks ehitati eriline tehas.

Valamist alustati 1934. aasta 25. märtsil. Tuli kokku palju pealtvaatajaid, kirjasaatjaid, fotoreportereid. Suurte



koppadega ammutasid töölised ahjust klaasi ja valasid vormi sisse. Selleks kulus terve päev.

Kõik näis oivaliselt minevat. Veel kaks tundi rasket tööd, ja vorm on klaasiga täidetud.

Ent äkki juhtus õnnetus: üks vormi poltidest kukkus kuumuse mõjul välja ja vajus klaasi massi sisse. Ta õngitseti otsekohe välja, enne kui ta jõudis klaasi määrada.

Kuid sellelt kohalt jäi vorm pisut vildakaks.

Klaasketas tuli valamisel teissugusena, kui oli ette nähtud. Ta ei kõlvanud teleskoobile.

Teda ei visatud siiski ära, vaid asetati ühele linna väljakule tohutult suure, kuigi mitte täiesti kordaläinud töö mälestusmärgina.

See ebaõnnestumine kurvastas klaasivalmistajaid, kuid nad ei kaotanud julgust. Kaheksa kuu pärast alustasid nad uue ketta valamist. Sel korral ei juhtunud mingit õnnetust. Kuid ei saadud kindlasti öelda, kas ketas õnnestub või mitte: seni kui klaas on palav, pole võimalik tema kvaliteeti määrata.

Niisiis pidi ootama, kuni klaas jahtub. Selleks tuli varuda kannatust, sest kiirel jahtumisel võivad klaasis „pingekurrud“ tekkida. Mis asjad need „pingekurrud“ on? Kuidas tekivad nad klaasil?

Kõik kehad paisuvad soojendamisel ja tõmbuvad jahenemisel kokku. Seda seadust tunneb igaüks. Ka klaas tõmbub jahenemisel kokku, see on — tema maht väheneb. Kiire jahenemise korral võib juhtuda nii, et väline kiht jaheneb ning tõmbub varem kokku kui seesmine kiht, ning seetõttu ei lase viimane väliskihil kokku tõm-

buda selle kõige vähema mahuni. Kui nüüd seesmine kiht on ka täiesti jahtunud ning omandab lõpliku mahu, siis hakkab ta väliskihti otsekui enese peale kiskuma, ja klaasile tekivad „pingekurrud“.

Vahel võivad kiire ja ebaühtlase jahtumise korral nii tugevad pingekurrud tekkida, et klaas praguneb. Kaunis sagedasti juhtub nii, et mõni klaaspurk või -pudel iseenesest äkki praguneb. Aga ka siis, kui pragusid ei tekigi, võivad pingekurrud klaasis niivõrd tugevaks kujuneda, et klaas, kuigi ta muidu on täiesti hea, murrab valguskiiri valesti. Kui näiteks astronoomilises kettas leiduks pingekurde, siis ei oleks võimalik teda teleskoobis kasutada, sest tema üksikud osad hakkaksid kiiri ebaühtlaselt murdma ning teleskoop töötaks lubamatult ebatäpselt. Et klaasis pingekurde ei tekiks, tuleb kõiki klaastooteid väga ühtlaselt ning pikkamööda jahutada. Ja mida suurem on toodetav ese, seda aeglasemalt ja ettevaatlikumalt tuleb teda jahutada.

Teleskoobi jaoks määratud klaasketas jahtus peaaegu terve aasta: iga päev kahe-kolme kraadi võrra.

Lõpuks oli ketas küllaldaselt jahtunud. Ja nüüd võis näha, et valamine oli oivaliselt õnnestunud.

Peegli lihvimist ja poleerimist otsustati teostada Pasadena linnas Kalifornias. Selleks tuli ketas läbi kogu Ameerika mandri transportida.

Ent kuidas teostada seesuguse suure klaasitüki vedu raudteel? Kui asetada ta serviti, siis riivab ta sildade kaari, millede alt rong läbi sõidab. Kui panna ta aga küljeli, siis ulatuvad ta ääred vagunist kaugele välja ja takistavad vastuõitvaid ronge.

Tuli selle klaasitüki jaoks ehitada eriline madalalalastud põrandaga platvorm-vagun. Ketas asetati ümmargusse teraskarpi paksule korgi- ja vildikihile. Karp paigutati serviti. Ja rong hakkas liikuma.

See oli kolmest vagunist koosnev rong. Tema ainsaks reisijaks oli maailma kõige väärtuslikum klaasitükk. Ees sõitis teine rong tehnilise inspeksiooniga, kes kontrollis, kas tee on täiesti korras, et habras reisija ei saaks põrutada.

Kogu karavan liikus väga aegamööda ja ainult päevaajal.

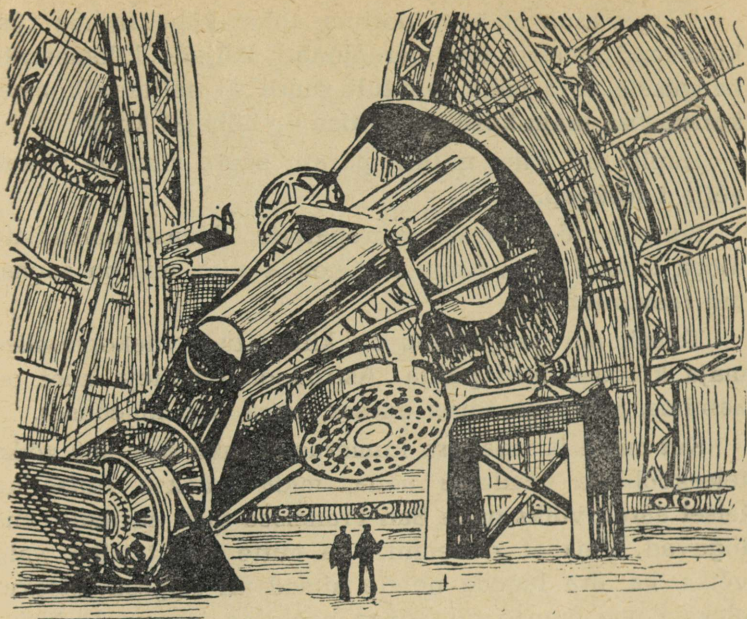
Kalifornia töökodades lihviti ketast mitu kuud ja võeti temalt selle aja jooksul umbes neli tuhat kilogrammi klaasi maha. Ketas muutus päratu suure alustassi sarnaseks.

Nüüd tuli tema pind ära poleerida: õige õhuke kiht klaasi — pisut üle ühe kilogrammi maha võtta. Ja selleks tööks ei jätkunud enam kuudest: kulus üle kolme aasta. Oli ju nõutav täpsus kuni ühe kümnetuhandiku millimeetrini. Aga mis on kümnetuhandik osa millimeetrist? Ämblikuniit on viiskümmend korda paksem.

Et klaas hõõrumisest ei kuumuks ega tekiks nähtamatuid „konarusi“, poleeriti teda vaheaegadega: töötati viisteistkümmend minutit, siis aga oodati, kuni klaas „jahtub“. Siis jälle viisteistkümmend minutit ettevaatlikku tööd ja uus peatus. Ja nõnda üks kuu teise järel, üks aasta teise järel.

Võib julgesti öelda: kunagi kogu inimkonna ajaloo jooksul ei ole ükski töö seesugust hoolikust ja täpsust nõudnud. Isegi kuulsaid rooma diatreete, isegi graveeritud Portlandi vaasi töödeldi vähema ettevaatlikkusega, vähema kannatlikkusega, ja — mis peasi — vähema täpsusega.

Poleerimine lõpetati. Nüüd tuli klaasalustass peegliks muuta — tema poleeritud külg alumiiniumikihiga katta. Seda tehti erilises ruumis, millest õhk välja pumbati nagu elektripirnist.



Alumiiniumikiht sai ühetasane ja nii õhuke, et polnud võimalik teda isegi mõõta: ainult mõne molekuli „paksune“.

Niikaua kui kogu see töö käis, otsisid astronoomid mäge, millele uus teleskoop sobiks üles seada. Seda mäge otsiti viis aastat.

Vajati mäge tipuga, kus õhk oleks vaikne ning vaba tolmust ja ududest ja taevas pilvitu.

Kõige kohasemaks osutus Palomari mägi seitsmekümne viie kilomeetri kaugusel San Diego linnast. See on seesama linn, kus Gromovi, Danilini ja Jumaševi kuulsusrikas lennuk lõpetas oma lennu üle Põhjanaba.

Kõrgel asub observatoorium: tuhat kaheksasada viiskümmend meetrit üle merepinna. Paljude kilomeetrite kaugusele võib näha tohutult suure — neljateistkümnekorruselise maja kõrguse ehitise — hõbejat kuplit.

Kuplil on pilu, millest päratu suure silmana ulatub välja teleskoop.

See on tõepoolest suurepärase, klaasivalmistajate tööga loodud silm. Kogu inimkonna silm, mis on suunatud taevaruumi!

Teleskoobi peegelläats on kinnitatud viiekorruselise maja kõrguse toru põhja. Astronoomi-vaatleja koht on kabiinis, mis asub torus eneses, tema tipu läheduses.

Kui mäed ja maakera kumerus ei takistaks, siis võiks teleskoobisse vaadates näha, mida tehakse Ameerika teisel äärel, võiks näha San Francisco taga aurikuid, mis liiguvad Vaiksel ookeanil. Ja mitte ainult näha, vaid võiks ka ära lugeda nende nimed nii selgesti, otsekui oleksid nad suurte tähtedega naabermaja seinale kirjutatud.

Teleskoobi peegelläats koondab valgust ligi miljon korda tugevamini kui inimese silmalääts. Niisiis näitab teleskoop taevatähti, mis on miljon korda nõrgema heledusega kui need, milliseid inimene võib näha palja silmaga.

Uus teleskoop tungib tähtede-maailma sügavusse kaks korda kaugemale kui kõige suurem teleskoop enne teda. Ta tabab nende udukogude nõrka valgust, mis asuvad meist miljardi valgusaasta kaugusel, — mis kilomeetrites väljendatult annab kahekümnekolmekohalise arvu.

Uue teleskoobi peegelläats avab inimesele palju universumi saladusi.

Kuid teaduslik mõte ja kaasaegne tehnika ei jäänud teleskoopidele-hiiglastele peatuma. Ei olnud veel suude-

tud viimast hiiglateleskoopi valmis ehitada ja ära proovida, kui talle tekkis suuri paremusi omav võistleja.

See võistleja on meie Nõukogude õpetlase, füüsik D. D. Maksutovi menisk-teleskoop.

Meniskiga optiliste riistade idee tekkis alles 1941. aastal. Selle idee tuumaks on, et peegelreflektoritega varustatud seadistesse paigutatakse klaasist kumer-nõgus lääts — menisk, mille abil kiirte käik seadeldises parandatakse.

Reflektor- ehk peegelteleskoope on väga raske valmistada, sest reflektori pind peab olema ideaalne ja kujult ei ole ta lihtne — kerajas, vaid keerukas — paraboolne. Seepärast valmistatakse teleskoobi reflektoreid väga kaua, lihvitakse ja poleeritakse käsitsi kõige paremate meister-optikute poolt, mille tõttu aparraadi hind on väga kõrge.

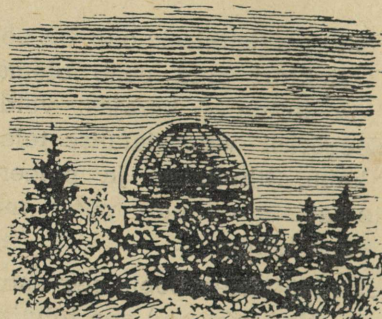
Refraktor- ehk läätsteleskoobid seevastu pole nii keerukad valmistada. Nad nõuavad aga tohutut hulka kvaliteedilt ideaalset optilist klaasi ja nende ehitamine on isegi nüüdisaegse tehnika taseme juures raskesti teostatav ning väga kulukas.

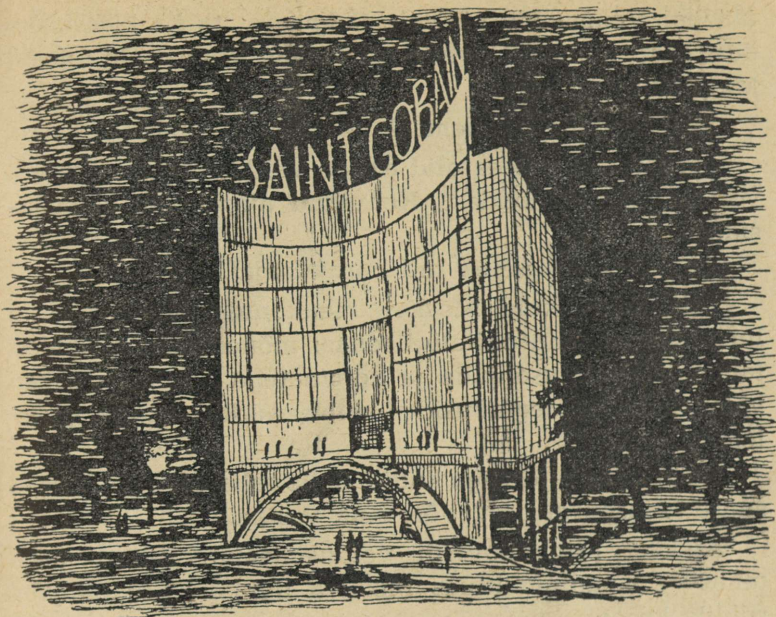
Meniskiga optilistes süsteemides evib peegelreflektor lihtsat kerakujulist pinda, menisk ise aga võib olla vähese paksusega, nõudes järelikult vähe klaasi; ka meniski pinnad on kerakujulised. Seetõttu on meniskiga optilisi süsteeme palju lihtsam konstrueerida ja valmistada kui refraktoriga või reflektoriga süsteeme ja nende hind on märksa odavam. Erilist tähtsust evivad menisksüsteemid aga tohutult suurte riistade — teleskoopide puhul.

Menisksüsteemid kindlustavad oma suure valmistamislihtsuse tõttu peegeldavate ja murdvate pindade, järelikult ka saadavate kujutiste suurt täpsust. Peale

selle vähendavad nad tunduvalt kogu süsteemi pikkust.

Meniskiga optiliste süsteemide avastamine on täieline revolutsioon optikas. See meie nõukogude õpetlase suurepärase leiutis evib teaduses tohutut tähtsust.





Üheksas peatükk.

Klaasisajand.

Vene klaas.

1630. aasta varakevadel, Mihhail Feodorovitši valitsemisajal, saabus Moskvasse rootslane Julius Coyette. Ta pidi vene meistritele suurtükkide valamist õpetama.

Suurtükimeister võeti hästi vastu. Tsaar annetas temale otsekohe kahe naela raskuse hõbedase joogikapa, „pehmet sametit“, „head taftsiidi“, nelikümmend sooblinahka ja hobuse koos sadula ja ratsmetega.

Säärane vastuvõtt meeldis Coyette'ile ja ta otsustas

jäädagi Venemaale päriselt. Selgus, et ta ka klaasitöön-
dust hästi tunneb. Coyette oli valmis Venemaale esimest
klaasitehast ehitama.

Neil aegadel Venemaal peaaegu ei tuntudki klaasi.

Isegi tsaari palees olid aknad vilkkivist. Söödi vasest
või tinast sööginõudest. Kehvikud ajasid läbi puitkaus-
sidega.

Coyette'i ettepanek tuli parajal ajal.

Leiti sobiv koht Moskva maakonnas Voskressenski
linna ligidal. Siia ehitatigi tehas: mõned männipalkidest
talumajad sulatusahjude ja korstnatega. Tehases hakati
valmistama apteeginõusid: kolbe, purke, retorte, pude-
leid.

Need nõud olid väga kallid. Selle raha eest, mis maksti
suure klaaspurgi eest, võis osta vasika.

Aleksei Mihhailovitši valitsemisajal ehitati teine
tehas — Izmailovi külas Moskva ligidal. See oli juba
riiklik, kroonu tehas. Ta ei tootnud enam apteeginõusid,
vaid pudeleid, karavine, kanne, jooginõusid, kruuse, suuri
karikaid, viina- ja teeklaase, lambikesi ikoonide jaoks ja
kärbsepüüniseid.

Izmailovi tehase uhkuseks oli tema poolt valatud
süllakõrgune viinaklaas. Imeklaas — kõige pikemast ini-
mesest kõrgem — oli klaasniitidega osavasti kaunistatud.
Temasse mahtus kaks pange viina.

