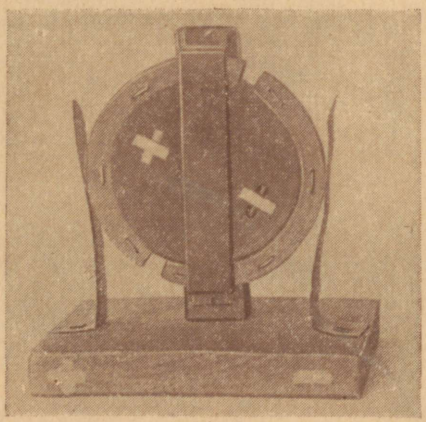
E. N. GORJATŠKIN

FÜÜSIKA ÕPETAMISE METOODIKA

SEITSMEKLASSILISES KOOLIS

III KÖIDE



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

A-19366

E. N. GORJATŠKIN

FÜÜSIKA ÕPETAMISE METOODIKA SEITSMEKLASSILISES KOOLIS

III KÖIDE

OMAVALMISTATUD JA LIHTSUSTATUD KATSERIISTADE PÕHIDETAILID

Lubatud NSV Liidu Kultuuriministeeriumi Kõrgema Hariduse Peavalitsuse poolt käsiraamatuks kõrgematele pedagoogilistele õppeasutustele

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1954

Originaali tiitel: Е. Н. Горячкин. Методика преподавания физики в семилетней школе. Том III. Основные детали самодельных и упрощенных приборов, изд. второе.
Учпедгиз, Москва 1953.

Tõlkinud: V. Paju, P. Parts ja M. Usai.

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
23258

Nõukogude kooli kolmekümnendaks aastapäevaks pühendab autor füüsika metoodika käsiraamatute sarja.

Moskvas, 1948. a.

AUTORI EESSÕNA

Käesolev teos tervikuna kujutab endast sarja füüsika õpetamise metoodika käsiraamatuid seitsmeklassilise üldhariduskiku kooli õppekava ulatuses. Ta on koostatud nõukogude kooli kolmekümnendaks aastapäevaks töökogemuste põhjal keskkoolis ja kõrgemate pedagoogiliste koolide üliõpilastega, samuti õpetajatega nende kvalifikatsiooni tõstmisel.

Sarja eesmärgiks on tulevaste pedagoogide (kõrgemate pedagoogiliste koolide ja õpetajate instituutide üliõpilaste) ja algajate õpetajate tutvustamine võimalikult kõikide eriliiki teadmiste ja oskustega, mis on vajalikud füüsika edukaks õpetamiseks nõukogude koolis.

Nende teadmiste ja oskuste liigid on nii arvukad, mitmekesised ja eriloomulised, et ettevalmistamiseks füüsika õpetamisele tuleb kulutada kahtlemata palju aega ja teha suuri pingutusi, sest nõukogude füüsikaõpetaja (nagu iga teisegi aine õpetaja) **peab lisaks oma väga laiaulatusliku aine, s. o. matemaatika ja füüsika täpsele tundmisele eelkõige täiuslikult valdama dialektilise materialismi õpetuse põhialuseid,** kuna nõukogude kooli õpetaja ülesandeks on mitte ainult füüsika õpetamine, vaid ka dialektilis-materialistliku maailmavaate kujundamine õpilastes ühe tähtsaima loodusteaduse haru — füüsika — alusel. NLKP XIX kongressi ajaloolised otsused üldise kümneklassilise hariduse sisseviimise ja polütehnilise õpetuse süsteemile ülemineku kohta kohustavad õpetajat uurima kaasaegse tootmise teaduslikke aluseid ja mõistma tehnika tähtsust käesoleval sotsialismilt kommunismile ülemineku perioodil.

Kuna füüsika õpetamine seitsmeklassilises koolis baseerub täielikult katsetel ja füüsikaliste nähtuste vaatlustel, siis peab füüsikaõpetaja täielikult valdama füüsikakatsete tehnikat ja metoodikat kui metoodiliste teadmiste eri liiki, mis nõuab võrdlemisi pikaajalist ning tööroh ket õppimist. Kui õpetaja oskab ise vaadelda, nähes «füüsikat igal sammul», kui ta tunneb demonstratsioonkatse metoodikat ning valdab selle tehnikat, kui ta korraldab vajalikul määral laboratoorseid töid õpilastega, har-

rastab süstemaatiliselt klassivälist tööd, allutades seda täielikult füüsika õpetamise eesmärkidele, siis võib ta olla täiesti veendunud, et tema juhatusel õpilaste poolt omandatud teadmistes pole vähimatki jälge formalismist.

Peale eksperimentaalse osa **peab õpetaja** füüsika õpetamise protsessi õigeks ja täielikuks tagamiseks ning tema tõhususe tõstmiseks **valdama graafiliste vahendite,** s. o. jooniste ja joonestiste kasutamise **tehnikat ja metoodikat.** Lõpuks on füüsikaõpetaja kooli füüsikakabineti peremees, mõnikord ka selle organiseerija, ja seepärast **peab tal olema vastavaid teadmisi ning oskusi laboratoorse tehnika, samuti mitmesuguste käsitööde alalt,** selleks et kabinetti edasi arendada ja täiendada; vastasel korral on paratamatu ka hästi korrastatud kabineti laostumine.

Ülalmainitud teadmiste ja oskuste omandamisele kohustab ka vajadus juhtida tööd füüsikaringides, tutvustada õpilasi mõnede polütehnilist laadi harjumustega. Ei tule unustada ka seda, et sõjajärgse aja tingimustes on teadmised ja oskused käsitöö alalt õpetajale vajalikud ka kabineti riistade kollektsiooni täiendamiseks omade jõudude ning abinõudega ja õpetamise täielikuks tagamiseks katsetega. Lõpuks **õpetaja kui pedagoogilise protsessi looja,** uute teede otsija ning rajaja metoodikas, **konstrueerib harilikult ise oma originaalsed riistad** või nende üksikosad, mis mõnikord on metoodiliselt väärtuslikumad kui need, mida toodab tööstus.

Niisugused on üldiselt õpetaja oskuste ja teadmiste eri liigid. Käesolev töö tervikuna on katseks luua praktiline käsiraamat füüsika õpetamiseks seitsmeklassilises koolis koos õppeprotsessi uurimisega kogu ta mitmekesisuses, koos peamiste teeside teadusliku põhjendamisega, mis vastavad «tänapäeva metoodikale». Seejuures on töö rajatud mitte ainult isiklikele kogemustele, vaid ka massikooli ja samuti paremate füüsikaõpetajate kogemuste tundmaõppimisele ning arvessevõtmisele.

Sarja kuulub:

I köide. *Füüsika metoodika üldküsimused.*

1. osa. Füüsika metoodika üldküsimused.

Füüsika metoodika ülesanded. Keskkooli füüsikakursuse sisu ja ülesanded.

2. osa. Füüsika õpetamise meetodid.

Füüsikatundide organiseerimine. Demonstratsioonid füüsikas. Näitlikud õppevahendid. Joonistamine ja joonestamine füüsikatundides. Laboratoorsed tööd. Ekskursioonid. Ülesanded füüsikast. Töö planeerimine ja arvestamine füüsikas. Kordamine. Füüsika õpik. Füüsika klassivälised tööd.

3. osa. Programmi eri teemade käsitlemise metoodika.

II köide. *Füüsikalise katse tehnika ja metoodika.*

1. osa. Seitsmeaastase kooli füüsikakabinet.

Füüsikalise katse metoodika ja tehnika põhialused. Füüsikakabineti sisseseade. Füüsikakatseriistad (riistade liigitus; demonstratsioonide nähtavuse tagamine; abiriistad; projektsiooniriistad; tehnilised mudelid; mõõteriistad; laboratoorsete tööde riistad; elektrivoolu allikad; soojuseallikad; riistade hoidmine ja inventeerimine).

2. osa. Demonstratsioon-katsed.

Metoodilisi juhendeid õpetajatele ja üliõpilastele katsete metoodika ja tehnika õppimiseks. Diapositiivide ja riistade projitseerimine ekraanile (diaskoop, episkoop, vari-projektsioon). Ülevaade programmi iga teema juurde kuuluvatest demonstratsioon-katsetest ja nende kirjeldus.

3. osa. Laboratoorsed tööd.

Metoodilisi märkmeid laboratoorseteks töödeks. (Laboratoorsete tööde tulemuste ärakasutamine. Mõõtmisvead ja nende mõju arvutustele. Metoodilisi juhendeid õpetajatele ja üliõpilastele laboratoorsete tööde korraldamise metoodika ning tehnika tundmaõppimiseks.) Ülevaade laboratoorsetest töödest ja nende kirjeldus programmi teemade järgi.

Lisa. Akumulaatorite laadimine. Tuule-elektrijaam koolis. Bibliograafia.

III köide. *Omavalmistatud ja lihtsustatud katseriistade põhidetailid.*

1. ja 2. osa. Laboratoorne tehnika. Käsitöö võtted (vt. sisukorda).

3. osa. Ülevaade lihtsustatud ja omavalmistatud katseriistadest programmi teemade järgi.

IV köide. *Joonised ja joonestised füüsikatundides.*

1. osa. Joonistamise metoodika ja tehnika füüsikatundides.

Jooniste osa ja tähtsus. Jooniste liigid. Joonise kujunemine seletuse käigus. Nähtuse järjestikuste faaside kujutamine. Jooniste tähtsus läbivõetu meelespidamiseks ja kordamiseks. Joonised küsitlemisel ja ülesannete lahendamisel. Teaduslik ja graafiline kirjaoskus. Jooniste valmistamise tehnika (tehnilised abinõud joonistamisel; kriidiga ja tindiga joonistamise iseärasusi, perspektiivkujutised; ortogonaalne paralleelprojektsioon; korrapäraste geomeetriliste kujundite konstrueerimine; ruumiline vaade; ainete ja materjalide tingtähistamine; tugede ja skaalade ühtlustatud tingkujuti-

sed; anumate, soojendajate, statiivide ühtlustatud kujutised; mõõdete tähistamine ja pealkirjad; läbilõiked; aksonomeetriline projektsioon; keeruliste jooniste valmistamine). Diagrammid. Graafikud.

2. osa. Ülevaade joonistest ja nende valmistamise näiteid programmi teemade kohaselt.

Põhiülesandeks, mille seadis autor endale neis köidetes, on tutvustada koolifüüsika õpetamise metoodika täiuslikumaid võtteid ja nende teaduslikku põhjendamist, kuivõrd see on võimalik kaasaegse füüsika metoodika seisukorras. Seejuures autor teadlikult pole piirdunud miinimumi esitamisega, vaid on püüdnud tutvustada füüsikakursuse käsitluse kõiki olemasolevaid võimalusi, selleks et õpetaja kui pedagoogilise protsessi tõeline looja, võiks valida ise vastavaid materjale ja õpetamisvõtteid omade metoodiliste vaadete ja kohalike tingimuste kohaselt.

Käesoleva köite 1. ja 2. osas on esitatud põhiteadmised laboratoorse tehnika ja kõige erinevamate materjalide töötlemise alalt, mida kasutatakse koolis nii demonstratsioonidel ja laboratoorsetel töödel tundides kui ka omavalmistatud katseriistade ehitamisel klassi- ja tunnivälises töös. Teadmiste maht neilt aladelt on määratud lähtudes keskkooliõpetaja tegelikest vajadustest. Nende teadmiste esitamise metoodika on aga täielikult allutatud õpetaja ees seisvatele praktilistele ülesannetele. Kuivõrd käsitöö õpetamine ei olnud autori ülesandeks, niivõrd on käsitööalaste teadmiste esitamisele antud spetsiaalne karakter. Nimelt on igas vastavas paragrahvis käsitletud ainult neid käsitööliigi võtteid, mis võivad osutuda õpetajale tõepoolest vajalikeks ning samal ajal jõukohasteks, s. o. mis ei nõua keerulisi tööriistu ega nende võtete erilist õpetamist.

Käesoleva töö iseärasuseks kogu tema ulatuses on viidete rohkus. Sedasama võib öelda ka III köite kohta, mis on paljudel juhtudel ette nähtud käsiraamatuks üliõpilastele ja füüsikaõpetajaile. Et lugeja saaks takistuseta kasutada tarvituselevõetud viidete süsteemi, tuleb arvestada raamatu kogu struktuuri.

Iga köide on jaotatud peale osade veel peatükkideks; peatükid on alljaotatud paragrahvideks, millede numeratsioon ja pealkirjad on laotud **rasvase** kirjaga. Iga paragrahv on tükeldatud jagudeks. Jagu koosneb tavaliselt mitmest alljaotusest, mille numeratsioon on tähistatud rooma numbritega.

Igal köitel on oma paragrahvide numeratsioon, milletõttu viiteis näidatakse: köite number (tähega «k» ja rooma numbriga), paragrahvi number (**rasvase** kirjaga) ja jao number, näiteks, k. I, § 5, 2.

Kui viide antakse ühe ja sama köite piirides, siis köite numbrit ei näidata, kuid peale jao tuuakse alljaotuse number, näiteks § 9, 2, V. Viidates ühe paragrahvi ulatuses jäetakse ära ka paragrahvi number: «jagu 3» või «jaos 5».

Kirjanduseviidetes kasutatakse järgmisi lühendusi.

F. E. — Галанин, Горячкин, Жарков, Павша, Сахаров, Физический эксперимент в школе (k. I—VI).

K. E. — Верховский, Техника и методика химического эксперимента в школе (k. I—II, 1947, 1953).

Znamenski, Lab. t. — Знаменский, Лабораторные занятия по физике в средней школе (I—III osa, 3. trükk, 1934).

Installatsioon — Горячкин, Электромонтаж на внеклассных занятиях по физике, 1950.

Sahharov — Сахаров, Физика. Учебник для школ взрослых (8. trükk, 1940).

Tsinger — Цингер, Начальная физика (12. trükk, 1928).

Raamatus kasutatud tähistused.

l — pikkus	m — mass
b — laius	d — tihedus
h — kõrgus, paksus	P — jõud, kaal
r — raadius	Q — soojushulk
J — voolu tugevus	N — mehhaaniline võimsus,
U — pinge	voolu võimsus
R — takistus	A — amper
A — töö	V — volt
d — diameeter	W — vatt
S — pindala	kW — kilovatt
V — ruumala	Ω — oom

g — massi ühik kaalumisel kangkaaluga
G — jõu ja kaaluühik vedrukaaluga kaalumisel.

Käesoleva kõite koostamisel on terve rida retsepte, juhendeid, konstruktsioonide kirjeldusi ja teisi andmeid laenatud paljudelt autoreilt, nende seas: Lermantovilt, Drentelnilt, Verhovskilt, Glinkinilt, Kubarkinilt, Tseitlingilt jt.

Käesoleva teose kaasautoriks on S. N. Žarkov, kes võttis osa metoodiliste juhiste väljatöötamisest omavalmistatud katseriistade kohta ja kirjutas põhiliselt §§ 8, 18 ja 19. Pedagoogiliste Teaduste Akadeemia Õppemeetodite Instituudi teaduslik kaastööline A. G. Dubov andis autorile väga olulist abi vedrude arvutamise küsimuse käsitlemisel, teostades ühtlasi kestvaid ja rohkeid arvutusi vastavate andmete tabelite koostamiseks. Väga suure töö käesoleva III k. redigeerimisel sooritas M. A. Ušakov.

Autor avaldab oma sügavaimat tänu paljudele seltsimeestele õpetajatele, kes saatsid kirju ilmunud I ja II kõite kohta, vahel isegi meie Liidu kõige kaugematest nurkadest. Neis kirjades juhitakse tähelepanu esituse ebaselgustele ja teistele puudustele. Neid

näpunäiteid, milledest mõned osutusid eriti olulisteks, arvestatakse kavatsetaval I ja II k. uuesti kirjastamisel. Teataval määral avaldasid nad mõju juba käesoleva III ja IV k. struktuurile ja sisule. Sellepärast pöördub autor veelkord keskkooliõpetajate ning eriti õpetajate ja pedagoogiliste instituutide üliõpilaste, samuti aga ka füüsika metoodika õpetajate poole palvega jätkata oma kriitiliste märkuste saatmist. Kirjad tuleb saata aadressil: Москва, Чистые пруды, Лобковский пер., д. 5/16, Институт методов обучения, Е. Н. Горячкину.

Veebruar, 1950. a.

E. N. Gorjatškin.

ESIMENE OSA.

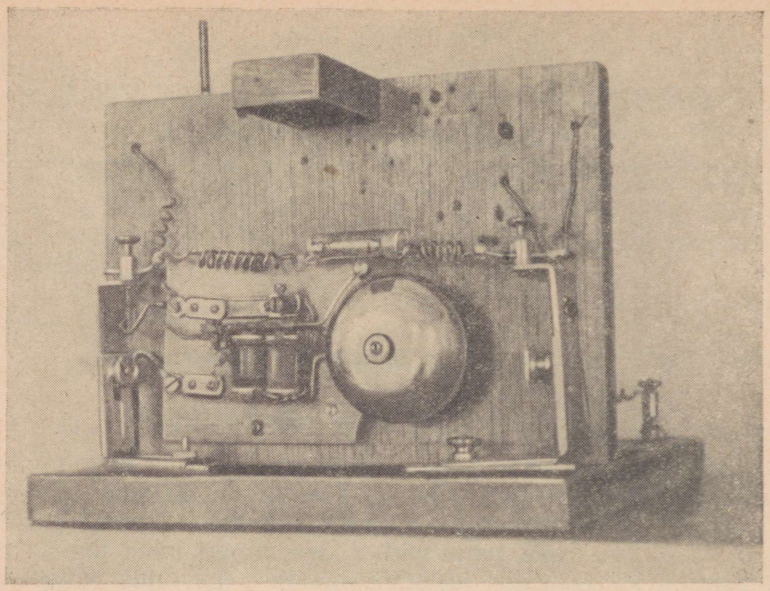
OMAVALMISTATUD JA LIHTSUSTATUD KATSERIISTADE TÄHTSUS.

§ 1. OMAVALMISTATUD KATSERIISTAD.

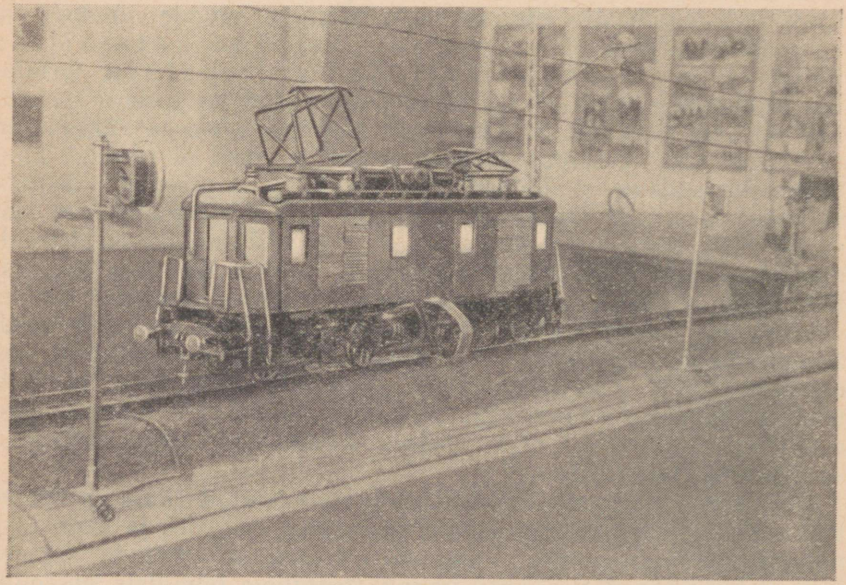
1. Omavalmistatud katseriista põhitunnus.

Nimetuse «omavalmistatud katseriist» puhul tekib tavaliselt kujutlus näotust riistast, mis on jämedalt ja halvasti töödeldud, on vähese vastupidavusega ja ebakindel rakendamisel praktikas (joon. 33 ja 34). Neid tunnuseid ei tule mingil juhul lugeda omavalmistatud katseriistale iseloomustavaiks ega, mis kõige tähtsam, otsustavaiks. Omavalmistatud koolikatseriista põhitunnuseks on selle valmistamine füüsikalaboratooriumi tingimustes oma jõudude ja vahenditega. Riista valmistanud isiku küsimus ei mängi siin otsustavat osa. Suurimate teaduslike ja tehniliste avastustega on kaasunud enamasti riistade valmistamine omade jõudude ja vahenditega (joon. 1). Omavalmistatud katseriista võivad samuti teha õpilased või õpetaja, kasutades mõningate detailide valmistamiseks vahel ka meistri-spetsialisti abi. On loomulik, et katseriista konstruktsioon ja välimus on seejuures alati erisugused, seda enam, et meil ei tarvitse alati tingimata eeldada, et õpilasel või õpetajal pole piisavaid käsitööoskusi ja et nad kasutavad tingimata halbu või sobimatuid tööriistu ning materjale. Õpetajate hulgas võib kohata «meistreid-amatööre», kes valmistavad katseriistu, mis ei jää oma tehnilistelt, seda enam aga metoodilistelt omadustelt maha vabrikus valmistatud katseriistadest, mõnikord aga isegi ületavad neid. Samuti leidub õpilastegi seas selle ala suuri harrastajaid, kes ehitavad suure meisterlikkusega mõningaid katseriistu ja eriti tehnilisi mudeleid (joon. 2). On iseloomulik, et nende mudelite demonstratsioon saab sõna tõsises mõttes koolipeoga võrdseks sündmuseks (joon. 3).

Kõige täiuslikumaid õpilaste poolt valmistatud riistu ja mudeleid võib tavaliselt näha näitustel pioneeride paleedes ja laste tehnikamajades. Lasteajakiri «Знание —сила» on paljude aastate jooksul kirjeldanud mõnikord vägagi keeruliste tehniliste mudelite originaalseid konstruktsioone, valmistatud asjaarmastajate, esijoones mitmesuguste koolide õpilaste poolt. Mõned õpilased ehita-



Joon. 1. A. S. Popovi poolt valmistatud raadiovastuvõttejaama ühe mudeli algupärand. Joonisel on näha koheerer ja viilmete raputamiseks kohandatud kell. Relee ja kirjutusaparaat on paigutatud seadme taha (Riikl. Polütehniline Muuseum Moskvas).



Joon. 2. Töötava elektriraudtee mudel Riikliku Polütehnilise Muuseumi laste tehnilisele loomingule pühendatud näitusel.



Joon. 3. Kevadine pidupäev: õhupalli — mongolfjeri lendulaskmine (Kalinini linn, õpet. L. B. Kandaurov).

vad omade jõudude ja vahenditega aurumasinate, auruturbiinide ja sisepõlemismootorite töötavaid mudeleid, kõrgeväärtuslikke lendavaid mudellennukeid, laevade ja elektrivedurite mudeleid, isegi kaugeltjuhitavaid mudeleid. Samuti tuleb mainida omatehtud raadiovastuvõtjaid. Juhtub isegi, et mõned neist, kui just mitte oma välise töötlemise, siis vähemasti sisemiste omaduste poolest ei jää maha vabrikutooteist. Lõpuks valmistavad tööstuskoolide õpilased töökojas töötades tihti oma kooli füüsikakabineti jaoks katseriistu. Kuigi need katseriistad on omavalmistatud, paistavad nad silma hoolika viimistluse poolest. Näotu välimus, halb viimistlus ja riista ebakindel töötamine võivad seega olla ainult halva omavalmistatud katseriista omadusteks, mitte aga selle tunnusteks. On loomulik, et omavalmistatud katseriistad erinevad alati «vabriku-katseriistadest», mida toodetakse meistrite-spetsialistide poolt täiuslike masinatega ja seejuures tavaliselt veel mitmesajas või mitmetuhandes eksemplaris. Tööstuslik masstootmine annab katseriistale spetsiifilised omadused, mis väljenduvad tema konstruktsioonis, materjali valikus ja välises ilmes (katseriistale antud erilises «lihvis»).

2. Demonstratsiooniseadmetest.

Rääkides omavalmistatud katseriistadest, tuleb nimetada ka seadmeid, mida ehitavad õpetaja või õpilased nii demonstratsioonideks kui ka teisteks füüsikatöödeks.. Seadmeks võib olla kõigepealt üksikute katseriistade kombinatsioon, mille otstarbeks on ühe või teise füüsikalise nähtuse esilekutsumine. Enamikel juhtudel tuleb õpetajal endal valmistada demonstratsioonideks vajalikke seadmeid, mis mõnikord on võrdlemisi lihtsad, näiteks: keha mahu mõõtmine ülevooluanuma abil — Arhimedese seaduse demonstreerimine —, elektritakistuse mõõtmine — loenööri ühtimine vabalt langeva keha trajektooriga jm. Teinekord on aga sellised seadmed keerulisemad ja vajavad oma ülesseadmiseks võrdlemisi palju aega, nagu näiteks helihargi harude võngete graafiku saamine, ühepoolsed kangid — katsed Pictet (loe: Piktee) peeglitega, sirgvoolu magnetväli, katsed Hartli kettaga jt.

Peale katseriistade (nii põhi- kui ka abiriistade) tuleb õpetajal seadmete juures sageli kasutada esemeid, detaile ja seadeldisi, mis ei ole otseselt füüsikaga seotud, või valmistada omade jõudude ja vahenditega mõningaid vajalikke osi (variprojitseerimine, Davy lambi tegevus, induktsioon pöörleval poolil, varju ja poolvarju saamine jt.). Kuid mõnikord ei sisalda kogu seade endas füüsika katseriistu kui niisuguseid, vaid koostatakse mitmesugustest tarbeesemetest, katseriistade ja abiseadmete osadest (inerts, elektrilise jõu mõju, horisontaal- ja vertikaalsiht, kartuli ujumine vedeliku sees, «raske ajaleht», jää lõikamine traadiga jt.).

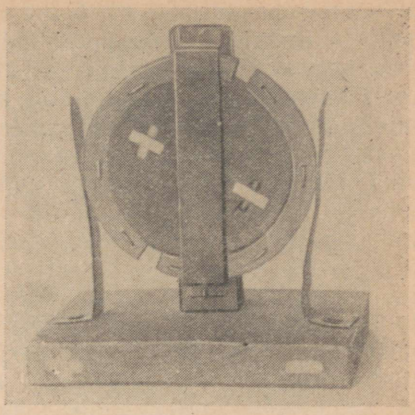
Füüsikakatsete metoodika ja tehnika peamiste nõuete täitmine nõuab õpetajalt seadmete valmistamisel mõnikord palju teravmeelsust katseriistade, sobivate tarbeesemete ja mitmesuguste detailide ja abiseadmete valikus. On iseloomulik, et vilunud õpetaja hoiab füüsika katseriistade kõrval kappides hoolsalt mitmesuguseid osi ja materjale (niidikesi, karpe, traati, sobivaid anumaid, ainete tükikesi jm.), mis on vajalikud teatavate demonstratsioonide läbiviimiseks. Peale selle on õpetaja poolt arvele võetud terve rida tarbeesemeid, kuivõrd neid saab kasutada katsete jaoks. Sageli kasutab kogenud õpetaja katseriistade osi nähtuste demonstreerimiseks hoopis teistest füüsika osadest, mille jaoks katseriist ei ole ette nähtud.

3. Õpetaja poolt katseriistade valmistamise tähtsus.

Vaatleme, millistel juhtudel on omavalmistatud katseriista ehitamine ja rakendamine õpetaja poolt hädatarvilik:

a) Kui vajalik katseriist füüsikakabinetis puudub, füüsikalist nähtust aga on õpetamisel tähtis demonstreerida, siis tuleb tahes või tahtmata valmistada katseriist omade jõudude ja vahenditega, mis aga kaugeltki igal juhul pole võimalik.

b) Kui õpetaja leiab, et see või teine tema käsutuses olev katseriist ei suuda anda nähtuse selgeks tajumiseks küllaldast efekti, või on tema töötamise seletamine liiga keeruline, siis ta otsib harilikult abi omavalmistatud katseriistalt (joon. 4). **Omavalmistatud katseriist** on sellisel juhul õpetaja iseseisvaks loominguks, **kehastab tema mõttetööd, väljendab ta püüdlust õppevarustuse ja -meetodi parandamiseks** ning näitab edu füüsika õpetamise meetodis. Ei ole liialdus, kui öelda, et omavalmistatud katseriistade konstrueerimine õpetaja poolt on vajalik mitte ainult tema professionaalse tööl ahutamatu osana, vaid ka tema oma initsiatiivi ja kvalifikatsiooni kasvu näitajana. Katseriistade konstrueerimises leiab õpetaja kasulikku ja meeldivat puhkust oma vaevarikkast tööst ja kui ta vahel seejuures tunneb «loomingupiinu», siis see-eest saab tunda ka «loomingurõõmu».



Joon. 4. Õpetaja metoodilise loomingu näide — kollektori mudel automaatse poolusemärkide vahetamisega, mis võimaldab seletada ta alaldavat toimet.

Niisuguseid omavalmistatud katseriistu, mis on sündinud füüsikaõpetaja loominguliste otsingute tulemusena, võib leida peaaegu igas füüsikakabinetis — nii keskkoolis kuid seda enam veel kõrgemas koolis. Sageli kujunevad sellised katseriistad esimeseks astmeks massilise vabriku-katseriista loomisel. Nende tekkimist põhjustasid nende autorite metoodilised otsingud — katseriistad kujunesid koolitöö praktikas ja kõige õnnestunumad neist võitsid ja võidavad ka edaspidi endale koha füüsikakabineti normaalse varustuse kollektsioonis. Niisuguste viimaseil aastail koolide õpetajate poolt loodud katseriistade hulka kuuluvad näiteks järgmiste õpetajate katseriistad: Ivaštšenko (riist brauni liikumise ja molekulaarliikumiste skeemi demonstreerimiseks) (vt. k. I, joon. 171), B. S. Zvorõkini (demonstratsioon-sekundomeeter kuni 0,01 sek., ballistiline püstol), V. V. Petrojevski (riist Lentsi seaduse demonstreerimiseks), B. P. Spasski (lükatav kondensaator, sonomeeter) jt.

Vanade vene metoodikute ja tegelike töötajate — vene füüsika metoodika eksperimentaalharu rajajate loomingust tuleb mainida K. V. Dubrovski, N. S. Drentelni, V. L. Rosenbergi ja B. J. Kolbe suurepäraseid töid (joon. 5) (§ 6, 3). Dubrovski ja Drenteln kirjeldasid oma eriti silmapaistvais raamatuis

«Простые физические приборы и наглядные пособия по космографии» (Lihtsaid füüsika-katseriistu ja näitlikke õppevahendeid kosmograafias) ja «Физические опыты в начальной школе» (Füüsikalised katsed algkoolis) tohutut hulka kõige lihtsamaid katseriistu, mis olid loodud nende endi ja teiste õpetajate poolt koolitöö praktikas, ning katseid nendega. Nende kirjeldused ei ole seniajani oma tähtsust kaotanud, ja nimetatud raamatud, eriti Drentelni oma, on käsiraamatuiks igale õpetajale, kes täiustab oma õpetamise metoodikat. Drentelni raamatu toimetaja P. A. Znamenski märgib teose eessõnas õigesti: «Kõik, mis me leiame «Füüsikalistes katsetes», on kontrollitud ja proovitud nii N. S. enda kui ka ta õpilaste poolt. Vene füüsikaõpetaja peab tundma suurt rahuldust, et vene algupärases kirjanduses on selliseid klassikalisi töid, nagu K. D. Dubrovski «Lihtsad füüsika katseriistad» ja N. S. Drentelni «Füüsikalised katsed algkoolis».»