Peeter I ja Jelizaveta Petrovna ajal ehitati veel mõ-
ned klaasitehased. Tekkis juba vene klaasipuhumismeist-
reid. Välismaalased avaldasid nendele oma kogemusi
vastu tahtmist ning püüdsid oma saladusi varjata.

Õnneks oli ka venelaste hulgas leidureid, kes uuesti
avastasid vanaaegseid klaasitöönduse saladusi, neid
veelgi täiustades.

Esimeseks seesuguseks leiutajaks oli Lomonossov.

Igäüks teab, et Lomonossov kirjutas klaasi kohta värsse, ent vähesed teavad, et ta ise ka klaasi keetis. Lomonossov ei olnud mitte ainult suur füüsik, keemik, geoloog, mineraloog, astronoom, filosoof ja ajaloolane, vaid peale selle ka suurepärane klaasivalmistaja.

Kord nägi Lomonossov krahv Šuvalovi juures Itaaliast toodud mosaiikportreed. Lomonossovilt vaimustas see imekaunis, mitmevärvilistest klaaskuubikestest kokkupandud pilt. Kas tõesti pole võimalik ka meil Venemaal seesuguseid kauneid asju teha?

Lomonossov otsustas asuda ise mosaiigi koostamisele.

Tal tuli kõike otsast peale alustada, otsekui poleks mitte keegi enne teda mosaiiki teinud. Klaasivärvustamise retsepte hoiti sel ajal saladuses; isegi välismaail tundsid neid vähesed meistrid, Venemaal aga ei teadnud neid mitte keegi. Raamatutest võis lugeda ainult kõige lihtsamaid ja tuntumaid asju. Aga sellest, kuidas keeta mitmevärvilist klaasi, kuidas kuubikesi valmistada, kuidas neid kinnitada — kõike seda raamatutes ei mainitudki. Ligi kolm aastat kulutas Lomonossov nende saladuste taasavastamiseks. Kannatlikult teostas ta katseid, kandes neid laboratooriumipäevikusse. Selle aja jooksul tuli tal klaasi keeta rohkem kui kaks tuhat korda. Lõpuks ometi olid kõik saladused avastatud. Võis asuda mosaiigitööle.

Lomonossovi esimeseks mosaiigiks oli neljast tuhandest klaaskuubikesest koostatud ikoon. Seejärel tegi ta Jelizaveta Petrovna ja Katariina II mosaiikportreed.

Pärast seda asus ta tohutu, neljakümne kahe ruutmeetri suuruse mosaiikpildi „Poltava lahingu“ teostamisele. Selle pildiga kavatseti ehtida Petropavlovski peakiriku seina.

Seesugune suur mosaiik nõudis ülisuurt hulka klaaskuubikesi igasugustes värvustes. Sest mida rohkem var-



jundeid on kunstniku käsutuses, seda parema pildi suudab ta luua.

Jätkub sellest, kui öelda, et rooma paavsti Vatikani mosaiigitöökojas on varuks kakskümmend kaheksa tuhat erisuguse varjundiga kuubikest. Juba üksi rohelist värvust on neli tuhat tooni — salatrohelisest kuni tume- ja mustjas-roheliseni.

On vaja väga teravat silma, et kõigist neist varjundest kõige sobivam välja valida. Seesuguses töös vilumata inimene ei märkagi erinevust naabervarjundite vahel — nõnda tabatamatu on see. Meister aga märkab. Ja enda ees olevatest rohkearvulistest taldrikutest kuubikestega valib ta täpselt tarvilise.

Mosaiikpilti tehakse mitu aastat. Ta nõuab kunstnikult erakordset hoolikust, lõpmatut kannatlikkust.

Lomonossov töötas „Poltava lahingu“ kallal ligi viis aastat ja lõpetas ta lühikest aega enne oma surma.

Kuid hiljem sai sellele pildile väga imelik saatus osaks. Peakirikusse teda ei viidud. Mitte keegi ei hoolitsenud tema eest. Tohutult suur pilt kadus jäljetult.

Möödus rohkem kui poolteistsada aastat. Teostus Suur Oktoobrirevolutsioon. Ja siis sattusid ükskord töölis-Teaduste Akadeemia keldrite korrastamisel mingisugustele suurtele, väga rasketele kastidele. Neid oli palju. Avati üks neist — selles leidus tükk mosaiiki, mis kujutab Peeter I aegse sõduri pead. Teisest kastist leiti teine tükk mosaiiki — Peeter I standart. Ka teistes kastides olid mosaiigi tükid.

See oli tükkideks raiutud „Poltava lahing“.

Nõukogude riigis hinnati Lomonossovi imetlusväärset tööd tema väärtuse järgi. Mosaiigi tükid võeti kastidest ettevaatlikult välja, ühendati nad ja asendati väljalangenud klaasitükikesed uutega.

Nüüd on see suurepärase klaaspilt, mis meenutab meile vene armee sangarlikke tegusid, elule tagasi antud ning see kaunistab Teaduste Akadeemia peahoone seina Leningradis.

Kui tsaariaegsel Venemaal niimoodi hinnati klaasivalmistaja tööd, kes oli ühtlasi kuulus õpetlane, siis on arusaadav, mida võisid oodata teised klaasimeistrid.

Mida teame näiteks tähelepanuväärse kunstniku Aleksandr Veršini saatusel? Ainult niipalju, et ta klaasitolmust tiisikusse jäi, mure tõttu jooma hakkas ja ühel pakasel jaanuarikuu ööl tara all surnuks külmus.

Kuid ta oli ometi imetlusväärset andekas meisterkunstnik. Et selles veenduda, on küllalt ainsast pilgust tema valmistatud kristall-joogiklaasile.

Klaasil on kujutatud tiigi kaldal jalutavad inimesed. Puudel istub linde, taevas lendab parv metshanesid, eemalt paistab sammastega ehitised.

Tundub, nagu oleks klaas koloreeritud. Tõepoolest



aga ei ole tilkagi värvi tarvitatud: klaasi kahekordsete seinte vahele on imetlusväärse kunstipärasusega paigutatud värvilisest paberist, õlest ja samblast koostatud joonis. Ülalt on klaasi seinad kokku joodetud, seetõttu ei või aimatagi, et nad on kahekordsed.

Selle klaasi kallal töötas Veršinin rohkem kui aasta.

Kes vene meistritest valmistas imekauni jahikarika? Selle seintes on palju ümmargusi lohke: ühed neist on tühjad, teistes on kujutatud jahistseene. Näe, siin põgeneb põder jahimehe eest, seal langeb allalastud part, kuna jahimees ise põõsaste tagant sihhib. Ent miks ei ole kõik lohud piltidega kaunistatud? On vaja heita ainult pilk läbi klaasi seinte vastu valgust, ja vastus sellele küsimusele tuleb iseendast: tühjad lohud peegeldavad mitte ühte, vaid rohkeid jooniseid — mitte üks jahimees, vaid kümneid jahimehi sihhib põõsaste tagant möödalendavaile partidele.

Andekaid inimesi on Venemaal alati palju olnud. Ent masinaid ja igasuguseid seadeldisi, mis tööd hõlbustavad ja kiirendavad, — neid oli vähe. Vene klaasitööstuses aga ei olnud masinaid üldse.

Enne revolutsiooni osati Venemaal ainult klaasnõusid, pudeleid ja aknaklaasi valmistada. Palju peegliklaasi telliti välismaalt. Optilisest klaasist ei maksa rääkidagi; seda ei osatud üldse valmistada.

Meil tuli rohkesti vaeva näha, et kaotatud aega tasa teha. Praegusel ajal töötavad masinad kõigis nõukogude klaasitehastes. Paremat op-



tilist klaasi kui meil ei tehta üheski riigis.

Klaasivalmistamine oli alles hiljuti käsitöö. Nüüd on ta kujunenud päris teaduseks. Ent see ei tähenda veel sugugi seda, et klaasivalmistaja nüüd enam meisterlikkust ega andekust ei vaja. Otse vastupidi — andekust ja kunsti vajab see töö praegu veel rohkem kui varemini.

Võtame näiteks mikroskoobi. Tema objektiivis asetseb lääts, mida võib kergesti pidada peensuhkru terakeseks, — nii väike on ta. Et teda ära lihvida, on tarvis evida rohkete aastate kogemusi ja erilist tundlikkust sõrmedes.

Ja mikroskoobi läätsede õige kohalepaigutamine — kas selleks ei ole kunsti vaja? Need viis-kuus läätse mikroskoobi objektiivis peavad asetsema üksteise vastu täiesti täpselt. Kui ka ainult üks neist ühe tuhandikugi millimeetri võrra teljest kõrvale kaldub, siis on kõik rikutud ja mikroskoop on töötamiseks kõlbmatu. Ent mis on õieti üks tuhandik millimeetrit? Seda on raske isegi kujutleda — kärbse jalg on kolmsada korda paksem!

Kuid kõige raskem on muidugi suure teleskoobi jaoks klaase valmistada. See on klaasimeistritele kõige kõrgemaks, kõige rangemaks eksamik.

Meistreid, kes seesuguseid klaase poleerida oskasid, on nõnda vähe olnud, et neid võib nimepidi loetleda. Säärane meister oli näiteks Short, kes elas kaheksa aasta eest. See oli suurepärase meister, oma tööala täielik kunstnik. Mitte kedagi



ei võinud temaga võrdseks pidada. Imetlusväärne meister oli ka Alvino Clark, kes elas kaheksakümne aasta eest. Tema valmistas klaase kogu maailma observatooriumidele.

Peaaegu kõik seesugused meistrid olid iseõppijad, peaaegu kõik nad orjasid suuri optikafirmasid ning elasid väga vaeselt. Kuid nad ei loobunud oma tööst, sest nad armastasid seda.

Need meistrid ei kujunda dünastiat, nagu Guinand ja tema järeltulijad: saladust on kerge pärandamise teel edasi anda, talenti aga ei saa pärandada. Neid võiks pigemini võrrelda kuulsate maletajatega. Ka need on edu saavutanud oma uskumatult suure püsivuse, kõigi jõudude pingutamise teel. Kuid maletšempion mängib tuhandeid partiisid, klaassepp aga poleerib kogu oma elu jooksul ainult mõned suured klaasid. Pärast tema surma jäävad nad mitmete maade teleskoopides laitmatult töötama, olles tohutu töövaeva vaikivateks klaasmälestusmärkideks.

Uhelt seesuguselt kuulsalt meistritl — inglaselt Grebb'ilt — telliti 1912. aastal klaasid meie uue Pulkovo teleskoobi jaoks.

Möödus kümme, möödus viisteist aastat, aga klaasid polnud ikka veel valmis. Vana meister suri 1930. aastal. Tekkis küsimus: kellele nüüd tellimus edasi anda?

Siis pöördus observatoorium Zeissi, kuulsa saksa optikafirma poole. Zeiss oli valmis tellimust vastu võtma: tal oli isegi juba sobiv klaasitükk varutud. Lihvimise ja poleerimise eest nõudis Zeiss sada tuhat kuldmarka. Peale selle esitas ta veel ühe kindla tingimuse: tähtaega ei määrata. Ta püüab teostada töö kahe ja poole aastaga. Kui selle ajaga töö valmis ei saa, pole midagi teha. Võib-olla tuleb oodata viis aastat, võib-olla — ka kümme aastat.

Mis jäi teha? Nõustuda?

Siis aga tegi meie optikainstituut ettepaneku: enne Zeissile vastuse andmist järele vaadata, kas ei leiduks meie maal seesuguseid inimesi, kes võiksid teleskoobiklaase poleerida.

Ja tõepoolest leiduski niisugune inimene. Meie rääkisime temast juba varemgi. See oli D. D. Maksutov — inimene, kes oli andnud oma elust kolmkümmend aastat teleskoopide ehitamisele.

Juba poisikesena meisterdas ta endale omatehtud teleskoobi. Pärast hakkas ta koolidele väikesi teleskoope valmistama ja veelgi hiljem — klaase ja läätsi kõige täpsemate optikariistade jaoks.

Erikomisjon korraldas Maksutovi klaasidele kõige rangema katse: neid võrreldi samalaadiliste Zeissi klaasidega. Ja selgus, et nad ei olnud Zeissi omadest sugugi halvemad, vaid isegi paremad.

Pärast seda ei olnud muidugi enam mõtet tellimust Zeissile anda. Meie hakkasime ise, oma jõududega uut teleskoopi ehitama.

Praegu on ta juba peaaegu valmis. Ja ta on laitmatult tehtud.

Nõnda selgus peaaegu juhuslikult, et me olime liiga tagasihoidlikud ja kahtlesime täiesti põhjusetult oma jõududes. Meil on nüüd inimesi, kes võivad klaasiasjanduses iga ülesande kallale asuda, kes oskavad niihästi oivalisi mikroskoope kui ka kõige suuremaid teleskoope valmistada.

Riik, kes suudab teleskoope ehitada, suudab valmistada ka kõige keerulisemaid optilisi seadiseid, sealhulgas ka seesuguseid, mis on vajalised sõja jaoks. Ja tõepoolest on meie armee nüüd täiel määral kindlustatud „optilise varustusega“: binoklitega, stereoskoopidega, fotoaparaatidega ja optiliste sihikutega.

Võiks arvata, et nüüd, mil kõik saladused on avalikuks saanud, seisab meil kõige raskem osa tööst juba seljataga.

Ei, on siiski veel liiga vara seda arvata. Viimase aja jooksul on klaasitööstuses tekkinud uued harud, milliseid varem ei tuntudki, on sündinud uus, täiesti iseseisune klaas.

Seda uut klaasi me esialgu alles õpime veel valmistama.

Meie raamatus on juttu olnud klaasnõudest, pudelitest, sellest, kuidas valmistatakse akna-, peegli- ja optilist klaasi. Oleks see raamat kirjutatud aastat viisteistkümmend tagasi, siis tuleks ta sellega lõpetadagi. Aga nüüd peame tutvuma veel valgust filtreerivate klaasidega, põhjamaaklaasiga ja lõunamaaklaasiga; klaasiga, mis ei purune ja ei karda kuuma ega külma; vedela klaasiga, mida valatakse tünnidesse; klaastellistega, milledest ehitatakse maju, ja lõppeks klaaskangastega, millest õmmeldakse rõivaid.

Värviline klaas.

Meie jutustasime juba sellest, et vanal ajal asetati peakirikute akendesse mitmevärvilisi klaase, valmistati neist vitraaže ja mosaiike, sätendavaid karikaid ja kausse. Kuid neil aegadel oli ka nende klaasiliikide valmistamine väheste klaasivalmistajate saladuseks, kes seda teiste inimeste eest varjasid ning enesega hauda viisid või perekonnasaladustena oma lastele ja lapsistele edasi andsid. Enamik meistreid, kes tundsid värviliste klaaside valmistamise kunsti, teadsid ainult seda, et klaasile üht või teist ainet lisandades võib mitmesuguseid värvusi saavutada; sellest edasi nad ei läinud.

Ent värvilisel klaasil olid omad iseärasused ning tujud, milliseid tundmata oli klaasivalmistajatel raske ebaõnnestumistega võidelda.

On näiteks ilusad punased klaasid, mis sarnanevad rubiini-nimeliste kalliskividega; neid nimetataksegi rubiinklaasideks. Juba XVII sajandil osati kunstlikke rubiine valmistada; selleks lisati klaasile kulda. Kuid meister, kes kuldse rubiini saladust tundis, suri ja ühes temaga suri ka rubiinklaasi tootmisviis. Seda õpiti uuesti tundma alles XIX aastasajal.

Ei teatud kaua aega, et niisugust rubiinklaasi võib saada, kui klaasile kalli kulla asemel odavat vaske lisandada. Aga ometi toimuvad niihästi sellel kui ka teisel juhul ühed ja needsamad protsessid.

Rubiinklaasi valmistatakse nii. Vastava segu keetmisel saab klaas esialgu värvitu ja samasugused tulevad ka sellest klaasist valmistatud esemed. Neid esemeid kuumutatakse siis uuesti teatud temperatuurini ja alles seejärel omandavad nad kauni punase värvuse, mis sarnaneb kallihinnalise rubiini omaga.

Vaserubiin on tujukam kui kullarubiin ja seepärast juhtus sagedasti, et vaserubiini keetmisel ei saadud head punast klaasi. Mõnikord tuli klaas täiesti värvitu ja mitte mingil teel ei õnnestunud temas punast värvust esile kutsuda.

Palju hiljem — siis, kui õpetlased-keemikud klaasi-keetmisest huvitusid, orienteerusid nad värviliste klaaside tootmise kõikides peensustes ning vabastasid klaasivalmistajad paljudest pahandavatest äpardustest.

Miks ei õnnestu siis vaselisandiga rubiinklaasid alati ühetaoliselt hästi? Selgus, et vask ei käitu klaasis alati ühte viisi. Et saada ilusat rubiinklaasi, selleks on tarvis, et vask ei ühineks klaasi muude osistega, vaid jääks klaasisse pisitillukeste metalse vase kristallikestena, mis jao-

tuksid ühtlaselt kogu klaasimassis. Vaserubiini keetmisel on vase osakesed esialgu väga väikesed ja nende olemasolu klaasis väliselt ei avaldu. Seepärast on kiiresti jahtunud klaas värvusetu. Ent on ainult vaja seda klaasi kuumutada ja 600—700-kraadilises temperatuuris hoida, kui punane värvus otse meie silmade all nähtavale tulema hakkab ning klaas rubiinklaasiks muutub.

Mis toimub siis siin? Selgub, et niisuguses temperatuuris, kuigi klaas on veel tahke, osutub temas siiski mõnesugune liikumine võimalikuks; vase osakesed lähevad üksteisele, koonduvad ning rivistuvad kindla korra järgi. Need kristallid on juba nii suured, et nad ei lase enam läbi kõike nendele langevat valgust, nad kujundavad nagu mingi võrgukese, millesse kõik muud valguskiired peale punaste takerduma jäävad. Punastel kiirtel aga õnnestub sellest võrgukesest läbi tungida ja seetõttu muutub klaas punaseks. Nende klaaside kohta öeldaksegi nii, et nad lasevad punased kiired läbi ning neelavad kõiki teisi kiiri: nad otsekui filtreerivad valgust, nii nagu keemikud laboratooriumis filtreerivad oma lahuseid. Sadestus jääb filtri peale, kuna lahus teda vabalt läbib. Just selle omadusega — erivärviliste kiirte läbilaskmisega või neelamisega — seletubki eranditult kõikide klaaside värvus. Värvilisi klaase, milliseid kasutatakse teatava värvuse kiirte väljaeraldamiseks, nimetataksegi valgusfiltriteks.

Muidugi ei filtreeru valgus läbi klaasi nii, nagu lahused seda teevad. Klaasi värvus muutub olenevalt sellest, missugust ainet klaasile lisandatakse; see tähendab, et teatavat liiki klaasidest pääsevad läbi ainult sinised kiired, teist liiki klaasidest aga ainult rohelised. Seejuures esinevad lisandatud metalli osakesed ainult rubiinklaasides kristallide kujul; enamikus teistes klaasides lahustub metall niisama hästi nagu suhkur või sool vees ja moo-

dustab klaasiga täiesti ühtliku massi. Ainete võime kiiri neelata või läbi lasta jääb siiski alles. Veelgi enam — seesama vask, kui ta ei esine klaasis kristallikestena, vaid lahustub selles ja ühineb klaasi teiste osakestega, annab klaasile mitte punase, vaid sinirohelise värvuse. Nüüdisajal teatakse juba väga hästi, milline metall põhjustab klaasi ühe- või teissuguse värvuse. Nikkel näiteks värvib klaasi violetseks või pruuniks, kroom — roheli-seks, koobalt — siniseks. Meieaegsed keemikud ja inse-nerid oskavad klaasi toota igasugustes värvustes ning varjundites ja viimaseid oma äranägemist mööda muuta paremini, kui seda tegid vanasti kõige osavamad meist-rid, ega tee sellest muidugi mingisugust saladust.

Milliseid värvilisi klaase küll praegu meie tehastes ja välismaal valmistatakse! Nende mitmekesisus on võib-olla suuremgi kui värvide oma kunstniku paletil. Prae-gusajal tarvitatakse värvilisi klaase mitte ainult kaunis-tusteks, vaid peaasjalikult igasugusteks teaduslikkudeks ja tehnilisteks otstarveteks. Värvilisi valgusfiltreid kasu-tatakse teatavat üht värvust kiirte eraldamiseks valgu-sest ja kahjulikkude või häirivate kiirte neelamiseks.

Me näeme värvilisi klaase igal pool. Kui selgesti ning eredasti helendavad pimeduses valgussignaali-de punased, rohelised ja kollased tuled, reguleerides tänavliikle-mist! Raudteedel teatavad signaalklaasid veduri masinis-tille juba kaugelt, kas eespool on tee vaba või hõivatud. Punased laternad fotolaboratooriumides ja vabrikutes, fotopaberid ja fotofilmid kaitsevad valgustundlikku emulsiooni riknemise eest. Kollaseid valgusfiltreid tarvi-tatakse fotode ja lennuülesvõtete jaoks.

Võiks esitada veel rohkem näiteid värviliste valgus-filtrite rakendamise kohta, kuid me jutustame ainult mõnedest rakendamisaladest.

Tumedad klaasid.

Kui vaadata päikesele kaitsmata silmaga, siis võib nägemist tugevasti rikkuda. Seepärast soovitatakse päikesevarjutuse uurimisel päikesele ainult läbi tahmastatud klaasi vaadata. Sadestudes klaasile õhukese kihina, vähendab tahm päikese valgust tugevasti. Seejuures läbivad päikesekiired niisugust klaasi ühtlaselt nõrgendatuna ja klaas näib tumehallina.

Kuid tahmane klaas ei ole kuigi sobiv. Tahm hõõrdub klaasilt kiiresti maha ja satub vaateleja sõrmedele ning põskedele. Pealegi vajame tumedaid klaase mitte ainult seesuguse haruldase nähtuse vaatlemiseks, nagu on päikesevarjutus. Neid klaase vajatakse igal pool, kus inimestel on tegemist väga eredate valgusallikatega, mis silmi pimestavad. Nii oli siis möödapääsmatult vaja välja mõelda säärane valgusfilter, mis võiks tahmast klaasi asendada. Nagu selgus, ei osutunud see kuigi raskeks. Lisandades klaasile korruga mõningaid metalle, peaaesjalikult niklit ja rauda, on võimalik halle klaase saada; nad neelavad igas värvuses kiiri peaaegu ühehetaoliselt.

Tumedaid klaase vajatakse mitmeks otstarbeks.

Läbi tumeda klaasi vaadatakse elekterkeevitamisel volta kaare pimestavalt eredale leegile. Ilma sellise klaasita jääb keevitaja varsti pimedaks.

Tumedaid klaase asetatakse prillidesse, milliseid kannavad haigete silmadega inimesed. Neile on isegi harilik päevavalgus liiga ere ja võib silmi tugevasti väsitada, mõnikord isegi pimedaksjäämist põhjustada.

Ka reisijad ja turistid, kes veedavad palju aega päikesepaistelisel lumeväljadel, peavad oma silmi lume pimestava valguse eest kaitsma.

Tumedad klaasid nõrgendavad ühetaoliselt igas värvuses kiiri. Läbi harilikkude tumedate prillide näeme kõike nagu videvikus, kuna videvikus kõik värvused oma selguse kaotavad ning üksteisest vähemal määral erinevad. Kuid mõnikord on vaja täie selgusega näha kõike, mis leidub päikese poolt valgustatud pimestavalt eredatel vee-, taeva- või lumelagendikel. Tumedad klaasid ei aita siis enam. Seesuguseks juhuks vajatakse selliseid prille, mis silmi küll kaitseksid, kuid samaaegselt esemete värvust ei tasandaks, vaid — vastupidi — värvuste erinevusi tugevdaksid.

Osutus võimalikuks ka selle ülesandega toime tulla. Õnnestus valmistada sääraseid klaase, mis evivad halli värvust, seega silmi kaitsevad, ja samaaegselt värvuste erinevust ei nõrgenda, vaid — vastupidi — teda märgatavamaks teevad. Selleks on vaja, et mitte kõik värvused ühetaoliselt ei nõrgeneks, vaid ainult mõned, mida täiendvärvusteks nimetatakse. Seesuguseid klaase nimetatakse värvuskontrastseteks.

Päevavalgus õhtul.

Igaüks on muidugi märganud, et õhtune elektrivalgus, isegi väga hele, siiski päevasest päikesevalgusest erineb. See tuleneb sellest, et elektripirnid, milledes valgus tekib metallniidikese hõõgumise tõttu, annavad rohkesti punaseid ja kollaseid, kuid vähe siniseid kiiri. Seetõttu on elektrivalgus kollane, aga mitte valge.

Elektrivalgusel näivad paljud värvused teissugused kui päevavalgusel. Kui kunstnik elektrivalgusel pildi maalib, siis näib see päeval hoopis teissugusena. Võib juhtuda, et keha saab roosa asemel lilla, et rohi ei tule mitte roheline, vaid siniroheline, loomulikust rohelusest erinev, ja kõik muugi moonduv samuti.

Ja vastupidi — kõike seda, mida vaadatakse õhtul, näiteks teatri dekoratsioone, tuleb ka õhtul maalida, et värvused ei moonduks, vaid jääksid niisugusteks, millistena kunstnik neid tahtis anda.

Väga mugav see ei ole. Pole ju võimalik maalida eri pilte päeva- ja elektrivalguse jaoks ning neid päevastes ja õhtustes galeriides imetleda.

Siin tuli valgusfiltrite-teadus appi.

Õpetlased määrasid täpselt kindlaks, kuipalju ja misuguseid kiiri on elektrivalguses vähem kui päikesevalguses. Kui see sai teatavaks, siis õnnestus valmistada niisugust klaasi, mis elektrivalgusest kindla koguse punaseid ja kollaseid kiiri ära neelab, kõik sinised kiired aga läbi laseb. Päikesevalgus näib säärase klaasi läbi taevasinisena. Kui aga sellest klaasist harilikule elektrilambile kuppel valmistada, siis saame sellelt lambilt täiesti valget valgust, just hariliku päevase valguse taolist.

Niisuguseid klaase kasutatakse igal pool, kus on tarvis õhtul päevase valguse muljet luua. Neid klaase nimetataksegi päevase valguse klaasideks.

Põhjamaaklaas ja lõunamaaklaas.

1800. aastal otsustas üks astronoom teada saada, millised kiired toovad kaasa kõige rohkem soojust. Ta juhtis päikesevalguse prismast läbi nõnda, et tekkis spekter. Siis asetas ta spektri mitmesugustele kohtadele termomeetrid.

Uhe termomeetri pani ta aga spektri punase riba taha — sinna, kus oli pime.

Peatselt soojenesid kõik termomeetrid.

Spektri rohelises ribakeses tõusis elavhõbe termomeetris kolme kraadi võrra, violetses — kahe kraadi

võrra. Aga kõige rohkem — ligi seitse kraadi — tõusis ta pimedas olevas termomeetris.

See oli väga imelik.

Seda katset korrati mitmel puhul, ja alati soojenes kõige rohkem see termomeeter, mis oli pimeduses, punase ribakese taga.

Seda nähtust võis seletada ainult nõnda: spekter on tõeliselt laiem, kui meie silmad näevad. Punaste kiirte naabruses asuvad veel mingisugused, meile nähtamatud kiired. Ja just need kiired kannavad kõige rohkem soojust kaasas.

Nõnda avastati nähtamatud kiired, mis asuvad spektri punase ribakese taga. Neid hakati nimetama infrapunasteks kiirteks.

Ei möödunud aastatki, kui avastati veel teisedki nähtamatud kiired — need, mis asuvad spektri teise ääre taga, violetse ribakese naabruses.

Neid kiiri ei näidanud termomeeter: ultravioletsed kiired kannavad väga vähe soojust kaasas. Neid kiiri tabas fotoplaat: ta tumenes seal, kus need kiired teda riivasid.

Kes oleks varem võinud arvata, et peale nähtava valguse on veel seesugune kiirgus, mida me ei näe?

Infrapunaseid kiiri me ei näe, küll aga tunneme: me aistime nende soojust. Ultravioletseid kiiri ei aisti meie mitte kuidagi. Ja ometi on need kiired väga tugevad: nad tapavad näiteks baktereid.

Inimesele on need kiired — muidugi mitte ülemäära- ses koguses — kasulikud. Mitte aluseta ei kanna nad „elukiirte“ nime.

Kuid selgub, et need „elukiired“ ei suuda meie tупpa tungida: aknaklaas ei lase neid peaaegu mitte sugugi läbi.

Valgus, mis tупpa tungib, on peaaegu täiesti ilma

ultravioletsete kiirteta. Ta erineb päikesevalgusest samuti nagu kooritud piim täispiimast.

Just seetõttu ei päevitu inimene, kes pidevalt toast ei välju, kuigi tuba on päikesepoolne.

See, kes suurema osa oma ajast kinnises ruumis viib, tasub selle eest kehveresusega, eriti siis, kui ta elab põhjapoolsetes kohtades. Veelgi halvem on asi lastega: nende luud ei kõvene ja nende jalad jäävad kõveraks. Ja kõik see tuleb ultravioletsete kiirte puudujäägist!

Küll oleks ometi hea, kui klaas laseks läbi ultravioletseid kiiri!

Selgub, et säärast klaasi saab valmistada: mitte tavalisest sooda, lubja ja liiva segust, vaid ränikivist.

Räniklaasist lambid saadavad välja terveid ultravioletse valguse voogusid. Igas haiglas on nüüd sellest klaasist erilisi lampe; neid nimetatakse „kõrguspäikeseks“. Haigused kardavad nende lampide valgust: haavad tõmbuvad kiiremini kokku, põletikud mööduvad, kehveresus kaob.

Kahjuks kõlbab räniklaas ainult lampide, mitte aga akende jaoks. Meie ei oska temast veel suuri ning õhukesi klaasitahvleid valmistada.

Kas ei ole niisugusel juhul võimalik harilikku klaasi ultravioletsetele kiirtele läbitavaks muuta?

See ülesanne polnud kerge, kuid keemikud lahendasid ta siiski.

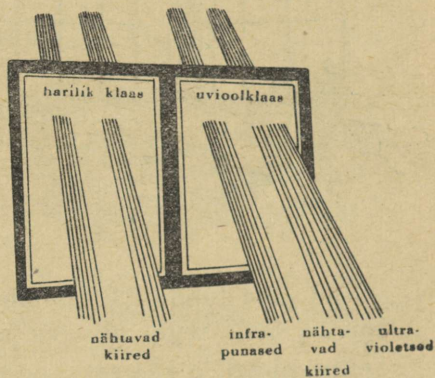
Keemikud algasid sellega, et katsusid teada saada, milline nimelt klaasi koostusainetest takistab ultravioletsete kiirte läbipääsu. Selgus, et süüdi ei ole ei liiv, ei lubi ega sooda. Süüdlaseks osutus raud — klaasi koostises leidub väga vähesel määral rauda.

Vastupidi — boorhappe lisandamine kergendab ultravioletsete kiirte läbipääsu klaasist.

Seda teada saanud, koostasid keemikud erilise retsepti klaasi jaoks, milles rauda peaaegu ei olegi, kuid on rohkesti boorhapet. See klaas nimetati uviolseks.

Nõnda lahendasid keemikud raske ülesande: nad lõid klaasi, mis on ultravioletsetele kiirtele läbitav.

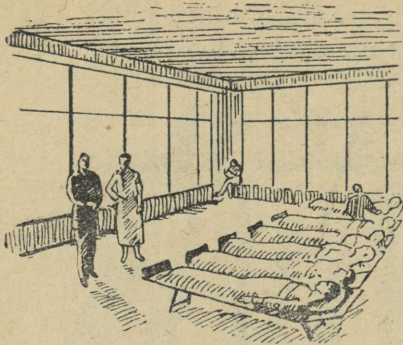
Näis nagu, et pole enam kaugel see aeg, mil on võimalik panna akendesse uviolklaasi ja mil tuhandete aastate järel voogab tubadesse tervendav päikesevalgus.



Kuid õpetlaste ja arsude sügavaks kurvastuseks selgus, et suurtes linnades, millede kohale rohkearvulistest tehastest alati suitsu ja tahma tõuseb, peaaegu kõik ultravioletsed kiired atmosfääri poolt ära neelatakse, kuna meieni jõuab päikesevalgus, mis on peaaegu ilma tervistavate ultravioletsete kiirteta. Seetõttu on uviolklaaside paigutamine linnamajade akendesse kasutu. Kuid see-eest tuleb muidugi kogu ultravioletne valgus ära kasutada linnadest väljaspool asuvates haiglates ja sanatooriumides, kus haiged ravil ning puhkusel viibivad. Eriti tähtis on see põhjamaadel, kus päike kuigi helde ei ole ja kus tema valgust koguda ning hinnata tuleb.