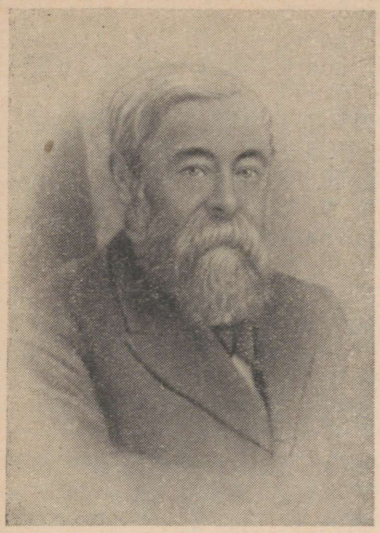
Lihtsustatud katseriistade kollektsiooni loomine Dubrovski poolt tekitas pedagoogide seas otse sensatsiooni, murdes füüsika õpetamises aastakümnete jooksul kujunenud traditsiooni — kasutada demonstratsioonideks uskumatult kalleid, kogukaid ja keerulisi katseriistu. Dubrovski tõestas, et palju nähtusi, eriti füüsika algteadmistest, on võimalik demonstreerida hoopis suurema selguse ja veendumusega, kasutades kõige lihtsamaid katseriistu seniste asemel, mis nõudsid tohutuid summasid nende soetamiseks (§ 6, 2).

On iseloomustav, et kui brošüür, mis sisaldab Dubrovski katseriistade kirjeldusi, sattus **Gleb Ivanovitš Uspenski** kätte, siis ta, Drentelni sõnade järgi, hüüatanud: **«Vaat mida vajavad meie rahvakoolid!»** Dubrovski kollektsiooni autasustati korduvalt audiplomite ja medalitega kodumaistel näitustel Nižni-Novgorodis (1896), Peterburis (1904) ja välismaal, sealhulgas ülemaailmsel näitusel Chicagos (1892). Rahvusvahelisel pedagoogilisel kongressil Brüsselis anti Dubrovski kollektsioon žürii otsuse kohaselt üle kohalikule musterkoolile «selleks, et juhatada teed, mida mööda ta peab käima».

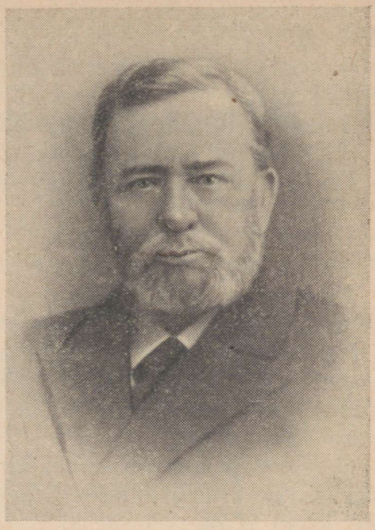
Füüsikakatsete metoodika ja tehnika alal töötas eriti palju B. J. Kolbe, kes lõi terve rea originaalseid ja metoodiliselt väärtuslikke katseriistu, eriti elektrostaatika ja soojuse alal. Nii vene kui ka välismaiste firmade kataloogides leidus mitme aastakümne jooksul kümneid Kolbe järgi valmistatud aparaatide jooniseid ja kirjeldusi. Mõningaid Kolbe aparaate toodetakse meie tööstuses tänapäevani, nagu näiteks igale õpetajale tuttavat võrku elektrilaengu jaotuse demonstreerimiseks kehade pinnal, eritüüpi elektroskoope ja elektromeetreid, kaksiktermoskoopi jt.

Kaasaegsete füüsikaõpetajate seast on katseriistade konstruktoritena meile tuntud järgmised:

Leningrad: I. M. Malõšev (316. kool), S. S. Molodenski (210. kool), F. S. Jemeljanov (314. kool), B. I. Pereverzev (359. kool), L. I. Skrepin (323. kool).



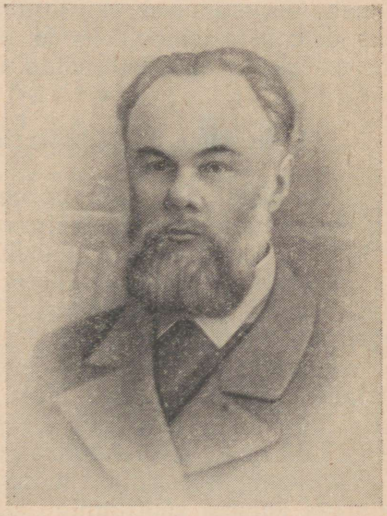
Rosenberg, Valentin Lvovitš (1839—1916).



Dubrovski, Konstantin Vassiljevitš (1848—1915).



Kolbe, Bruno Juljevitš (1850 — kahekümnendate aastate alguseni XX saj.).



Drenteln, Nikolai Sergejevitš (1855—1919).

Joon. 5. Väljapaistvaid vene füüsika metoodikuid, füüsika koolikatsete metoodika ja tehnika rajajaid (fotod P. A. Znamenski kogust).

Moskva: L. S. Dmitrijev (588. kool), B. S. Safonov (534. kool), V. V. Orlovski (129. kool), S. F. Pokrovski (103. kool), B. S. Zvorõkin (315. kool), A. I. Skljankin (401. kool).

Teised linnad ja maakohad: N. N. Šiškin (Bakuu), V. K. Špakov (Kursk), L. B. Kandaurov (Kalinin), I. I. Babuškin (Tšapajevsk), G. K. Karpinski (Sverdlovsk), N. P. Beloussov (Rostov), P. N. Gatilov (Voroneži oblast), A. A. Volkov (Jaroslavi oblast), A. M. Utenkov (Arhangelsk), J. M. Platonov (Vladimiri oblast).

Käesoleval ajal pööratakse õpetajate loominguliste kogemuste teatavakstegemisele originaalsete katseriistade valmistamisel kõige tõsisemat tähelepanu. Füüsika-alaste õppe- ja näitlike vahendite erikomisjoni[1] üheks peafunktsiooniks on kõigi õpetajatelt saabuvate ettepanekute läbivaatamine ja originaalsete konstruktsioonide tootmisse suunamine.

c) Õpetaja kohtab vahel kirjanduses mõnede metoodiliselt väga väärtuslike katseriistade kirjeldusi, milliseid ta aga omandada ei saa, kuna tööstus neid ei tooda. Selge, et õpetamise metoodika täiustamiseks tuleb õpetajal sellised katseriistad valmistada omade jõudude ja vahenditega. Tihti esineb ka seda, et õpetaja kopeerib neid riistu, mis võitsid ta tähelepanu teiste koolide füüsikakabinettides või omavalmistatud katseriistade näitustel.

Õpetaja asub seega katseriistade isevalmistamisele tunni täielikumaks varustamiseks katseriistadega, mis on vajalikud vastavateks demonstratsioonideks ja laboratoorseteks töödeks; eriti oluline on see ka füüsikatundide metoodilise külje parandamiseks.

4. Õpilaste poolt katseriistade valmistamise tähtsus.

Oleks täiesti väär piirata omavalmistatud katseriistade tähtsust, lugedes neid ainult füüsikatunni läbiviimise vahendeiks (alljaotus III). Ei tule unustada, et füüsika õpetamine koosneb õppetööst klassis (tundidest) ja tunnivälisest (kodusest, kohustuslikust) õppetööst, sageli aga ka õpilaste klassivälisest (mittekohustuslikust) tööst, mis toimub ringitöö kujul. Füüsikatundides ei ole õpilastel võimalust ega tarvidust tegelda kasvõi kõige lihtsamate katseriistade valmistamisega. Niisuguseid võimalusi avaneb eriti avaralt klassivälises ringitöös, osalt aga ka õpilaste koduste füüsikakatsete näol tunnivälises töös.

Vaatleme, miks nimelt mõnede katseriistade valmistamine ise ja nendega katsete sooritamine kui ka tarbeesemete kasutamine katsetel on nii tohutu suure metoodilise ja pedagoogilise tähtsusega.

a) Õpilaste tegelikuks eluks ettevalmistamise küsimust saab ja tuleb lahendada mitte ainult õppetundides, vaid ka füüsika kodustes töödes, mis seisavad mõningate katsete ja vaatluste korralda-

[1] Komisjoni aadress: Москва, Чистые пруды, 6.

mises ning sooritamises õpilaste poolt. On ilmne, et koduste katsete puhul on lihtsaimate omavalmistatud katseriistade ehitamine hädavajalik, moodustades ühe tähtsaima osa sellest tööst.

Peale tegelikuks eluks ettevalmistamise aitavad kodused katsed samuti kaasa ka selliste kujutluste purustamisele (mida esineb tihti seitsmeaastase kooli õpilastel), nagu kehtiksid füüsikaseadused ainult füüsikakabinetis, avalduksid vaid eriliselt ehitatud füüsikakatseriistadel ja nagu peaksid kõik vaatlused füüsikas toimuma seepärast ainult erilises olukorras. Tähtis on samuti märkida, et katsed aitavad kaasa nende kasvatuslike ülesannete lahendamisel, mis on formuleeritud allpool punktis «e».

b) Ükskõik millise kooli igas klassis leidub õpilaste hulgas alati isikuid ilmse kalduvusega «meisterdamiseks», mõistes selle terminiga tegelemist käsitööga, selleks et valmistada füüsikakatseriistu või veel sagedamini tehnilisi mudeleid. Tihtilugu, ilma mingisuguse mõjutamiseta kellegi poolt, on õpilane kodus agarasti ametis sellise tööga. Mõnikord aga loob rida õpilasi omaette ringi, mis töötab mõne ringiliikme kodus. Säärasele tegevusele on iseloomulik, et õpilane peab lahendama siin puhtkonstruktiivseid ülesandeid, mistõttu tuleb sellele vaadata kui laste tehnilise loomingu avaldusele, mitte aga kui lihtsale käsitööle. Kogu kooli ja eriti füüsikaõpetaja tingimatuks kohustuseks on toetada ja suunata õigele teele säärased sihitaotlused ja, organiseerides vastavaid klassiväliseid üritusi (ringi), igati arendada õpilaste tehnilist loomingut ja initsiatiivi.

c) Omavalmistatud katseriistade ehitamisele kaasub tavaliselt sügavam ja aktiivsem tutvumine füüsika ja tehnika algteadmistega. Õpilased kasutavad teadmiste täiendamiseks populaarteadusliku kirjanduse lugemist ja pöörduvad vastavate küsimustega õpetaja poole. Katse kordamine õpilase poolt ehitatud riistal või tehnilisel mudelil soodustab huvi tõusu füüsika ja selle tehniliste rakenduste vastu.

d) Omavalmistatud katseriistade konstrueerimisel ja ehitamisel toimub mitte ainult õpilaste «mõistuse», vaid ka nende «käte» arenemine, mis kuulub füüsika õpetamise ülesannetesse ja mida teataval määral saavutatakse klassis füüsika laboratoorsete töödega (vt. k. I, § 5). Tõepoolest, ükskõik kui lihtsa katseriista valmistamisel töötlevad õpilased neid või teisi materjale, kasutavad sealjuures tööriistu ning omandavad sellega mõnesuguseid praktilisi vilumusi. Niisugust tööd juhtiva õpetaja kohuseks on püüda võimaluse piirides saavutada seda, et õpilased oma füüsikateadmiste alusel saaksid kujutluse lihtsaimate tööriistade töötamise printsiibist ja suudaksid teadlikult seletada mõningaid materjalide töötlemisel kasutatavaid võtteid. Peale selle tuleb näidata õpilastele õigeid tööriista kasutamise võtteid (§ 3, 1).

e) Katseriistade valmistamine õpilaste poolt on peale tööprotsessile omaste suurte kasvatuslike väärtuste tähtis veel selle poolest, et ta sisendab õpilastesse «usku oma jõusse», loob neis õigustatud uhkustunde oma töö üle, eriti kui nad näevad oma katseriistade rakendamist näiteks ringi lahtisel koosolekul või katsete demonstreerimisel õpetaja poolt tundides.

Töö ringis võib, erinevalt tööst klassis, kergesti kujuneda **ühiskondlikult tähtsaks ja kasulikuks mitte ainult kooli kui niisuguse, vaid ka elanikkonna jaoks.** Nagu seda on tõestanud paljude koolide praktika, muutub see töö tõeliselt tähtsaks siis, kui õpilased võtavad jõukohaselt osa maakohtade elektrifitseerimisest. Antennide ja raadiovastuvõtjate ülesseadmine, valgustuse jooksev pisiremont, asjaarmastajate teatrilava elektrivarustus, elektrisignalisatsiooni ja -side ülesseadmine, illuminatsiooniseadeldiste valmistamine pühadeks, näärikuuse «elektrifitseerimine» avalikes kohtades jms. — need on väga kasulikud ning ühiskondlikult tähtsad tööd ja õpilastele täiesti jõukohased. Selliste tööde ühiskondlikku tähtsust on korduvalt hinnatud ajakirjanduses. Nende ülisuurt kasvatuslikku väärtust ei ole mõtet tõestada.

5. Tööriistadest katseriistade valmistamisel.

On olnud juhtumeid, et demonstreerides iseenda ja oma õpilaste poolt valmistatud katseriistu, uhkustab õpetaja eriti sellega, et need on tehtud sõna tõsises mõttes «mitte-millestki», s. o. kõige sobimatumast, äravisatud materjalist ja et nende töötlemisel on kasutatud väärtusliku tööriista asemel selle riismeid, näiteks nüri poolmurdunud nuga ja saagi, ärataotud haamrit, nüritud mokkadega lõiketange jms. Põhjusi aga selliseks uhkustamiseks saab olla ainult sel ainsal juhul, kui õpetaja alles äsja tuli kooli ja seal puudus kabinet täielikult, nagu seda esines näiteks fašistide poolt laastatud maakohtades. Kui aga õpetaja ise jätkab aastast aastasse selliste materjalide ja tööriistade kasutamist, või annab neid isegi praktilisteks töödeks õpilastele, siis toimub ta tingimata ebapedagoogiliselt. Sellise meetodi õigustamiseks toodavaid füüsik Franklini sõnu «osata saagida puuriga ja puurida saega» ei tohi mõista sõna-sõnalt. Franklini mõte on sügavam ja seisab selles, et tõeline füüsik-eksperimentaator on see, kes oskab võimalikult lihtsate ja esialgu täiesti sobimatuina näivate vahendite abil lahendada kõige keerulisemaid katselisi probleeme. Vene teadlaste töödest on sellise loomingu eeskujudeks Lomonossovi, Petrovi, Polzunovi, Ladõgini, Jablotškovi, Lebedevi jt. tööd.

Õpetaja otseste ülesannete hulka kuulub just õpetada õpilast hindama head tööriista ja head masinat, selleks et näidata, millisel määral nad kergendavad tööd ning säästavad aega. Siit tuleneb tähtsaim printsipiaalne juhtlause, et õpilased kasutaksid katseriista valmis-

tamisel reeglipäraselt vajalikku ja head tööriista, hoiaksid seda töökorras, samuti kasutaksid iga riista vastavalt selle otsesele otstarbele (§ 3, 1). On ebapedagoogiline, kui puukruvide ja vintide kinnikruvimine toimub peitli abil, kruvikeerajat aga kasutatakse peitlina jne. Tuleb arendada õpilastes lugupidamist heast tööriistast, mis on mugav käsitsemiseks ja produktiivne töös, ning taotleda armastavat ja hoolitsevat suhtumist sellesse.

Meie industrialiseeritud maal, tootmisettevõtete šefluse laialdasel arenemisel võib õpetaja alati hankida hädavajaliku tööriista kauplusest või saada selle oma šefilt. Pealegi jagavad õpilased meeleldi omavahel tööriistu, mis ei ole kodus vajalikud, ja isegi muretsevad endale sageli isikliku tööriistade kogu. Õpilaste vanemad abistavad samuti nende poole pöördumisel meeleldi kooli tööriistadega. Niisiis, kui õpilased ja õpetaja töötavad aastast aastasse kõlbmatu või isegi tarvitamiseks kordaseadmatu tööriistaga, siis ei tule õpetajal sellega sugugi uhkustada, vaid seda häbeneda.

6. Materjalid katseriistade valmistamiseks.

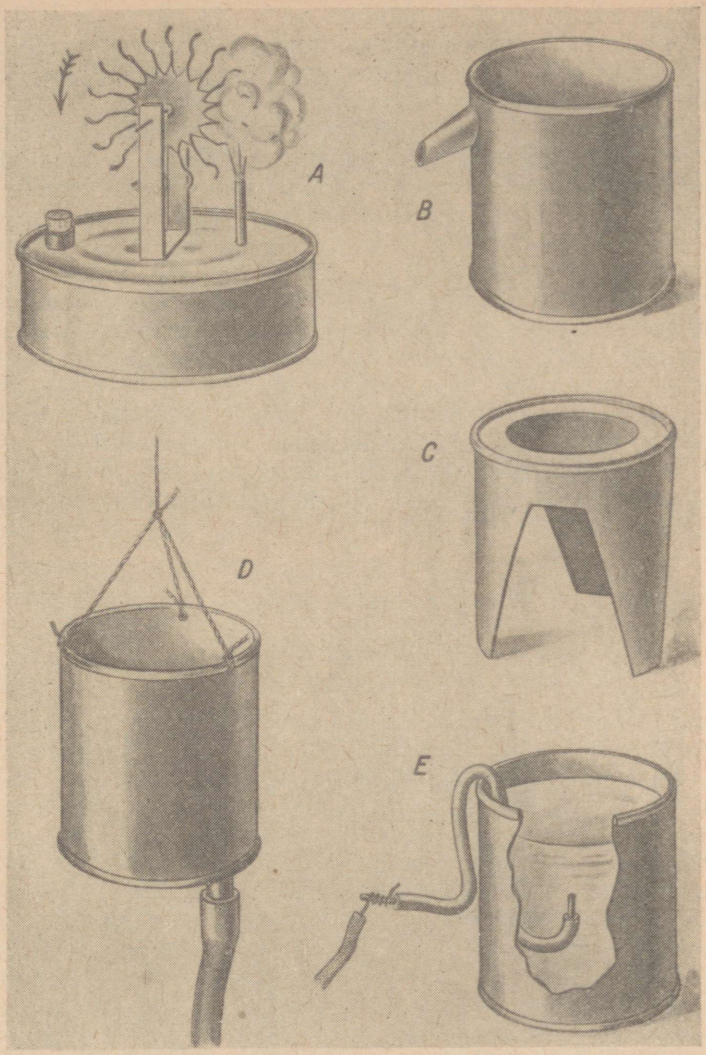
Materjal, seda enam mingi äravisatud ese või mingi kasutatav tarbeese, ei või ega tohi ette määrata omavalmistatud füüsikakatseriistade konstruktsiooni. Koolide kabinettides võib vahel kohata suurt hulka omavalmistatud katseriistu, mis on tehtud konservikarpidest jms., kus selle asemel, et otsida enam-vähem sobivat materjali vajaliku riista valmistamiseks, kasutati mingit juhuslikku äravisatud materjali.

Samuti esineb mõnikord, et õpetaja või õpilased, kasutades mingit kättesattunud karpi, läbipõlenud elektrilampi jms., näevad vaeva võimalikult suure hulga katseriistade väljamõtlemiseks, mida saaks valmistada sellistest ettejuhtunud materjalidest. Sellise võtte kasutamisel tekivad harilikult kõige mõttetumad konstruktsioonid ja raskesti kasutatavad riistad (joon. 12), mis muudavad väärtusetuks omavalmistatud katseriistade metoodilise tähtsuse.

Üheks peamiseks selliste katseriistade väärtuslikuks omaduseks peetakse «leidlikkuse» või «taibukuse» avaldumist. Selline leidlikkus võib tõesti teinekord hämmastada ja panna samal ajal kahetsema, et seda ei ole suunatud ratsionaalsemale teele. Teiseks jääkmaterjalidest tehtud omavalmistatud katseriistade väärtuslikuks omaduseks peetakse nende erakordset odavust. Mõned metoodikud peavad võimalikuks füüsikakabineti loomist omavalmistatud esemeist, mis asendaksid peaaegu täielikult vabrikukatseriistu. Niisuguste omavalmistatud katseriistade propageerijate hulka kuuluvad tunduval määral: V. I. Popov, kelle üldiselt huvitava raamatu «Самодельный физический кабинет» (Omavalmistatud füüsikakabinet) kaanelehel on deviis: «Valmistage kõik riistad oma katseteks ise!», F. N. Krassikov oma raamatus «Упрощенные при-

боры по физике и опыты с ними» (Lihtsustatud füüsikakatseriistad ja katsed nendega) tõstab autor esile just jäätmaterjalist valmistatud katseriistu ja S. A. Pavlovitš oma raamatus «Изготовление приборов для школьных лабораторных занятий» (Katseriistade valmistamine laboratoorseteks töödeks koolis) soovitab klaasnõude asendamist vahaga immutatud papist anumatega. Ei saa eitada, et omavalmistatud katseriist on enamasti odavam kui vabriku oma, kuid mitte selles ei tule näha tema väärtust. Meie nõukogude koolis ei tohi odavust taotledes mingil määral loobuda katseriistade metoodilistest omadustest ja jätta arvestamata, et see võib muuta füüsikaliste nähtuste tajumise ja mõistmise keerulisemaks.

Jäätmaterjali kasutamisel tuleb silmas pidada sedasama, mis oli öeldud tööriistade komplekti kohta. Jäätmaterjali tuleb kasutada eelkõige neil juhtudel, kui muid materjale hankida on tõepoolest võimatu. Kui aga on võimalik saada tööks vajalikke materjale, siis tuleb tingimata eelistada seda, et õpilased näiteks lõikaksid neile vajaliku plekiriba plekitahvli, mitte aga lahtiurgitsetud konservikarbi küljest, et nad kasutaksid klaaslehtrit pudelist valmistatu asemel ja sooritaksid oma tööd tihedast puhtast paberist ja papist, mitte aga ajalehtedest ning vanadest karpidest jm. Sellepärast tuleb jäätmaterjali laialdasele kasutamisele vaadata ainult kui ühele esimestest etappidest füüsika-õpetaja töös, mis on tingitud kohalikest ja pealegi mööduvatest tingimustest. Nähtust, kui õpetaja selliste materjalide sildi all, mida võib nii või teisiti kasutada, korjab kabinetti mitmesuguseid poolkatkisi asju, ei saa lugeda õigeks. Sel juhul õpetaja topib kabinetiruumi ja seal asuvad kapid täis mitte millegi muuga kui rämpsuga, milletõttu kannatab põhiline katseriistade kollektsioon. Õpetaja peab võtma kindlaimaks reegliks: tuua kabinetti ja hoida seal tõesti vajalikke materjale, mis on saadud katkistest asjadest, mitte aga katkisi asju endid. Inventarist mahakantud kõlbmatuks muutunud laud, kapp ja teised asjad tuleb lammutada ja varuda neist saadud lauad, vineer jms., vanad naelad õgvendada; katkised värvilistest metallidest anumad tükkideks lõigata ja saadud plaadid sirgeks painutada; vanadest galvaani elementidest välja võtta söed ja kõrvaldada klemmid; sassiläinud ja kägardunud juhtmed õgvendada ja kerida vihti või poolile; konservikarbid, pudelid, apteegipudelikesed pesta hoolikalt puhtaks jms. Samuti tuleb korjata ja varuda puukruvisid, polte ja kruvipulgakesi koos mutritega, värviliste metallide tükke (eriti inglistina, tsinki, seatina), klemme jms., hankides neid rikkiläinud, oma aja ära teeninud ja äravisatavatelt katseriistadelt. Iga katseriist, mis oma aja on teeninud ja mida enam ei saa kasutada oma päris otstarbeks, tuleb üksikosadeks lahutada ja kõik need osad, mida võib tõesti tarvis minna, alal hoida. Kõik kogutavad materjalid tuleb liigitada vastavaisse rühmadesse ja hoida eeskujulikus korras. Sellest tuleb kõrvalekaldu-

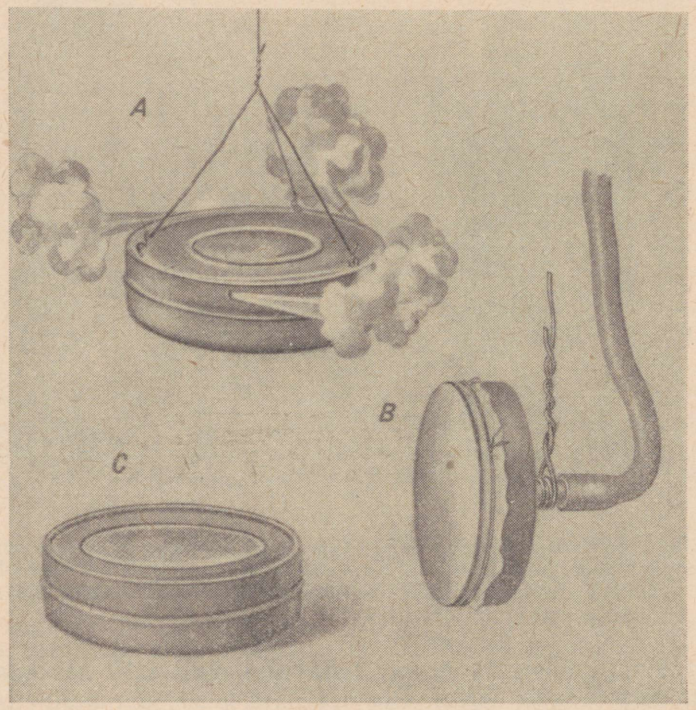


Joon. 6. Konservipurgi ratsionaalne ärakasutamine mõnedeks omavalmistatud katseriistadeks (*A* — turbiini mudel, *B* — ülevooluanum, *C* — kolmjalg, *D* — veesurvepaagike, *E* — alaldaja).

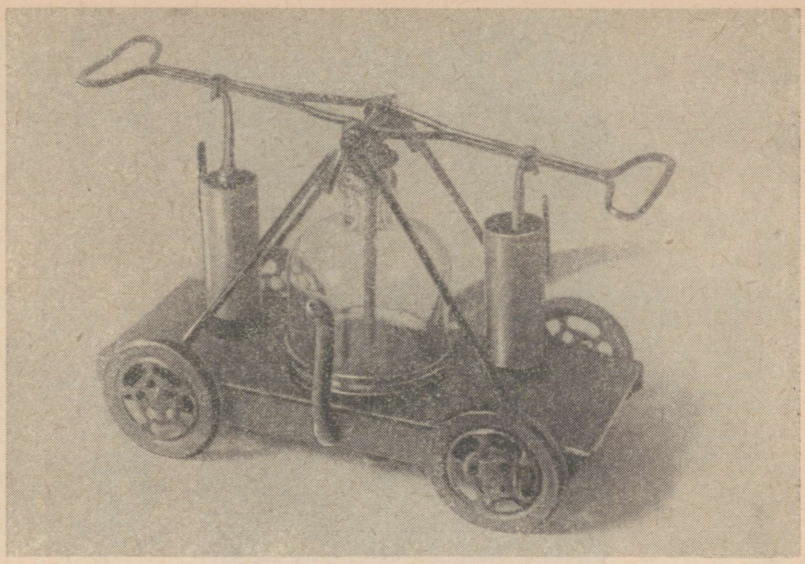
matult kinni pidada ja nõuda sedasama õpilastelt, kes kasutavad neid materjale oma töödel. Õpetajat, kes peab oma kabinetis kaste, milledesse on süsteemitult kokku kuhjatud metallitükke, roostetanud kõveraid naelu, laua-, papi- ja paberitükke, süsi, klaastorude tükke, katkisi tööriistu, näotuid sassis juhtmekerasid jms., ei saa kuidagi pidada kultuurilevitajaks ja kasvava põlvkonna kasvata-

jaks. Palju parem on üles näidata võib-olla mõnevõrra üleliigset pedantsust korrahoidmises kui hoolimatust korra vastu. Korra säilitamine on vajalik mitte ainult mugavuse loomiseks töös, vaid ka kasvatuslikel sihtidel.

Siiski võib paljudel juhtudel mõningaid igapäevaseid tarbeesemeid ja isegi jäätmaterjale edukalt kasutada omavalmistatud katseriistade ehitamisel, seejuures lihtsustades vahel nende ehitamist. Seda tuleb tähele panna kõigil neil juhtudel, kui ese osutub sobivaks mingi konstruktsiooni või seadeldise koostamisel ühe vajaliku osana. Pärast vastavaid viimistlusi võib näiteks kurikuulsat konservikarpi kasutada ja peabki kasutama aurumasina või turbiini katlana (joon. 6 *A*), ülevooluanumana (joon. 6 *B*), kolmjalana (joon. 6 *C*), mitmesuguse konstruktsiooniga veesurvepaagikestena (joon. 6 *D*), soodaalaldaja anumana (joon. 6 *E*), aneroidbaromeetri mudelina (joon. 18), kalorimeetrianumana ja teiste veeanumatena, mida võib soojendada jms. Kingakreemi karp aga on nimelt vajalik järgmiste katseriistade ehitamiseks: reaktiivturbiini mudel Sahharovi järgi (joon. 7 *A*), kapsel rõhu vaatlemiseks vede-



Joon. 7. Kingakreemikarbi ratsionaalne ärakasutamine mõnedeks omavalmistatud katseriistadeks (*A* — reaktiiv-auruturbiini mudel, *B* — kapsel rõhu uurimiseks vedeliku sees, *C* — sõel rauapuru jaoks).



Joon. 8. Omavalmistatud tuletõrjepumba mudel, mille põhiosadeks on äralõigatud põhjaga rohuklaas ja kaks püssipadruni kesta (Moskva, 504. kool, õpetaja V. A. Fetissov).

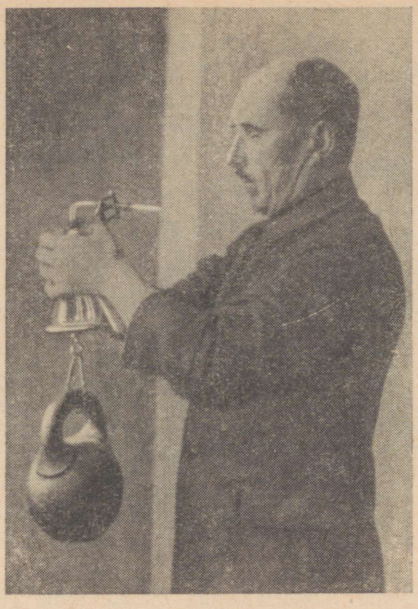
likus (joon. 7 *B*), sõel rauapuru jaoks magnetspektrite vaatlemiseks (joon. 7 *C*) jms. Sageli tuleb näiteks kasutada äralõigatud põhjaga rohuklaasi, selleks, et näidata õhukupli (padja) ehitust veepumbas (joon. 8) või valmistada (metoodiliselt palju väärtuslikum kui magdeburgi taldrikud) riist atmosfääri rõhu vaatlemiseks (joon. 9). Isegi sellist lihtsat eset nagu tikutoos võib suure kasuga rakendada õpilaste kodustes katsetes (§ 3), näiteks järgmiste nähtuste uurimiseks: tasakaalu liigid (joon. 10 *A* ja *B*), Arhimedese seadus[1] (joon. 11 A_1 ja A_2), pealtlöödava vesiratta töötamine[2] (joon. 11 B_1 ja B_2) jt.

Enamik toodud riistadest tuleks mainitud praakesemete puudumisel valmistada umbes samadest materjalidest, samade mõõdete ja sama kujuga.