Vaevalt olid õpetlased suutnud ultravioletseid kiiri läbilaskva klaasi küsimuse lahendada, kui nende ette kerkis uus, vastupidine ülesanne: luua klaas, mis neid kiiri üldse läbi ei laseks.

Me ütlesime juba, et harilik klaas laseb läbi väga



vähe ultravioletset valgust. Kuid isegi see vähene nähtamatu valguse kogus võib mõnikord suuri pahandusi tekitada.

Kaupluse vitriinis on ilusad kirjud kangad välja pandud. Päikesevalguse vood ujutavad need üle. Ei möödu kümmetki päeva, kui

värvused juba tunduvalt tuhmuvad ja kallid kangad ära pleegivad. Seda tegid ultravioletsed kiired.

Lenini-nimelise raamatukogu avarates saalides Moskvas säilitatakse vene suurte kirjanikkude — Puškini, Gogoli, Tolstoi, Dostojevski — käsikirju ja kirju. Läbi laiade akende voolab sisse päikesevalgust, sealhulgas ka ultravioletseid kiiri. Tint tuhmub ning luitub, paber ise läheb kollaseks. Kui siin mitte abinõusid tarvitusele võtta, siis jääb meile kuu aja pärast suure väärtusega dokumendi asemele lihtne paberileheke: kõik, mis temale oli kirjutatud, kaob jäljetult.

Kas on võimalik teha klaasi ultravioletsetele kiirtele täiesti läbipaistmatuks?

Tundub nii, et kõige lihtsam oleks valmistada rohkesti rauda sisaldav klaas; just raud takistab ju nende kiirte läbipääsu. Kuid seesugune klaas saaks roheline, ta laseks ka nähtavat valgust halvasti läbi.

Keemikud leidsid „haruldaste muldade“ seas säärasteid, mis tõkestavad ultravioletset valgust veelgi rohkem kui raud. Valmistati klaas nende ainete manustamisega. Tekkis värvitu ja nähtamatuid kiiri mitte-läbilaskev klaas.

See klaas sai nimeks „dokumendiklaas“. Teda valmistatakse eriliselt muuseumide ja raamatukogude jaoks.

Ka infrapunased kiired tekitavad mõnikord suuri eba-meeldivusi.

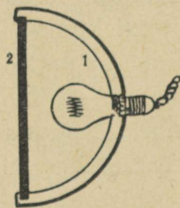
Haigele tehakse keerukat operatsiooni. Laua kohal ripub väga võimas lamp: kirurg peab ju selgesti nägema kõiki veresooni ja närve, mis suubuvad haigestunud elundisse. Kuid iga lamp annab peale harilike kiirte veel infrapunaseid — soojuskiiri. Ja operatsioonituba läheb palavaks nagu saun, kirurgil on raske töötada, lamp kõrvetab ning kuivatab haava.

Tuleb lamp kuidagiviisi kahjutuks teha: leiutada filter, mis soojuskiiri kinni peaks. Seesuguse filtrina võib muidugi ainult klaas kõnesse tulla.

Keemikud valmistasid ka seesuguse klaasi.

Sel korral etendas raud kasulikku osa. Mitte ükski muu metall ei pea infrapunaseid kiiri nõnda hästi kinni kui raud. Seejuures värvustab ta klaasi teiste värvainetega võrreldes kaunis nõrgalt. Seepärast ei moonuta soojuskaitseklaas, kõrvaldades infrapunaste kiirte soojus- toimet, ümbritsevate esemete värvust peaaegu mitte sugugi. Seesugune klaas on kõlblik mitte ainult operat- sioonisaalis. Ta kõlbab igale poole, kus on tarvis kuu- muse eest hoiduda. Seda klaasi võib nimetada lõunamaaklaasiks, troopiliste maade klaasiks.

See klaas on rohekalt-taevassinise varjundiga. Temaga klaasitud verandat täidab meeldiv, õrn valgus, mis sarnaneb kuuvalgusega. Verandal on peaaegu jahe, väljas- aga valitseb ta- lumatu kuumus ja päike kõrvetab ha- lastamatult.



1 — peegelreflektor
2 — must marbliit-
klaas, mis laseb
infrapunaseid kiiri
läbi

Nähtamatu valgus.

Kuid mitte alati ei ole infrapunased kiired üleliigsed. On ka seesuguseid olukordi, mil me vajame just neid kiiri, mitte aga nähtavat valgust.

Infrapunaseid kiiri kasutatakse näiteks sõjas. Fotoplaadile, mis on nende kiirte suhtes tundlik, võib täielikus pimeduses pildistada vastase laagrit, linna või sõjalaeva. Läbi udu tungivad nähtamatud infrapunased kiired paremini kui nähtavad kiired, ja vaenlasele jäävad nad märkamatuks.

Neid lastakse kitsa kimbuna nagu prožektori kiirt, ja seesugust signaalide vahetust on vastasel väga raske kinni püüda.

Kõigil neil juhtudel vajatakse niisugust lampi, mis saadaks laiali ainult infrapunaseid kiiri.

Kuid ei ole olemas seesugust lampi, mis annaks üksnes neid kiiri. Iga lamp levitab niihästi nähtavaid kui ka nähtamatuid kiiri. Ent kui nähtamatute kiirte kimbukesse seguneb ka nähtavaid kiiri, siis muutub signalisatsioon otsekohe märgatavaks ka vaenlasele.

Järelikult on vaja sel puhul nähtav valgus kinni pidada ja üksnes infrapunased kiired läbi lasta. Seda ülesannet täidab eriline must, mangani lisandamise teel saadud klaas — marbliit. Sellest klaasist tehtud lamp ei anna sugugi valgust, kuigi tema valgusjõud oleks tuhande künula suurune. Marbliit peab nähtava valguse kinni. Seesuguse klaasiga peegelreflektor laseb läbi ainult infrapunased kiired.

Mitte vähem tähtsaks ning teadlastele mitte vähemaid uusi võimalusi avavaks osutus ka see klaas, mis kõik kiired peale ultravioletsete ära neelab. Kui selle klaasi läbi isegi heledalt valgustatud esemeid vaadata, siis ei

näe me neid mitte sugugi, ultravioletseid kiiri laseb see klaas aga hästi läbi.

Kui niisuguse klaasiga varustatud laternasse sulgeda valgusallikas, näiteks elavhõbekaar, siis jääb tuba pea-aegu täiesti pimedaks — muidugi, kui enne seda aknad mustade eesriietega katta. Kui aga astute tuppa, harjute pimedusega ja hakkate veidi nägema, siis võite väga huvitavaid nähtusi jälgida. Kõigepealt näete, et teid ümbritsevate inimeste nägude tumedal taustal helendavad eredate sinakasvalgete laikudena silmavalged ja hambad; samuti helendavad ka sõrmeküüned. Mõned esemed, mille juures varem, tavalise valguse puhul, midagi erilist märgata ei olnud, helendavad nüüd täiesti erilise, nõidusliku valgusega, mille värvus on seejuures väga mitmekesine. Mitmed kristallilised ained, looduslikud mineraalid, orgaaniliste värvainete lahused, samuti ka mitmed klaasiliigid helendavad taevassinistena, rohelistena, kollastena, punastena — ühe sõnaga, kõigis spektri värvustes. See on nii kaunis, et inimesed, kes seda suurepäraselt nähtust esmakordselt näevad, harilikult kuidagi ei suuda silmi sellelt värvuste võlumängult ära pöörata. Eriti tähelepanuväärne on see, et aine helendab kogu oma sügavuses, mitte ainult pinnalt. Seda mitmesuguste ainete helendamist nende valgustamisel ultravioletse valgusega nimetatakse luminestsentsiks. Ent luminestsents ei ole mitte ainult efektne ning ilus nähtus. Ta on terve tohutult suur maailm, mis avanes teadlastele õige hiljuti, alles mõnekümne aasta eest. Ja tänapäeval areneb luminestsentsiteadus hoogsalt edasi ning tungib kõige mitmekesisematesse teaduse, tööstuse ja kunsti harudesse.

Luminestsentsi abil uuritakse ainete ehituse ja nendes toimuvate muutuste seadusi. Avastatakse kõige pise- maidki metallide lisandeid maakides. Luminestsentsi ise-

loomu ja värvuse järgi tehakse vahet väliselt ühesuguste materjalide vahel. Lumineestseerivate ainete kaasabil suudetakse isegi ultravioletsete kiirte energiat nähtavaks valguseks muuta.

Aga mis must klaas see siis on, mille kaasabil võib nähtamatut valgust näha ja päikesevalgusest või mõnest muust valgusallikast ainult ultravioletseid kiiri välja eraldada? See klaas peab kõigepealt väga puhastest materjalidest valmistatud olema, niisama puhastest nagu need, millest valmistatakse värvusetuid, ultravioletseid kiiri läbilaskvaid klaase. Seesugusele puhtale klaasile lisandatakse kaunis rohkesti niklit ja koobaltit, mis klaasi nõnda tugevasti värvustavad, et ta näib täiesti mustana; kuid ultravioletseid kiiri laseb ta veel väga hästi läbi.

On olemas veel röntgenikiired. Nendega valgustatakse keha läbi, nõnda et siseelundid ja luud nähtavaks saavad. Peale selle ravivad need kiired mitmeid haigusi.

Kuid samal ajal on need kiired ka väga kardetavad.

Nende esimeseks ohvriks oli teadlane Hall-Edwards. Ta algas röntgenikiirte uurimist 1896. aastal, varsti pärast seda, kui need kiired avastati.

Mõne aja pärast märkas doktor Hall-Edwards oma käe peal väikest paiset. Hiljem ilmusid üksteise järel veel mõned paised. Ravimine ei aidanud. Paiseid tuli ikka juurde ja arst kannatas raskesti.

Alles siis sai ta aru, kui salakavalad on need uued kiired. Nad tervistavad ravialuseid, hävitavad aga arsti lihaseid ja luid. Lõppeks tuli tal käsi amputeerida.

Sellest ajast peale hakkasid röntgeniaparatuuride juures töötavad arstid end tinaekraaniga kaitsma, — see on nagu soomus, mis ei lase röntgenikiiri läbi. Kuid läbi tina ei näe midagi. Oli tarvis läbipaistvat soomust.

Abi tuli jällegi keemikutelt ja klaasitehnikutelt.

Nad valmistasid suure tinalisandusega klaasi. See-suguse klaasi tahvlid lasevad valguskiiri läbi, röntgenikiiri aga mitte.

Tugev nagu klaas.

1857. aastal toimus inglase James Newtoni majas jul-tunud vargus: varas purustas veranda klaasukse, pistis avausest käe sisse ja, avanud ukse seespool oleva võt-mega, tungis söögituppa. Ta võttis kõik lauahõbeda kaasa ja lahkus tulnud teed kaudu.

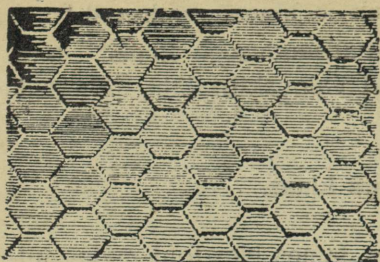
James Newton oli klaasitehase valitseja. Kogu sellele sündmusele vaatas ta klaasivalmistaja seisukohalt: teda hämmastas see, et klaas on nii kaitsetu, et ta nii kergesti kildudeks puruneb.

Tuleks leiutada seesugune klaas — nii otsustas James Newton — mis isegi siis, kui ta katki lüüakse, tuhandeks killuks ei puruneks.

Esimesel pilgul tundus see võimatuna. Missugune jõud suudab kilde koos hoida? Mille külge jäävad need killud peatuma? Kuid mõte niisuguse klaasi valmistami-sest oli Newtonile püsivalt pähe tunginud ega andnud talle enam rahu. Võib-olla tuleks klaasisse, kui ta on alles pehme, rauatahvel asetada? Säärane klaas saab muidugi väga tugev, kuid kahjuks pole võimalik tema läbi midagi näha.

Aga kui see rauatahvel oleks üleni mulgukesi täis, siis pääseks valgus nendest läbi ja klaas muutuks läbi-paistvaks. Kuid mida kujutab enesest rauatahvel rohkete mulgukestega? See on lihtsalt traadist põimitud võrk.

Tuleb anda klaasile traatskelett, nii otsustas James Newton.



Juba järgmisel päeval oli Newtonil käes klaasitahvel, millel oli sees võrk: see oli esimene tahvel traatklaasi ehk, nagu teda hiljem nimetama hakati, armeeritud klaasi. See klaas ei olnud mitte ainult tugev ning kindel,

vaid peale selle veel täiesti hädaohutu: ta võis löögist küll praguneda, kuid ei purunenud kildudeks. Klaasitahvlile visati kahe meetri kõrguselt raske kivi — klaas purunes muidugi, et aga kõik tema killud olid raudvõrgu külge joodetud, ei lennanud nad laiali, vaid jäid oma kohale.

Arhitektid hakkasid armeeritud klaasi paremusi üsna peatselt hindama; selle klaasiga hakati näiteks tehaste osakonnahoonete katuseid klaasima — nii saab hoone rohkesti valgust, kuid samal ajal ei tekita seesugune klaaskatus kellelegi vigastusi isegi siis, kui ta puruneb: killud ei kuku töölistele pähe.

Niisama asendamatuks osutus armeeritud klaas ka tulikahjudel. Üks peamisi tule levimise põhjusi põlevas majas on ju see, et akende klaasid tugeva kuumuse tõttu lõhkevad ning kildudeks varisevad. Seejuures tekib ruumis tuuletõmbusi, millede tõttu leek tohutu jõuga lõkkele lööb. Varustades ruumide aknad armeeritud klaasiga, võib hooneid tulikahju eest kaitsta. Armeeritud klaase nimetatakse mõnikord ka tulekaitseklaasideks.

Armeeritud klaas ei ole aga ikkagi täiesti läbipaistev: klaasi sisse pandud raudvõrk takistab vaatamist ja peab rohkesti valgust kinni. Seepärast ei kõlba see klaas kõikideks vajadusteks.

Oli vaja leitud ilma võrguta hädaohutu klaas.

1903. aastal toimus prantsuse keemiku Edouard Benedictuse kabinetis järjekordne koristamine. Sulgedest luua-kesega puhiti hoolsasti tolmu rohkearvulistelt klaasikes-telt ja pudelikestelt, mis täitsid riuleid.

Äkki kukkus üks klaaspudelike kõige ülemiselt riiu-
lilt põrandale, jäi aga õpetlase imestuseks purunemata.

See oli kõige tavalisem väga õhukeste seintega kolb. Tõsi küll, pärast mahakukkumist osutusid ta seinad üleni pragudevõrguga kaetuks. Ja sellest hoolimata ei varise-
nud ta kildudeks. Isegi vesi, mida ta sisaldas, ei immit-
senud välja.

Alles pärast kolvi tähelepanelikku järelevaatamist selgus Benedictusele, milles asi seisneb: mingi õhuke läbipaistev kile hoidis klaasikilde koos. Selgus, et selles klaaspudelikeses oli kunagi varem säilitatud nõtrotsellu-
loosilahust, see oli juba ammu ära haihtunud, klaasile aga jäi elastne kleepuv kileke. See oli üliõhukese kel-
mena kolvi külge kinnistunud ja hoidis seda kildudeks varisemast.

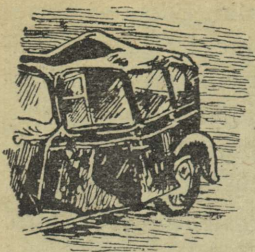
Juhtum oli väga huvitav ja teda ei tohtinud unustada. Seepärast ilmuski kolvikesele alljärgnev etikett:

*1903. aasta novembris kukkus see kolb kolme ja poole meetri kõrguselt ja ta tõsteti maast sel-
lessamas seisukorras üles, milles ta on praegugi.*

Aastad möödusid. Benedictus tegeles oma tööga ja oli täiesti unustanud huvitava sündmuse kolviga.

Kuid ükskord sattus ta ajalehte lugedes autokatast-
roofi kirjeldusele.

Masin oli vastu telegraafiposti lennanud ja siis kraavi kukkunud. Kolmest reisijast oli üks surma saanud, kaks aga olid purunenud autoklaasi kildude läbi raskesti haa-



vatud. Eriti rohkesti löikehaavu oli autojuhil: klaasikillud, teravad nagu pussnoad, olid tal näo ja käed sõelapõhjane auklikuks torkinud.

Artiklis oli öeldud, et kaks kolmandikku kõikidest õnnetusjuhtudest reisijatega tekib sellest, et autodel klaasid kildudeks purunevad.

Kas poleks võimalik panna autode akendesse sääraseid klaase, mis kilde ei annaks?

See artikkel pani Benedictuse mõtlema. Klaas, mis kilde ei annaks? Midagi seesugust oli ta kusagil lugenud või isegi näinud... Veel väike mõttepingutus — ja ta mälu ütles: aga see pragenenud kolb, mis riiulilt maha kukkus, ent siiski terveks jäi, — nimelt see ei andnud ju kilde.

Mõni minut palavikulisi otsinguid tolmuses nurgas, ja juba on tal kolb käes. Täiesti õige, isegi aeg on ära märgitud: „1903. aasta novembris“. Siin on ju selle probleemi lahendus peaaegu lõplikuna.

Tuleb kinnitada kahe hariliku klaasi tahvli vahele läbipaistva tselluloidi kiht, et saada „pakett“ ohutut, mitte killustuvat klaasi. Isegi sel juhul, kui klaas tuhandeks tükiks on lõõdud, jäävad need tükid kõik oma kohale, olles tselluloidikihi külge kleepunud.

Benedictus asus tööle. Ülesanne osutus märksa raskemaks, kui ta oli arvanud. Kuid tal jätkus siiski püsivust. Kahe aasta pärast olid kõik raskused ületatud, oli loodud uus liik ohutut klaasi nimega „triplex“.

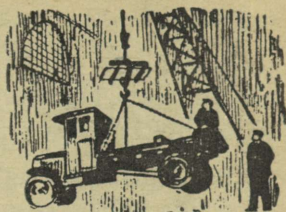
Tripexit polnud võimalik kildudeks lüüa.

Auto võib katastroofi puhul kokku käärduda, tema kere võib lommi minna, klaas aga ei lenda kildudeks, kuigi teda pragudevõrk kataks.

See klaas osutus sõjas väga kasulikuks.

Kui koostada pakett mitte kahest, vaid viiest kihist: kolmest klaasi- ja kahest tselluloidikihist, siis saab triplex nõnda tugev, et isegi kuul temast läbi ei lähe.

Kuul võib kaks esimest kihti läbi lüüa, võib purustada kolmandagi, kuid kahest viimasest kihist läbi tungida ei jätku tal enam jõudu.



Seesuguseid klaase pannakse tankide vaatepiludesse.

Triplexil on siiski ka viga: tselluloidist vahekiht läheb kiiresti kollaseks ning klaas tuhmub. Peale selle on triplex kaunis kallis.

Odavate autode jaoks tuli leida uus, odavam ohutu klaas.

Siis mõeldi karastamisele. Terast saab ju karastada ning sel viisil teda eriti kõvaks teha. Kas ei saaks klaasigi karastada?

Võetakse tahvel klaasi, kuumutatakse teda tugevasti ja jahutatakse siis kiiresti. Mis toimub seejuures?

Klaasi välimised kihid jahtuvad kohe ning tõmbuvad tugevasti kokku. Pingutatud kummina haaravad nad kahelt poolt seesmist klaasikihti, mis jahtub märksa aeglasemalt.

Klaasitahvel on nagu rõivastatud nähtamatusse soomusesse, mis annab talle erakordse tugevuse.

Staliniit — nõnda nimetatakse meil karastatud klaasi — on elastne nagu terasvedru.

Teda võib kokku väänata, ja ta ajab ennast pärast ise sirgu.

Staliniiditahvlile visati ühe meetri kõrguselt ühe kilogrammi raskune malmkera. Kera pörkas klaasilt tagasi nagu kivitahvlilt.

Kuid seesama kera oleks kümme üksteise peale laotud hariliku klaasi tahvlit kildudeks lõõnud.

Karastatud klaasi tahvel paigutatakse otsipidi kahele toolile, tema keskkohale aga astuvad kaks inimest. Klaas vajub nõkku nagu vibunöör, kuid peab siiski vastu.

Niisuguse klaasi paksu tahvli külge riputati kord terve veoauto, milles istus ka inimene. Võimas kraana tõstis selle haruldase koorma üles — klaas ei pragunenud.

„Habras nagu klaas“ — see on saanud kõnekäänuks. Aga see kõnekäänd on ilmsesti vananenud. Nüüd tuleb öelda: tugev nagu klaas.

Oleks väga ahvatlev joogiklaase ja karavine karastatud klaasist valmistada. Kui niisugune joogiklaas põrandale kukub, siis ta kõliseb ainult ja hüppab üles, kuid ei purune.

Joogiklaase ja karavine on palju raskem karastada kui lihtsat klaasitahvlit. Siiski on see mõnel klaasivalmistajal õnnestunud.

Viimaste aastate jooksul ilmub välismaal alatasa üli-tugevate klaasnõude kaubaproove. Kuid imelik: kõik need kaovad peatselt salapärasel viisil. Purunematu klaas — see pole klaasivabrikantidele sugugi kasulik: mida tugevamad on klaasnõud, seda vähem saab neid müüa.

Kui kõik muretsevad endale purunematud klaasnõud, siis tuleb pooled klaasitehased sulgeda.

Sellepärast ostavadki vabrikandid kõik seesuguse klaasi patendid kokku ja matavad nad oma tulekindlatesse kappidesse.

Meie maal ei ole purunematute klaasnõude tootmiseks mitte mingeid takistusi. Meie võime niisuguseid klaasnõusid valmistada ja peamegi seda tegema.

Klaas, mis ei karda tuld.

Juba viiekümne sajandi kestel valmistavad inimesed klaasesemeid. Mõelda vaid, kui palju on neid selle aja jooksul valmistatud! Kuid meie ajani on vanaaegseid kari-kaid, kannusid ja kausse väga vähe säilinud.

Klaas ei mädane nagu puu. Ta ei roosteta nagu raud. Ta ei varise ajahamba tõttu tolmuks nagu kivi. Kuhu on siis see vanaaegne klaas jäänud, mis on temaga juhtunud?

Ta on hukkunud. Klaas võiks olla erakordselt pika-ealine, peaaegu igavene, kui tal poleks kahte viga. Esimene viga on haprus. Teine viga on „tulekartmine“, kui nii võib öelda.

Meie rääkisime juba sellest, kuidas klaas vabaneb oma esimesest veast.

Nüüd kõneleme ka sellest, kuidas leiutati klaas, mis ei karda tuld.

Lomonossov ütles kord klaasi kohta: tuli on tema isa. See on õige. Kuid sellele võime lisandada, et tuli võib olla ka klaasi tapjaks. Pandagu näiteks joogiklaas tule lähedusse või palavale pliidile — ta mõraneb ning hävib otsekohe.

Miks ei talu klaas temperatuuride järsku muutust? Seepärast, et ta soojendamisest paisub nagu kõik muudki ained.

Kuid see ei toimu ühekorraga. Pliidi kuumus teeb klaasi põhja soojaks, selle seinad ei ole aga veel suutnud soojeneda. Põhi surub paisudes seintele, need ei kannata seda survet välja ning pragunevad.

Seesugune „tulekartus“ on suur viga.

Joogiklaase, alustasse ja karavine tuleb väga ettevaatlikult käsitseda ning neid kuumuse ja külma järsu vahelduse eest hoida.

Juba Vana-Roomas olid klaasnõud olemas. Nad tõr-



jusid otsekohe igasugused muud sööginõud välja ning said söögitoa möödapäasmatuteks tarbeesemeteks. Kuid üle köögi läve nad ei julgenud siis astuda ega julge seda nüüdki: köögis kohtuksid nad tulega.

Võib leppida klaaspannide puudumisega. Kuid klaasnõusid vajavad ka laboratooriumid. Ja keemikud ei saa kuidagiviisi ilma tuleta läbi.

Kas siis tõesti ei saa teha niisugust klaasi, mis ei kardaks tuld? Selleks on tarvis, et ta kuumutamisel väga vähe paisuks. Siis ta ka ei praguneks.

Nagu alati, algasid klaasivalmistajad ka nüüd sellest, et hakkasid otsima süüdlast, — seekord süüdlast paisumises. Selgus, et süüdi on sooda: just tema pärast paisub klaas kuumutamisel tugevasti. Boorhape aga annab sajakordselt vähema paisumise kui sooda.

Niipea kui see sai teatavaks, ei olnud enam raske uue — suure boorhappe- ja õige vähese soodalisandusega — klaasi retsepti koostada. Selle klaasi nimeks sai „pyrex“.

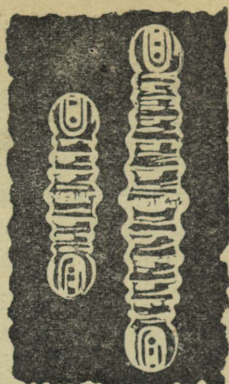
Välimuse järgi on seda klaasi raske tavalisest klaasist eraldada. Kuid ta paisumine on kaheksa korda vähem kui tavalise klaasi oma. Ja see osutus küllaldaseks, et teha teda päriselt võluklaasiks.

Pyrexist valmistatud lambike ei lõhke, kui temale külma vett pritsida. Keeva vett sisaldava laboratoorse kolvi võib julgesti külma vette panna — ta talub seda.

Nüüd võib klaaskatlas suppi keeta ja klaaspannil biifsteeki küpsutada.

Kuid pyrex-klaas leidis rakendust ka mujal kui köögis ja laboratooriumis.

Kui ameerika reisija Byrd Antarktisesse sõitis, võttis ta kaasa raadiojaama, antenni ja muidugi ka isolaatoreid antenni jaoks. Need isolaatorid olid pyrexist: see ei karda ei polaarmaade pakaseid ega troopika kuumust.



Pyrexit tarvitatakse isolaatoriteks avioküünaldele, mis annavad elektriplahvatust mootorikütte süütamiseks. Oma alumise otsaga asetseb selline isolaator silindris, milles toimuvad ligi 1000-kraadilist kuumust andvad plahvatused; tema ülemine ots aga on silindri kaanel, mida veega jahutatakse. Niisugustes uskumatult rasketes oludes töötab väike klaasisolaator sadasid tunde.

Pärast kõike ülaltoodut on arusaadav, miks ameeriklased sulgesid nimelt pyrexist kestasse selle väikese paki, mille nad adresseerisid... 6939. aasta inimestele.

Selle „paki“ lugu on huvitav. Nagu teada, on Vana-Babülooniast, -Egiptusest ja -Roomast võrdlemisi vähe esemeid meieni säilinud, suurem osa neist on ajahamba poolt hävitatud. Samuti võib juhtuda ka meieaegse tsivilisatsiooniga. Ja et järeltulevatele sugupõlvetele meie aja kõige väärtuslikumaid saavutusi säilitada, otsustasid ameeriklased mitmesuguste kasulikkude esemete näidised erilisse silindrisse paigutada ja selle silindri maa sisse kaevata.

Kuid millest see silinder teha? Ta peab ju väga vastu-

pidav olema. Et viis aastatuhat alal hoiduda, ei tohi ta ei tuld ega yett karta.

Teadlased otsustasid teha kahekordse silindri: välimine silinder tehti roostevabast metallist, seesmine pyrex-klaasist. Ja selles klaassilindris sisaldub terve pisitilluke muuseum: entsüklopeedia, kaardid ja raamatud, mis on trükitud kinofilmile, mida võib lugeda mikroskoobi abil (ka see on silindrisse asetatud), väike helikino, grammofoon plaatidega, elektrilambike, habemenuga ja palju palju muid asju.

1939. aasta 22. septembril kaevati silinder pidulikult viieteistkümnemeetri sügavusse maa sisse.

Selle paki asukohta täpne plaan paigutatakse metallisse lõigatuna kõikidesse suurtesse muuseumidesse ja raamatukogudesse. Oletatakse, et tulevased ajaloolased saavad viie tuhande aasta pärast neile aadressitud paki kätte ja ammutavad temast teatmeid meie aja kohta.

Kui tähelepanuväärsed ka pyrex'i omadused ei ole, kuid tema lähim sugulane — räniklaas on veelgi imetlusväärsem.

Me teame juba, et see klaas laseb ultravioletseid kiiri läbi. Kuid see ei ole veel sugugi tema kõige tähtsam omadus. Räniklaas väärib tähelepanu näiteks veel seetõttu, et ta kuumutamisel vähem paisub kui ükski teine aine.

Leningradi ja Moskva vaheline vaskne telefonijuhe pikeneb palaval suvel peaaegu seitsmesaja meetri võrra. Oleks ta aga tehtud räniklaasist, siis veniks ta ainult viie meetri võrra.

Tulipunaseks kuumutatud ränikolvi võib jääkülma vette visata: ta ei lõhke. Võib hoida ühte tema otsa tules ja teist jääs: kuulduv sisinat, õhku tõuseb aurupilvi, aga kolvile ei teki ühtegi pragu.

Seesugust katset ei taluks isegi pyrex.

Peab veel lisandama, et räniklaas on erakordselt tugev.

See klaas võimaldas inimestele pilku heita ookeani salapärasesse sügavustesse.

Üheksasada kakskümmend viis meetrit — see on kõige suurem sügavus, milleni inimene üldse vee alla on suutnud tungida. See inimene oli õpetlane, nimega Beebe. Ühes oma abilisega laskus ta teraskera — batüsfääri — sees ookeani põhjatusse sügavusse.

Kera oli valmistatud tugevast metallist ja tema illuminaatoritesse — kõige ohtlikumatesse kohtadesse — olid pandud kahe ja poole sentimeetri pakused räniklaasid.

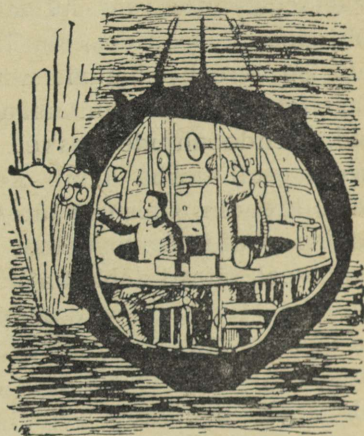
Nendele usaldas Beebe oma elu.

Kaks ja pool sentimeetrit eraldasid Beebe'i surmast. Üheksasaja meetri sügavuses surub vesi ju kohutava jõuga. Kui oleks tekkinud vähimgi mõra, oleks vesi batüsfääri sisemusse hoovanud.

Seda ei juhtunud: klaas pidas vastu tohutult tugevale vee survele.

Läbi räniklaasi nägi Beebe seda, mida enne teda polnud näinud ainuski inimene: veealuse riigi ebatavalisi värvusi, kummalisi kalu „elektrilaternakestega“, lõpmatult mitmekesiseid olendeid — pooleldi lilli, pooleldi loomi.

Meie nõukogude konstruktorid koostavad veelgi suuremate sügavuste jaoks määratud batüsfääri projekti: see peab sukelduma kahe kilomeetri sügavusse. Vee



surve tema illuminaatoritele oleks võrdne kuuekümne tonniga.

Arvatavasti tehakse illuminaatorid räniklaasist.

Ränist valmistatud klaasil on palju tõeliselt suurepäraseid omadusi, aga ka üks suur viga: ränist on väga raske esemeid toota. Kõrge sulamistemperatuur (iseegi temperatuuril 2000° C on räniklaasid veel väga viskoossed) ei võimalda räniklaasi valmistamist harilike tööviisidega. Kui räni sulatatakse tavalistes klaasikeetmisahjudes ja -pottides, siis hakkaksid niihästi pott kui ka ahi ise varem pehmuma ning sulama kui räni. Seepärast tarvitatakse räni sulatamiseks täiesti erilisi elektriahjusid. Nende ahjude keskelt läheb grafiitvarb läbi. Kui seda grafiitvarba läbib elektrivool, kuumub see kuni 2000 kraadini Celsiuse järgi. Ahju pandud räniliiv läheb ainult grafiitvarva ümber sulaks, seinte ääres jääb ta aga veel täiesti tahkeks ning moodustab klaasile otsekui poti. Kui räni on sulanud, võetakse grafiitvarb välja ja siis puhutakse räniklaasist tarviliisi tooteid, töödeldes neid erilistel põletitel. Siiski saadakse niisugusest ränist ähmaseid, mõnikord isegi täiesti läbipaistmatuid tooteid, mis sarnanevad rohkem portselani kui klaasiga. Seal, kus ei vajata läbipaistvust, vaid ainult vastupidavust ning tugevust, tarvitatakse läbipaistmatust ränist tooteid.