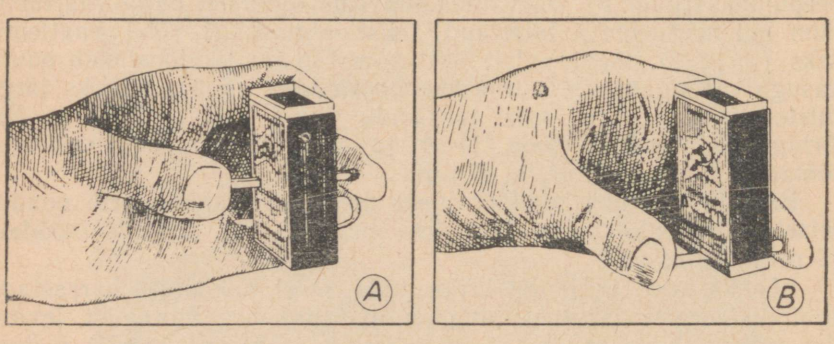
Lõpuks tuleb eriti alla kriipsutada, et ei tule üldse harrastada igat liiki isevalmistamist ning jäätmaterjali ärakasutamist, levitades sellega kodukäsitööd. See on ainult mõnikord kasulik metoo-

[1] Toosi kesta ots on varustatud põhjaga, toos on õhukindlalt kaanega kinni kleebitud ja liivaga raskemaks tehtud (sukeldamiseks). Veekindluse saavutamiseks määritakse riist õliga, immutatakse parafiiniga või kaetakse õlivärvi või lakiga. Dünamomeetri aset täidab kumminiit või -pael, mille algpikkus fikseeritakse nööri otsa riputatud raskuse abil.

[2] Ratas koostatakse neljast üksteise sisse asetatud tikutoosist. Võll (telg) tehakse sukavardast, pliiatsist jms. Tugedeks võivad olla kiilukujuliste väljalõigetega toosikestad (joon. 11 B_2).

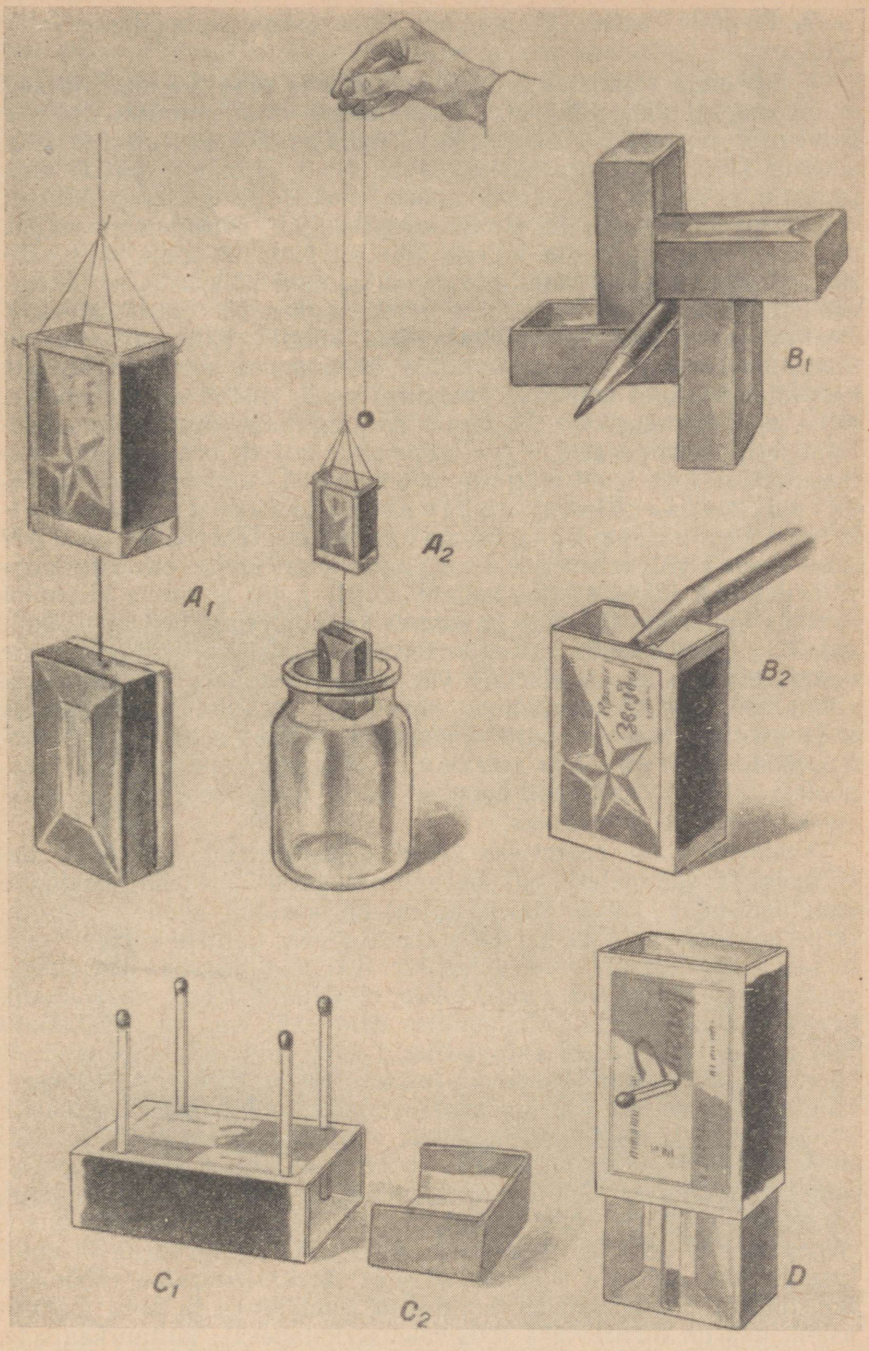


Joon. 9. Äralõigatud põhjaga pudelist valmistatud riist atmosfääri rõhu vaatlemiseks (Kursk, Tütarlaste Keskkool nr. 3, õpetaja V. K. Špakov).



Joon. 10. Tikutoosi kasutamine kodustel katsetel tasakaalu liikide tundmaõppimiseks.

dilistel sihtidel, kuid põhimõtteks võetuna tekitaks see õpilases ebavajalikke assotsiatsioone, arendaks temast võib-olla küll väga leidliku kodukäsitöölise-iseõppija, kuid jätaks ta ilma sellest tehnilisest kirjaoskusest, mis vastab kaasaegse tootmise ja tehnika tasemele.



Joon. 11. Tikutoosidest valmistatud katseriistad kodusteks katseteks (A_1 ja A_2 — Arhimedese ämbrike, B_1 ja B_2 — pealtlöödav vesiratas, C_1 ja C_2 — pingike katseteks teemal «rõhk», D — katseriist tasakaalu liikide tundmaõppimiseks).

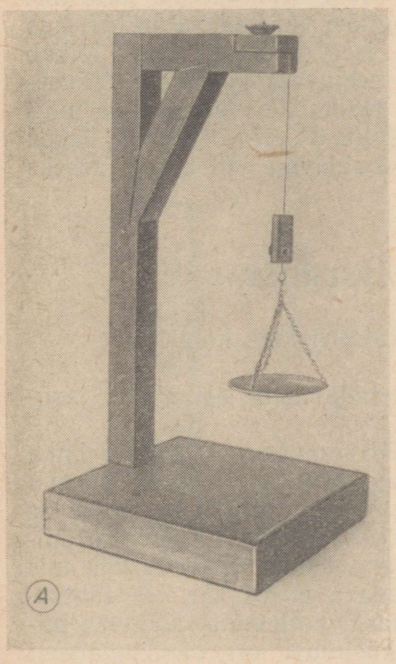
7. Poolfabrikaatide kasutamine katseriistade valmistamisel.

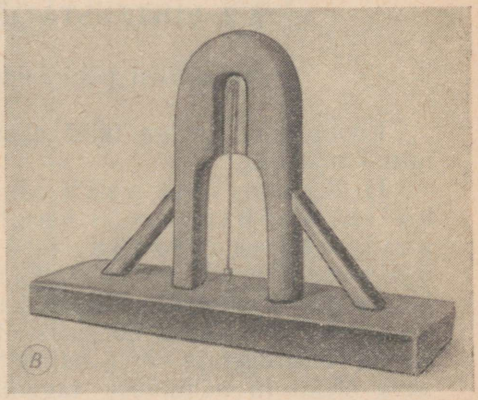
Kui õpetaja valmistab katseriista ise, siis selle töö maht ja aeg ei ole sugugi vähe tähtsad. Katseriistade valmistamisel õpilaste poolt peab õpetaja taotlema seda, et õpilaste töös prevaleeriks füüsikaline külg, mitte aga käsitöö. Juba N. S. Drenteln märkis oma raamatu «Füüsika katsed algkoolis» metoodilises sissejuhatuses: «... **lihtne kooli-katseriist ei tohi mingil juhul muutuda eesmärgiks,** mille saavutamist tuleks lugeda lõppsihiks: **ta on alati vaid nähtuse tekitamise või muutmise vahendiks,** kuni kõik selle karakteersed eriomadused või side teiste nähtustega saab täiesti selgeks». Peatähelepanu tuleb «... **pöörata just kõigile kättesaadavate ja üldtuntud esemete ning materjalide ühendamise viisidele lihtsate katseriistade koostamiseks, kusjuures need riistad on vahendiks, mitte aga eesmärgiks».** Seepärast on tingimata õigus füüsikaõpetajal, eriti seitsmeaastase kooli õpetajal, kui ta organiseerib õpilaste tööd nii, et nad pigem monteerivad omavalmistatud katseriista sobivatest osadest, kui valmistavad selle kõigis detailides. Tõepoolest, ühe või teise mudeli või katseriista koostamine komplektist «Konstruktor» võib paljudel juhtudel (kuid mitte alati!) palju enam ja kiiremini õpetada õpilastele füüsikat ja samuti ka mõningaid neile tegelikult vajalikke käsitööoskusi kui katseriistade valmistamine ilma mingite valmisdetailide kasutamiseta. On selge, et sobivate valmisosade võimalikult rohke kasutamine katseriista valmistamisel õpetaja enda poolt on temale suure tähtsusega, säästes aega ja lihtsustades tööd. Siiski on tähtis märkida, et eriti vajalikud on ainult tõepoolest sobivad osad, kuid hoopiski mitte niisugused, mis muudaksid konstruktsiooni näotuks.

Valmisdetailide peamiseks allikaks, peale nende valiku tarbeesemeist ja jäätmaterjalist, on mitmesuguste pisiasjade ostmine kauplustest, mida kasutatakse hiljem mitte ainult nende päris otstarbe kohaselt, vaid ka katseriistade osadena. Selliste sobivate esemete ja detailide otsimine vajab teatavat leidlikkust ja teravmeelsust. Kuna me ei saa kindlad olla, et vajalikku eset on võimalik saada just katseriista valmistamise momendil, siis on paratamatu igal sobival võimalusel osta selliseid asju, mida saab tõenäoliselt kasutada katseriista osadena (näiteks raudhinged, nurgakesed, nööpnõelad, puukruvid, voolukatkestajad, lambipesad, taskulambi pirnid, eboniidi ja plastmassi tükid, anumad, kellaosad jne.). Eriti tuleb ära märkida raadio- ja elektritarvete kaupluste osa detailidega varustamises (kontaktid, klemmid, puksid, Wood'i suland, juhtmed ja nöörjuhtmed, söed, detailid elektrimintaažiks jne.). Selles mõttes on väga kasulikud kinotarvete, jalgrataste ja õmblusmasinate, optiliste riistade (läätsed), kantseleitarvete (nööpnõelad, niidid), mänguasjade (kerakesed, kuubikesed ja need mänguasjad, mis on huvitavaiks füüsikakatseriistadeks), kultuurkaupade, kummisaaduste, (torukesed, pallikestad) ja muusikakauplused

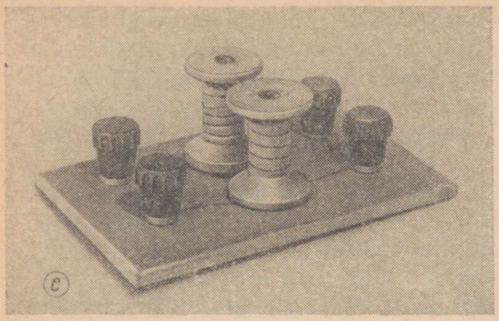
(teraskeeled, tiguajamid, viiuli keerpulgad), samuti ka zoomagasinid (akvaariumid). Selliseid detaile on aga enamasti võimatu leida füüsikaõppevahendite kauplustest. Peale kauplustest ostmist tuleb õpetajal, kui vähegi võimalik, kasutada mõningate palju tööd nõudvate ja keeruliste detailide tellimist väljaspoolt, s. o. vastavailt meistreilt.

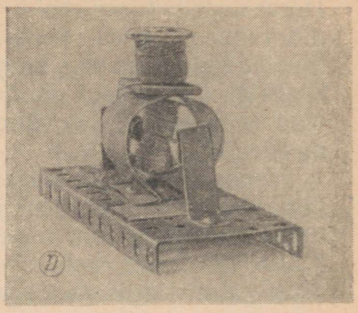
Omavalmistatud katseriistade ehitamisel õpilaste poolt on väga tähtis silmaspidada veel järgmist. Peamiseks veaks, mida õpetajad vahel teevad ja mis mõjub kahjulikult kogu töö tulemustele, on aluste või teiste katseriista osade kinnitamiseks vajalike tugiseadiste valmistamiseks kuluva küllaltki suure tööhulga alahindamine. Juba esimese pilguga omavalmistatud katseriistale saab sageli selgeks selle (õpilaste poolt katseriista valmistamisel omandatavate füüsikaliste teadmiste ja oskuste seisukohalt) väike metoodiline väärtus. Tõepoolest, tihti juhtub, et riista aluse või korpuse valmistamine raiskab palju rohkem õpilase aega kui «füüsikalise osa» ehitamine. Teinekord on isegi «füüsikaline osa» niivõrd lihtne, alus aga suhteliselt niivõrd keeruline või palju tööd nõudev, et katseriist muutub metoodiliselt, s. o. füüsika õpetamise seisukohalt karikatuuriks. Joonisel 12 *A* ja *B* on toodud iseloomustavaid näiteid sellistest kasteriistadest, kus õpilased kulutasid suurema osa tööst puust abiosade viimistlemisele.





Joon. 12. *A* ja *B*. Õpilaste poolt õpetaja ebaõigel juhendamisel valmistatud katseriistu. Sellistele riistadele on omane tarbetu keerukus ja suur töömaht abiosade valmistamisel (*A* — katseriist kumminiidi venivuse leidmiseks, *B* — loodlaud).





Joon. 12 *C* ja *D*. Katseriistad füüsikalist laadi vigadega (*C* — takistus klemmide kontaktides on lähedane traadi takistusele, mistõttu riist ei saa olla takistuse «etalooniks»; *D* — elektrimootorike induktori pooli ebaõige asendiga ja rauast aluse külge lülitatud magnetojuhtmega).

Aluste ja teiste katseriista osade valmistamiseks on kõige ratsionaalsem soovitada õpilastel kasutada varemvalmistatud «poolfabrikaate», s. o. hööveldatud ja tükkideks lõigatud laudu, nelinurkseid ja ümmargusi mitmesuguse ristlõikepindadega latte jne. (§ 8, 12). Enam kui kahtlase pedagoogilise väärtusega on töö, kus õpilane hööveldamata, okslikust või isegi toorest lauast lõikab välja talle vajalikud tükid, kasutades seejuures kõige primitiivsemaid seadmeid ja tööriistu. Füüsikast teadmiste omandamise mõttes on selline töö täiesti ebatootlik ajakulu. Parem on, kui õpilased kasutavad juba valmis aluseid või kohaldavad selleks otstarbeks laboratooriumi statiive.

§ 2. LIHTSUSTATUD KATSERIISTAD.

1. Metoodilisi põhinõudeid katseriistade kohta.

Koolis kasutatavate füüsikakatseriistade kohta esitatakse järgmised nõuded:

1) Katseriist peab oma töötamise ajal andma küllalt nähtava või kuuldava efekti, nii et tema abil esilekutsutud füüsikaline nähtus oleks õpilastele hõlpsasti jälgitav. Ei saa lubada, et õpilane pigemini aimaks nähtust, kui seda vahetult vaatleks või, mis veelgi halvem, usuks katseriistalt saadava efekti äärmise tähtsusetuse tõttu õpetaja sõnu, nähtust ennast vaatlemata. Nähtuse piisava efekti ja nähtavuse tagamise küsimust on üksikasjaliselt vaadeldud II köites (§§ 3 ja 11) ja peale selle enamiku katsete kirjeldamisel (vt. k. II, §§ 21—74).

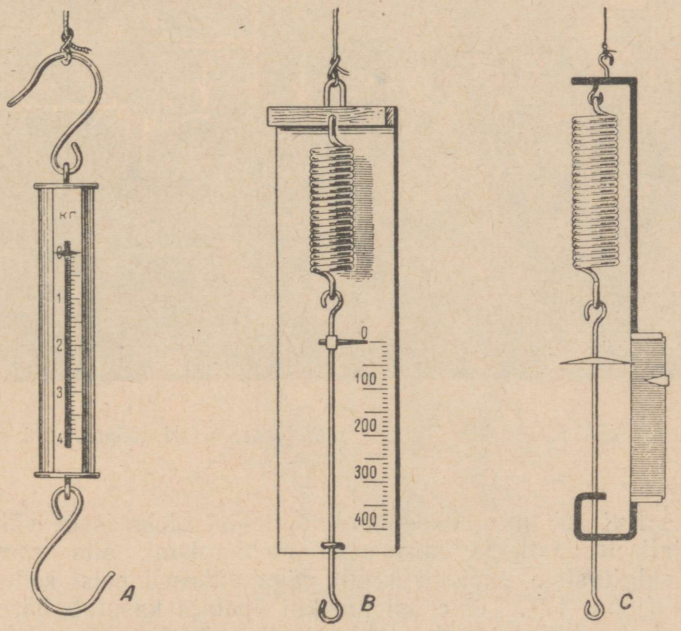
2) Katseriista konstruktsioon peab olema niisugune, et ta toime, või õigemini öeldes tema

abil selle seletamine, «kuidas ja mispärast» taastekitatakse uuritav nähtus, oleks võimalikult lihtne. Parim katseriist on selline, mille toime saab õpilastele selgeks ilma ta ehitust eriliselt selgitamata. Kuid see pole kaugeltki alati võimalik. Sellisel juhul võib katseriista väärtuse hindamise kriteeriumiks olla riista lihtsus ja see, kuivõrd lühikest aega võtab tema ehituse ning tegevuse seletamine.

Sellist lihtsust saavutatakse peamiselt katseriista erilise «skematiseerimise» teel, s. o. osade sellise asendi ja ehitusega, mis võimalikult lähendaksid kogu riista konstruktsiooni ta printsipiaalsele skeemile. Üsna tähtis on ka see, et konstruktsioonis esineksid ainult need osad, mis tagavad nähtuse tekitamist, ja et kõik lisaosad ja seadised, millede ülesandeks on näiteks katseriista kasutamise mugavus ja teised sihid, asetseksid nii, et nad ei takistaks põhikonstruktsiooni selget ja täpset tajumist.

Toome rea näiteid:

a) Kahe dünamomeetri võrdlemisel, millest üks on tuntud koolidünamomeetri nime all (joon. 13), teist aga kasutatakse laboratoorsetel töödel (joon. 14), on teisel vaieldamatuid metoodilisi eeliseid, sest õpilane ei vaja selle ehituse ja tegevuse selgitust, saades selle küsimusega kergesti iseseisvalt hakkama. Niisuguste

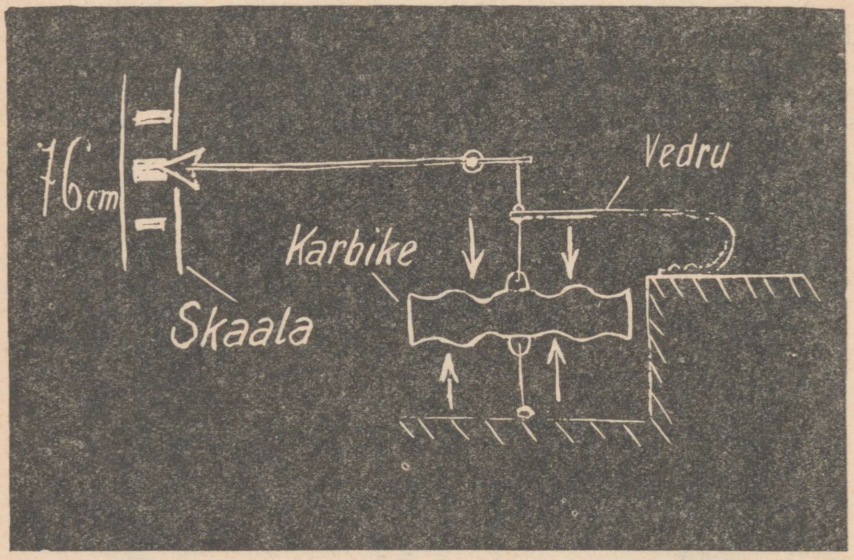


Joon. 13, 14 ja 15. Dünamomeetrid: koolidünamomeeter (*A*), Bakušinski dünamomeeter (*B*) ja Arhimedese seaduse tundmaõppimiseks kasutatava riista dünamomeeter (*C*).

metoodiliselt väärtuslike dünamomeetrite hulka kuulub ka see, mida kasutatakse katses Arhimedese ämbrikesega (joon. 15).

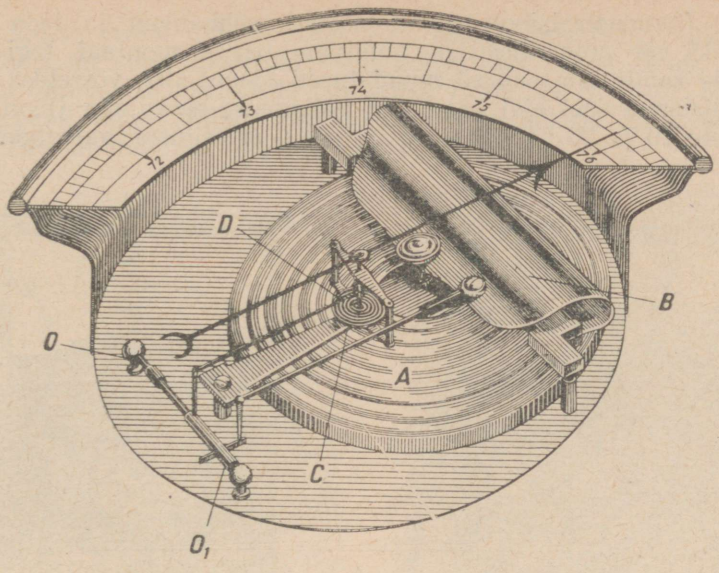
b) Polarisatsiooni- ja depolarisatsiooninähtuse uurimine galvaani elementides võib toimuda, nagu see selgus II köites, § 44, 8, joonis 317, II, elektrolüüsi-aparaadi abil. Kuid metoodiliselt seisukohalt on selle nähtuse olemuse uurimiseks palju parem kasutada konstruktsioonilt primitiivset galvaani elementi, mis koosneb väävelhappe lahusesse asetatud tsingi- ja vaseribast (vt. k. I, § 93, 3 ja joon. 204). Polarisatsiooni- (gaasikihi tekkimist) ja depolarisatsiooninähtust vaatleb õpilane individuaalselt (laboratoorses töös) või jälle õpetaja poolt projektsiooniaparaadi abil ekraanile projitseerituna.

c) Mettallbaromeetri ehituse selgitamine piirdub tavaliselt vaid baromeetri skeemi joonistamisega (joon. 16) ja riista näitamisega väljastpoolt, s. o. skaala ja osutiga varustatud karbi näita-

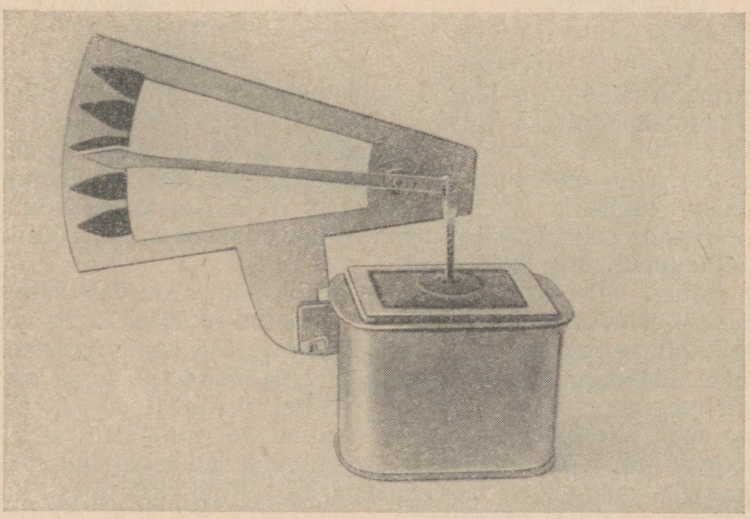


Joon. 16. Õpetaja joonis klassitahvlil aneroidbaromeetri tööprintsiibi selgitamiseks.

misega. Kui seitsmeaastase kooli õpilastel oleks isegi võimalust üksikasjaliselt vaadelda baromeetri mehhanismi, siis vaatamata õpetaja selgitustele, saaksid ainult väga vähesed neist selle ehitusest aru (joon. 17). Teine asi on, kui õpetaja kasutab baromeetri muudetud ja lihtsustatud mehhanismi, näiteks omavalmistatud riista kujul, mis on näidatud joonisel 18. On selge, et sel juhul baromeetri konstruktsiooni ja töötamise küsimus muutub õpilastele jõukohasemaks ning arusaadavamaks.

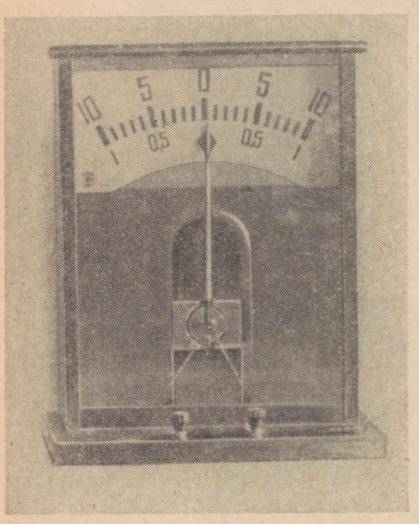


Joon. 17. Aneroidbaromeetri mehhanismi ehitus.

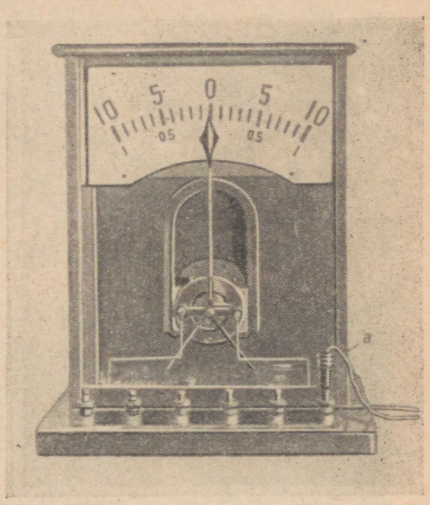


Joon. 18. Omavalmistatud mudel aneroidbaromeetri tööprintsiibi demonstreerimiseks. Mudel asetatakse demonstreerimiseks õhupumba kupli alla.

d) Demonstratsioon-galvanomeetri mehhanism ja teda volt-meetriks või ampermeetriks muutvate osade montaaž tegi nõukogude koolis läbi suured muudatused (joon. 19), võrreldes tema revolutsioonieelsel ajal kasutatud välismaise eeskujuga (joon. 20). Jooniste 19 ja 20 võrdlemisest on näha, et esimene galvanomeeter



Joon. 19. Kooli demonstratsioon-galvanomeeter.



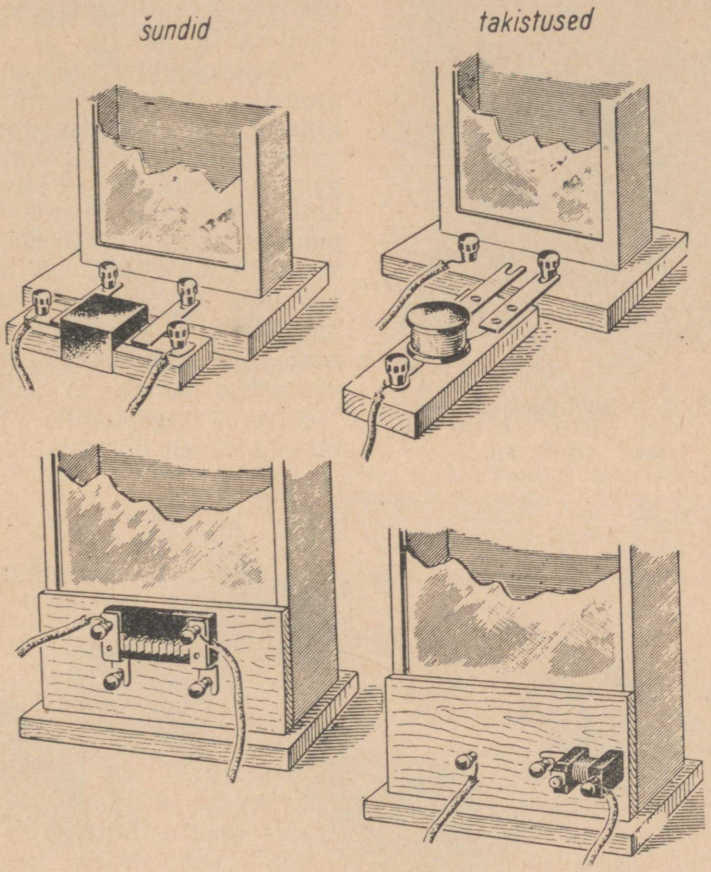
Joon. 20. Liikumatult kinnitatud šuntide ja eeltakistustega demonstratsioon-galvanomeeter.

on mehhanismi ehituse ning eeltakistuste ja šuntide ühendamise viisi tundmaõppimiseks lihtsam ja seepärast ka metoodiliselt väärtuslikum. Kui aga võrrelda mainitud lisaosade montaaži ja ehitust (joon. 21), siis tuleb tingimata anda eesõigus 1949. a. tootmisest väljalastud mudelile (ИПО) (joon. 22 *A* ja *B*). Viimast mudelit tuleb eelistada sellepärast, et tema eeltakistuste ja šuntide lülitused on näitlikumad ning lihtsamad.

e) Kahest katseriista tüübist «pöörlev mähis» on vaieldamatuid metoodilisi eeliseid mähisel, mis on näidatud joonisel 23 *A*, võrreldes kujutatuga joonisel 23 *B*. Seitsmeaastase kooli õpilastel on keeruline, õigemini mittejõukohane mõista magnetpooluste asendit suletud magnetojuhtmes (rõngas). Teisel riistal (joon. 23 *B*) on mähise poolt piiratud pinda läbiva magnetvoo suurendamiseks kaks poolrõngakujulist ühenimelisi pooluseid pidi kokkupandud magnetit. Suurema magnetvoo taotlemisega on selline riist täiesti kaotanud oma metoodilise väärtuse.

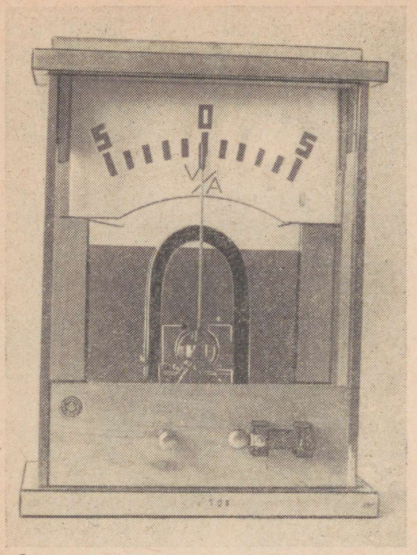
f) Hüdraulilise pressi (joon. 24 *A*) töö seletamine nõudis tavaliselt peale hüdraulilise masina demonstreerimise (joon. 24 *B*) pressi klaasmudeli näitamist (joon. 24 *C*). Uus, lihtsustatud kooli

hüdraulilise pressi mudel (joon. 25) teeb pleksiklaasi kasutades tarbetuks nii vana konstruktsiooniga keerulise pressi (joon. 24 *A*) kui ka nimetatud abiriistade näitamise (joon. 24 *B* ja *C*). Mudelil on selgesti näha kolbid, klapid, silindritevahelised ühendused ja silindrite läbimõõtude vastastikune suhe.



Joon. 21. Šuntide ja takistuste ühendused vanal ja uuel (1949. a. väljalase) demonstratsioon-galvanomeetril).

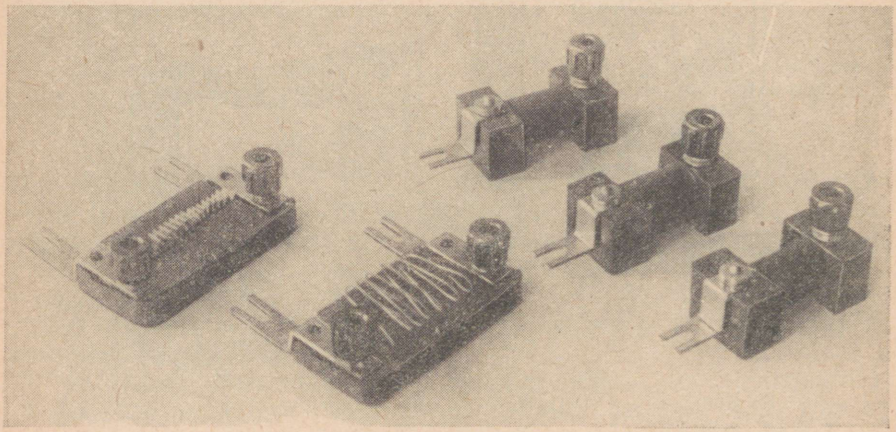
Võiks tuua palju näiteid, mis iseloomustavad vene metoodilise mõtte püüet avada võimalikult rohkem õpilaste ees «katseriista saladust», «skematiseerides» ta ehitust ülalpool näidatud mõttes. Kuna nõukogude kooli kogemused on mõjutanud ja mõjutavad, mõnikord aga isegi on määranud ja määravad kindlaks katseriistade konstruktsiooni, mida toodab õppevahendite tööstus, siis rida



Joon. 22 *A*. Kooli demonstratsioon-galvanomeeter (ИПО) uuest väljalaskest (1949. a.).

meie katseriistu ületab metoodilises suhtes välismaisi[1]. Selleks, et anda üha enam ja enam arenevale tööstusele metoodilises mõttes kõige täiuslikumate katseriistade mudeleid, käib selline töö eriti intensiivselt praegusel, sõjajärgsel ajal[2].

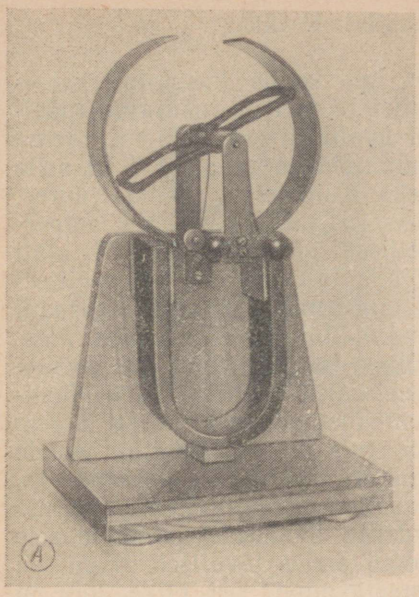
Ülalosutatud katseriistade taolisi riistu võime nimetada lihtsustatuiks. **Katseriista lihtsustamisel on seega oma rangelt piiritletud siht — luua riist, mis oleks metoodilisest vaatepunktist kõige otstarbekohasem, võimalikult näitlik, mitte üle kuhjatud üleliigsete detailidega ja õpilastele jõukohane õpetamise alguses.** Füüsika õpetamise metoodika nõuab, et katseriistad (eriti algõpingute jaoks) oleksid nimelt lihtsustatud.

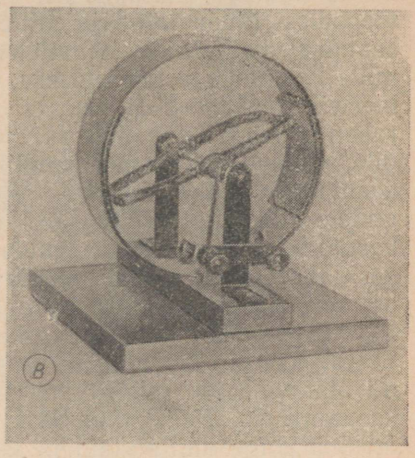


Joon. 22 *B*. Kooli demonstratsioon-galvanomeetri (joon. 22 *A*) šundid ja eeltakistused.

[1] On iseloomustav, et revolutsioonieelsel ajal sisaldasid mõningate välismaiste firmade füüsikakatseriistade kataloogid rohkearvulisi mudeleid, mis olid välja töötatud vene metoodikute, näiteks Kolbe, Rosenbergi ja teiste kesk- ning kõrgema kooli õpetajate poolt Peterburis.

[2] Katseriistade mudelite väljatöötamine toimub Vene NFSV Haridusministeeriumi juures füüsika õppevahendite alakomisjonis D. D. Galanini juhtimisel; viimane etendab tähtsat osa vene kooli katseriistade ehitamise ja PTA füüsika musterkabinettide organiseerimise töös Leningradis ja Moskvas (juhataja A. A. Pokrovski, õpetaja B. S. Zvorõkin).





Joon. 23 *A* ja *B*. Kaks «pöörleva mähise» konstruktsiooni: metoodiliselt otstarbekohane ja ebaotstarbekohane.

2. Lihtsustatud ja omavalmistatud katseriistade erinevused.

On tähtis märkida, et kaht sageli teineteisega samastatavat mõistet — «lihtsustatud» katseriist ja «omavalmistatud» katseriist, tuleb tingimata eristada. Lihtsustatud katseriist võib olla nii vabrikutöö kui ka omavalmistatud. Bakušinski dünamomeetrid (joon. 14 ja 15 *B* ja *C*), demonstratsioon-galvanomeeter (joon. 22 *A*) jt. on lihtsustatud vabrikutooted; aparaat polarisatsiooninähtuse demonstreerimiseks, baromeetri mudel (joon. 18) jt. aga on lihtsustatud omavalmistatud katseriistad.

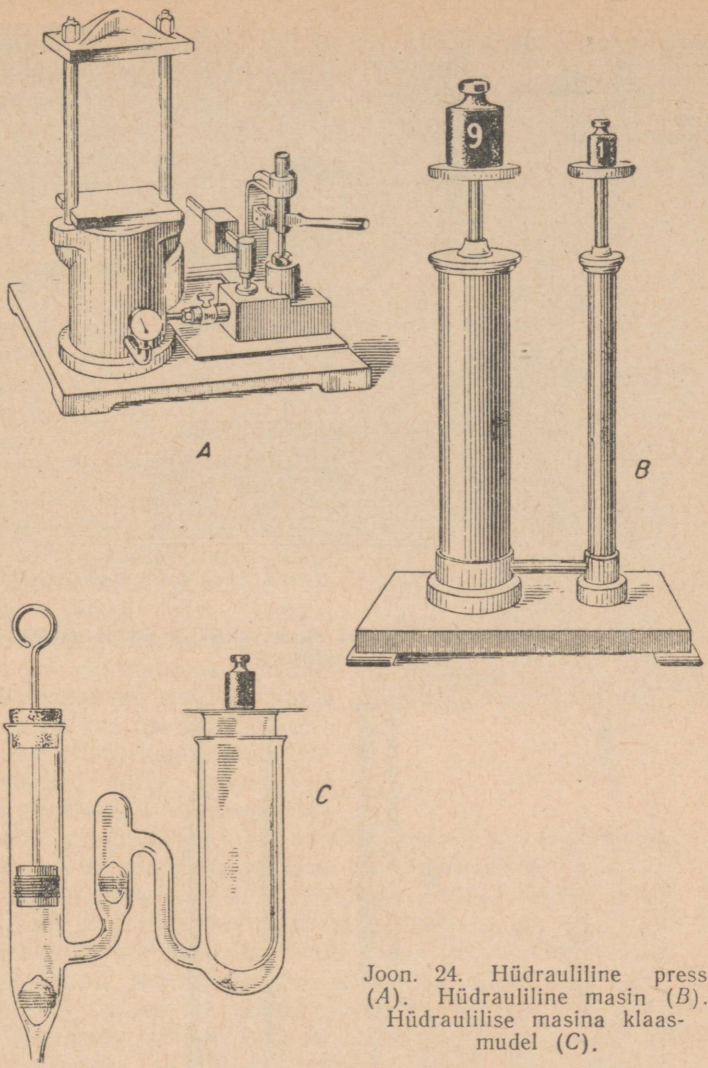
Sageli nimetatakse «omavalmistatud» katseriista «lihtsustatuks», lähtudes nähtavasti eeldusest, et riista valmistaja oskused on väga madalal tasemel. Selleks aga, et katseriista valmistada omade vahendite ja jõududega, tuleb viimasel põhjusel tema konstruktsiooni tihti lihtsustamise asemel muuta hoopis keerulisemaks. Kõige sagedamini esineb seda klaasipuhumistöödel: näiteks omavalmistatud Hoffmanni aparaat (joon. 26 *B*), kus torude alustugi on asendatud nende ühendamisega kolmiktoru abil, on oma konstruktsioonilt vabrikuaparaadist keerulisem. Kummist ühendustorud ja elektroodide kinnitamine kummipunnide abil muudab asja olemuse tajumise tõepoolest keerulisemaks. Selleks aga, et demonstreerida hapustatud vee lagundamist elektrivoolu abil, on metoodiliselt kõige väärtuslikum joonisel 26 *C* näidatud riist.

3. Lihtsustatud katseriistade liike.

Ei ole mingit vajadust nõuda, et iga koolis kasutatav katseriist oleks lihtsustatud. Ühed katseriistad, mis on määratud füüsikalise nähtuse tekitamiseks, peavad kvalitatiivsest küljest olema tõepoolest lihtsustatud ja mitte ainult nähtuse enda, vaid ka selle saamise viisi põhimõtte esiletoomiseks. Kuid teiste riistade juures, mida kasutatakse mõõtmiseks, näiteks kaalud, voltmeetrid, ampermeetrid, baromeetrid jms., ei ole sellised nõuded kaugeltki alati rakendatavad, kuna nad võivad mõjuda mõõteaparaatide kvaliteedile, vähendades nende tundlikkust, mõõtmise täpsust, aparaadi kasutamise mugavust jms. Veel enam, füüsika õpetamise ülesannete hulka kuulub ka see, et õpilane harjuks võimalust mööda kasutama selliseid riistu, mida rakendatakse tehnikas ja teaduslikes laboratooriumides. Seepärast on metoodiliselt kõige õigem omada mõnede riistade «duplikaate», mis on lihtsustatud nende tegevusprintsiibi või konstruktsiooni eriomaduste esiletoomiseks. Seetõttu ei ole ka juhuslik, et paljuaastane koolipraktika on viinud nii töötavate kui mittetöötavate mudelite loomisele ja laialdasele kasutamisele. Need mudelid sisaldavad endas tavaliselt riista või masina kõige olulisemaid ja iseloomustavamaid osi, mille kuju on sageli teisendatud skematiseerimiseni. Selliseid mudeleid rakendatakse enamasti masinate ja mõõteaparaatide puhul ning neil on mõnikord, kuigi harva, mitte katseriista, vaid seadme kuju. Masinate mudelite hulka kuuluvad näiteks tööstuslikult toodetavad aurujaotusmehhanismi ja sisepõlemismootori mudelid ja omade jõudude ning vahenditega valmistatavad rõngaste ja kollektoriga mähise, aneroidbaromeetri (joon. 18) jt. mudelid. Need mudelid toovad vastavate masinate tööprintsiibi selgitamisel erakordset kasu, aidates kaasa eri osade otstarbe ja nende vastastikuse seose või koostöö selgitamisele. Nad ei ole isetöötavad ja neid tuleb käsitsi liikuma panna.

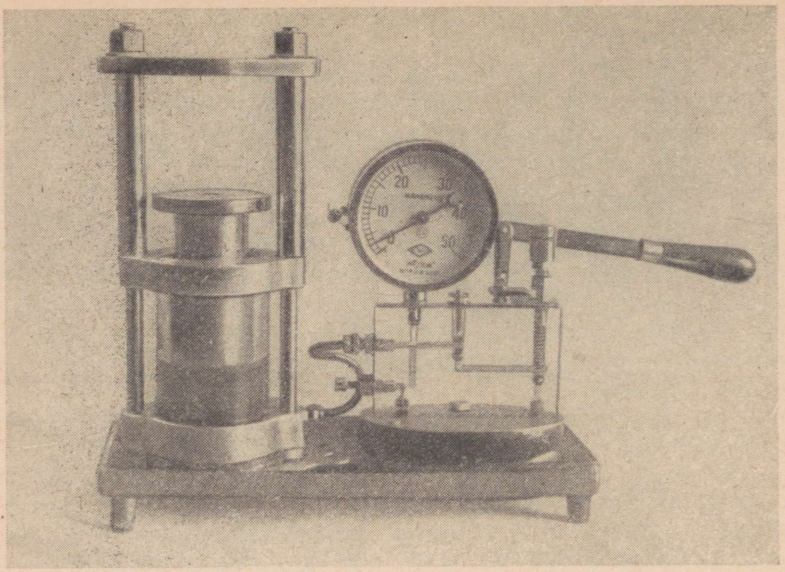
Selliste masinate ja riistade mudelite hulka tuleb lugeda ka isetöötavaid mudeleid. Isetöötavad mudelid on selles mõttes täiuslikumad, et neid ei panda liikuma või töötama mitte käega, vaid oma laadilt sobivate jõududega. Niisugusteks on näiteks: aktiiv- (joon. 6 *A*) ja reaktiiv- (joon. 7 *A*) auruturbiini lihtsamad mudelid, samuti elektromagnetilise (vt. k. I, joon. 210) ja termilise ampermeetri mudelid (vt. k. I, joon. 211). Füüsikakatseriistade töötamise ja ehituse printsiibi nähtavaletoomiseks kasutatakse kõige sagedamini abiseadmeid ja nendega katsetamist. Nii näiteks lahendatakse see küsimus anumbaromeetri puhul Torricelli katsega, veevärgi ehituse käsitlemisel — purskkaevu demonstreerimisega (vt. k. I, § 16 ja joon. 18).

Selliste mudelite demonstreerimine on harilikult ettevalmistavaks astmeks, kuna pärastpoole näidatakse, mõnikord aga ka õpitakse tundma kas täiuslikumaid mudeleid või masinaid ja mõõteriistu endid.

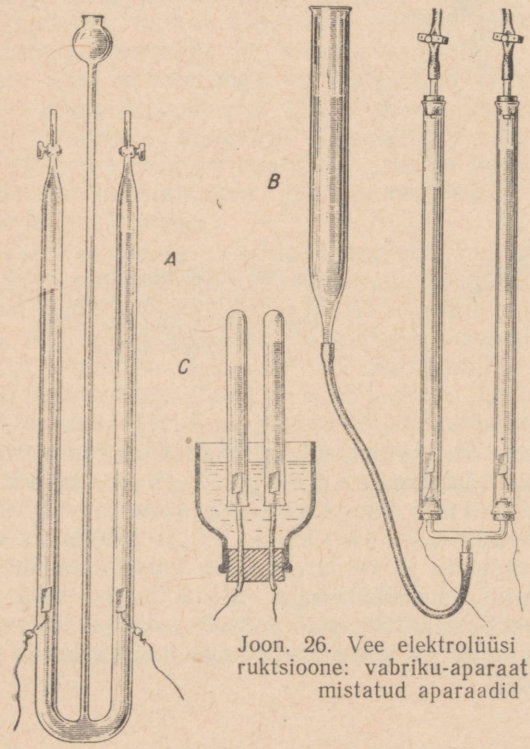


Joon. 24. Hüdrauliline press (*A*). Hüdrauliline masin (*B*). Hüdraulilise masina klaasmudel (*C*).

Vaatleme järgnevalt lihtsustusi, mis aitavad kaasa katseriistade metoodiliste omaduste tõstmisele. Reeglikohaselt ei tohi lihtsustamine toimuda katseriista abil tekitatava füüsikalise nähtuse efekti vähendamise arvel. See alati ei õnnestu ja seepärast tuleb katseriista lihtsustades vahel leppida efekti vähendamisega. Kuid harulduseks ei ole ka juhud, kus lihtsustatud katseriistal osutub nähtus intensiivsemaks, väljendusrikkamaks ja arusaadavamaks kui vastaval vabrikus valmistatud riistal.

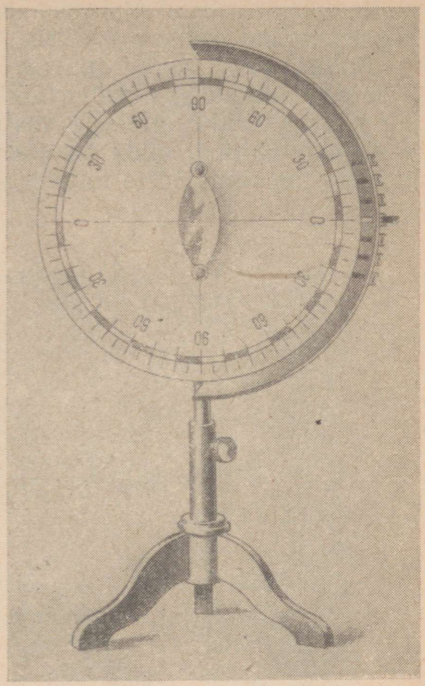


Joon. 25. Uus hüdraulilise pressi mudel üksikute osade selgesti nähtava ehitusega.



Joon. 26. Vee elektrolüüsi aparaatide konstruktsioone: vabriku-aparaat (*A*) ja omavalmistatud aparaadid (*B* ja *C*).

Tööstus ei saa alati välja lasta kooli jaoks kõige ratsionaalsemaid lihtsustatud katseriistu, sest need on vahel kogukad, haprad ega talu transporti. Kohapeal valmistatud katseriistade juures aga ei ole sellistel omadustel kooli tingimuste seisukohalt eriti olulist tähtsust. Veelgi enam, kogenud õpetaja eelistab mõnedel juhtudel, kui see osutub metoodiliselt väärtuslikumaks, katsete asemel valmis vabrikuriistal näidata neid vastava seadme abil[1].



Joon. 27. Hartl'i ketas.

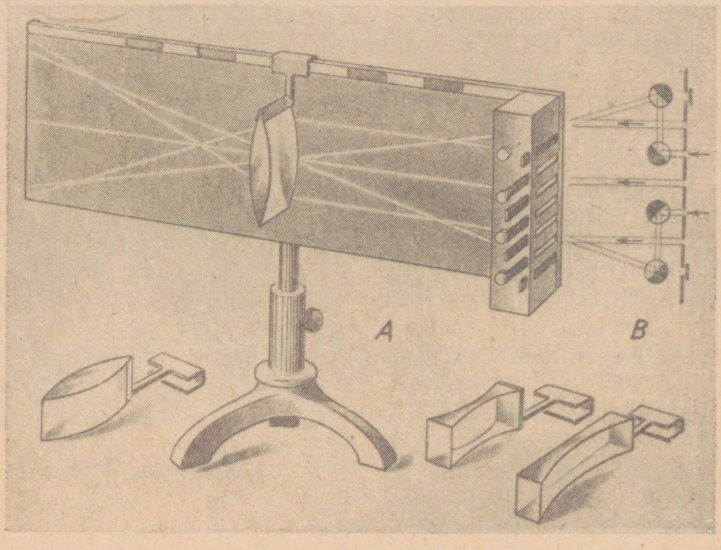
Seadme kasutamine võimaldab õpetajal esiteks kombineerida selliselt katseriista üksikuid osi, et selle printsipiaalse külje tajumine muutuks õpilaste'e lihtsamaks. Teiseks võib õpetaja, konstrueerides lihtsustatud katseriista või valmistades vabrikukatseriista asemel seadme, välja jätta sealt terve rea osi, mis esinevad kas riista kasutamise hõlbustamiseks, talle universaalsuse andmiseks, kandmise või transpordi mugavamaks tegemiseks, mõnikord isegi kahjuks ei tea milleks, või katseriistale teatava välimuse ja lihvi andmiseks.

Vaatleme näiteks sellise alati soovitatava riista, nagu Hartl'i ketta (joon. 27) lihtsustamise ratsionaalsuse küsimust. Selle riista kribu-krabuline ja keeruline kuju (igat liiki osade ohtrus, kraadijaotused limbil, mõnikord aga ka geomeetriliste kujundite joonised ketta keskel) paneb tavaliselt õpilased esimesel pilgul hämmastuma. Niisugune konstruktsioon soodustab õpetajal katse kiiremat ettevalmistamist. Kuid see konstruktsioon teeb riista töötamise printsiibi mõistmise ja demonstreeritavate nähtuste vaatlemise keeruliseks, killustades ja juhtides kõrvale õpilaste tähelepanu riista osade kohta tekkivate küsimustega: «aga milleks on see?» Sellepärast eelistab kogenud õpetaja seitsmeaastases koolis mitte kasutada Hartl'i ketast, vaid valmistada lihtsustatud seadis valgest ekraanist, silindrilisest läätsest või peeglist ja pilust, millega saab näidata vajalikke nähtusi mitte sugugi halvemini, vaid kvaliteedilt isegi paremini. On loomulik, et sellised õpetajate metoodilise

[1] Selle seadme osi hoiab õpetaja tavaliselt hoolikalt kabinetis ja tarvitab neid aastast aastasse.

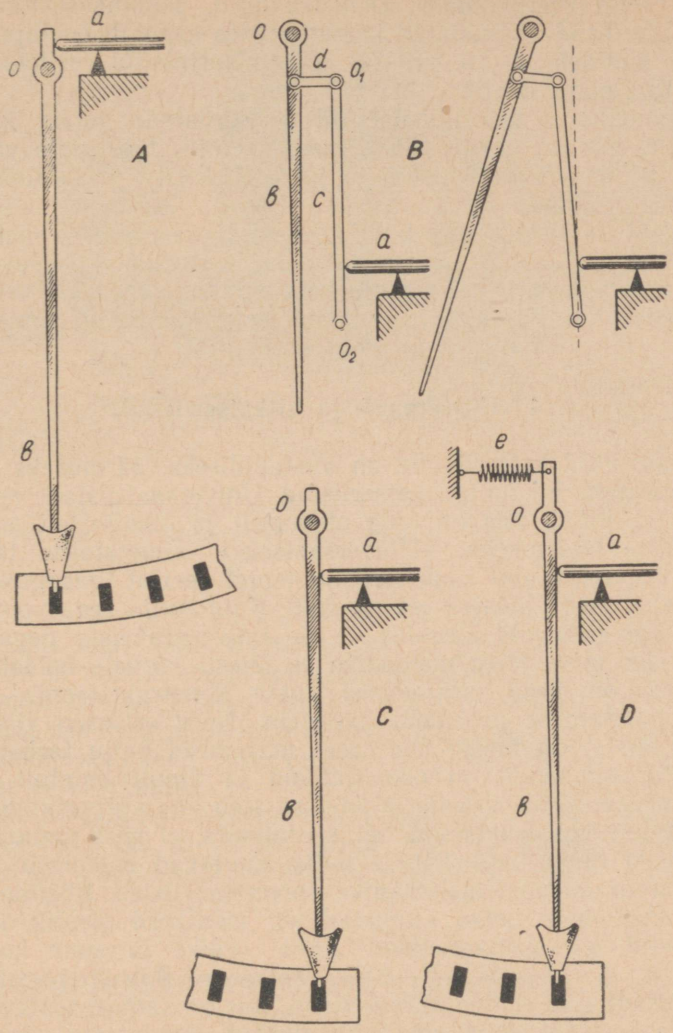
mõtte loomingulised otsingud põhjustasid A. I. Glazõrini poolt konstrueeritud optikakatseriista tööstuslikku tootmist (joon. 28).

Kolmandaks võib õpetaja lihtsustatud katseriistade juures kasutada võtteid ja detaile, mis oma hapruse ja kogukuse tõttu ei ole tööstuslikule tootmisele vastuvõetavad. Vaatleme näiteks mehhanismide ehitust, mida kasutatakse niivõrd väikeste nihete või käänete lineaarmõõdete muutuste nähtavaletoomiseks, mis on palja



Joon. 28. A. J. Glazõrini riist (valguse peegeldumine ja murdumine) optika katseteks.

silmaga vaatlemisel märkamatud. Selliseid mehhanisme rakendatakse kehade termilise paisumise vaatlemisel, metallmanomeetris, aneroidbaromeetris jm. Koolis kasutatavad sellised mehhanismid põhinevad erinevate õlapikkustega kangi nihkumise ebavõrdsusel — lühikese õla otsa väike nihkumine põhjustab nimelt pika õla otsa tunduvat nihkumist. Kangid, mida kasutatakse näiteks koolipüromeetrites, võivad olla kolme tüüpi. Ühel juhul võetakse kang *b* pöörlemisteljega punktis *O* ja ta läheb tagasi oma algasendisse (keha kokkutõmbumisel) raskuse jõul (joon. 29 *A* ja *C*). Sama sihiga on teisel juhul kang varustatud vedruga *e* (joon. 29 *D*). Kolmandal juhul, nagu näiteks õppevahendite tööstuses valmistatud püromeetris, esineb kaks kangi *b* ja *c*, nende pöörlemisteljed läbivad vastavalt punkte *O*, O_2, mis on liigendite abil ühendatud sidemega *d* (joon. 29 *B*). On selge, et riista töötamisprintsiibi lihtsuselt on paremad esimene ja teine, kolmas aga nõuab õige



Joon. 29. Kangide kasutamine väikeste pikenemiste nähtavaletoomiseks.

palju aega 6.—7. klassile kaugeltki mitte lihtsa kaksikkangi küsimuse seletamiseks. Osutitele küllaldase pikkuse andmiseks oleks tööstus esimesel kahel juhul pidanud välja laskma koguka ja hapra aparaadi. Seetõttu ta kasutab kolmandat viisi, mis võimaldab luua kompaktse konstruktsiooni.

Selleks, et tekkiv nihkumine paneks osutid pöörlema, on mõõtmiseks kohaldatud manomeetri ja metallbaromeetri mehhanism

tehtud veelgi keerukamaks (kaksikkangid, hammassektorid jne.) (joon. 17). Kuid lihtsustatud katseriistades kasutab õpetaja metoodilistel sihtidel, s. o. riista töötamisprintsiibi esiletoomiseks (joon. 18), pikka osutit.

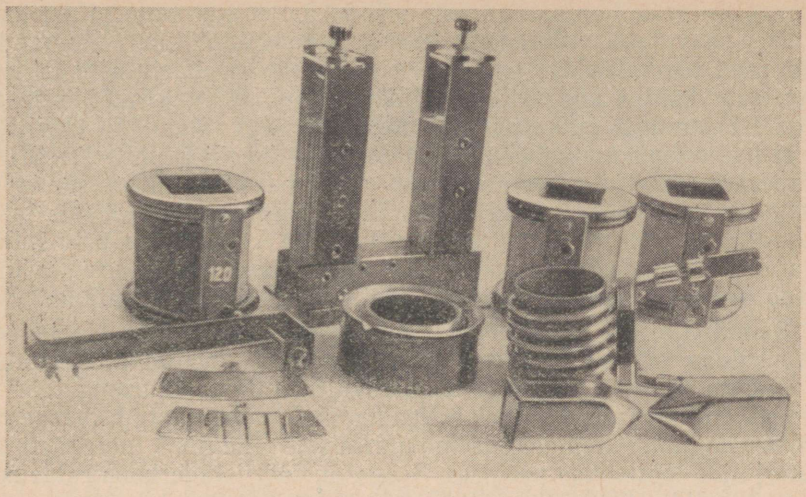
Neljandaks ei saa lihtsustatud katseriistade jaoks kasutada materjale, mis on nende vähese kestuse tõttu tööstusele vastuvõtmatud ja mis võivad katseriista juba ühekordse kasutamise järel muuta kõlbmatuks.

Sellised on lihtsustuste põhiliigid, mida kasutatakse metoodilistel sihtidel füüsika õpetamise tõhususe tõstmiseks. Lõpuks tuleb mainida, et katseriista üksikute osade eredaks värvimine kergendab tihti õpetajal selgitamist ja õpilastel selgitatust arusaamist.

4. Universaal- ja liitkatseriistad.

Lihtsustatud katseriistale on vastupidiseks äärmuseks universaalriista nime all tuntud katseriistad. Universaalriistade seas eristame kaht tüüpi, mis on oma olemuselt ja omadustelt erisuguse metoodilise väärtusega. «Universaalseks» nimetatakse tavaliselt katseriista, mille abil saab näidata tervet seeriat igasuguseid katseid, vahel isegi füüsika eri osadest. Kuid mitte see (võime haarata hulka erinevaid katseid) ei ole universaalriista negatiivseks omaduseks, mille tõttu metoodika ta täiesti kõrvale heidab. Tema puuduseks on need iseärasused riista konstruktsioonis, millega teda kohandatakse paljudeks katseteks. Need erisused viivad selleni, et riistal on mingi ühe katse näitamisel palju tarbetuid osi, mis antud momendil on ebavajalikud ja ainult asjatult juhivad õpilaste tähelepanu kõrvale. Mõnikord teeb aga universalism katseriista üldise konstruktsiooni nii keeruliseks, et riist muutub kasutuks. Seda tüüpi katseriistade hulka kuuluvad peamiselt tööstuse poolt varem toodetud mehhaanika universaalriistad. Ebaõnnestunud konstruktsioonide hulka kuuluvad ka mõnikord koolis leiduvad komplektid elektromagnetismi alalt (väike ja suur komplekt) (vt. F. E. k. V, joon. 101, 102). Sellisesse ilmselt negatiivsesse katseriistade liiki ei tule arvata riistu, mis on samuti teataval määral universaalsed, kuid on ülalmainitud puudusteta (joon. 30). Kuna seda tüüpi katseriistad kujutavad endast üksikute osade «komplekte», milledest võib mitmeks eri katseks koostada hulga riistu või seadmeid, siis on õigem nimetada neid «liitkatseriistadeks». Sellist tüüpi riistade iseloomustavaiks näiteiks võivad olla: universaalstatiiv elektrostaatika katsetes, Brauni elektromeetrid koos komplektiga, komplekt elektrivalgustuse skeemide tundmaõppimiseks, komplektid magnetismi ja elektromagnetismi katseteks (joon. 30), komplekt «Konstruktor». Selliste riistade nimeks sobib hästi sõna «komplekt».