Kuid läbipaistva räniklaasi paremused on niivõrd silmanähtavad, et muidugi polnud võimalik loobuda mõttest valmistada ränist niisama täiuslikke tooteid kui tavalistestki klaasisortidest.

Õpitigi sulatatud ränist läbipaistvaid esemeid valmistama, kuid see on veelgi raskem ja sellepärast on need esemed väga kallid. Sel põhjusel ei leia niisugune räniklaas praegusajal laia levikut.

Ameerika firma „Corning“ on võtnud patendi tähelepanuväärselt teravmeelsele räniklaasesemete tootmisvii-

sile. Tõsi küll, see klaas sisaldab peale räni veel 3—4% muid aineid, kuid enamikul juhtudel asendab ta puhast räniklaasi täielikult.

Kui lisandada räniliivale 20% boorhapet ja 5—6% soodat, siis on seesuguse klaasi keemistemperatuur 1500 kraadi. Säärast klaasi keedetakse ning vormitakse, nagu harilikkuugi klaasi, ilma eriliste raskusteta. Kuid selgus, et tal on veelgi üks tähtis omadus. Kui sellest klaasist plaat happesse asetada, siis siirduvad boorhape ja sooda klaasist kaunis kiiresti lahusesse, klaasisse aga ei jää peaaegu mitte midagi peale räni: klaasi asemel saadakse nii-öelda räniskelett. See ei ole muidugi enam klaas, sest temas leidub poore. Et saada täiesti ühtlikku ja läbitungimatut klaasi, kuumutatakse klaas, mis happega on läbi töötatud, selle temperatuurini, mille juures ta küll pehmeneb, kuid veel oma kuju ei muuda. Siis tiheneb ränivõrk, kõik poorid täituvad ja toode on saanud täiesti ühtlik, tihe ning läbipaistev, ainult et ta mõõdmed on umbes 20% võrra vähenenud.

Sel teel saadakse praegusajal kõige keerukamaid tooteid peaaegu puhtast ränist, valmistades neid ilma raskuseta.

Niisugust klaasi hakati valmistama ka Leningradi Optikainstituudis. Nüüd on meilgi võimalik igasuguseid räniklaasist esemeid valmistada.

Vesiklaas.

1499. aastal lõpetas Leonardo da Vinci oma parima maali „Püha õhtusöömaaeg“. See ei olnud maalitud mitte lõuendile, vaid otse ühe Milaano kloostri seinale.

Kunstnik töötas selle maali kallal kolm aastat ja lõi kõrgeväertuselise kunsteose.

Näis, et maal säilib sajandeid. Möödub võib-olla tuhat aastat, aga Milaanosse saabub ikka veel kunstnikke ja kunstiharrastajaid, et mõnu tunda imetusväärse maali vaatlemisest.

Aga läks hoopis teisiti — rõskus hävitas maali väga kiiresti.

Juba kunstniku eluajal hakkas värv pragunema ning koos krohvitudikikestega välja kukkuma.

Et kunstiteost kuidagi hukkumisest päästa, käskis Prantsuse kuningas François I maalitud pildiga seiniosa välja raiuda, Pariisi üle viia ja kuiva ruumi paigutada. Kuid seda ei tehtud: osutus liiga raskeks nii suurt seinatükki teise kohta üle viia. Ja pealegi oli juba hilja: rikumata oli veel ainult maali ülemine osa, kuid seegi oli juba tuhmunud, ülejäänud osa oli aga hävinud. Nii hävis geniaalse kunstniku tähelepanuväärne teos lühikese ajaga.

Teised hoonete seintele maalitud pildid säilisid hoopis kauemini, kuid nemadki ei ole igavesed. Koos seinetega murenevad nad aja jooksul ja hävivad varem või hiljem.

Ainult mosaiikmaalid näivad pääsevat ajahamba võimu alt. Klaasil on haruldaselt pikk iga.

Kas ei saaks siis klaasi abil kaitsta õlivärvimaalینگuid, kas ei saaks neile anda klaasi pikka iga?

Selle ülesande lahendamise võttis enesele Münchени professor Johann Fuchs.

Aastal 1818 keetis Fuchs oma laboratooriumis liivast ja soodast klaasi lupja lisandamata. Valmis näivalt hari-lik klaas: kõva, läikiv, läbipaistev. Kui aga Fuchs pani tüki seda klaasi kuuma vette, siis kadus klaas, nagu oleks ta vees lahustunud. Kui imelikuna säärane oletus ka ei tundunud, ta osutus siiski õigeaks: klaas oli tõepoolest

vees lahustunud. Tekkis paks hall vedelik — vesiklaas ehk klaasvesi, teda võis nimetada nii ja teisiti.

Ilmnes, et vesiklaas on väga kleepuv ning siduv. Kui segada temaga näiteks kriidipulbrit, siis muutub pulber väga kõvaks kriitkiviks. Kui tükk puitu vesiklaasiga üle valada, siis kattub ta õige peatselt õhukese klaasisarnase vastupidava kilega ja nagu kivineb.

Fuchs tegi järgmise ettepaneku: enne kui seinale maalida, tuleb krohv üle tõmmata vesiklaasiga, mis muudab krohvi vastupidavaks. Siis kaetagu sein krun-diga, millele on samuti lisandatud vesiklaasi. Ja siis, kui pilt on valmis maalitud ja värvid kuivanud, tuleb nad jälle üle piserdada mõningaid muid aineid sisaldava vesiklaasilahusega.

Seesugune maal ei karda ei rõskust, kuuma ega külma. Ajahammas ei hakka temale. Klaasi vastupidavus on talle üle kantud.

Fuchs avastas rohkem, kui ta ise arvas. Vesiklaasilahus, mida võib tünnides ja pudelites vedada, osutus otse imettegevaks.

Kui kasta temasse näiteks mune, kattuvad need läikiva, tiheda, õhukindla kihiga. Seesuguseid mune võib hoida terve aasta — nad ei rikne ning püsivad maitsvatena.

Sõjalaevade torne kaetakse õlivärviga. Seda ei tehta mitte ilu pärast, vaid selleks, et metalli rooste eest kaitsta. Kuid metall ei võta tuld, värv aga kahjuks küll. Ja sagedasti juhtub, et lahingu ajal puhkeb laeval kahjutuli: värv on tulisest pommikillust põlema süttinud.

Kui aga segada värvi vesiklaasiga, ei muutu ta mitte ainult vastupidavaks, vaid ka tulekindlaks — ta ei sütti põlema.

Vesiklaasiga ei saa mitte üksnes krohvi, värvi, muna-koort tugevdada, vaid sedasama toimet avaldab ta ka

betonile, tsemendile ja tellistele — klaasiga läbiimbu-
nuna muutuvad nad palju vastupidavamaks.

Nüüd on võimalik mistahes-kujulisi kunstlikke kive valmistada, millede vastupidavus ei ole loomulikkude kivide omast väiksem. Tuleb vaid hunnik liiva vesi-klaasiga segada ja materjal selleks on valmis.

Aga kui vesiklaasi abil võib betooni, telliste, tsemendi ja krohvi vastupidavust tõsta, miks ei või siis samal viisil teedki tugevdada?

Esimene seesugune maantee ehitati 1918. aastal Šveitsis. Ta tehti kivikillustikust ja immutati vesiklaasi ja liiva seguga, nõnda et tekkis pingule tõmbunud kivine kooruke, mis teed tihedalt kattis ja teda vigastuste eest kaitses. Sest ajast peale on kogu maailmas ehitatud tuhandeid kilomeetreid selliseid klaasteid — silikaaditud teid, nagu neid nimetatakse. Las kõrvetab päike — see tee ei tolma. Las sajab vihma, sellele teele ei teki kunagi pori. Ja ta on sõidukõlblik kaks kuni kolm korda kauem kui harilik maantee.

Mitte ainult teid, vaid maapinda, mulda ennast võib vesiklaasi abil tugevdada.

Jutustame ühe säärase juhtumi.

Moskva metroo ehitamisel pidi tunnel ühe suure maja vundamendist väga lähedalt mööduma. Sel kohal oli aluspind liivane. Läbi lõigatuna tunnelist hakkas pude pinnas aeglaselt nihkuma, vajuma. Ja ühes pinna-sega hakkas ka suur maja aeglaselt, nagu uppuv laev, vajuma ning küljele kalduma. Pahaendelised lõhed hakkasid juba maja seinu mööda roomama. Oli selge: kui õigeaegselt abi ei leita, võib maja kokku variseda.

Aga mida oli siis võimalik teha? Tugevdada vundamenti? Sellest ei oleks kasu: vundament on küllaldaselt

tugev. Kogu viga seisneb pinnases, maas — just seda tuleks tugevdada.

Siis otsustati maasse vesiklaasi pritsida; andku klaas oma vastupidavus ja pikaealisus maale üle.

Sügavale vundamendi alla löödi teravikukujulised, mulgustatud otstega torud. Nende kaudu pumbati maasse vesiklaasi. Seesuguseid süsteid tehti saja kümnes kohas.

Olles liivaga segunenud, tardus vesiklaas ning muutis liiva kaljukindlaks kiviks. Maja sai vastupidava toe ja lakkas vajumast — ta oli päästetud.

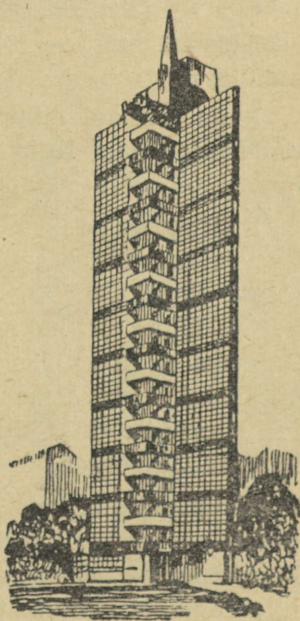
Klaasmaja.

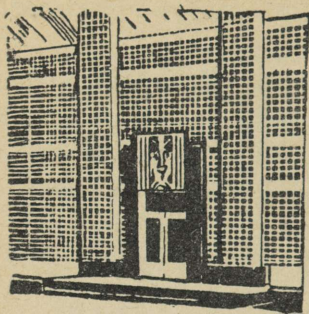
1851. aastal pidi Londonis avatama esimene maailmanäitus. Oletati, et seda näitust külastab umbes kuus miljonit inimest.

Kogu Londonis ei olnud ruumi, mis oleks nii suure näituse jaoks sobinud. Otsustati ehitada näituse jaoks eriline hoone.

Määratud tähtjaks esitati mitmete maade arhitektide poolt kakssada nelikümmend viis projekti. Komisjon valis neist kõige parema. Avati kinipitseeritud ümbrik, mis sisaldas projekti autori nime. Loeti nime: Paxton. Kes on see Paxton? Seesugusest arhitektist polnud keegi kuulnud.

Selgus, et Paxton ei olegi arhitekt, vaid kasvuhoone juhataja.





Paxton soovitas ehitada midagi suure kasvuhoone taolist: rauast talastik, mis oleks klaasiga kaetud.

Ehitada hoone lausa klaasist — see oli väga julge mõte. Paljud arvasid, et tugeva tuule korral võivad klaasid puruneda ja kildudevihmana alla sadada.

Kuid klaaspalee ehitati näituse jaoks siiski valmis. Ja ta meeldis kõigile otsekohe. Ta oli nii tohutult suur, et tema läbipaistva kupli all võisid kasvada kõrged puud.

Siin oli palju õhku ja veelgi rohkem valgust.

Säärane oli esimene klaasmaja.

Klaasist maja — see tundub veel nüüdki paljudele imelikuna.

Meie linnaelanikud oleme harjunud kivimajadega, tellismajadega. Kuid klaasmaja pole nendest põrmugi halvem — võib-olla isegi parem.

Missugune peab maja olema? Kõigepealt väga tugev. Kas suudab klaas selles suhtes tellisega võistelda? Esimesel pilgul tundub, et ei; sest klaas, vähemalt meie harilik klaas, on habras. Kuid siin tuletatagu meelde, et tugevust on mitmelaadilist. Võib mitte taluda isegi kerget lööki, kuid samaaegselt taluda tohutut survet. Ehitusmaterjalile on tähtis just seesugune tugevus: survekindlus. Ja selgub, et selles suhtes klaas ületab kivi.

Kuupsentimeetrise graniitkuubikese surub 2000-kilogrammiline raskus katki, malmist kuubike praguneb 7000-kilogrammise raskuse all, kuid klaaskuubike talub 12000-kilogrammist raskust ja rohkemgi.

Tuleb välja, et klaasmaja on isegi tugevam kui kivi-
maja.

Veel on vaja, et maja oleks valge ning päikese-
paisteline.

Kas need avaused maja seintes, milliseid me nime-
tame akendeks, annavad palju valgust? Muidugi on klaas-
majas palju valgem: valgus tuleb tubadesse otse läbi
seinte.

Majas peab olema soe. Klaas, nagu me juba teame,
juhhib soojust väga halvasti — mitmekordselt halvemini
kui tellis. Järelikult on klaasmajas tõepoolest soe.

Klaasi soojusejuhtivust võib veelgi alandada, kui teha
kahest poolest kokkujoodetud, seest õõnsad klaastellised.

Seesugustest klaastellistest ehitatigi kahekorruseline
klaasmaja Toledo linnas Ameerikas.

Aknaid selles majas muidugi ei ole: läbi klaasseinte
tuleb valgust nii rohkesti, et toas on peaaegu niisama
valge kui tänavalgi. Tellised on rihveldatud, nii et sein-
test ei ole läbi näha; tubades on ühtlane ning pehme val-
gus, mis ei pimesta silmi ega
anna peaaegu mingeid varje.

Klaasmaja ei karda tuld.
Seal ei leidu mingeid tulikahju-
vastaseid abinõusid, nagu tule-
kustutajaid või tuletõrjevooli-
kuid: neid ei ole vajagi.

Kuid talvel tuleb isegi kõige
soojemat maja kütta. Klaas-
majas on võimalik sisse seada
kõige mugavam küte: elekter-
küte.

Selleks kaetakse klaaspõ-
rand alumiselt küljelt alumii-
niiumkihiga. Alumiumi läbi-



des soojendab elektrivool klaasi. Põrandalt tõuseb alatasta meeldiv soojuslaine.

Elektervalgustuski on klaasmajas ebatavaline: lambid on varjatud klaasiriba taha, mis palistab seinte ülaosa. Nii ümbritseb kogu tuba helendav pael, andes ühtlast, rahulikku valgust.

Klaasmaja pole tarvis värvida ega krohvida: ta on niigi ilus. Tema seinad on alati puhtad: neid valatakse voolikust veega üle. Maja otsekui kümbleks iga päev.

Klaasmaja tubade seinu võib kaunistada klaastahvlikestega mistahes värvuses.

Seesuguste tahvlikestega oli Vana-Roomas kaetud kõige suurema teatri näitelava; sellesse teatrisse mahtus kaheksakümmend tuhat pealtvaatajat.

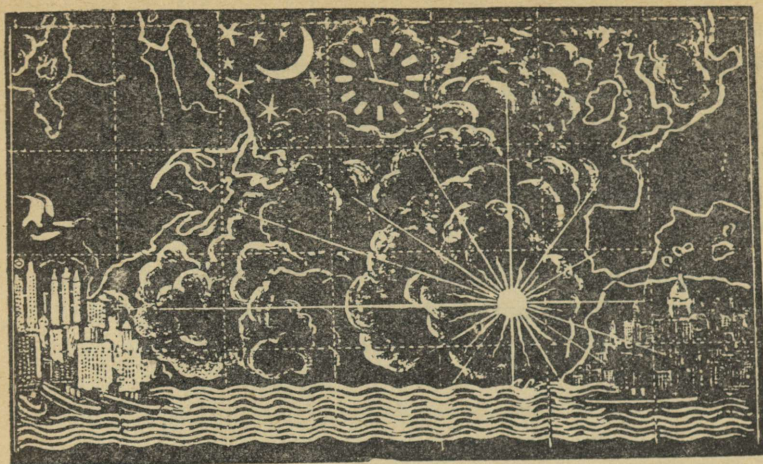
Hämaruses, kui päike loojenes, mängis ta valgus klaasidel ja kogu näitelava näis tulikahjust haaratuna.

Klaasmaja võib kaunistada ka mosaiigiga või klaasist uurendpiltidega. Seesuguseid pilte ei uurendata mitte peitli ega rattakese, vaid liiva abil.