Sellises komplektis leidub väga tihti üks detail, mida kasutatakse alusena, toena või mehhanismina kõigil selle seeria katsetel,



Joon. 30. N. A. Toropovi komplekt elektromagnetismi põhinähtuste, transformaatori, induktsiooni-elektriahju jt. demonstreerimiseks.

millede tarvis komplekt on määratud. Niisugused on näiteks Kolbe termoskoobis alus kahe manomeetriga ja pingiga. Hartl'i kettas alus rõnga ja vaheseinaga, tsentrifugaalmasin, Gorjatškini elektrolüüsi komplekti purgi kaas. Sellise «ühise» detailiga, mis võtab vältimatult osa kõigist seeria katseist, käib kaasas eraldi lisaosade või seadmete komplekt, ilma milleta ta ei ole iseseisev katseriist ega katsetel kasutatav.

«Liitkatseriistade» kasutamine võimaldab võtta katse jaoks ainult vajalikke osi ja vältida seega neid ülearuseid detaile, mis moodustavad «universaalaparaatide» negatiivse külje.

§ 3. ÕPILASTE JA ÕPETAJA KÄSITÖÖOSKUSED.

1. Õpilastele edasiantavate käsitööoskuste laad.

Kodus töötav käsitööline[1] valdab ühtede või teiste materjalide töötlemise kindlaid võtteid, teades mitte ainult, missugust tööriista tuleb kasutada, vaid ka kuidas seda teha. Kasutades lihaste jõudu

[1] Siinkohal me kõneleme just kodukäsitöölistest. Meie nõukogude eritööstuskoolides, mis valmistavad ette kvalifitseeritud töölisi, toimub käsitöö õppimise kõrval loodusteaduste (füüsika ja keemia) ning tehniliste teaduste aluste tundmaõppimine. On iseloomulik, et meie tehastes ja vabrikutes on tööliste poolt ratsionaliseerimisettepanekute esitamine tavaline nähtus. Need ettepanekud muudavad vahel täiesti mõningaid tehnoloogilisi protsesse ja tõstavad tööviljakust.

ja koordineerides oma liigutusi, oskab käsitööline materjalide töötlemisel saavutada vajalikke tulemusi. Kodukäsitööline on omandanud need teadmised ja oskused kas iseseisvate harjutuste ja katsete, sagedamini aga erilise väljaõppe teel. Kuid käsitöölisele on väga iseloomulik, et, valitsedes mõnikord isegi täiuslikult tööriistu, ta ei tea, mispärast antud tööriist on ehitatud nii ja mitte teisiti ja mispärast nimelt ta kasutab seda või teist võtet. Käsitööline ei valda seega tavaliselt neid teaduslike teadmiste aluseid, mis teeksid talle selgeks tööriista ehituse ja selle kasutamise printsiibid, vaatamata sellele, et ta oskab vajalikul viisil seda tööriista töökorda seada ja seda materjalide töötlemisel õigesti kasutada.

Samal ajal on iga tööriista, vaatamata tema lihtsusele ja sellele, kuidas ta end on õigustanud praktikas, uuritud ja uuritakse ka praegu üksikasjaliselt ja teaduslikult, mille tulemusena tööriistale on antud rangelt kindel ja teaduslikult põhjendatud kaasaegne konstruktsioon. Samasugusele uurimisele kuulub teatavasti ka materjalide töötlemise protsess. Seega on tööriistade konstruktsioon ja materjalide töötlemise võtted, mis kujunesid kunagi inimese ette kerkinud praktiliste ülesannete lahendamisel, käesoleval ajal rangelt teaduslikult põhjendatud, millest aga käsitöölisel ei tarvitse olla vajalikke kujutlusi.

Teadusalaste teadmiste elemendid, mis on pandud aluseks, või õigemini, mis määravad kindlaks tööriistade konstruktsiooni ja materjalide töötlemise võtted ning kujutavad endast tehnilise füüsika eri haru, on osa neist polütehnilistest teadmistest, mida teataval määral tuleb edasi anda seitsmeaastase kooli õpilastele. Need teadmised süvenevad ja avarduvad edasisel õppimisel kümneaastases koolis ning kujunevad lõpuks kõrgemais eriõppeasutustes ühe või teise eriala teaduslik-tehnilisteks teadmisteks.

Meie seitsmeaastase kooli ülesannetesse ei kuulu sugugi mitte käsitöö õppimine, samuti tehnoloogiliste protsesside uurimine. Aga kuivõrd kool on polütehniline ja kuivõrd ta üheks ülesandeks on tõhusate, s. o. rakendatavate teadmiste andmine, siis sedavõrd on mõningate tööriistade konstruktsiooni ja töötlemisvõtete selgitamine füüsika alustel hädavajalik.

Selline nõue ei seisa mitte selles, et õpilased omandaksid ühtede või teiste tööriistade kasutamise samuti nagu käsitöölised, vaid selles, et õpilased, lähtudes oma teadmistest füüsikas, teaksid, **kuidas tuleb kasutada tööriistu (lihtsamaid) ja miks just nii, aga mitte teisiti.**

Esitatud seisukoha selgituseks toome mõned näited. Oskus naela haamriga sisse lüüa on üks käsitöö oskustest ja ka õpilastele vajalik võte. Kuid õpetada tundides naelu sisse lööma on võimatu ja pealegi mittevajalik. Vajalik on aga, et õpilased, lähtudes oma teadmistest rõhu, jõudude, hõõrdumise, energia jne. kohta, saaksid aru naela terava otsa ja risttäkete või -paksendite otstarbest ta pea ligidal või peal endal (joon. 43 *A*), hindaksid ka haamri «kaalu» tähtsust ja võiksid kindlaks teha, millisest kohast — kas vasara

ligemalt või kaugemalt — tuleb varrest kinni võtta, et saavutada naela sisselöömisel suurimat efekti (joon. 87), jne. Kui õpilane hakkab esmakordselt kääridega papi- või plekitükki lõikama, siis on tähtis, et, lähtudes oma teadmistest kangide kohta, ta asetaks teadlikult lõigatava materjali kääride liigendile (pöörlemisteljele) võimalikult lähedale. Kui õpilane kasutab naelte väljatõmbamiseks naelatange, siis on tähtis, et ta saaks aru, miks nende kasutamisel näpitsatena, s. o. naela lihtsalt venitades, tekitab ta väiksema tõmbejõu naelale, kui toetades naelatangide mokad vastu lauda, nii et tangide käepidemetele rakendatud jõud oleks naela telgjoone suhtes pisut kaldu (joon. 61). On tähtis, et õpilane mõistaks, miks teritatakse lõikeriista (joon. 67), kruvikeeraja ots aga tehakse sihilikult nüri (joon. 60 *B*). On tähtis, et õpilased näeksid sellistes töötlemisvõtetes, nagu saagimine (joon. 75 ja 151), puurimine (joon. 155 *B*) ja viilimine (joon. 158), ühesugust lõikamisprotsessi ja võrdleksid seda nendele hästi tuntud lõikamisvõttega peitli või noa abil (joon. 81—83) jms.[1]

Üheks tähtsamaks polütehniliste teadmiste aluseks on selliste praktiliste võtete lahtimõtestamine ja mõnikord ka kindlaksmääramine, sugugi aga mitte mõningate käsitöövõtete pime valdamine.

Selliste küsimuste (mida käsitletakse tavaliselt tundides ja süvendatumalt ringitöös) lahendamine on seitsmeaastase kooli õpilastele ilmselt jõukohane, ja mis peaasi: nende küsimuste selgitamine aitab kaasa mitte ainult füüsika õpetamise õigele orientatsioonile õpilaste ettevalmistamisel tulevaseks praktiliseks tegevuseks, vaid, nagu praktika näitab, tõstab tunduvalt ka huvi füüsika vastu üldse.

2. Käsitöö osa ringitöös.

Kui võtta kokku kõik öeldu õpilaste tööde tähtsuse kohta katseriistade valmistamisel (§ **1**, 3) ja kõrvutada sellega eelmises jaos käsitletut õpilastele vajalike teadmiste ja klassiväliste tööde üldiste metoodiliste ülesannete laadist (vt. k. I §§ **48—50**) mõnedel õpilastel selgesti väljenduva kalduvusega praktiliseks tehnika- ja füüsika-alaseks ringitööks (katsete korraldamiseks, katseriistade ja mudelite iseseisvaks valmistamiseks), siis võib öelda käsitööürituste otstarbe ja koha suhtes ringitöös järgmist:

a) Katseriistade ja mudelite valmistamine ei tohi kunagi olla omaette eesmärgiks (§ **1**, 7); see on vaid üks ringitöö iseloomulikke, olulisi ja kõige kestvamaid etappe, mis seisab peamiselt laste tehnilises loomingus ja mis lõpeb füüsikalis-tehniliste vaatlustega.

[1] Vaata Бачинский и Ильяшенко, Учебник физики для ремесленных училищ, 1949.

b) Käsitööteadmised ja -oskused on esitatud ülesande lahendamise üheks vahendiks. Seepärast peab nii tutvumine käsitöövõtetega kui ka nende kasutamine katseriistade ja mudelite valmistamisel olema mõistliku töömahuga ja mitte nii aeganõudev, et füüsika ja loominguline konstruktoritöö võiksid jääda käsitöö varju. Üldiselt tuleb taotleda seda, et õpilased töö kiiruse mõttes kasutaksid katseriistade ja mudelite valmistamisel laialdaselt igat liiki «poolfabrikaate», kui et nad valmistaksid neid toormaterjalidest (§ 1, 7).

c) Kui õpilastel tuleb kasutada ühtesid või teisi tööriistu, järelikult rakendada ka käsitöövõtteid, siis on õpetaja vältimatuks kohustuseks alguses jõukohaselt seletada tööriista tööd, näidata seejärel käsitöövõtet ning jälgida tööriista kasutamise ja selle rakendamise õigsust, s. o. õpetada teataval määral ühte või teist käsitöövõtet.

Vaatleme, kuidas teostada sellist käsitöövõtete õpetamist. Üldiselt öeldes on õpilaste tutvumine käsitöövõttega ja teatav harjutamine vastava vilumuse saamiseks saavutatav kõige lühema ajaga ja annab kõige paremaid tulemusi järgmistel tingimustel.

a) Võtet õpitakse frontaalselt, s. o. ringi kõigi õpilaste poolt üheaegselt, kusjuures eranditult igal õpilasel on käsutada kõik vajalikud tööriistad ja materjalid.

b) Õpilaste harjutamine kuni töövõtte teatava omandamiseni toimub kui eesmärk omaette, olenemata mingi katseriista või eseme valmistamisest. Seepärast kasutatakse harjutamisel materjale, millest saadud tooteid hiljem harilikult ei kasutata.

c) Õpetaja ise näitab võtet, annab kõik vajalikud seletused ja vastavalt juhendades, jälgib õpilaste tööd.

d) Töövõtte õppimist kordavad õpilased mitu korda, kuni saavutatakse rahuldavad tulemused. Alles pärast seda lastakse õpilased katseriistade valmistamisele.

Sellist õppemetoodikat saab rakendada väga piiratult ja ainult neil juhtudel, kui õpitavad võtted osutuvad edasises katseriistade valmistamise töös, kui mitte igaühele, siis ringist osavõtjate rõhuvale enamusele tõesti hädavajalikeks. Nii näiteks on kõigile õhusõidu ja lennuasjanduse ringi tööst osavõtjaile vajalikeks oskusteks: a) noa teritamine luisul, b) paberi ja papi lõikamine noaga, c) paberi ja papi nurgi painutamine, d) liimimine. Elektrivalgustuse õppimise ringis on samasugusteks vajalikeks oskusteks: a) juhtmete lõikamine, b) mitmesuguste juhtmete jätkamine ja haruühenduste tegemine, c) juhtmete isoleerimine, d) juhtmete otste töötlemine montaaž-armatuuri külge kinnitamiseks, e) kruvikeeraja kasutamine kruvide kinnikeeramiseks.

Kuna sellises töös saab ja tulebki kasutada «äravisatavate»

materjalide tükke (papi-, juhtmete jne. tükke), siis selliste materjalide varumisel tavaliselt raskusi ei teki. Keerulisem on asi tööriistadega: neid tuleb osalt osta, osalt koguda õpilaste abil (§ 1, 5), osalt valmistada. Tööoskuste frontaalse õpetamise peamine materiaalne raskus seisab selles, et iga õpilane peab olema tagatud vajalike tööriistade täieliku komplektiga.

Kogemused näitavad, et võtete selline õpetamine üksikuil ringi koosolekuil või nende koosolekute mõnel osal aitab katseriistade valmistamise tõhusust väga suurel määral tõsta. Kuid selline õpetus ei tohi valitseda ringitöö teiste osade üle ja seda enam veel muutuda lausa käsitöö-praktikumiks.

Selliseid töövõtteid, nagu puidu töötlemine höövliga, sae kasutamine, metalli viilimine, puurimine, klaasi töötlemine jne. on real põhjustel (tööriistade, küllaldase ruumi tagamine jne.) frontaalselt õpetada võimatu. Kuid puidu, klaasi, metalli töötlemise võtted osutuvad õpilastele väga tihti tarvilikeks katseriistade valmistamisel. Sellisel juhul peab õpetaja käsitöövõtte tutvustamise ja omandamise rajama individuaalsetele alustele. Ta peab ise andma vajalikke seletusi ja näitama võtet ainult õpilasele, kes seda vajab. Samuti peab õpetaja tagama töövõtte harjutamist ja jälgima selle omandamist vajalikul määral. Ratsionaalne on anda ka õpilasele talle arusaadav töövõtte kirjeldus, et ta tutvuks sellega iseseisvalt. Selleks võib kasutada käsitööalaseid raamatuid, sealhulgas ka käesolevat tööd, milles ettekavatsetult on enamikku võtteist mitte ainult kirjeldatud, vaid ka näidatud hulgal piltidel (joon. 61, 75, 79—83, 106, 107, 119, 120, 127, 146—162, 183—187, 195, 196, 201, 202 jt.).

Katseriistade ja tehniliste mudelite valmistamisel ringitöös osutub tavaliselt, et katseriistade individuaalsete omaduste, samuti ka õpilaste erinevate huvide tõttu omandavad ühed õpilased teatud oskusi eeskätt töötamisel klaasiga, teised papiga ja paberiga, kolmandad puiduga, neljandad plekiga jne. Sellele täiesti vältimatule nähtusele ei tule mingil juhul vaadata kui ebanormaalsele, mis nõuab ringitöö põhimõtteliste aluste revideerimist. Kordame veel kord, et füüsika õpetamise ülesannete hulka ei kuulu käsitöö algete, seda enam veel paljude käsitööde algete õpetamine. Kuid eranditult kõigile ringides töötavaile õpilastele tuleb mõnede oskuste omandamist pidada vähemalt soovitavaks, kui mitte kohustuslikuks. Selliste oskuste hulka kuuluvad meie arvates järgmised:

a) kasutada naasklit ja kruvikeerajat kruvi puidusse keeramiseks;

b) kasutada kruvivõtit või lapiktange kruvidega poltide lahti- ja kinnikeeramiseks;

c) saagida käsisaega vajaliku suuruse ja kujuga (lihtsaid) laua- ja vineeritükke;

d) lõigata ja painutada plekki ja traati;

e) jätkata elektrivalgustuse juhet ja isoleerida ühenduskohta;

f) kinnitada juhet lihtsaima armatuuri (kahvel, pistikukarp, lambipesa) külge;

g) vahetada läbipõlenud spiraali elektripliidis, soojenduselementi teekannus või triikrauas;

h) vahetada (mitte rikkudes ohutusmäärusi) läbipõlenud Bose tüüpi kaitsmeid (raadiovastuvõtjais) ja kork-kaitsmeid.

3. Õpetaja käsitööalased oskused.

Isegi väga primitiivse katseriista valmistamine vajab teatavaid käsitööalaseid oskusi ja teadmisi. Füüsikaõpetaja ei tarvitse küll olla mingil määral lukksepp, kartonaažitööline, elektrotehnik, klaasipuhuja, tisler jms., kuid neist käsitöödest peab ta tingimata valdama rida kõige elementaarsemaid ja seejuures õigeid oskusi.

II köites näitasime juba, kui tähtsad on õpetajale elementaarsed käsitöö ja laboratoorse tehnika oskused füüsikakabineti rajamisel, juhtimisel ja katsete korraldamisel. Kui õpetajal ei ole selliseid teadmisi ja oskusi, siis on tema käsutusse sattudes ka hästi varustatud ja korraldatud kabineti allaminek möödapääsematu. Samuti on ilmne, et katseriistade valmistamisel õpilaste poolt ringi töös peab õpetaja neile edasi andma oskusi kasutada õigesti tööriistu ja õpetama neile mõnede materjalide töötlemise lihtsamaid kultuurseid võtteid, nagu seda juba vaatlesime §§ **2**, **6** ja **7**.

Nagu kogemused näitavad, saab ringide töös neid oskusi õpetada kergesti ilma põhieesmärgist — füüsika õpetamisest, kõrvale kaldumata. Ringi organiseeriv õpetaja peab alatiseks meelde jätma, et ta oma käsitööalaste teadmiste ja oskuste poolest oleks tavalisele õpilasele eeskujuks, keda tuleb jäljendada. Kui õpetaja ise neid oskusi ei valda, siis toimib ta katseriistade valmistamist juhtides teataval määral ebapedagoogiliselt. Oskused, mida õpetaja peab valdama, on väga lihtsad, kuigi rohkearvulised ja mitmekesised.

Autori töökogemused õpetajatega näitavad, et enamiku tähtsamate oskuste kätteõppimiseks tarvitseb kulutada vaid mõned tunnid, ja et nende oskuste valdamine avab laialdased võimalused mitte ainult ringide juhtimiseks, vaid mis eriti tähtis, annab end erandlikult tunda klassitundide füüsikakatsete demonstreerimise ja laboratoorsete tööde ettevalmistuse kvaliteedis.

§ 4. KATSERIISTADE KONSTRUEERIMISEST.

Paragrahvides **1**, **2** ja **3** selgusid põhjused, mis sunnivad õpetajat asuma katseriistade isevalmistamisele. Kõige sagedamini täidetakse lünki õppetöö katselises osas kopeerides katseriistu (§ **5**) vastavas kirjanduses toodud kirjelduste (§ **6**) või õpetaja poolt teises koolis nähtud eeskuju järgi. Kuid sageli on katseriista valmistamise ajendiks oma demonstratsioonkatsetega mitte rahulduva õpetaja metoodilised otsingud. Viimasel juhul, nähes mingi tema

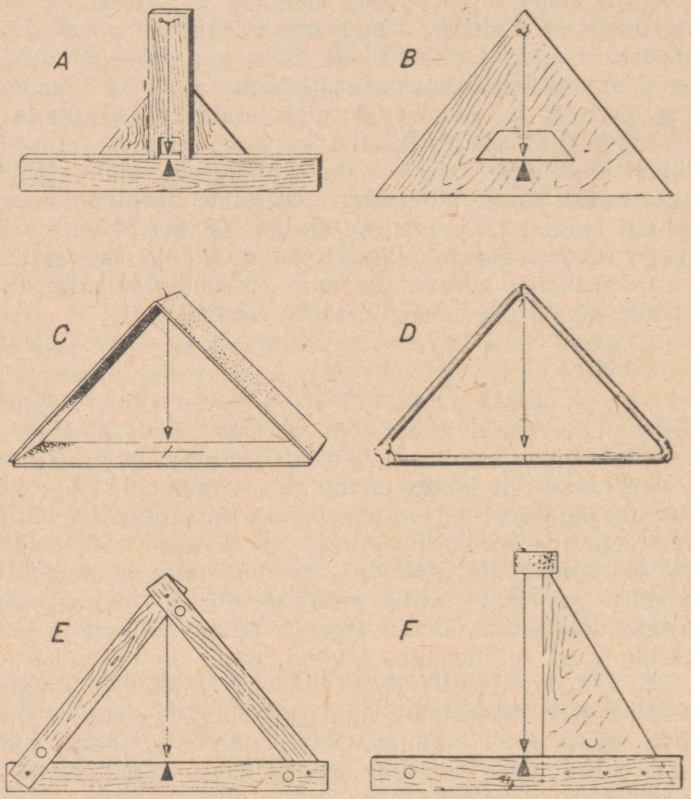
poolt kasutatava katseriista puudusi, valib õpetaja kõige sagedamini selle katseriista metoodilise lihtsustamise tee (§ 2, 2 ja 3), korrates põhiliselt sama konstruktsiooni, ainult muutes, vahetades või rühmitades ümber üksikuid osi.

Nii kopeerimisel kui ka ümberkonstrueerimisel tuleb võtta arvesse järgmisi juhtlauseid, mis jäävad õigeks ka siis, kui õpetaja poolt konstrueeritav katseriist on täiesti originaalne.

Iga valmistatav katseriist koosneb mingist seadisest (mehhanismist), mis moodustab katseriista olemuse, ja alusest või mõnest teisest tugiseadisest. Esitame kõigepealt mõningaid nõudeid katseriista tugiseadiste kohta. Võimalikult väiksema vaevaga aluse valmistamise küsimust vaatlesime osaliselt paragrahvis 1, 7 ja täielikumalt paragrahvis 8, 1. Selgus, et tuleb laialdaselt kasutada poolfabrikaate töödeldud ja hööveldatud laudade, tahvlite, plaatide jt. kujul, millest lõigatakse saega vastava pikkusega tükke (§ 8, 12). Kooli tingimusteks kõige tähtsamad puitosade kombinatsioonid ja kinnitused on näidatud joonistel 90—96 (§ 8, 14—15). Antud juhuks kõige ratsionaalsemat kinnitusviisi ei ole õpetajal raske valida, võttes eelkõige arvesse iseenda, või kui riist valmistatakse õpilaste poolt, siis nende käsitööalaseid vilumusi.

Iga katseriista mehhanism koosneb teatavatest detailidest, mis võimaldavad harilikult mitmesugust konstruktiivset lahendust. Enne kui asuda «leiutamise» teele, tuleb alati tutvuda olemasolevate, õppevahendite isevalmistamist käsitlevas kirjanduses leiduvate lahendustega. Käesolevas III köites püüab autor näidata üldjoontes ja väga mitmesugustes variantides omavalmistatud katseriistade tähtsamate detailide konstruktsioone. Nii näiteks võib pöörlevaid võlle, mis on igasuguste pöörade, aurumasinate ja nende osade mudelite, auru- ja veeturbiinide, elektrimootorite, magnetnõelte jt. tähtsaimateks detailideks, samuti aga ka püstkandureid ja laagreid konstrueerida väga mitmesugusel viisil, nagu on näidatud joonistel 165, 166, 171, 172 ja 197 (§ 11, 15—16 ja 13, 8). Samuti on rühmitatud ka teisi tähtsamaid konstruktsioonide detaile. Õpetajal jääb valida tema poolt valmistatava katseriista jaoks sobivaim detaili tüüp. Nii nende detailide kui ka kogu valmistatava katseriista konstruktsioon sõltuvad kooli tingimustes teataval määral siiski ühtede või teiste materjalide olemasolust. Samuti sõltub see õpetaja käsitööalasest ettevalmistusest. Vastavalt oma võimalustele, võib õpetaja enamikel juhtudel leida metoodiliselt ja tehniliselt sobiva konstruktsiooni variandi. Tõepoolest, iga konstruktsioon võimaldab nii materjalide kui ka oma teostamisviisi poolest mitmesuguseid eri lahendusi. Olgu näiteks õpetajal vaja valmistada demonstratsioon-loodlaud, mis koosneb teatavasti kahest põhiosast: loest ja erilise kujuga alusest. Loeks võib olla niit või nöör raskusega, milleks võib võtta aasaga nööbi, mutri, keha komplektist erikaalu määramiseks, konksudega koormise kangide seaduse uurimise komplektist, vahast või mõnest teisest materjalist kuuli või

lõpuks kartuli, mis on varustatud ülesriputamiseks traadist sangaga jms. Loodlaua aluse valmistamiseks võib täisnurkselt ühendada kaks liistu (joon. 31 *A*), lõigata papilehest või vineerplaadist välja võrdkülgne kolmnurk (joon. 31 *B*), painutada papiribast (joon. 31 *C*) või jämedast traadist (joon. 31 *D*) raam, liimida kokku kolm koolijoonlauda (joon. 31 *E*), luua kombinatsioon joonlauast ja kolmnurgast (joon. 31 *F*) jms. Ilmselt ei ole need konst-



Joon. 31. Loodlaua eri konstruktsioone.

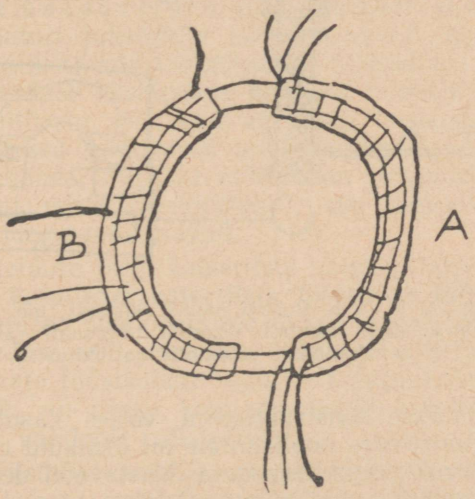
ruktsioonid oma metoodilistelt ja tehnilistelt omadustelt samaväärsed, kuid ükskõik milline neist võib aidata selgitada loodlaua ehitust ja tööd.

Käesolevas väljaandes ei piirdu autor üksi selliste omavalmistatud katseriistade kirjeldamisega, mida võib lugeda kõige täiuslikumateks, vaid, arvestades tingimuste ja õpetaja käsitööalaste vilumuste mitmekesisust, seadis endale eesmärgiks näidata mitmesuguseid võimalusi eri variantides. Ainult pärast seda, kui on tutvutud

olemasolevate konstruktiivsete lahendustega ja selgitatud, et ükski neist pole valmistatava riista jaoks mingisugusel põhjusel kõlvuline, on ratsionaalne asuda iseseisvate konstruktiivsete lahenduste teele. Pole mingit mõtet kulutada aega juba tuntu ja läbiproovitu uurimiseks, vaid tuleb kasutada teiste konstruktorite katsete tulemusi ja täiendada nende poolt väljatöötatud konstruktsioone.

Kuid mõningatel juhtudel astub õpetaja, olles loobunud kopeerimisest või jäljendamisest, hoopis uuele, loomingulisele teele. Õpetajal tekib täiesti uus idee, mis on rajatud teistele printsiipidele võrreldes nendega, millel põhineb ühe või teise olemasoleva katseriista töö. Selle idee ümber hakkab järk-järgult kasvama «luu ja liha». Hakates tavaliselt joonistama katseriista eskiise, püüab õpetaja kujutleda endale selle teostumist. Lõpuks saabub teatava mõtiskluste ja kirjanduse kasutamise perioodi järel otsustav moment, mil lahendus on leitud, mis fikseeritakse harilikult riista kõige üldisema joonise kujul.

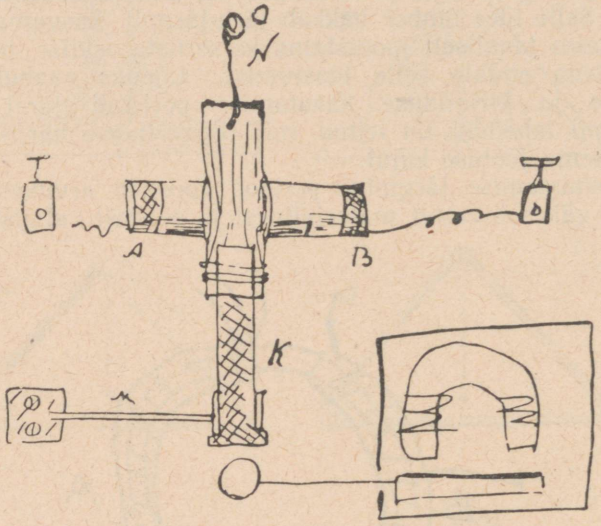
Idee kehastamise järgmine periood koosneb arvukatest katsetest, vahel vähesobivatest materjalidest ja osadest valmistatud sea-



Joon. 32 *A*. Koopia M. Faraday poolt märkmikku tehtud joonisest. Joonise kaaskiri on järgmine: «Mul oli pehmest rauast rõngas, paksusega $^7/_8$ tolli ja välise diameetriga 6 tolli. Ma mähkisin vasktraadi palju kordi (raudrõnga ümber), kusjuures üks pool mähisest oli niitide ja sitsitükikestega teisest eraldatud. Mul oli kasutada kolm traati, igaüks pikkusega 24 jalga; neid võis ühendada või kasutada igaühte neist eraldi... Tähistan üht rõnga poolt tähega *A*. Teine pool, *B*, oli mähitud kahe traadiga, mille ühine pikkus oli 60 jalga. *A* ja *B* keerud läksid ühes ja samas suunas. Ühendasin traadid üheks traadiks ja sidusin selle otsad vasktraadi külge, mis asus magnetnõela kohal, sellele väga ligidal... Siis ma sulgesin patarei voolu ühega traatidest *A*. Magnetnõel läks otsekohe oma esialgsest asendist välja ja hakkas edasi-tagasi võnkuma, kuid jäi peagi rahulikku olekusse, võttes oma esialgse asendi. Kui ma seejärel katkestasin voolu, läks nõel uuesti oma asendist välja».

TRÜ Raamatukogu

distel, selleks et veenduda, kas katseriist on võimeline töötama ja tekitama vajalikku füüsikalist nähtust. Asendades vähemsobivaid materjale sobivamatega, täiustades üksikuid osi ja neid mitmel viisil kombineerides, parandab õpetaja järk-järgult füüsikalise nähtuse reprodutseerimise kvaliteeti ja loob lõpuks kindla katseriista konstruktsiooni. On iseloomulik, et õpetaja poolt käidud loominguline tee on teataval määral sarnane selle teega, mida mööda läksid mõningatel juhtudel oma suurtele avastustele geniaalsed teadlased (joon. 32 *A* ja *B*).



Joon. 32 *B*. A. S. Popovi joonis (kirjast), mis selgitab maailma esimese traadita telegraafi vastuvõtja töötamise põhimõtet ja ehitust.

Edasi täiustatakse konstruktsiooni, võttes kasutusele sobivaid materjale ja viimistledes hoolikamalt nii üksikuid osi kui ka kogu katseriista konstruktsiooni tervikuna. Vastavatel demonstratsioonidel tunnis või katseriista rakendamisel laboratoorseteks töödeks toimub lõpuks valmis riista metoodiline kontroll.

§ 5. KATSERIISTADE ARVUTAMISEST JA KOPEERIMISEST.

Paljudes katseriistade ja eriti tehniliste mudelite isevalmistamise käsiraamatutes esitatakse mitte ainult vastavaid plaane ja jooniseid, vaid antakse ka mõõdud, sageli väga täpsed ja detailsed. Samasuguseid, vahel otse rangeid juhendeid antakse ka ühe või teise detaili valmistamiseks vajalike materjalide kohta. Praktikas harilikult selgub, et kui täpselt järgida neid juhendeid, siis

venib katseriista valmistamine kuni vajalike materjalide ja tööriistade leidmiseni ja mõnikord muutub päris võimatuks. Olgu näiteks konstruktsiooni kirjelduses öeldud, et elektrimootori võll tuleb teha raudtraadist jämedusega 2,5 *mm*, ankru mähis aga 320-st keerust lakeeritud traadist diameetriga 0,3 *mm*. Praktikas aga, s. t. kooli tingimustes võib juhtuda, et on võimatu leida sellise jämedusega raudtraati, et puudub laagri puurimiseks samas jämeduses puur, et lakeeritud traati pole, on aga puuvillase punutisega juhet ПБД, kuid läbimõõduga 0,25 *mm* ja 0,4 *mm*. Nii selgub igal sammul, et kirjelduses antud juhtnööre pole võimalik kuigi täpselt täita. Kirjeldusest kõrvalekaldumine viib aga sageli selleni, et katseriist või mudel ei õigusta talle pandud lootusi, töötab halvasti, mõnikord aga ei tööta üldse.