Selle joonistamisviisi avastasid mingi neeme elanikud, kus puhuvad alati väga tugevad tuuled. Need inimesed märkasid, et tuulest tõstetud liiv kraabib aknaklaase ning seega tuhmistab neid. Ja nad otsustasid: tarvis lasta tuulel klaasile joonistada. Selleks kaeti klaas tiheda paberiga, millesse tehti tärkmeid.



Raevused tuuled heitsid mitmete tundide kestel miljoneid liivaterakesi vastu klaasi, teda nendega kratsides. Kui paber ära võeti, oli klaasile nendel koh-



tadel, kus paberis olid tärgmed, tekkinud tuhmipinnaline joonis.

Nüüd tehakse niisuguseid jooniseid vabrikus, luues kunstlikku tuult, mis paiskab tugevaid liivavooge vastu klaasi. Liivavoog on nõnda tugev, et tööline peab oma nägu erilise maskiga katma.

Suurtele poleeritud klaasi tahvlitele joonistatakse liiva abil terved pildid — nendega kaunistatakse teatreid, kinosid, restorane, laevu. Maailma kõige suurema auriku „Queen Mary“ saalides on rohkesti seesuguseid klaaspannoosid ja nende keskel ka geograafiline kaart.

Klaasmaja võib varustada ka klaasist mööbliga. Säärast mööblit tehaksegi juba: on klaasist laudu, toole ja tugitoole, voodeid, sirme, raamatukappe.

Seesugune karastatud klaasist valmistatud mööbel on väga tugev, teda võib ainult kirve või raske vasara hoobiga purustada.

Ehitusmaterjalina võidab klaas enesele kiiresti kohta. Uha sagedamini võib kuulda klaasplokkidest — õõnestellistest — kui mitte tervete hoonete, siis hoone osade,

nagu vestibüülide, sisemiste vaheseinte ja seinte ehitamisest. On esile kerkinud veel nõndanimetatud vahttellis — ka klaasist toodetud materjal. Tugevad, kerged, soojust isoleerivad, poorsest klaasist tellised on harilikude punaste ehitustellistega võrreldes palju paremad ja võistlevad usna tõenäoliselt viimastega lähemas tulevikus.

Kes teab, võib-olla ei kulugi nii väga palju aastaid selleks, et klaasmajad saaksid niisama harilikuks kui praegusajal kivimajad.

Klaasskulptuur.

Klaas on niisugune materjal, mis sel määral, kuidas teda tundma õpitakse, üha suuremaid võimalusi enese kasutamiseks avab. Klaas osutus üliheaks materjaliks ka seesuguses kunstis nagu skulptuur. Me imetleme vaimeustusega suurte skulptorite kauneid teoseid. Nende kunstiteoste materjaliks on üllas marmor. Kujuraiumine marmorist — see on suur kunst, mis nõuab peale andekuse ka tohutut vaeva ning aega. Üksainus ebaõige peitliliigutus skulptori poolt — ja paljude päevade ja kuude töö võib silmapilgu vältel hukkuda.

Marmorkuju ei tehta mitte kunagi ühekorraga. Enne kui alata väljaraiumist marmorist, voolib skulptor originaali savist, mis järeleandlikuna ja pehmena kunstniku sõrmedele kergesti alistub. Kui kunstiteos kunstniku nõudmistele täielikult vastab, kui iga vähimigi üksikasi on lõpuni läbi tuntud, alles siis kannab kunstnik oma loomingu marmorisse.

Kas ei oleks võimalik skulptuuri savist üle kanda mõnesse teise materjali peale marmori? Seda küsimust

on kunstnikud enesele arvatavasti palju kordi esitanud. Kuid missugune peaks see materjal olema? Ta peaks olema niisama vastupidav ning kauakestev kui marmor, niisama kaunis ning üllas ja peale selle evima säärased paremusi, milliseid marmoril ei ole — nimelt peaks originaali ülekandmine temasse lihtsamini ning kiiremini toimuma kui väljaraiumine marmorist.

Ja seesugune materjal leiduski — see on klaas.

See idee — klaasi skulptuurimaterjalina kasutada — on rohkesti vastuvaidlusi esile kutsunud. Mitte kunstnikud, vaid tehnoloogid ja teadlased on palju vaeva näinud selleks, et klaasist skulptuuride valmistamiseks kindlat tööviisi välja arendada. Nüüd on see tööviis leitud.

Praegusajal tehakse klaasist skulptuure klaasi valamise teel erilistesse, tulekindlast massist valmistatud vormidesse. Klaasiga täidetud vormi jahutatakse väga aeglaselt. Seejärel raiutakse vorm ettevaatlikult klaasi küljest ära — ja klaasskulptuur ongi loodud. Ainult mõningat viimistlemist vajab ta veel.

Klaasskulptuur võib olla läikiv või tuhm, värvuseta või värvustatud, läbipaistev või läbipaistmatu — opaalselt-ähmasest kuni piimjalt-valgeni. Kunstniku fantaasiale avaneb siin tohutult suuri võimalusi. Mõtet ja meeletolu, sügavust ja pehmust on klaasis võimalik edasi anda mitte ainult vormi täiuslikkuse, vaid ka materjali enese kaudu. See annab klaasile suuri eeliseid võrreldes marmori ja pronksiga.

Klaasskulptuuri alal töötatakse meil Leningradi Tehnoloogia-instituudis pidevalt. Klaasis on juba reprodutseeritud Vitali tuntud skulptuur — Puškini büst — ja Stalini preemia laureaadi Muhhina suuremõõtmeline teadlase skulptuurportree. Kuid see on vaid algus. Nüüd valmistatakse alles võrdlemisi väikesi skulptuure.

Tulevikus püstitatakse kahtlematult tohutuid klaasmonumente. Pole enam kaugel see aeg, mil skulptorite kunst osutub lahutamatult seotuks kaasaegsete õpetlaste-klaasivalmistajate kunsti ja teadmistega.

Klaastorud.

Väga sagedasti vajatakse mitte lamedaid klaase, vaid väga mitmesuguse diameetriga klaastorusid. Klaastorud on lähtematerjaliks, millest valmistatakse eriliste põletite abil palju liike väga peeni ning keerukaid, teaduslikke ja tehnilisi eesmärke teenidavaid tooteid.

Kuni viimase ajani tehti klaasist torusid ja kepikesi käsitsi. Neid valmistavate meistrite töö on niisama raske nagu silindripuhujagi oma. Alles aastat kolmkümmend tagasi hakati Ameerikas torutõmbamismasinaid tarvitusele võtma. Kuid see vahend patenditi ettevõtjate poolt ja mujal maades polnud võimalik seda kasutada.

Meil aga valmistati torusid veelgi kauem käsitsi. Alles 1928. aastal mõtles tööline-leidur Koroljov torutõmbamismasina välja. Tema masin töötab hoopis teisiti kui ameerika masin. Koroljovi tööviisi järgi tõmmatakse torusid klaasi pinnal ujuvast tulekindlast „laevukesest“ ülespoole. Laevukeses oleva avause vormist ja mõõtmetest oleneb ka toru vorm ja diameeter. Vahetades „laevukest“ on võimalik valmistada ühel ja samal masinal mistahes-kujulisi torusid ja kepikesi: kõige jämedamaist torudest kuni õige peenikeste kapillaarideni, ümmargustest kuni mitmetahulisteni. Seejuures on tõmbamise kiirus väga suur.

Nõnda kergendas Koroljov klaastorusid valmistavate tööliste vaeva ning võimaldas riigile miljoneid rublasid kokku hoida.

Klaasniidid.

Mida peenemad on niidid, seda paremat kangast saab neist kududa.

Kõige peenemat niiti ketrab ämblik: see niit on ligi kümme korda inimese juuksekarvast peenem. Kui asetada kõrvuti kakssada ämblikuniiti, siis on nende kogulaius väiksem kui üks millimeeter.

Väga peen ja ühtlasi väga tugev niit! Ta talub ju ämbliku raskust. Ämblik ripub ning kiigub selle niidi otsas, niit aga ei katke.

Kahjuks ei saa aga ämblikuvõrgust rõivaid õmmelda.

Väga peent niiti eritavad liblikate tõugud, kui nad kookonit kujuvad. Üks seesugustest tõukudest — siidiuss — annabki meile siidi. Tema niit on ainult kolm korda ämbliku omast paksem.

Siidiuss on kogu maailma kudujatest kõige osavam ning imetlusväärsem.

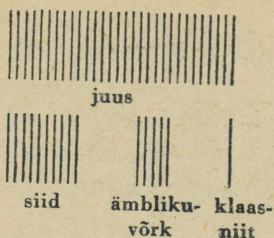
Kuid selgub, et inimene suudab kudumiskunsti alal ületada niihästi ämbliku kui ka liblikatõugu: klaasist on võimalik veelgi peenemat niiti valmistada kui siidniit.

Niitklaasi tehti juba Vana-Egiptuses: kuumutati klaaspulgakest seni, kuni ta pehmeks läks, ja venitati teda. Seejärel soeti kimbuke klaasniite kammiga siledaks nagu juuksed ja kleebiti kannu või vaasi külge.

Kuid selleks, et klaasniit saaks peen, tuleb teda väga kiiresti venitada. Egiptlased seda ei osanud — nende niidid tulid paksud.

Meie ajal on masinaid, mis venitavad niiti uskumatu hoogsusega: niidi tekkimise kiirus ületab lennuki ja kuuli lennukiiruse.

Niimoodi saadakse niit, mis on kolmkümmend kuni nelikümmend korda peenem inimese juuksekarvast ja viis korda peenem ämblikuvõrgust.



Seesugune niit ei ole nähtav. Ainult väga õnnestunud valgustamise korral helgib ta ning on siis hetkeks märgatav.

See on juba üsna sedamoodi nagu Anderseni muinasjutus alasti kuningast: nähtamatud niidid, millistest

kangast kootakse ja kedrust kedratakse.

Üks kilomeeter seesugust niiti ei kaalu ühte grammi. See tähendab: nii pika klaasniidi, mis Leningradist Moskvani ulatuks, võib väikeseks, vaevalt poolekilogrammiks keraks kokku kerida ja seda taskus kanda.

Kõige imetusväärsem on see, et need ülipeened niidikesed on väga tugevad.

Kui nendest juuksejämedune nõõrike punuda, siis võib selle klaasnõõrikese otsa rahulikult raske raudpommi riputada: nõõrike ei katke.

Sõrmejämedune klaasnõõr aga hoiab kõige suurema veoauto ühes koormaga üleval.

Seesugusel „nõõril“ on peale tugevuse veel üks väärtuslik omadus: ta ei karda vett. Klaasist õngenõõr näiteks peab kaluril hoopis kauemini vastu kui siidist.

Klaas-„nõõr“ ei ole ainus asi, mida saab klaasniididest valmistada. Neid võib nii kohevile lüüa, et neist klaasvatt tekib. Seesugune vatt säilitab soojust veel paremini kui harilik vatt. Seepärast kaetakse temaga palava auru torusid, aurukatlaid ja muid masinaid, kus on tarvis soojust säilitada.

Kui ta võib soojust säilitada, siis võib ta loomulikult ka külma säilitada.

Ja tõepoolest kasutataksegi klaasvatti külmutusseadistes, jäävagunites ja refrigeraatorlaevades.

Isegi sõjalaevades leiame seda klaasvatti mitmes kohas.

Klaasvatt ei isoleeri mitte ainult soojust, vaid summutab ka heli.

Nendes majades, kus seintesse on klaasvatti pandud, ei häiri elanikud üksteist: toas võib raadio kas või kogu öö mürtsuda, kõrvaltuppa aga ei ole teda kuulda — sinna heli ei tungi.

Klaasniidid ei juhi ka elektrit. Klaasniitidest tehtud pael isoleerib elektrijuhtmeid niisama hästi kui kummigi.

Spiraalideks keeratud klaasniitide kimbukesed sarnanevad pikkade hõbedaste lokkidega. Välismaal nimetatakse neid „haldjatori juusteks“. „Haldjatori juustest“ valmistatud vatti läbib õhk hästi, tolmu aga mitte. See tõttu on ta hea filter, mis puhastab õhku tolmust.

Seni rääkisime vatist ja kimbukestest, milles niidid asetsevad juhuslikus korrapärasuses. Kuid on ju võimalik klaasniite kindlasse korda asetada ja neid pikkadele paberilehtedele kleepida. Nõnda saame klaastapetid.

Klaastapetid on väga kaunid ja, mis peaasi, alati puhad: neid pestakse sooja veega. Nad ei pleegi päikese mõjul kunagi.

Sellise tapetiga on juba rohkesti tube tapeeditud.

Harilikust — siid- või puuvillasest — niidist saab kududa, punuda, heegeldada.

Kõike seda saab teha ka klaasniidiga.

See tähendab: klaasist on võimalik kangaid valmistada.

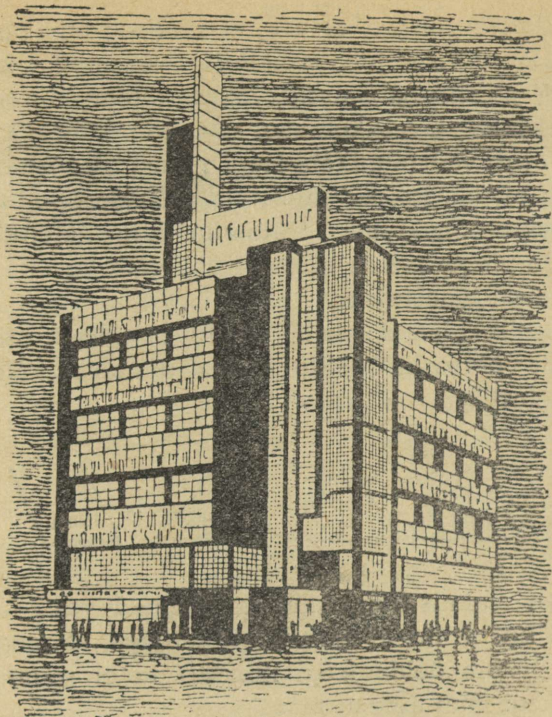
Klaaskangad osutusid tugevamaks kui siidkangad ja soojemaks kui villased. Nad on pehmed, hõbedase värvusega ning sarnanevad väga siidiga.

Ei ole kahtlust, et klaasülikonnad tuletõrjajatele õige peatselt hädatarvilikuks kujunevad: seesugused ülikonnad ei karda ju ei tuld ega vett.

Nad sobivad ka sõjaväljale: klaasülikonnad kaitsevad paremini kui mistahes muud rõivad mürgiste ainete, näiteks ipriidi vastu...

Kõigest ülaltoodust nähtub, kui palju suurepäraseid omadusi peitub ülipeenes klaasniidikeses. Kuid sellist niidikest õpiti alles üsna hiljuti valmistama, teda on veel väga vähe uuritud. Arvatavasti selgub ta kasulikkus veel teistelgi rohketal juhtudel, millest meil praegu aimugi ei ole.





Kümnes peatükk.

Mis on klaas.

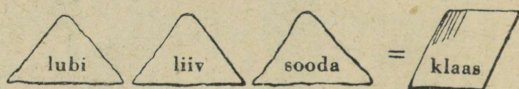
Arheoloogid jagavad kogu inimkonna ajaloo mitmeks ajastuks; need on järgmised: kiviaeg, pronksiaeg, raua-aeg. Loomulikult kestab iga seesugune ajastu väga kaua, mõni neist isegi mitmeid tuhandeid aastaid.

Missuguses ajastus meie praegu elame? Rauaajas: peaaegu kõik meie tarbeasjad on kas ise rauast või raudsete tööriistade ja masinate abil tehtud.

Kuid pole põhjust arvata, et rauaaeg lõpmatult edasi kestab. Rauale on juba võistlejaid ilmunud: kergemad metallid, plastilised massid, klaas. Need muutuvad iga aastaga ikka tarvilikumaks. Ja on võimalik, et nad kunagi osutuvad tehnikale isegi rauast tähtsamaks.

Meie ei tea, kuidas tulevaste põlvete õpetlased seda uut ajastut nimetavad. Võib-olla kergemetallide ajaks. Võib-olla plastmasside ajaks. Kuid võib ka olla, et teda nimetatakse klaasiajaks.

Milliseid eeliseid varjab siis klaas eneses, miks ta on meile nii väärtuslik? Mille poolest erineb ta kõigist teistest ainetest?



Klaasi valmistatakse, nagu teada, liivast, lubjast ja soodast. Ent ta ise ei sarnane ei lubjaga, ei soodaga ega liivaga. Võib öelda isegi nõnda: ta ei sarnane üldse mitte ühegi muu ainega maailmas.

Klaas on läbipaistev. Metall, kivi, puit ja tuhanded teised ained on kõik läbipaistmatud.

Klaasile on kerge mistahes värvust anda. Ja selleks pole sugugi tarvis teda värvikorruga katta. Tuleb lihtsalt lisandada temale, kui ta veel keeb, näputäis näiteks koobaltit, seleeni või vasehapendit. Ja me saame soovi järgi sinise, punase või rohelise klaasi.

Metalli aga ei saa sundida oma värvust muutma. Vask on alati punane, kuld — kollakas. Veel keegi pole näinud rohelist terast või punast hõbedat.

Aeg ei muuda klaasi peaaegu mitte sugugi. Raud roostetub aja jooksul, puit mädaneb, kivi muutub tolmuks.

Klaasi eriomaduste loetelu võiks veelgi jätkata. Kuid piisab sellestki, mis öeldud. Igaüks on sellega nõus: klaas ei sarnane tõepoolest mingi muu materjaliga.

Ja siiski on aineid, mis kuidagi klaasi meenutavad. Need ained ei ole aga tahked, vaid vedelad.

Me ütlesime, et klaas on läbipaistev. Kuid läbipaistvad on ka vesi, piiritus, bensiin ja paljud teised vedelikud.

Klaasile on väga kerge mistahes värvust anda. Kuid ka vett saab niisama kergesti värvustada: tuleb temas ainult vastavat värvi lahustada.

Klaas — see on otsekui „tardunud vedelik“. Mõnikord nimetavadki teadlased teda isegi „tahkeks vedelikuks“.

Millega seletada seda klaasi imelikku sarnasust vedelikkudega? Kas mitte sellega, et klaas oma tekkimisel oli tõepoolest vedel, — ta voolas, kobrutas ja pritsles ahjus?

Kuid ka metallid olid vedelad, kui neid ahjus keedeti. Ka kivid esinesid kunagi vedelikuna — selle tulise magmana, mis maa sügavusest välja paiskus ja hiljem tardus. Ka lumi ja jää olid vedelad: nad olid varem vesi.

Metallid, kivid ja jää kaotasid tahkunult vedeliku eriomadused. Klaas aga on need eriomadused säilitanud, sest tema hangus ning tahkus teisiti kui muud ained.

Kuidas hangub vesi, kui ta jääks muutub? Seda on kerge jälgida talvel, kui pisitillukesed veetilgakesed aknale sadestuvad ja härmatiseks — väga õhukeseks jääks — muutuvad. Läbi luubi võib seda selgesti näha: tilgakesed muutuvad tahkumisel õige väikesteks terakesteks — kristallideks.

Jää koosneb loendamatuist niisugustest terakestest. Kõik metallid ja kivid koosnevad ka kristallidest. Nad ei tahkunud mitte lihtsalt, vaid lagunesid seejuures kristallideks.

Klaas aga jäi ühtlaseks, milline ta oli vedelikunagi: temas ei ole kristalle. Selles seisneb klaasi peamine eriomadus. Seetõttu ta ei sarnanegi teiste ainetega.

Mispärast on klaas läbipaistev, metall aga läbipaistmatu? Seepärast, et kristallide kogumus metallis loob valgusele tõkke, millest see ei suuda läbi tungida. Värvusetus klaasis aga seesugust tõket ei ole.

Mispärast praguneb klaas isegi kergest löögist, graniit aga mitte?

Seepärast, et graniidis hoiavad kristallideks liitunud osakesed üksteisest kõvasti kinni. Klaasis aga niisugust sidet ei ole.

Samaaegselt võib klaas, nagu me juba teame, hoopis suuremat koormist taluda kui graniit.

Ka see on arusaadav: graniiti läbivad pisitillukesed poorid, tema kristallide vahel haigutavad tühikud, vahe- maad; kui graniidile tugevasti suruda, siis lahkuvad kristallid oma asukohtadelt ning graniit pudeneb koost. Klaasis aga ei ole ei kristalle ega tühjusi. Seetõttu klaas ei murene ega tekita klaasitolmu.

Kui klaas selle omaduse äkki kaotaks, siis tuleks meil kõik pudelid, karavinid, viina- ja muud klaasid ära visata: koos joogiga peaksime ka klaasiterakesi alla neelama.

Õnneks ei saa seda juhtuda. Klaas on nõnda kõva ja tugev, et teda ei saa ei nõelaga, ei noaga ega saega kriimustada. Teda võib tükkideks lõigata ainult teemandiga või ülikõva terasega.

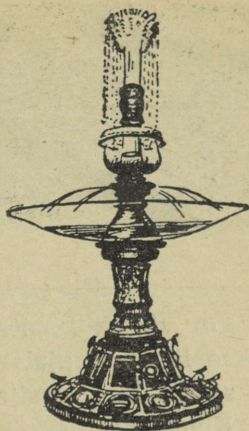
Oma kõvaduse tõttu säilitab klaas igavesti temale kord antud kuju.

Kõik on arvatavasti sobivalt lihvitud klaaskorgiga pudelikesi näinud. Seesugustes pudelikestes hoitakse lõhnaõlisid. Pudelikese kaela pistetud lihvitud kork otsekui kleepub tema külge.

Milles seisneb sellise korgi saladus?

Selles, et ta on oma mõõtmete ja kuju poolest täiesti täpselt pudelikesega kohandatud. Ja et klaas on väga kõva, siis võib korki kas või tuhat korda ringi keerata — ta ei hõõrdu vähemaks.

Korki pudelikaelaga kohandada ei ole liiga raske. Kuid võrratult raskem on üksteisega kohandada suuri, meetripikkusi klaasitükke: kõige vähemgi ebatäpsus võib kogu töö rikkuda.



On arusaadav, millist imetlust ning vaimustust New Yorgi maailmanäitusel esile kutsus tohutu suur — kolme meetri kõrgune — üleni kristallklaasist tehtud purskkaev.

Selle suurima kristallklaasehitise kõik osad olid täiusliku täpsusega üksteisega kohandatud.

See kristallklaasist purskkaev esines Nõukogude paviljonis; ta oli tehase „Krasnõi Gigant“ tööliste tehtud.

Klaas ei ole mitte ainult kõva; pealegi ei võta ta tuld ega karda sööbivaid happeid, ka ei teki temasse mikroobe.

Meie ajal tehakse hapete überpumpamiseks klaasist torusid ja pumpi.

Klaasist tehakse ka hambaid — nad on portselanhammastest tugevamad ja märksa odavamad.

Uhes Ameerika katsefarmis haigestus kord tõulehm. Temale tehti operatsioon: avati paise ja palju lihakude eemaldati. Väljalõigatud osa asendati sobiva klaasitükiga. Klaas „kohandus“, lehm harjus temaga. Läbi klaasi võis näha, mis lehma kehas toimub.



On võimalik, et füsioloogilaboratooriumides hakatakse lähemal ajal niisuguseid operatsioone tegema selleks, et läbi „aknakese“ jälgida siseelundite tegevust.

Klaas juhib soojust halvasti. Ja see on meile õnneks. Kui ta juhiks soojust niisama hästi nagu vask või raud, siis poleks võimalik tube talvel soojaks kütta: soojus läheks läbi aknaklaaside otsekohe välja.

Klaasil on veelgi üks eriomadus, milline harilikult unustatakse: ta annab meeldivat muusikalist heli. Eri aegadel valmistati klaasist kellukesi, pasunaid, ksülofon, trumm, orel ja isegi viiul. Kõiki neid muusikariistu prooviti mitte ainult laboratooriumides, vaid ka kontsertidel. Nad osutusid õnnestunuks.

Kuid klaasi kõige tähtsam omadus on tema erakordne venivus.

Kuuma klaasi võib venitada ja keerutada, võib anda talle milliseid tahes, ka kõige kummalisemaid vorme — ta ei rebene.

Sellele ongi klaasivalmistajate kunst rajatud.

Klaasi võib pressida ja vormidesse valada nagu malmi, teda võib valtsiga rullida nagu taignat ja voolida nagu savi, temast võib mulle puhuda nagu seebivahust, teda võib paelaks või niidiks venitada nagu mett, lihvida ja poleerida nagu marmorit, puurida ja treida nagu puitu või terast.

Ei ole maailmas teist materjali, mida võiks nõnda mitmekesisel viisil töödelda.

Nimelt seetõttu, et klaas on nii veniv, võib temast igasuguseid, ka kõige kummalisema vormiga, ka kõige peenemate detailidega kujukesti valmistada.

Ei marmorist, ei savist ega pronksist ei saa näiteks hariliku kärbse kujutist teha, tema kõige peenemat koetist edasi anda. Klaasist aga saab.

New Yorgi loodusteaduse-muuseumis võib näha veetilgas elavate olendite suurendatud mudeleid.

Siin on amööbe, kingloomakesi, radiolaare ja hulganisti teisi imelikke olendeid. Kõik nad sätendavad oma loomulikkudes värvides.

Sama muuseumi teises osakonnas näeme stseeni sipelgate elust: punaste amatsoonsipelgate võitlust mustadega. Selle kõrval asetseb suurepärase bukett meres elutsevaist lill-loomadest, otsekui praegu mere põhjast üles tõstetud.

Kõik need sipelgad, amööbid ja lilled on kunstnikkude-klaasivalmistajate poolt klaasist tehtud.

See töö nõudis tohutult suurt kannatlikkust ning ettevaatust. Tuli mõnikord kinniseotud suuga töötada, et hingeõhk sulgkergeid meritähe liikmekesi või sipelga jalakesi laiali ei paiskaks.

Nii rohkesti saladusi sisaldub klaasis.

On imelik, kui pikkamööda klaas oma saladusi inimesele on avaldanud.

Inimene tunneb klaasi kauem kui viiskümmend sajandit. Ja kolmekümne sajandi vältel ei teadnud inimesed isegi seda, et klaas võib olla läbipaistev.

Klaasi optilisi omadusi hakati alles kuue sajandi eest tundma õppima.

Masinale suudeti klaas alles mõnekümne aasta eest alistada.

Põhja- ja lõunamaaklaas, vesiklaas, üliläbipaistev, kuumusekindel klaas, ämblikuvõrgust peenemad klaasniidikesed — need kõik on viimaste aastate saavutus.

Salapärase tundmatuna läbis klaas inimsoo ajalugu aastatuhandest aastatuhandesse, sajandist sajandisse. See, mida õnnestus tema kohta teada saada, tuli peaaegu alati ootamatult ja juhuslikult.

Isegi praegu ei ole me klaasi veel lõplikult tundma õppinud.

Kuid nüüd me teame klaasist ikkagi väga palju: me ei valmista teda enam huupi ega pimesi.

Selles raamatus on öeldud, et klaasi valmistatakse lubja, sooda ja liiva segust.

Kuid sellest segust saadakse ainult kõige lihtsamat, tavalist klaasi, näiteks akna- ja pudeliklaasi.

Nendel juhtudel, kui vajatakse mingisuguste eriliste omadustega klaasi, lisandatakse sellele segule mitmesuguseid muid aineid, milliseid võib loendada üle saja.

Ainult optilist klaasi on tuhat viissada erilist sorti.

Keemikut-klaasivalmistajat võime võrrelda klaverimängijaga.

Klaverimängija ees on mustad ja valged klahvid. Vajutades nendele selles või teises järjekorras, selles või teises ühendis, võib klaverimängija esitada mistahes muusikateose.

Keemiku-klaasivalmistaja ees ei ole mitte klahvid, vaid rohkem kui sada erisugust ainet. Ühendades neid selles või teises proportsioonis, koostades üha uusi segu- sid, keedab keemik mistahes klaasi.

Võimalikkude ühendite arv on lõputu.

Neist on ainult mõned ära proovitud.

Alles praegusajal hakkavad õpetlased aru saama nendest keerulistest keemia- ja füüsikaseadustest, mis neid

ühendusi juhivad, seadustest, milledest olenevad klaasi omadused ja laad.

Viiskümmend sajandit töötlevad inimesed klaasi.

Selle aja jooksul on klaas inimkonnale ainult osa oma saladustest avanud. Kuid arvatavasti varjab klaas veel niisuguseid saladusi, milliseid me praegu ei aimagi.

Klaas ootab teadmishimulisi uurijaid, keemikuid, optikuid, insenere.

Ka meie peame omal maal kõik klaasi saladused viimase ni avastama, kõik tema omadused läbi uurima ja oma tööstust ning teaduslikke laboratooriume täiuslikkude klaasi-erisortidega varustama.





Sisukord.

| | Lk. |
|---|-----|
| Esimene peatükk. Kuidas klaas avastati | 5 |
| Pliniuse jutustus | 5 |
| Esimene klaasisulataja | 8 |
| Keisritar Hatšepsuti klaashelmes | 9 |
| Klaasitaigen | 11 |
| Teine peatükk. Imperaatorite vaasid | 14 |
| Klaasimull | 14 |
| Pisarapudelid ja tünnid | 16 |
| Sätendavad kausid | 18 |
| Väärtuslikud leiud | 21 |
| Kolmas peatükk. Kunstlik tulemägi | 30 |
| 1500 kraadi | 30 |
| Õpetatud munk | 32 |
| Murano saarel | 35 |
| Ahi — teemasin | 41 |
| Kasulik suits | 45 |
| Klaasijärv | 48 |

| | Lk. |
|--|-----|
| Neljas peatükk. Pudeli ajalugu | 51 |
| Pudel pudelis | 51 |
| Robinet' pump | 53 |
| Michael Owens ei unustanud oma lapsepõlve | 55 |
| Tujukas masin | 60 |
| Pudelike tühjuse hoidmiseks | 62 |
| | |
| Viies peatükk. Klaas aknas | 65 |
| Majad ilma klaasideta | 65 |
| Mitmevärviline aken | 68 |
| Meister silindripuhuja | 70 |
| Klaasisammas | 73 |
| Klaasilint | 76 |
| | |
| Kuues peatükk. Peegli ajalugu | 81 |
| Salapärase ketas | 81 |
| Sada tundi | 86 |
| Peeqliklaasilint | 90 |
| Nõguspeegel | 94 |
| | |
| Seitsmes peatükk. Guinand'i saladus | 101 |
| Kolmekümne aasta eest | 101 |
| Valgus ja klaas | 103 |
| Kõige puhtam klaas | 106 |
| Sõda „kihulasega“ | 111 |
| | |
| Kaheksas peatükk. Inimkonna silm | 117 |
| Kaks klaasi | 117 |
| Kinnipüütud kiir | 123 |
| Mikroskoop | 128 |
| Aatomite signaalid | 135 |
| Galilei teleskoop ja tema järglased | 141 |
| Pegellääts | 145 |
| | |
| Üheksas peatükk. Klaasisajand | 155 |
| Vene klaas | 155 |
| Värviline klaas | 164 |
| Tumedad klaasid | 168 |
| Päevavalgus õhtul | 169 |
| Põhjamaaklaas ja lõunamaaklaas | 170 |
| Nähtamatu valgus | 176 |

| | |
|---|-----|
| | Lk. |
| Tugev nagu klaas | 179 |
| Klaas, mis ei karda tuld | 185 |
| Vesiklaas | 191 |
| Klaasmaja | 195 |
| Klaasskulptuur | 200 |
| Klaastorud | 202 |
| Klaasniidid | 203 |
| Kümnnes peatükk. Mis on klaas | 207 |



1. trükk.

Vastutav toimetaja

N. Rägo.

Tehniline toimetaja

H. Kohu.

Ladumisele antud 26. IX 47.

Trükkimisele antud 22. X 47.

Paberi kaust 56 × 79. 1/10. Trüki-

poognaid 13³/₄. Autoripoog-

naid 8,5. Arvestuspoognaid 9,95.

MB 05922. Laotihedus trpg. 31900.

Tiraaž 5200. Trükikoja tellimus

nr. 918. Trükikoda „Noor-Eesti“

Tartu, Kastani 38.

Hind rbl. 12.—

М. Свешников, Тайны стекла.

На эстонском языке.

Эгосиздат „Научная Литера-
тура“, Tartu.

Rbl. 12.—

A-16558

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00498148 8

Rbl. 12.—

A-16558

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00498148 8

M. SVEŠNIKOV — KLAASI SALADUSED

POPULAARTEADUSLIK
SARI

M. SVEŠNIKOV

KLAASI SALADUSED



RK«TEADUSLIK KIRJANDUS»