Kas järgneb öeldust, et katseriista või mudelit ei tule valmistada käepärast olevast materjalist või sellisest, mida on võimalik antud tingimustes hankida? Õige vastuse sellele küsimusele leiab õpetaja, kui ta ei lähene juhendile pimesi, vaid teadlikult, s. t. kui konstruktor, selgitab endale kõigepealt katseriista või mudeli «idee» ja vaatab käsiraamatu autori juhendeile kui abistavaile, mis annavad ühe paljudest võimalikest konstruktiivsetest lahenditest. Ainult siis võib leida õige lahenduse küsimusele, millised materjalid on tingimata vajalikud ja milliseid neist võib asendada teistega, millised detailide konstruktiivsed kehastused tuleb tingimata säilitada ja milliseid võib teisendada, millised mõõted on tingimata kohustuslikud ja millised, kui mitte meelevaldsed, siis vähemalt konstruktori maitse ja soovidega määratavad.

Asudes kirjelduse järgi katseriista valmistamisele, peab õpetaja **täiesti selgelt kujutlema katseriista töötamise füüsikalisi aluseid;** kui aga need alused pole õpetajale küllalt selged, siis hakkama neid vastava kirjanduse abil uurima. Mõningatel juhtudel on vajalik eelnev, esinevate füüsikaliste tegurite suurusjärku näitav arvutus — kui võimalik, siis täpne, kuid sagedamini orienteeruv.

Selgituseks vaatleme rida näiteid.

I Omavalmistatud kaalude projekteerimisel, millede kirjeldusi muuseas võib kohata arvukais variantides, tuleb juhinduda sellest, et kaalud peavad olema kõigepealt õiged ja küllalt tundlikud. Kaalude teooria näitab, et esimene tingimus saavutatakse kaalukangi toetuspunkti ja kausside kinnituspunktide asumisega ühel sirgel ja õlgade, s. t. kaalukausside kinnituspunktide ja kaalukangi toetuspunkti vaheliste kauguste võrdsusega. Teine tingimus, s. o. küllaldane tundlikkus, sõltub teatavasti kaalukangi toetuspunkti ja kogu liikuva süsteemi (kaalukang, osuti jms.) raskuskeskme asendi vastastikusest suhtest.

Nende tingimuste analüüsist ja mõningaist täiendavaist kaalutlustest selgub, et kaalude valmistamisel tuleb erilist tähelepanu pöörata toetuspunktide asendi muutumatusele ja liigendeis võimalikult väikese hõõrdumise loomisele. Enamikul juhtudel aga osutub,

et kaalukausside kinnitused, kangi külge seotud või vastavast avast läbi tõmmatud niitide abil, nihkuvad pidevalt ära õigest asendist. Kaalud osutuvad siis ebaõigeteks ja sealjuures iga kaalumise korral erineval määral. Kaalude õigsust parandab tunduval määral kirjalaki või mendelejevi kiti kasutamine niitide kinnitamiseks.

II Ainuüksi füüsika-alased teadmised võivad mõningail juhtudel osutuda mitteküllaldasteks ja selleks, et saada kas või orienteerivaidki andmeid kõige sobivama konstruktiivse lahenduse kohta, tuleb õpetajal pöörduda mõne tehnilise füüsika ala või vastava tehnilise distsipliini poole.

Olgu näiteks tarvis valmistada kõige lihtsam sirge elektromagnet rauaviilmete, väikeste naelte või muude väikeste raudesemete külgetõmbamise demonstreerimiseks. Endastmõistetavaiks nõudeiks on siin, et elektromagnet tarvitaks esiteks vähem elektrienergiat ja teiseks annaks seejuures küllaldast efekti, s. o. võimalikult suurt tõstejõudu. Kõigile küsimustele sellise elektromagneti ratsionaalseima konstruktsiooni kohta leiab õpetaja vastused pöördudes elektrotehnika kursuse ja muuseas Hopkinsoni valemi[1] analüüsi poole. See analüüs (§ **15**, 16, II) näitab õpetajale, et suhteliselt lühike ja jäme raudsüdamik ja kindel amperkeerdude arv, s. o. mähist toitva voolu tugevuse ja keerdude arvu korrutis, on põhiteguriteks[2], mis määravad sobivaima konstruktiivse lahenduse.

Küsimused sellest, milline vooluallikas tuleb võtta elektromagneti jaoks või ümberpöördult, milline mähis on kõige ratsionaalsem valmistada elektromagnetile tema toitmiseks teatava vooluallikaga, näiteks taskulambi patareiga, lahenduvad § **15**, 16, IV esitatud väga lihtsate kaalutluste põhjal. Vaadeldava katseriista jaoks täpsed arvutused pole vajalikud ning need on ka võimatud, kuid täiesti selge, konstruktsiooni määrava orientatsiooni võib saada.

Konstrueerigu õpetaja veel näiteks lihtsama auruturbiini mudeli (joon. 6 *A*). Üks esimestest küsimustest, mis tal tekib, on rootori labidakeste arvu ja nende kuju küsimus. Kõige elementaarsemate kaalutluste järgi on vajalik, et auru juga, mis langeb ühele labidale, siirduks järgmisele ilma tühja vaheruumita, nagu seda võib näha ühe õpilaskollektiivi poolt ehitatud ja joonisel 33 näidatud turbiinil.

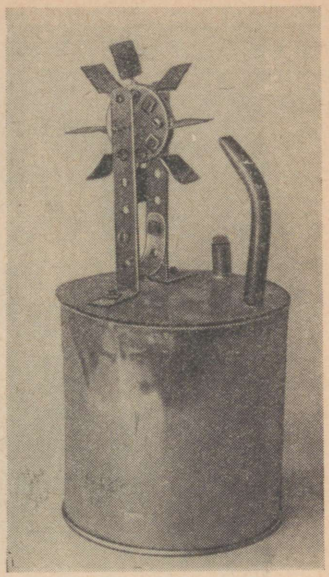
Võtnud küsimuse lahendamisel esialgu appi joonise või valmistanud eelnevalt paberist või papist rootori mudeli, tuleks tehtud viga parandada ja valmistada suurema labidakeste arvuga uus rootor. Peale selle on teada tehnilisest füüsikast, et sirge labidake turbiinis annab talle langeva vee- või aurujoa energia kasutamisel

---

[1] Kuna elektrilisi katseriistu konstrueerivale õpetajale osutub eriti oluliseks magnetilise ahela küsimus ja Ohmi seaduse rakendamine sellele, siis on käesolevas III köites sellele küsimusele pühendatud § **15** eri jaod 16 ja 17.

[2] Materjalide valiku küsimust antud juhul ei arvestata, kuna õpetaja käsutuses on tavaline juhuslik raud, selle magnetilised omadused on tundmata ja harilikult väga madalad.

madala kasuteguri. Suurema kasuteguri saamiseks on vajalik, et labidakesel oleks teatav kulpi meenutav kuju. Arusaadavatel kaalutlustel on sellise kuju kasutamine primitiivses mudelis raske, kuid kui mingil määralgi läheneda sellele kujule, siis kasutegur kasvab. Seega on kõige ratsionaalsem anda labidakesele «poolkera» kuju, aga kuna see on keeruline, siis võib piirduda tema painutamisega künataolise poolümmarguse kuju saamiseks (joon. 190). Samasugused lihtsad kaalutlused näitavad lõpuks, et düüsi ots tuleb teha väljavenitatud (auru suurema kiiruse saamiseks) ja asetada see võimalikult labidakeste lähedale. Kõik need orienteerivad ning rootori ja düüsi konstruktsioonis rakendatud kaalutlused tõstavad väga tunduvalt tema töövõimet, mis antud juhul väljendub rootori pöörlemise kiiruse suurenemises, kuna selline turbiin pole jõuallikana rakendatav.

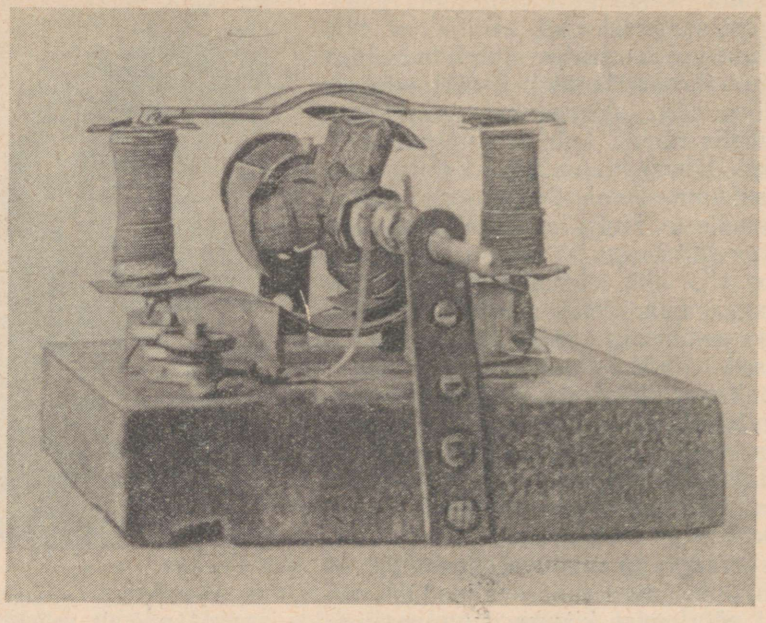


Joon. 33. Aktiiv-auruturbiini mudel vääralt valmistatud rootoriga ja labidakeste suhtes ebaõigesti paigutatud düüsiga.

Olgu näiteks vaja ehitada elektrimootori mudelit. Esmajärjekorras tuleb jällegi välja selgitada kõik tegurid, mis soodustavad võimalikult suurt mootori kasutegurit. Mudeli äärmiselt madala kasuteguri üheks peamiseks põhjuseks on magnetojuhtme (magnetringi) ebaõige konstruktsioon ja elektrienergia väga suur ebaproduktiivne kulu selleks, et saada magnetojuhtmes vajalikku magnetvoogu. § 15, 16 on selgitatud, et selle puuduse vältimiseks tuleb võtta kasutusele abinõud, mis võimaldavad saada magnetojuhtme minimaalset magnetilist takistust. Ülesanne taandub seega kõigepealt magnetojuhtme sellise kuju valimisele, mis tagaks jõujoontele lühima tee (joon. 257); teiseks magnetojuhtmele võimalikult suure (õigemini küllaldaselt suure) ristlõikepindala andmisele ja kolmandaks ankru ja induktori vahelise õhkpilu vähendamisele. Kui see nõue jääb täitmata(joon. 34), siis mudel kas üldse ei tööta või kulutab töötamisel tohutult palju elektrienergiat. On aga, vastupidi, ankrut sulgeva magnetojuhtme jaoks võetud küllaldane hulk rauda, siis mootori mähis tuleb lihtsam ja ta võimaldab kasutada väga väikese võimsusega vooluallikat.

III Katseriistade konstrueerimisel tuleb mõningatel juhtudel orienteerivate, suunavate kaalutluste asemel asuda arvutuste teele.

Nii näiteks asudes vedru valmistamisele tuleb tingimata sooritada tehnilised arvutused vastavate valemite järgi või kasutada



Joon. 34. Vähese raua hulgaga magnetojuhtme ja induktsioonipoolide väära paigutusega elektrimootori mudel.

§ 14, 11, II tabelis toodud arvutuste andmeid. Neil arvutustel tuleb lähtuda kõigepealt kabinetis leiduvatest materjalidest, s. o. võttes arvesse traadi diameetrit. Kuid sellele vastupidiselt on mõnikord vajalikud ka eelnevad arvutused selle traadi diameetri leidmiseks, mida tuleb soetada kindlate etteantud omadustega dünamomeetri valmistamiseks. Antud näite puhul, pärast keerdude arvu ja vedru diameetri arvutamist ja pärast seda, kui on valitud alus, s. o. metallvarras või traat, millele mähitakse (joon. 222), tuleb selleks, et vedru saaks arvutustele vastava diameetriga, kasutada veel § 14, 11, III toodud tabeli empiirilisi andmeid.

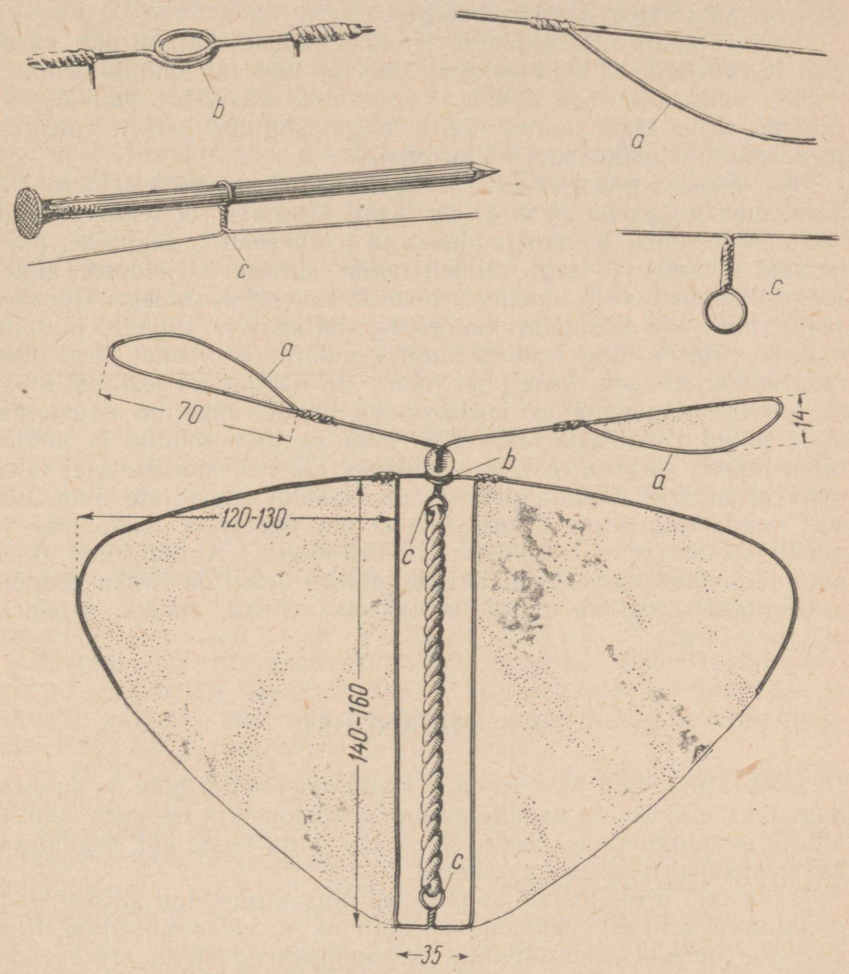
Ka siis, kui õpetaja hakkab näiteks ehitama tõsteelektromagnetit, tuleb kujult sobiva südamiku leidmiseks või valmistamiseks rakendada vastavaid arvutusi (§ 15, 16, V ja VI).

Hädatarvilikud on arvutused transformaatori ehitamisel. Transformaatori valmistamisele ei tule asuda enne, kui on sooritatud arvutused vastavalt § 15, 18 antud juhenditele.

IV Mõningate katseriistade valmistamisel võivad arvutused osutuda ühel või teisel põhjusel võimatuks.

Kui näiteks õpetaja tahab ehitada «heliokopterit» liblika kujul, siis selliste primitiivsete mudelite jaoks arvutusi ei ole olemas. Sel juhul tuleb pöörduda vastavate juhendite ja käsiraamatute poole, millede autorid kirjeldavad rohkearvuliste katsete alusel loodud

konstruktsioone, mis on võimelised lendama, ja annavad juhendeid ka selle kohta, millistele konstruktsiooni osadele tuleb pöörata erilist tähelepanu. Sellisteks autoriteetseteks autoriteks on näiteks N. Babajev ja S. Kudrjavtsev[1], kes on välja töötanud joonisel 35



Joon. 35. Lendava «liblika» konstruktsioon Babajevi ja Kudrjavtsevi järgi (detailide täheline märkimine näitab nende asukohta «liblikas»).

kõikides detailides näidatud liblika-konstruktsiooni. Antud juhul võib olla kindel, et kui õpetaja järgib konstruktiivseid juhendeid, siis on edu tagatud. Selle mudeli valmistamine vajab väga lihtsaid materjale: terastraati läbimõõduga 0,8—1 *mm*, maisipaberit ja

[1] Vt. § 6, III.

kumminiiti. Kui aga kasutada vähem autoriteetseid juhendeid, näiteks Donat'i raamatut «Физика в играх» (§ 6), siis võib samuti ehitada selle mudeli, kuid võib-olla mõningate ebaõnnestumiste hinnaga, mille põhjuseks on juhendite ebamäärasus. Kahjuks esineb ka selliseid käsiraamatuid, kus autori juhendid on vastutamatud, mõnikord isegi täiesti ebaõiged.

Kuna õpetaja ettevalmistus lennuasjanduse alal piirdub ainult üldiste füüsikaliste teadmistega, siis ei tule tal lennuki lendava mudeli valmistamiseks hakata harrastama käsitööd, vaid õppida tundma selles teadusharus suurel hulgal kogutud katsete tulemusi ja sooritatud teaduslikke eriuurimisi.

Kui õpetaja pöördub näiteks N. Babajevi raamatu «Постройка летающих моделей» (§ 6, 4) poole,siis täiendab ta teataval määral oma teadmisi lennuasjanduses ja leiab sealt mängulohe, purilennuki mudeli ja isegi mudellennuki ehituse kirjelduse, alates kõige lihtsamatest ja lõpetades rekordkonstruktsioonidega. Õpetajal jääb ainult üle kasutada jooniseid-graafikuid ja tiibade, juhtpindade jt. profiile ning rangelt kindlaksmääratud juhendi järgi teostada konstruktsioon. Ainult sel juhul, kui õpetaja on teataval määral kursis lennuasjanduse küsimustega, on ta võimeline otsustama, mida antud konstruktsioonis võib ilma kahjuta muuta ja milles tuleb täpselt järgida eeskirju. Selliseks näiteks, kus õpetajal tuleb teataval määral töötada pimesi, on raadiovastuvõtjate montaaž, sest nende elementide arvutamine ei ole õpetajale jõukohane ja nõuab spetsiaalseid teadmisi raadiotehnikast. Antud juhul tuleb alati täita kindlate elektriliste omadustega detailide valiku nõudeid ja montaaži reegleid mingi autoriteetse allika, näiteks ajakirja «Радио» järgi.

§ 6. KIRJANDUST.

Omavalmistatud katseriistade konstruktsioonide põhi- ja ammendamatuks allikaks on vaieldamatult füüsikaõpetaja iseseisev leidlikkus ja loominguvõime. See siiski ei lüli välja teiste abi, sealhulgas ka vastava kirjanduse kasutamist.

Keskkooli ülesannetele kohaldatud omavalmistatud katseriistade ehitamisele eriliselt pühendatud kirjandus on väikesearvuline. Kuid katselise füüsika käsiraamatuis ja populaarteaduslikus erikirjanduses leiab õpetaja siiski rohkesti konstruktsioonide kirjeldusi.

Alljärgnevas nimekirjas on toodud kõige enam tähelepanu väärivad raamatud. Nende hulgas leidub ka revolutsioonieelseid väljaandeid, mida tasub püüda hankida suurtest raamatukogudest eriti neil õpetajail, kes hakkavad süvendatumalt töötama omavalmistatud ja lihtsustatud katseriistade küsimuse kui teaduslik-metoodilise probleemi kallal. Raamatud, mis on õpetaja jaoks kõige tähtsamad ja eriti soovitavad täienduseks käesolevale väljaandele, on märgitud tärnikesega.

1. Ringide töö programmid ja metoodika.

Ainsaks raamatuks, mis tervenisti on pühendatud sellele probleemile, on:

* Программы школьных кружков юных техников (Центральная детская техническая станция им. Шверника), изд. Наркомпроса РСФСР, 1940 (70 lk. hind 75 kop.).

Programmid on määratud koolides ja klubide ning noorte tehnikajaamade juures töötavate noorte tehnikute ringide jaoks. Peale üldosa, mis käsitleb ringide organiseerimist, sisaldab see raamat noorte elektrotehnikute, raadioharrastajate, aviomodellistide, keemikute ja fotoharrastajate ringide detailselt läbitöötatud programme. Iga ringi kohta on toodud metoodilisi juhendeid ja kirjanduse, tehnilise varustuse, tööriistade ja materjalide nimekirju. Peale selle on raamatus esitatud sätted märkide «Юный радиолюбитель» ja «Юный авиостроитель» kohta, mida õpilased võivad pälvida mõningate tööde sooritamise ja vastavate teadmiste omandamise eest. Kuid noorte tehnikute ringide metoodika, mis on üles ehitatud teatava seostuseta füüsika õpetamisega, on mõnevõrra teist laadi, kui seda nõuab kooli ringide töö. Sellele vaatamata leiab õpetaja sealt peaaegu ammendavaid programmilisi materjale; rakendades neid oma kooli tingimuste ja antud klassi õpilaste füüsika-alaste teadmiste kohaselt, võib ta piirduda nende tõlgendamisega.

Kaks allpool osutatud raamatut käsitlevad peamiselt elektrijuhtmete monteerimise võtteid valgustuse sisseseadmisel.

Н. П. Булатов и Г. В. Кожевников, Элементы электротехники в средней школе, Учпедгиз, 1934 (76 lk.).

Raamat on metoodiliseks käsiraamatuks elektrotehnika — praegu keskkoolist kaotatud aine — õpetajatele. Kuid tööplaane ja autorite paljusid metoodilisi juhendeid saab kasutada elektrotehnika ringi töö planeerimisel ja juhtimisel.

Е. Н. Горячкин, Электромонтаж на внеклассных занятиях по физике, Учпедгиз, 1950.

Käsiraamat on raamatu «Как рассчитать и сделать проводку электрического освещения» 3-nda trüki tunduvate täiendustega ümbertöötus. Vastavalt tööplaanile metoodilises sissejuhatuses, koosneb käsiraamat kolmest osast. Esimeses osas on antud materjale elektrienergia ülekande ajaloo ja tehnika, tüüpiliste rajooni soojus- ja hüdroelektrijaamade ehituse ja NSV Liidu elektrifitseerimise kohta. Teises, põhiosas on esitatud lihtsamaid elektrimontaaži reegleid, norme ja võtteid, mida kasutatakse välimise (õhu-) ja sisemise installatsiooni töödel vastavalt valgustusseadmete nõuetele väikestes linnaäärsetes majades ja linnakorterites. Kolmandas osas on toodud installatsioonitöö lihtsaimate tehniliste arvutuste näiteid.

2. Käsitöövõtted. Laboratoorne tehnika. Teatmikud.

Венельт, Ремесленный практикум физики, Учпедгиз, 1933. (Saksa keelest tõlgitud, teine trükk, 142 lk.)

Raamat ilmus esmakordselt käesoleva sajandi algul ja pole siiamaani oma väärtust õpetaja jaoks kaotanud. Ta sisaldab rida teatmeid mitmesuguste materjalide (puidu, klaasi, metalli jms.) töötlemise ja füüsika laboratoorse tehnika alalt.

В. В. Лермантов, Методика физики для преподавателей средней школы, 1935 (140 lk.).

Autori praktilised nõuanded klassikatsete eduka sooritamise, katseriistade valmistamise, parandamise ja laboratoorse tehnika kohta on füüsikaõpetajale väga väärtuslikud. Rohkearvulised retseptid, peale originaalsete koostatud vene ja välismaiste allikate põhjal, on autori poolt mitte ainult kontrollitud, vaid ka muudetud ja parandatud, mispärast hulk neist leiab füüsiku-eksperimentaatori poolt järjekindlalt kasutamist.

Д. Стронг, Техника физического эксперимента, Лениздат, 1948. (Inglise keelest tõlgitud, prof. Ostroumovi redigeerimisel, 663 lk., hind 25 rbl.).

Käsiraamat on määratud kõrgema kooli ja teaduslike uurimisinstituutide füüsikalaboratooriumide jaoks. Ta sisuks on füüsika kaasaegsele arengule vastava laboratoorse tehnika kirjeldamine, kuid oma üksikutes osades võib raamat osutuda kasulikuks ka koolikatsete metoodika ja tehnika küsimustest huvitatud füüsikaõpetajale.

Д. Д. Галанин, Е. Н. Горячкин, С. Н. Жарков, Д. И. Сахаров, А. В. Павша, Физический эксперимент в школе, под ред. Галанина и Жаркова.

Том I. Оборудование физического кабинета, Учпедгиз, 1934 (248 lk.).

Raamat sisaldab peale füüsikakabineti varustamise küsimuste kooli töökoja korraldamise ning puidu-, metalli- ja klaasitöötlemise võtete kirjeldusi. Elektrivarustuse ja jaotuskilpide kirjelduse osas on raamat, võrreldes teiste sarnaste käsiraamatutega, õpetajatele kõige täielikum. Juhendid puidu ja metalli töötlemise kohta on üldsõnalised ja jäävad maha allpoolosutatud Leontjevi raamatus antud kirjeldustest.

*П. Леонтьев, Работы по дереву и металлу, Детгиз, 1939 (372 lk.).

Raamat on parim kõigist, sealhulgas ka kõige viimasel ajal ilmunuist ja on määratud noortele tehnikutele. Nagu õigesti on öeldud noorte tehnikute poole pöörduvas toimetuse eessõnas: «Raamat «Работы по дереву и металлу» ei anna teile ainult nõu ja juhendeid vajalike materjalide, tööriistade ja töövõtete kohta. Te leiate siin seletusi, miks nimelt tuleb nii töötada, kasutada nimelt neid materjale, aga mitte teisi, s. t. igal pool, kus võimalik, on loodud side teoreetiliste teadmistega». Raamat sisaldab õpetaja jaoks

ammendavaid teatmeid tisleri-, (sealhulgas ka treimise), valu-, sepa- ja lukksepatöö kohta. On vaadeldud ka traadi- ja plekitöid. Kui õpetaja soovib saada käesolevas köites esitatud algmetega võõreldes põhjalikumaid ja täpsemaid käsitöö-alaseid teadmisi, tuleb tal pöörduda nimelt osutatud Leontjevi raamatu poole.

* Н. Е. Цейтлин, Советы по изготовлению учебных пособий и инвентаря, Учпедгиз, М., 1948 (216 lk., 52 joonist).

Raamatut, mis on käsiraamatuks nii algkooli, kuid veel enam keskkooli õpetajatele, tuleks tingimata omandada. Ta sisaldab lihtsaimate tööriistade ja omavalmistatud seadeldiste kirjeldusi, aga ka kirjeldusi töödest klaasi, paberi ja papiga ning toodetest paberimassist ja lihtsamatest plastmassidest. Peale selle on kirjeldatud jootmistöid ja antud puidu ja metalli töötlemise juhtnööre. Raamatule on iseloomulik nii sobivalt valitud kui ka originaalsete ja tegelikult kooli nõuetele ning võimalustele vastavate retseptide rohkus. Autori poolt esitatud teatmed ülalosutatud küsimustes on õpetaja jaoks ammendavad.

М. Александровский, Сборник технохимических рецептов различным отраслям производств, Гостехиздат, М.-Л., 1929.

Käsiraamat on kasulik eriti maakoolide õpetajaile. Ta on koostatud ЛТИ teaduslike töötajate poolt ja sisaldab tuhandeid kõige mitmekesisemate käsitööstuslikku laadi tootmisharude alaseid retsepte. See raamat on tähtis mitte ainult koolilaboratooriumi, vaid ka mitmesuguste elutarbeliste vajaduste jaoks.

Г. Г. Гинкин, Справочник по радиотехнике, Энергоиздат (Neljas trükk, 1948, 823 lk. Hind 48 rbl.)

Põhjalik töö, määratud raadiotehnikutele ja inseneridele. Sisaldab teatmeid iga raadiotehnika ala kohta. Seda käsiraamatut tuleb soovitada sellisele õpetajale, kes on sügavalt huvitatud raadiotehnika küsimustest ja soovib eelneva arvutuse põhjal konstrueerida vastuvõtu- ja ülekandeseadiseid.

Д. И. Дьяконов и В. В. Лермантов, Обработка стекла на паяльном столе, 1924. (Toimetaja Verhovski, 183 lk. 71 joonist.)

Autorid on klaasipuhumise alal silmapaistvamaid spetsialiste ja nende teos käsitleb seniajani kõige põhjalikumalt klaasi töötlemist gaasi- ja teistel põletitel. Raamatut läheb vaja ainult neil õpetajail, kes soovivad omandada täielikult klaasipuhumise meisterlikkuse.

Л. В. Кубаркин, Мастерская радиолюбителя, изд. «Советское радио», М., 1948.

Raamat on kirjutatud abiks algajale raadioharrastajale ja sisaldab kõiki peamisi raadiovastuvõtjate montaažiks vajalikke teatmeid (jootmine, juhtmete käsitsemine, mida millega ja kuidas liimida, šassii valmistamine, poolide ja transformaatorite kerimine, puu poleerimine, mitmesugused praktilised nõuanded ja juhtnöörid). Peale selle pühendab autor tähelepanu vajalike tööriistade ja materjalide (isoleerivad ained, metallid, juhtmed, montaaži- ja

muud materjalid) kirjeldamisele. Raamatus ei leidu vastuvõtjate skeeme ega kirjeldusi. Raamatut tuleb kindlalt soovitada mitte ainult õpetajaile, vaid ka neile õpilastele, kes hakkavad tegelema raadiovastuvõtjate montaažiga.

П. Ф. Соловьёв, Монтаж изолированных проводов, Энергоиздат, 1943 (248 lk.).

Raamat on kirjutatud elektrimontööride jaoks, sisaldab elektrivalgustuse installatsiooni ja elektrimootorite ülesseadmise juhtnööre vastavalt kehtivatele reeglitele ja normidele. Raamatut tuleb soovitada õpetajale, kes on elektrotehnika ringi juhatajaks ja abiks maakohtade elektrifitseerimisel.

* В. Н. Верховский, Техника и методика химического эксперимента в школе, т. I, Учпедгиз, 1947. (Neljas trükk, 526 lk. Hind 13 rbl. 20 kop.)

Raamat on käsiraamatuks igale keemiaõpetajale, kuid seda tuleb soetada ka füüsikul. Füüsikaõpetaja leiab selles kõige üksikasjalisemaid teatmeid soojendajate, elektrivoolu allikate, keeduklaaside ja teiste laboratoorsete tarbeesemete kohta. Füüsikule pakuvad erilist huvi klaasi, kummist torude ja korkide töötlemise võtted, aga ka keemia-alase laboratoorse tehnika küsimuste käsitlus.

Teine köide ei ole füüsikaõpetajale nii tähtis kui esimene.

3. Füüsikalise katse metoodika ja tehnika.

Põhiallikateks, kust võib saada füüsikakatseriistade konstruktsioone, on järgmised väljaanded:

О. О. Дубровский, Простые физические приборы, М., 1917. (Toimetaja Drenteln. Neljas trükk, 144. lk., 248 joonist.)

Raamat on pühendatud väga suure hulga lihtsate omavalmistatud füüsika- ja kosmograafia katseriistade kirjeldamisele. Autor toob kõige lihtsamate vahenditega valmistatavate ja ühtlasi füüsika algteadmiste õpetamisel metoodiliselt väga väärtuslike katseriistade hoolika valiku (vt. § 1, 3).

В. И. Попов, Самодельный физический кабинет, 1907 (318 lk., 730 joonist).

Raamat sisaldab oma sissejuhatavas osas võrdlemisi üksikasjaliku käsitööde (tisleri-, lukksepa-, sepa-, klaasipuhumis- jt. tööde) ja laboratoorse tehnika võtete kirjelduse. Teistes osades on kirjeldatud arvukaid originaalsete, aga ka Lermantovilt, Drentelnilt, Donatilt ja teistelt autoritelt laenatud omavalmistatud katseriistade konstruktsioone. Autori poolt esitatud valik on arvukam kui Dubrovski raamatus toodu, kuna käsiraamat on määratud mitte ainult esimese, vaid ka teise füüsika õpetamise kontsentri vajadusteks.

* Н. С. Дрентельн, Физические опыты в начальной школе, Гиз, 1924. (Toimetaja P. A. Znamenski, 3. trükk, 280 lk., 337 joonist.)

Selles tähelepanuväärses raamatus, mis on väljapaistva vene

metoodiku visa töö ja paljude aastate kogemuste üldistuseks, umbes 25% tekstist on õpetaja töö jaoks kõige tähtsamate materjalide ja nende töötlemise lihtsate võtete kirjeldamine. Peale selle on toodud laboratooriumi varustusse kuuluvate esemete nimekiri. Katseriistade ehituse ja nendega sooritatavate katsete kirjeldused sisaldavad lühikesi, kuid ammendavaid juhendeid, mis tagavad katsete edu kõige lihtsamate vahenditega. Katseriistade ja katsete valik on tehtud vastavalt füüsika algkursuse õpetamise vajadustele. Kuna Drentelni raamat on ammu läbi müüdud, siis tutvumiseks tuleb teda hankida raamatukogust.

Bernhard Schwalbe — Hermann Hahn. Physikalische Freihandversuche, 1912—1926 (1095 lk., 1365 joonist).

On tuntud selle väljaande 3 köidet:

I köide (259 lk., 445 katset). Praktilised nõuanded. Mõõdud ja mõõtmised. Kõvade kehade mehhaanika.

II köide (431 lk., 707 katset). Vedelikkude ja gaaside omadused.

III köide (405 lk., 738 katset). Valgus.

Esimene köide ilmus venekeelses tõlkes ajakirja «Физик-любитель» väljaandes, kuid see on bibliograafiliseks harulduseks. Teos on eriti väärtuslik füüsikutele-metoodikutele, kuna ta sisaldab ammendava ülevaate kõigis maailma keeltes kirjeldatud kõigist lihtsamatest pisitoodetest ja ka füüsikakatseriistadest. Raamatule on iseloomulik suure hulga katsete ja ka koduste vahenditega teostatavate iseseisvate vaatluste ning uurimuste kirjeldamine.

Neid raamatuid on võimalik saada tutvumiseks ainult tsentraalsetest raamatuhoidlatest.

А. Б. Якобсон, Опыты и наблюдения по физике и химии (kaks raamatut, 1926—1929, 160 + 184 lk.).

Peale füüsikakatsete ja iseseisvate vaatluste lühikeste kirjelduste on raamatus kirjeldatud vajalikke katseriistu ja antud juhendeid nende valmistamiseks kõige lihtsamate vahenditega. Raamatu tähtsaks iseärasuseks on see, et seal esineb ülesandeid õpilastele iseseisvaks lahendamiseks.

* С. П. Слесаревский, Саморобна прилада з физики, Радяньска школа, 1947 (108 lk.).

Raamat on trükitud ukraina keeles, kuid suure arvu illustratsioonide tõttu pole seda raske kasutada ka vene keelt valdaval õpetajal.

Raamatuist, millede annotatsioonid on toodud I ja II köites (§ 74), on omavalmistatud lihtsustatud katseriistade konstruktsioonide valiku jaoks tähtsamateks allikateks järgmised:

* П. А. Знаменский, Лабораторные занятия по физике в средней школе. (Kaks väljaannet, 1934, 578 lk.)

Д. Д. Галанин, Демонстрации и лабораторные работы по физике в неполной средней школе, 1936 (104 lk.).

В. А. Зибер, Ф. Н. Красиков и И. А. Челюскин, Методика и техника демонстрационных опытов по физике, 1934 (208 lk.).

*В. Н. Бакушинский, Организация лабораторных работ по физике в неполной средней школе (ч. I) и в средней школе (ч. II), 1940 ja 1946 (68+124 lk.).

Ф. Н. Красиков, Упрощенные приборы по физике, 1924 (272 lk., 207 joonist).

Ив. Глинка, Опыт по методике физики. Лабораторные уроки в средней школе, 1922 (119 lk., 12 joonist).

Koduste füüsikakatsete metoodika ja tehnika kohta on kuni käesoleva ajani ilmunud ainult kaks raamatut:

Е. Н. Соколова, Домашние опыты по физике, изд. АПН 1948.

Крылов, Домашние опыты по физике. Ростовское педагогическое издательство, 1946.

Juba 12 aastat ilmuv füüsika-alane metoodiline ajakiri «Физика в школе» sisaldab harilikult igas numbris mõningaid isevalmistamiseks kohandatud katseriistade kirjeldusi[1]. Vaadeldava küsimuse alastest artiklitest väärivad suuremat tähelepanu järgmised:

Н. Е. Юкович, Простые приборы, 1937, № 5.

Г. И. Фалеев, Лабораторное оборудование курса физики VI и VII кл., 1938, № 3.

Г. И. Фалеев, Приборы по оптике в курсе VII класса, 1939, № 2.

Б. С. Сафонов, Демонстрации и лабораторные работы в курсе VI и VII классов, 1939, № 5.

Г. А. Залётов, Несколько самодельных приборов по физике, 1939, № 5.

К. В. Дубровский, Простые физические приборы по акустике, 1940, № 4.

А. А. Ченцов, Опыты по электростатике с самодельными приборами, 1940, № 5.

Д. Я. Сперанский, Из школьной практики, 1940, № 5.

Н. Белый, Значение опытов в домашней работе учащихся, 1940, № 6.

О. Писаржевский, Самодельные приборы, 1940, № 6.

А. И. Кошелев, Самодельные электроизмерительные приборы, 1940, № 6.

Г. И. Фалеев, Физический кабинет неполной средней школы, 1941, № 1.

Ф. Д. Деримарко, Несколько простых опытов, 1941, № 2.

С. Ф. Покровский, Наблюдение и эксперимент в домашних заданиях по физике для VI—VII классов средней школы. Метод. сборник «Физика в школе», 1945.

[1] Õpetajal, kes uurib omavalmistatud katseriistade konstrueerimist ja nende abil katsete sooritamist, tuleb silmas pidada rikkalikku materjali, mis sisaldub revolutsioonieelsetel aastatel ilmunud ja tsentraalsetes raamatuhoidlates säilinud ajakirjades: «Вестник опытной физики и элементарной математики», «Физик-любитель», «Физика». Peale selle võib ammutada tohutult palju materjali mitme aastakümne vältel ilmunud ajakirjast «Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht».

С. Ф. Покровский, Наблюдение и эксперимент в домашних заданиях по физике для VI и VII классов средней школы, 1947, № 2.

А. А. Покровский, Самодельные приборы по физике в школьной работе, 1948, № 1.

И. М. Малышев, Опыты по электромагнетизму, 1948, № 5.

4. Õpikud, populaarteaduslik ja muu kirjandus.

Õpikutest ja populaarsetest füüsikaraamatutest võib alati ammutada teatmeid mõne originaalse katseriista või seadise kohta, mida on võimalik isevalmistamiseks kopeerida. Niisugustest raamatutest, mis paistavad silma toodud katsete värskuse ja originaalsuse poolest, tuleb osutada järgmisi:

Р. В. Поль, Введение в современное учение об электричестве, 1931. (Tõlgitud saksa keelest, 344 lk., 393 joonist.)

Р. В. Поль, Введение в механику и в акустику, 1933 (275 lk., 440 joonist).

Р. В. Поль, Введение в оптику, 1947 (484 lk., 561 joonist).

Под ред. Г. С. Ландсберга, Курс физики, т. I, Механика Теплота. Молекулярная физика, 1944 (411 lk., 582 joonist).

Под ред. Г. С. Ландсберга, Элементарный учебник физики. т. I, 1948 (488 lk.).

Под ред. Г. С. Ландсберга, Элементарный учебник физики. т. II. Электричество, 1949 (344 lk., 324 joonist).

Под ред. Г. С. Лансберга, Элементарный учебник физики, т. III. Колебания и волны. Оптика. Строение атома, 1952, (480 lk.).

Д. И. Сахаров, Физика. Учебник для педагогических училищ, 1948. (Teine trükk, 367 lk., 505 joonist).

Брэгг, Мир света. (Tõlgitud inglise keelest, 1935, 238 lk., 110 joonist).

Брэгг, Мир звука, 1927 (131 lk., 92 joonist).

Джон Перри, Вращающийся волчок, 1935. (Tõlgitud inglise keelest, 1935, 93. lk., 63 joonist.)

* Р. Клей, Опыты по свету. (Tõlgitud inglise keelest. Käsiraamat laboratoorseteks töödeks koolis, 1922, 218 lk.)

* Бойс, Мыльные пузыри. (Tõlgitud inglise keelest, 1919, 190 lk., 80 joonist.)

Katseriistade, seda enam aga veel tehniliste mudelite valmistamisel, tuleb peale osutatud füüsika-alaste raamatute laialdaselt kasutada ka raamatuid tehnilise modelleerimise alalt.

Kõige enam on levinud väikeste brošüüride sari «Для умелых рук» (algul ajakirja «В мастерской природы», hiljem Leningradi Teadusliku Kirjastuse väljaanne). Sari koosneb umbes 60-st brošüürist. Selles sarjas ilmusid näiteks järgmised raamatukesed: Галанин, Физика на спичках; Бунимович, Электрический

телеграф; Зибер, Летающие модели аэропланов; Аббе, Самодельные гальванические элементы; Албычев, Весы; Крюгер, Электрификация моего дома; Окинин, Наливная батарея; Крейцер, Самодельные электрические измерительные приборы; Афанасьев, Реостаты.

Tuleb märkida, et suurem osa mainitud sarja raamatutest puudutab kas 8.—11. klassi teemasid (dünamomasin, stereoskoop, telefon, «raadioaurik», tsentrifugaalmasin, Tesla transformaator, stroboskoop, transformaatorid) või klassivälist tööd, sagedamini suviseid ja talviseid meelelahutusi (päikesetelegraaf, süst, mängulohed, igat liiki kelgud, suusad, tööd jõhvsaega, puust mänguasjad), või käsitööalaseid ja praktilisi oskusi (noore tehniku töökoda, läätsede lihvimine, noor metallitööline, peeglite hõbetamine, noor tisler, majapidamises kasulikud retseptid, pottsepp-asjaarmastaja) üldse.

Mitmesuguste tehniliste mudelite valmistamise kirjeldamisele on pühendatud ka palju aastaid ilmunud eri ajakiri «Знание — сила». Ajakiri ilmub ka praegu. Tervenisti tehniliste mudelite valmistamise küsimustele pühendatud raamatute hulk on võrdlemisi suur. Kuid ainult mõned neist on kirjutatud selleks, et korraldada vastavaid praktilisi töid laste ja noortega. Kui sellistes raamatutes kirjeldatud konstruktsioone, mis on eelkõige originaalsed, valmistada vastavalt autori juhenditele, siis nad hakkavad töötama samuti kui paljudel katsetel kontrollitudki. Peale selle nõuab niisuguste mudelite valmistamine väga lihtsaid tööriistu ja materjale ning on mõeldud inimestele, kel pole spetsiaalseid käsitööalaseid teadmisi ega vilumusi. Erilist tähelepanu väärivad järgmised raamatud:

«Книга юного конструктора», т. I, Детгиз, М. 1937.

See on suurepärane väljaanne, mis sisaldab mitmesuguste seadiste, masinate ja aparaatide valmistamise kirjeldusi. (Mudellennukid. Omavalmistatud foto- ja kinoaparaadid. Omavalmistatud elektrimootorid ja aurumasinad. Kaasaegne fototelegraafi-aparaat. Omavalmistatud detektor- ja lampvastuvõtjad. Raadio teel juhitavad mudelid.) Kõige rohkem tähelepanu on pühendanud autorid selliste mudelite kirjeldamisele, millede valmistamine on jõukohane ainult mõningaid käsitöö võtteid valdavaile 9.—10. klassi õpilastele.

* М. И. Панков, Водой и ветром, 1936.

Raamat sisaldab lihtsaimate vee- ja tuuleseadmete mudelite kirjeldusi, mida on võimalik valmistada kõige lihtsamate vahenditega.

* А. Абрамов и П. Хлебников, Самодельные электрические и паровые двигатели, Детгиз, 1946 (120 lk.).

Võib julgelt väita, et kui õpetaja soetab selle teose, siis ta saab usaldatava käsiraamatu õpilastega elektrotehnika ringis elektrimootorite mudelite valmistamiseks. Raamat on arvestatud väga lihtsate vahendite ja oskuste jaoks. Kooli tingimustes on täiesti võimalik ka aurumasinate ja auruturbiinide mudelite valmistamine, kuid see nõuab mõningat, kuigi lihtsat käsitööalast ettevalmistust metalli (pleki ja traadi) töötlemiseks ja jootmiseks.

* Ник. Бабаев, Постройка летающих моделей, 1935 (127 lk., 71 joonist + tabelid joonestustega).

Vaadeldav raamat on autori ja vene noorte aviokonstruktorite suurte kogemuste kokkuvõtteks. Nagu osutasime juba § 5, 3, tuleb seda raamatut tungivalt soovitada, ja õpetajale, kes on asutanud oma koolis avioringi, peab ta saama alati kasutatavaks käsiraamatuks. Raamatu eriline väärtus seisab selles, et autor ei piirdu ainult konstruktiivse külje kirjeldamisega, vaid käsitleb väga arusaadaval kujul ka mõningaid teoreetilisi küsimusi ja toob vahel ka arvutusi. Juhendeid valmistamise tehnika kohta tuleb pidada ammendavateks. Õpetaja leiab raamatust mongolfjeri (õhupalli), mitut tüüpi mängulohede, igasuguste purilennukite ja mudellennukite kirjeldusi, alates kõige lihtsamatest ja lõpetades rekordilistega.

* Ник. Бабаев и С. Кудрявцев, Летающие авиаигрушки, 1935 (45 lk.).

Raamat sisaldab paberist langevarjude ja purilennukite lihtsaimate mudelite valmistamise ammendavaid kirjeldusi, samuti ka väärtuslikke juhendeid selliste purilennukite reguleerimiseks, selleks et saavutada nendega suurimat lennukaugust ja -kestust ja sooritada mitmesuguseid vigurlende. Peale õpetaja tuleb raamatut soovitada ka õpilastele.

Põhiallikatena tutvumiseks mõningate ajaloolist laadi seadmetega ja katsete sooritamiseks nendega võib kasutada järgmisi väljaandeid:

П. С. Кудрявцев, История физики, 1948.

В. И. Лебедев, Исторические опыты по физике, 1937 (311 lk.).

V. V. Danilevski, Vene tehnika, 1952, 586 lk. (vt. I köide, § 9, 5, X).

М. А. Шателен, Русские электротехники, 1949 (378 lk., 59 joonist + 8 portreed).

Raamat osutub väljapaistvaimaks kõigist käesoleva ajani ilmunud vene suurte elektrotehnikute (Petrov, Jablotškov, Ladõgin, Dolivo-Dobrovolski, Benardis, Slavjanov, Popov) tegevuse iseloomustustest.

Raamatu annotatsioonis on õigesti öeldud: «Eriliseks väärtuseks on see, et autor on olnud paljude tema poolt esitatud faktide, leiutuste ja avastuste vahetuks tunnistajaks».

Raamatute loetelu huvitavate füüsikakatsete ja vaatluste alalt on toodud I köites, § 49, 8. Neist raamatuist väärivad suuremat tähelepanu järgmised:

Том Тит, Научные развлечения, 1937. (Tõlgitud prantsuse keelest, 365 lk., 230 joonist.)

Prantsuse füüsik ja insener Arthur Good avaldas läinud sajandi lõpul varjunime Tom Tit all laia lugejaskonna jaoks määratud ajakirjas «Illustration» nn. füüsikaliste «teaduslike meelelahutuste» kirjeldusi. Füüsika seisukohast olid mõned tema katsetest niivõrd huvitavad ja oma lihtsuse poolest niivõrd väär-

tuslikud, et need võeti tarvitusele demonstratsioonideks koolis. Kuid osa tema katsetest, mis on arvestatud sensatsiooniks või nõuavad läbiviimiseks erakordselt osavaid käsi või ei õpeta füüsikat, ei saa soovitada. Hulk vene ja välismaisi autoreid (Solomin, Mirlès, Günther jt.) esitavad Tom Tit'i katsete kirjeldusi oma nime all ja omade sõnadega, vahel aga ka Tom Tit'i sõnadega.

Rikkaliku katseriistade valiku annavad nende firmade kataloogid, mis toodavad ja müüvad füüsikakabinettide jaoks tehnilist varustust. Olgugi, et kataloogides katseriistade kirjeldusi harilikult kas üldse ei tooda või antakse ainult lühikese iseloomustusena, on sageli siiski küllalt ühest joonisest selleks, et kopeerida huvi äratanud katseriista. Võimaluse korral on kasulik füüsikakabinetile soetada nii välismaiste kui ka revolutsioonieelsete vene firmade katalooge. Neist pakuvad suurimat huvi järgmised: Max Kohl, Schwabe ja Trõndin. Kaasaegsetest kataloogidest väärib kõige enam tähelepanu kultuurtarvete kataloog.

А. Д. Двинянинов, Учебные пособия и политехническое оборудование. Практическое руководство, вып. I. Физика и техника, 1933 (216 lk., 532 joonist).

Käesoleval ajal lisab õppevahendite tööstus tema poolt toodetud katseriistadele erilised füüsikute-metoodikute ja katseriistade konstruktorite poolt koostatud brošüür-instruktsioonid. Selliste väljaannete sarja on õpetajal väga kasulik koguda eelkõige demonstratsiooni-katseriistade kasutamise võtete omandamiseks. Peale selle leiab õpetaja sealt kasulikke teatmeid katseriistade konstrueerimiseks.

5. Bibliograafilisi andmeid vene metoodikute-füüsikute kohta.

Teatmeid väljapaistvate vene metoodikute-füüsikute kohta võib leida N. S. Drentelni kirjutistest.

Памяти А. Л. Розенберга, журн. «Педагогический сборник», 1916, № 10.

Памяти К. В. Дубровского, журн. «Русская школа», 1915, № 11.

Biograafilisi andmeid N. S. Drentelni kohta on raamatus:

Н. С. Дрентельн, Физические опыты в начальной школе. Гиз (3. trükk, 1924, toimetaja P. A. Znamenski).

Väike kirjutis Drentelni poolt, mis iseloomustab K. D. Dubrovski elu ja pedagoogilist tegevust, leidub raamatus:

К. В. Дубровский, Простые физические приборы, 1917. (4. trükk.) V. V. Lermantovi nekroloog leidub raamatus:

Ж. М. Дьяконов и В. В. Лермантов, Обработка стекла на паяльном столе. (Toimetaja Verhovski, 1924, 183 lk., 71 joonist.)

А. С. Енохович, В. В. Лермантов (к 30-летию со дня смерти), ajakirjas «Физика в школе», 1949, № 1.

KÄSITÖÖVÕTTEID JA LABORATOORNE TEHNIKA.

§ 7. FÜÜSIKAKABINETI TÖÖKODA.

1. Töökoja tähtsus.

Kõige lihtsama abitöökoja (tööriistade komplekti ja töökoha) puudumisel pole võimalik füüsikatundide pidev ja küllaldaselt täielik tagamine demonstratsioonide ja laboratoorsete töödega. Tõepoolest, peaaegu iga katseriista juures on enne tema kasutamist ühte või teist korda seada, sellele vaatamata, et ta näiliselt on täielikult korras. Katseriista tuleb kõigepealt pühkida pehme puhta lapiga, üle vaadata, reguleerida ja kõrvaldada kõik tema vead, ükskõik kui tähtsusetud need ka ei oleks. Selleks vajame harilikult vähemalt selliseid tööriistu, nagu vastavas suuruses kruvikeeraja (joon. 59), lapiktangid (joon. 206 *C*) ja nuga (joon. 323). Kui sellisest ülevaatusest mitte hoolida ja näiteks õigeaegselt mitte kinnitada lõdvenenud mutreid, kruve ja klemme, siis vajab riist hiljem remonti või langeb hoopis rivist välja.

Mõned riistad vajavad süstemaatilist järelevalvet. Nii näiteks kui pidevalt ei hoolitseta akumulaatorite ja galvaani elementide eest (§ 23, 8), siis varem või hiljem nad hävivad. See nõuab jällegi mingi tööriista kasutamist. Hõõrduvaid osi sisaldavad katseriistad vajavad perioodilist määrimist, kusjuures vahel tuleb neid, kui mitte täielikult, siis osaliselt, paksuks muutunud õli mahapesemiseks osadeks lahutada. Kummitorusid, -plaate ja -korke tuleb nende kuivamise tõttu aja jooksul vahetada, milleks on jällegi vaja üht või teist tööriista. Kui riistal, nagu tema kasutamisel harilikult juhtub, on mõni rike, siis on remont omade vahendite ja jõududega mõõdapääsematu, sest vastasel korral tuleb tundi anda ilma vastava demonstratsioonkatseta, millega küsimuse esitamise loogikasse tekib lünk.

Seega ei piisa ainult sellest, et on olemas kõik demonstratsiooniks vajalikud heakvaliteedilised katseriistad, kuid puudub vastav tööriist ja õpetajal pole mõningaid käsitöö ja laboratoorse tehnika vilumusi, sest siis hakkavad riistad aeg-ajalt rivist välja langema ja õpetamine muutub eksperimentaalsest füüsikast «kriidifüüsikaks».

Nagu juba varem nägime (§ 1, 2), toimub rida kõige vajalikumaid füüsikademonstratsioone seadmetel, mis koosnevad õpetaja või õpilaste poolt valmistatud katseriistadest või osadest, mida hoolikalt säilitatakse ja aastast aastasse kasutatakse. Õpetajal tuleb katseseadmete valmistamisel teostada elektrimontaaži ning töödelda puitu, metalli, klaasi, pappi ja paberit, plastilisi materjale jms., mis kõik nõuab vastavate tööriistade kasutamist, või osutub võimatuks. Võib juhtuda, et õpetaja võiks demonstratsioonide korraldamiseks paljugi teha iseseisvalt, kuid tal ei ole parajal ajal käepärast vajalikku tööriista.

Mingisugune seitsmeaastase kooli füüsikaringi töö, kus eksperimentaalsed tööd (katseriistade ja mudelite isevalmistamine ja nendega katsetamine) on esmajärgulise tähtsusega, on tööriistade puudumisel täiesti võimatu.

Kõik esitatud asjaolud on üldtuntud, kuid seda ei hinnata alati vajalikul määral, eriti algajate õpetajate poolt, kes rohkem hoolitsevad vajaliku aparatuuri soetamise kui koolis omade «tootmisvahendite» muretsemise eest. On näiteks vähe osata ainult autot juhtida, vaja on ka oskusi ja vilumusi rikete kõrvaldamiseks ja väikese remondi sooritamiseks, milleks peab olema alaline tööriistade kogu, sest vastasel korral on peatus teel, varem või hiljem ka avarii, vältimatu. Kuid kabineti majandamine ja füüsikatundide (seda enam aga klassivälise töö) tagamine katsetega on palju keerulisem ja peenem asjandus kui auto juhtimine ja hooldamine.

2. Tööriistade komplekt.

Asudes füüsikakabineti reorganiseerimisele, veel enam, uue rajamisele, tuleb esmajärjekorras, isegi enne katseriistade ostmist, hoolitseda kõige vajalikumate kvaliteetsete tööriistade muretsemise eest. Tööriistadest on tingimata vajalikud järgmised: vasar (joon. 134), nuga (joon. 233), lõiketangid ja lapiktangid (joon. 206) või universaaltangid, tisleri käsisaag (vukssaag) (joon. 50), käärid (joon. 193), naaskel (joon. 156), kaks kruvikeerajat — harilik ja kellassepa- (joon. 59), lapik- ja kolmkantviil (joon. 139), korgipuurid (joon. 284), jootekolb (joon. 174), samuti ka priimus-põleti. Selle tööriistade komplektiga võib alustada ja esialgselt töötada kabinetis, edaspidi aga peab riistade sortiment süstemaatiliselt laienema, täienedes höövliga (joon. 54), kruustangidega (joon. 130 ja 131), trilliga ja puuriga (joon. 137), metallisaega (joon. 142) ja mõningate teistega, millede vajadus selgub töö edasises käigus. Tuleb meeles pidada, et **parem on esialgu loobuda mõningatest ostetavatest katseriistadest,** mida vaja läheb vahel ainult üks kord aastas, **kui siduda oma käed tööriista puudumisega.**

Samuti tuleb õpetajal õppida, kas või antud käsiraamatu järgi, õiget tööriistade käsitsemist, omandada käsitööalaseid vilumusi, ja

neid õpilastele vajalikul määral edasi andes, kaasa tõmmata õpilaskollektiiv kabineti sisustamise, katsete demonstreerimise ja laboratoorsetele töödele. Kõik see tõstab kiiresti mitte üksi füüsika õpetamise kvaliteeti, vaid avaldab õpilastele ka väga suurt kasvatuslikku mõju. Selle tagatiseks on autori paljuaastased kogemused, ja mis peaasi, selliste paremate nõukogude õpetajate-füüsikute hiilgavad saavutused, kes on osanud luua omade jõudude ja vahenditega ning üldsuse kaasatõmbamisega suurepärased füüsikakabinetid ja tagada füüsika õpetamise ja õpilaste kasvatamise väga kõrget taset.

Järgnevates, käsitöö ja laboratoorse tehnika võtteid kirjeldavates paragrahvides (§§ 8—26) on toodud väga mitmesuguste tööriistade kirjeldusi, millede järele õpetajal võib tekkida vajadus.

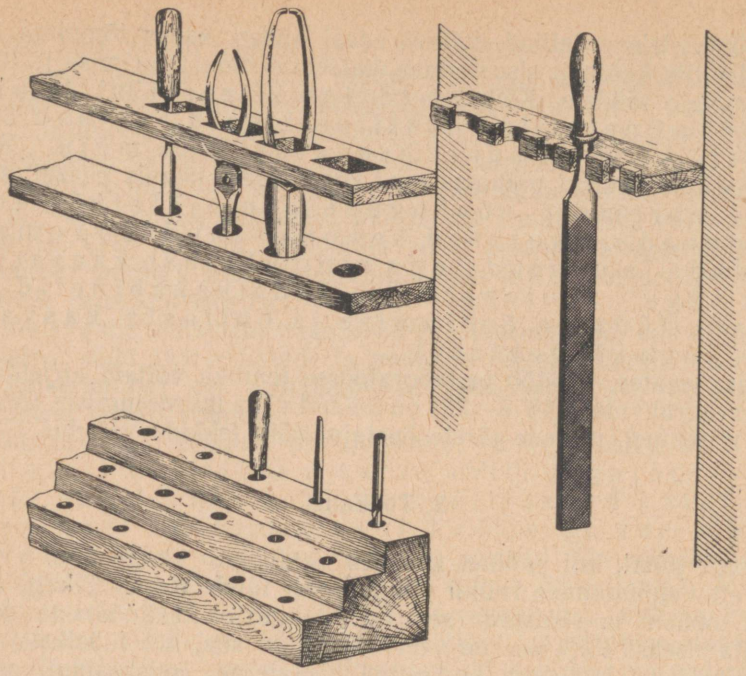
3. Töökoht.

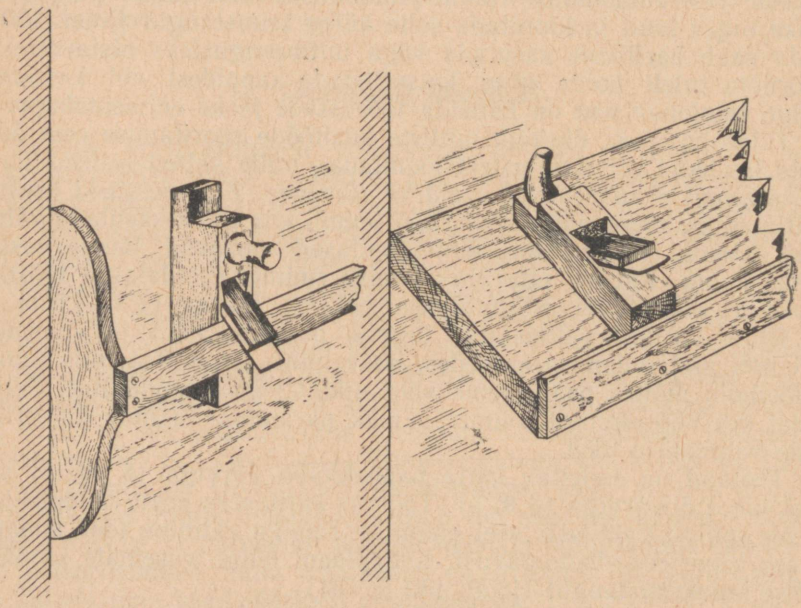
Isegi juhul, kui kabinet koosneb vaid ühest ruumist, s. o. katsete ettevalmistamise ruumi puudumisel, tuleb klassis ikkagi eraldada töökoht ja sisustada see mitmesuguste käsitööalaste tööde sooritamiseks. Kõik see on veel vajalikum siis, kui füüsikakabinetis toimub ka bioloogia ja keemia õpetamine, mis samuti nõuab katseteks ettevalmistamisel mitmesuguseid käsitööalaseid töid. Katsete ettevalmistamise ruumi puudumisel tuleb klassi paigutada väike tugev laud ja kinnitada selle külge kruustangid (joon. 130), mida saab harilikult kasutada väga mitmesugusteks otstarveteks. Tööriistu tuleb hoida ühes katseriistade kappidest või kastides. Kõige ratsionaalsem on hankida tööriistade jaoks eri seinakapp.

Tuleb hoiatada ükskõik milliste käsitööde sooritamise eest õpilaste laudadel või demonstratsioonilaual, mille katted sellisel juhul mitte ainult et määrduvad, vaid ka riknevad. Kui see siiski osutub vältimatuks, nagu näiteks ringitöö puhul, siis tuleb kasutada vähemalt väikesi vineerplaate, mida õpilased asetavad lauale vastavasse kohta. Katsete ettevalmistamise ruumis eraldatakse töökoja jaoks eri koht, kuhu paigutatakse paksust lauast (1,3—1,8 *m* × × 60 — 70 *cm*) valmistatud tugeva plaadiga laud ja edaspidi, kabineti majapidamise arenedes, höövelpink (joon. 44), mis ruumi kokkuhoiu mõttes peab olema võimalikult väikesemõõduline. Sellel laual või höövelpingil toimuvad kõik parandus- ja uute katseriistade valmistuse tööd.

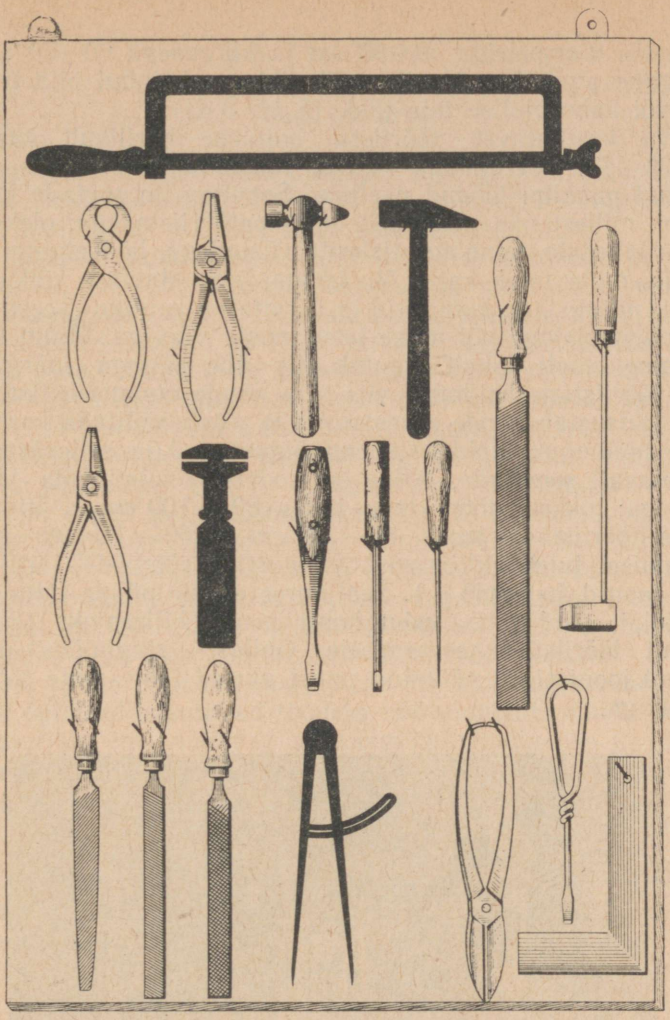
Töölaud on soovitav katta happekindla värviga (§ **26**, 5) või igal juhul õlivärviga (§ **9**, 5). Töölaua katmiseks pealt raudplekiga ei ole mingit vajadust; veel enam — rauaga katmine toob endaga kaasa terve rea ebamugavusi. Lauaplaadi külge vasemale kinnitatakse lauakruustangid (joon. 130 ja 131).

Pleki painutamiseks ja teisteks plekitöödeks tuleb vastavalt § **13**, 3 III (joon. 194) antud juhendeile kinnitada laua äärele





Joon. 36. ja 37. Mitmesugused seadised tööriistade säilitamiseks kappides.



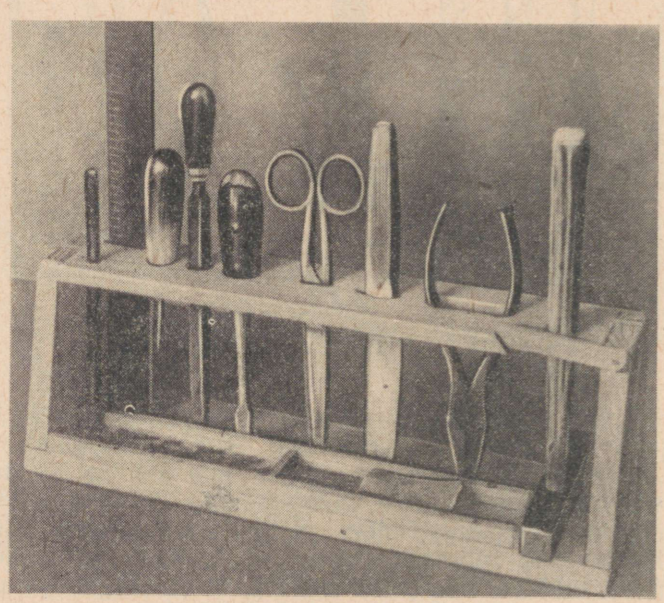
Joon. 38. Lukksepatöö- ja teiste riistade komplektiga kilbi montaaž.

rauast nurgake. Höövelpingi puudumisel tuleb valmistada höövelplank (joon. 45), mida võib vajaduse korral töölauale asetada. Laudade hööveldamisel on võimalik piirduda joonisel 49 näidatud veel lihtsama seadmega. Tuleb valmistada ka lihtsaim piirituslambiga seadis klaasipuhumistöödeks (§ **19**, 4, III ja joon. 313). Selline on lihtne, kuid äärmiselt tähtis töökoha varustus, mille rahalise väärtuse määrab kõigepealt lukksepa-kruustangide ja pulverisaatorpumba kummist pirni (joon. 313 *A*) hind.

Puuraiumiseks, samuti ka alasi paigutamiseks tuleb muretseda

pakuots või diameetriga 30—35 *cm* ja kõrgusega 60—70 *cm* jäme ümmargune puuhalg. Alasiks võib lihtsamal juhul olla triikraud, rööpa- või kahepoolse tala tükk (§ 11, 3 II).

Harva kasutatavat tööriista hoitakse harilikult kas kapis (joon. 36—37) või töölaua laekas; tähtsamad riputatakse seinale kinnitatud puukilpi löödud naeltele. Soovitav on soetada kaks sellist kilpi, millest üks, peamiselt lukksepatööriistadega, oleks asetatud laua lähedale, teine aga tisleritööriistadega, höövelpingi juurde. Kilpidele, mida tuleb katta õlivärviga, joonestatakse kõikide ülesriputatud tööriistade kontuurid ja värvitakse kontuuri seesmine osa musta piirituslakiga või mõne teise musta värviga. Mingi tööriista puudumine omalt kohalt muutub siis ühe pilguga märgatavaks. Selline tööriistade hoidmise viis viib nende otsimisele kuluva aja nullini, lihtsustab nende arvestamist ja aitab säilitada korda. Tööriistade hoidmine kilpidel on end õigustanud ja sellepärast tuleb seda palavalt soovitada. Kilpe on soovitav valmistada järgmiste mõõdetega: lukksepatööriistade jaoks 80 — 100 *cm* × 50 — 60 *cm* ja tisleritööriistade jaoks 80 — 90 *cm* × 60 — 70 *cm*. Kilpidele paigutamisel tuleb tööriistad kombineerida rühmade järgi (viilid, peitlid, tangid, haamrid jt.). Sealjuures ei tule püüda täita korraga tervet kilpi, vaid jätta vabu kohti nende hilisemaks täitmiseks, vastavalt tööriistade soetamisele. Õpilaste ringitööks on väga mugavad joonisel 39 näidatud puust alused tähtsamate tööriistade komplektiga.



Joon. 39. Kaasaskantav tööriistade komplekt õpilaste töödeks.

§ 8. PUUTÖÖ.

1. Tööde otstarve.

Puit on laialt levinud odav materjal, mis on võrdlemisi kergesti töödeldav. Puidu kasutamine osutub katseriistade isevalmistamisel tähtsaks, mõningatel juhtudel isegi möödapääsematuks.

Eriti suur on puidu tähtsus igat liiki riistakorpuste ja -aluste valmistamisel, mis on vajalikud muuhulgas montaažiks või õigemini mitmesuguste metall- ja teiste osade nendele kinnitamiseks. Kuid nagu põhjendasime §§ 1—3, tuleb õpilaste ringitöös püüda saavutada seda, et füüsikale pühendataks tunduvalt rohkem aega kui käsitöö harrastamisele. Sealsamas tõstsime esile ka juhtmõtte, et õpilased ei pea niivõrd katseriistu ehitama, kuivõrd neid käepärast olevatest osadest ja poolfabrikaatidest kokku monteerima. Peale selle näitasime § 1, 7, et katseriista valmistamisel osutuvad puutööd sageli palju töömahukamaks ja aeganõudvamaks kui katseriista kõige tähtsamate osade valmistamine. Sellepärast toimib õigesti see õpetaja, kes annab õpilaste käsutusse varem töödeldud poolfabrikaate hööveldatud servadega laudade, plankude ja lattide kujul, millede otsast õpilane lõikab ära talle vajalikud tükid ja ühendades neid teeb katseriistale aluse või korpuse.

On väär ja aja ning töö ebaratsionaalse kulu mõttes isegi lubamatu, kui õpilased kasutavad töödeks hööveldamata laudu või veel enam materjale, mis nõuavad pikisaagimist laudadeks ja kuivatamist. Sellised tööd võtavad vaid väga palju aega ja osutuvad kooli tingimustes kasutuiks — nad ei õpeta puutöö harjumusi ja ammugi mitte füüsikat. On õige seepärast, kui õpetaja mõnedel juhtudel isegi loobub puidu või puidumaterjali kasutamisest, asendades seda aja ja töö kokkuhoiu mõttes paberi või papiga. Nii näiteks tuleb toimida mõnede katseriistade korpuste valmistamisel, kui neil on karbi kuju.

Puuosade ühendamisel ei tule kaugeltki alati jälgida tisleritöö reegleid, ja seda jällegi aja ja vaeva kokkuhoiu mõttes. Nii näiteks tuleb vastavate harjumuste puudumisel vältida tappidega ühendusi (jagu 14, 1 ja joonis 91), kasutades teisi, valmistamiselt lihtsamaid, kuid küllalt tugevaid konstruktsioone (jagu 14, II ja III, ja joonis 92). Samadest kaalutlustest võib õpetaja juhinduda ka omas töös, s. o. siis, kui ta valmistab katseriista ise omal jõul. Kuivõrd aga õpetajate ja õpilaste seas leidub meisterdamishuvilisi, siis on mõningaid tisleritöö võtete ja reeglite kirjeldusi toodud alljärgnevalt suuremal määral, kui seda on vaja igale õpetajale või veel vähem igale õpilasele.

Kuna poolfabrikaatide kasutamisel on puidu töötlemine ja viimistlemine kerge, siis tuleb katseriistade valmistamisel sellest nõuda täpset ja puhast tööd. See ei ole niivõrd tähtis esteetilisest kui just kasvatuslikust seisukohast. Ei saa lubada, et korpus, alus või detail oleks tehtud längakil ja viltu. Selleks tuleb nõuda õpi-

lastelt eelkõige detailide täpset mõõtmist mõõtejoonlaua, mõõtekolmnurga või sirkliga.

Pärast valmistamist tuleb riista või detaili viimistleda, s. o. värvida või lakiga katta (§ 9, 5 ja 6), mis võtab vähe aega, kuid tutvustab õpilasi neile kasulike käsitööalaste oskustega.

2. Materjalid.

I Üldisi teatmeid metsamaterjali kohta. Puitmaterjali, millega tuleb õpetajal tegemist teha oma koolitöös, võib jaotada kahte rühma.

Esimesse rühma kuulub uus, veel kasutamata materjal. Selline materjal satub kooli metsamaterjali laost (kõige sagedamini männi- või kuuse-) plankude, laudade, prussikute jt. (vt. tabel § 8, 12) kujul. Kogu selline materjal saadakse palkide lõhkisaagimise teel (nimetatakse seepärast saematerjaliks) ja lastakse välja hööveldamata. Peale suure töömahu sellise uue materjali töötlemisel on tema põhipuuduseks tavaliselt niiskus. Sellepärast ei tohi äsjasaadud materjali mingil juhul kohe kasutusele võtta. Seda tuleb enne hästi kuivatada, sest vastasel juhul valmistatud ese hakkab kaarduma ja pragunema.

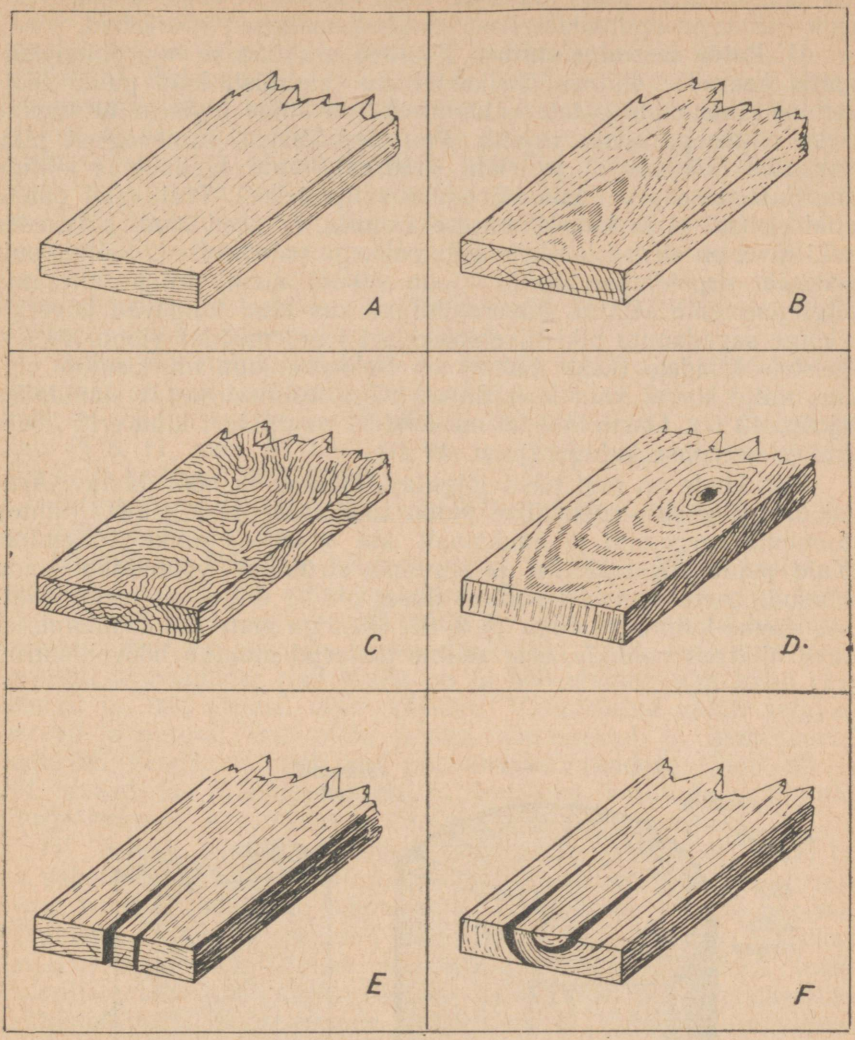
Teise rühma moodustab vana materjal, mis on kasutusel olnud, mida on kasutatud mingis oma aja ära elanud esemes ja mida oma päris otstarbeks enam kasutada ei saa. Vana materjali väärtuslikuks omaduseks on tema kuivus ja samuti ka see, et tema töötlemine nõuab vähem tööd.

Saematerjalid (paksus ja laius).

Tabel I

Nimetus	Paksus millimeetrites	Laius
Voodrilauad	10; 13; 16; 19	100—200 *mm*
Lauad	25; 30; 35	Laius on kahekordsest paksusest suurem
Plangud	40; 45; 50; 55; 60; 70; 80	Sama
Lafett	90; 100; 110; 120; 130	„
Latid	25; 30; 35	Laius on kahekordsest paksusest väiksem või võrdne sellega
Prussikud	40; 50; 60; 70; 80	Sama
Prussid	100; 120; 140; 160; 180; 200; 240; 260; 280; 300	„

Eriti hinnatavad on oma aja ära elanud katseriistade sellised puuosad (alused, toed, karbid, seinad), mida saab kasutusele võtta peaaegu ilma ümbertegemiseta. Sellepärast tuleb kõik inventarist mahakantud riistade osad säilitada (välja arvatud need, mis kuhugi ei kõlba). Sobivat materjali annab isegi vana purunenud mööbel ja tema osad (näit. taburet, laud, kapp, kaubanduses taa-



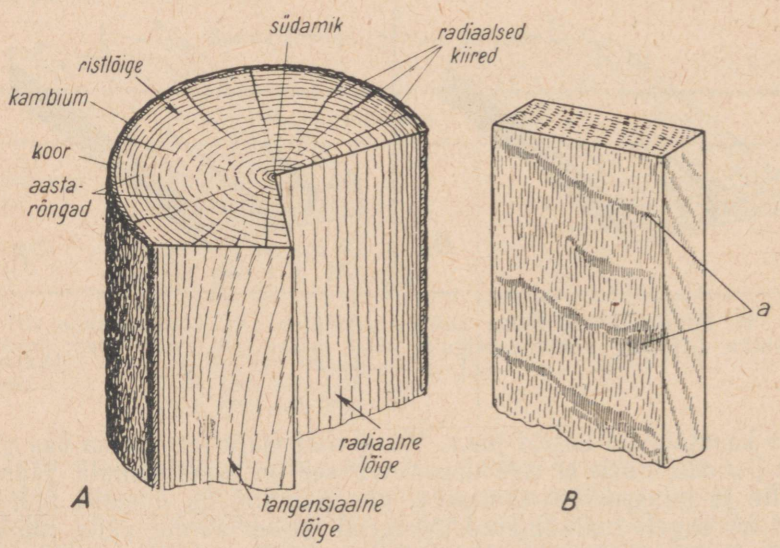
Joon. 40. Mitmesuguseid puidu liike: sirgekihiline (*A*), kõverakihiline (*B*) ja kisuline (*C*) puit. Kiudude paigutus okste juures (*D*). Puidu vead: praod (*E*) ja lõhed (*F*).

rana kasutatavad kastid jne.). Vanal materjalil on aga ka üks oluline puudus, mida ei tule unustada: see on eemaldamata jäänud naelte ja puukruvide olemasolu, mis puupinnaga ühetasa murdunult on sageli märkamatud. Materjali sisse jäänud väike märkamatu naelake võib põhjustada olulist, sageli raskelt parandatavat, mõnikord aga ka hoopis parandamatut kahjustust, nagu näiteks saehamba murdumist, sügavat mõlki höövlirauas või peitlis jne.

Sellepärast tuleb vana materjali enne töötlemist väga tähelepanelikult uurida ja eraldada sellest hoolikalt metalsed võõrkehad.

II Puidu seesmine ehitus. Koolitöö praktika ei vaja puidu küllaltki keerulise ehituse üksikasjalikku tundmist, kuid puidu töötlemise tähtsamate võtete valdamiseks on kõige üldisem tutvumine selle ehitusega siiski vajalik. Puu tüvi kasvab samaaegselt piki, pikkuses (kõrguses), ja risti (laiuses), uute kiudude ja kihtide moodustumise arvel puu jämeduse suurenedes. Teatavatel puude liikidel (mänd ja kuusk) on iseloomulik, et need kiud, paiknedes piki tüve, on sirged ja üksteisega peaaegu paralleelsed. Selline puit kannab sirgekihilise puidu (joon. 40 *A*) nime. Kuid sellesama liigi puit võib olla ka kõverakihiline, kus kiud kulgevad kõveralt (kõige sagedamini piki tüve spiraalset joont mööda) (joon. 40 *B*). Teistele liikidele (kask, tamm) on iseloomulikum nn. kisuline ehitus, mille korral kiud kõverduvad väga mitmesugustes suundades (joon. 40 *C*). Okste lähedal on kõikidel puuliikidel kiud eriti kõverad ja keerulise kujuga (joon. 40 *D*).

Piki kiude on puit hästi lõigatav, lõhutav ja hööveldatav. Arusaadavalt peab sirgekihilise puidu töötlemine piki kiude (kihte) toimuma kergemini ja edukamalt kui kisulise puidu töötlemine. Kuid puidu kõverakiuline ja kisuline struktuur võimaldab saada kiudude asetuse mustri poolest ilusat pinda, millel on teatav tähtsus eseme katmisel lakiga (§ 9, 6). Okstega materjali kasutamisest tuleb üldiselt hoiduda, sest selline materjal muutub hööveldamisel



Joon. 41. Puu läbilõikeid: ristlõige, radiaalne ja tangensiaalne lõige (*A*). Radiaalsete kiirte jäljed tammes (*B*).

(väheste kogemuste puhul) narmendavaks, koos süvendite ja kiskude tekkimisega. Puu kasvamises on talvel vaheaeg. Enamikul puuliikidel on selgesti eraldatavad kasvamisperioodi jooksul puidu väliskihis tekkivad kihistused, mida on hakatud nimetama aastarõngasteks. Need kihistused on näha tüve ristlõikel või pakuotsal (joon. 41 *A*). Mida õhemad on ühe ja sama puuliigi aastarõngad, seda tugevam ja kõvem on puit. Mõnedel puuliikidel (näit. pärnal) on aastarõngad palja silmaga peaaegu märkamatud. Puidu elavatelt välimistelt kihtidelt (kambiumilt või maltspuidult) annavad puutüve sisemusse mahla edasi radiaalsed kanalid. Selliste radiaalsete kanalite jälgedeks on nn. säsikiired. Selgelt märgatavate säsikiirte *a* rohkus on iseloomulik tammele (joon. 41 *B*). Okaspuuliikidel esinevad vaigukäigud.

Puidu töötlemine risti kiude on seotud suure aja ja töö kuluga; muuseas on puit risti kiude halvasti hööveldatav. Naelad ja kruvid, mis on löödud või keeratud piki kiudu, kinnituvad väga ebakindlalt (§ 8, 11, joon. 87 *C*). Puit on tavaliselt kergesti liimitav piki kiudu ja halvasti risti kiudu.

Järgnevates alljaotustes (III—VI) antakse teatmeid mõnede puiduliikide kohta:

III Mänd. Mänd on kõige levinum materjal. Ta on kollaka ja mõnikord ka roosaka värvusega puit. Männipuit ei ole väga kõva, kuid küllalt tugev ja kergesti töödeldav. On kergesti ja tugevasti liimitav. Kiud on peaaegu paralleelsed. Piki kiudu saab teda väga kergesti hööveldada; risti kiudu on ta hööveldatav aga palju raskemini ja, mis peaasi, mitte siledalt. Valmistatud eseme teravad servad ja nurgad, eriti otste juures, murenevad ja kumerduvad löökidel. Seepärast tuleb ääri piirata nürinurkadega (joon. 90 *A*) või ümardada. Männipuitu on ratsionaalne kasutada igat liiki suurte esemete, s. o. raamide, kastide jms. valmistamiseks.

IV Kuusk. Kuusk on väliselt väga sarnane männile, ehkki ta on vähem hinnatavaks materjaliks. Ta erineb männist puidu valgema värvuse, suurema pehmuse ja peente okste külluse poolest. Kõmmeldub vähe. On kergesti töödeldav ja hästi liimitav. Füüsikakatseriistade valmistamisel kasutatakse kuuske tavaliselt tema akustiliste omaduste tõttu, näiteks heliharkide resonantsikastide valmistamiseks. Katseriistade valmistamisel tuleb kuusepuidule tingimata eelistada mändi või kaske.

V Kask. Oma homogeensuse, suure tiheduse ja kõvaduse tõttu osutub kasepuit suurepäraseks materjaliks väikeste tarbeasjade valmistamisel. Puit on valge või veidi kollaka värvusega. On suurepäraselt saetav, hööveldatav ja viilitav. Praguneb väga kergesti, kuid kõverjooneliselt ja sageli seal, kus seda ei oodata, näiteks peiteldamisel, naela sisselöömisel ja mujal. Esemete servad ja nurgad ei murene ega kumerdu nii nagu männi ja kuuse puhul.

Kuivab väga aeglaselt ja sealjuures sageli praguneb ning kõmmeldub märgatavalt. Seepärast tuleb kasepuitu kasutada ainult hästi kuivatatult, kestvalt hoides teda hästi kuivas ruumis. Oma

kõvaduse ja teiste omaduste tõttu osutub ta igat liiki aluste, paneelide jms. valmistamisel parimaks materjaliks.

VI Pärn. Pärnapuit on valge, pehme, kerge ja väga homogeenne. On kergesti töödeldav. Tarvitatakse peamiselt treitud esemete valmistamiseks.

Pärnapuidust lauasse on tema pehmuse tõttu kerge torgata rõhknaelu ja nööpnõelu. Sel põhjusel valmistatakse pärnast joonestuslaudu. Füüsikalaboratooriumis on pärnast lauakesed väga mugavad niisugustel optikatöödel, kus kasutatakse nööpnõelu.

VII Tamm. Siin mainitud liikide hulgas on tammepuit raske, tugeva ja kõva puidu esindajaks. Tammepuidul on kergelt pruunikas värvus ja hästi märgatavad aastarõngad. Tammele on iseloomulik tihedate ja laiade säsikiirte ning paljude ebaühtlaselt jaotunud pooride olemasolu, mis annavad ta pinnale omapärase ilu (joon. 41 *B*). Seetõttu on tamme ratsionaalsem katta lakiga, mitte aga õlivärviga.

Tamme on mõtet rakendada sel juhul, kui valmistatavalt esemelt nõutakse selle pikaajalisel ja sagedasel kasutamisel erilist säilivust, tugevust või välist ilu.

VIII Mitmesuguseid puiduliike. Pole mingit vajadust püüda kasutada mingisuguseid teisi puiduliike peale ülalloetletute. Kuid see ei tähenda, et kõik ülejäänud puiduliigid oleksid füüsikakatseriistade puuosade valmistamiseks sobimatud. Selliseid haruldasemaid liike, nagu saar, pöök, vaher ja teised kõvemad liigid, võib katseriistade valmistamisel edukalt kasutada samadel juhtudel kui kaske ja tammegi.

IX Liimitud vineer. Üheks kõige tähtsamaks materjaliks igasuguste esemete valmistamisel füüsikakabineti praktikas on vineer, mis on kokku liimitud mitmest õhukesest puidukihist ja mida nimetatakse liimitud vineeriks. Need kihid lõigatakse välja puu (kask, lepp, haab) tüvest piki tema silindrilist pinda (paralleelselt aastakihististe suunaga), mistõttu vineeril üks ja sama muster (näiteks oksa läbilõige) perioodiliselt kordub. Need kihid liimitakse nii, et iga kahe naaberkihi kiud oleksid suunatud teineteisega risti. Selline kihtide liimimise viis vähendab kõmmeldumise võimalust (eriti kihtide suure arvu puhul), tagab ühtlast tasast pinda ja head vastupidavust, sealhulgas ka läbilöögile. Vineeril on veel see väärtuslik omadus, et ta välispinnad on täiesti siledad ega vaja hööveldamist.

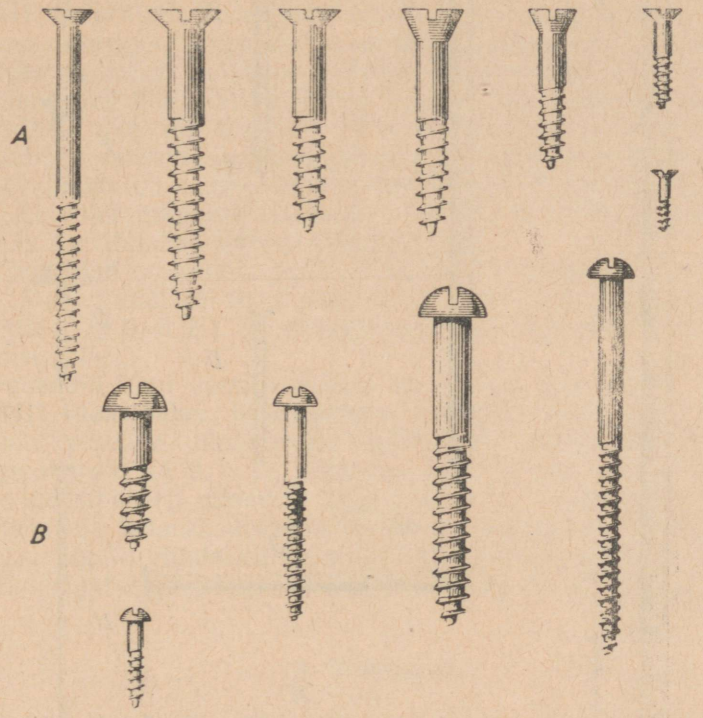
Parimaks vineeriks on kasevineer. Lepa- ja veel enam haavavineer jääb kasevineerist maha mitte üksi oma välimuse, vaid ka tugevuse poolest.

Vineeri kihtide arv on paaritu ja seepärast on äärmiste väliskihtide kiud samasuunalised. Füüsikakabineti jaoks on kõige tähtsam kolmest või viiest kihist koosnev vineer. Paljukihiline (7—9 — 11 kihti) vineer on ühtlaselt tasase ja kaardumatu pinna tõttu asendamatu. Paksust vineerist on võimalik valmistada igat liiki riistade aluseid, olgugi et ta otsi on raskem töödelda ja saagida

kui ükskõik millist teist kõva puitu. Õhukesest vineerist tehakse harilikult kilpe (kollektsioonide jaoks), igasuguste kastide seinu, saetakse välja tasaseid kujundeid, detaile jne.

Vineeri töötlemise iseärasusi on käsitletud jagudes 17 ja 18.

X Puukruvid. Puukruvid on puuosade kindlaks ühendamiseks, samuti aga ka selleks, et kinnitada puule metallosi ja teisi detaile. On olemas puukruvide kaks põhiliiki: salapeaga kruvid (joon. 42 *A*) ja ümarpeaga kruvid (joon. 42 *B*)[1]. Salapeaga kruvi nõuab



Joon. 42. Mitmesuguseid puukruvide liike.

nii puusse kui ka metalli koonilise süvendi tegemist ehk süvitamist (joon. 89) (jagu 11, II). Siis jääb kruvipea kruviga kinnitatava detaili pinnaga ühetasaseks.

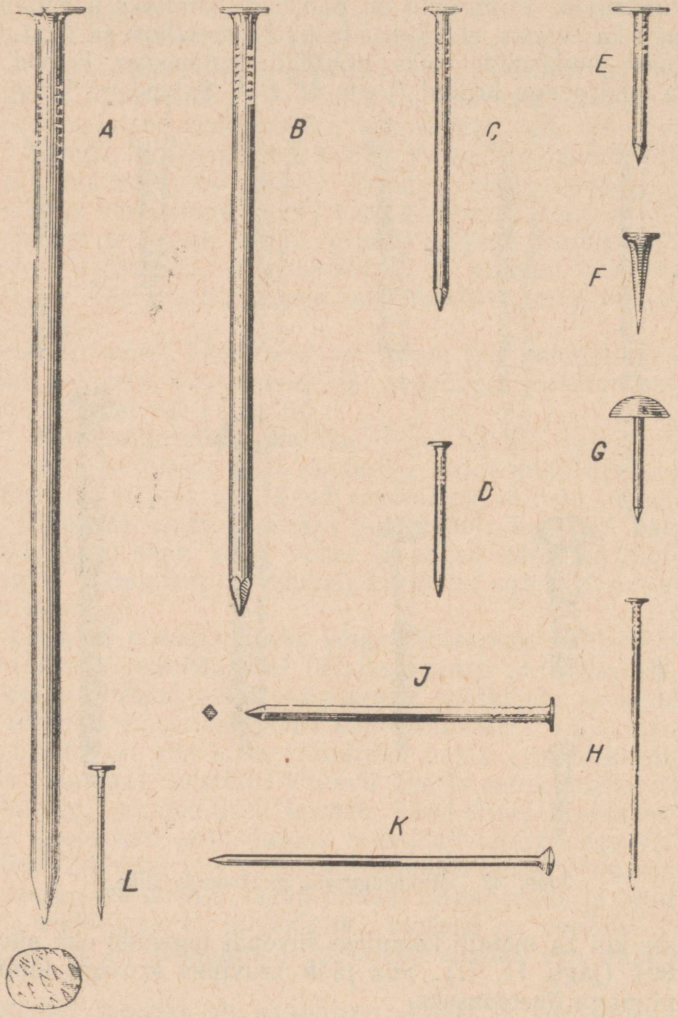
Ümarpeaga kruvid ei vaja süvitamist ja selliste kruvide pead ulatuvad detaili pinnast välja. Koolis kasutatakse neid kõige sagedamini isoleerrullikeste kinnitamiseks, sest koonilise peaga kruvi korral rullike praguneb.

Puukruve on müügil väga mitmesuguse pikkuse ja jämedusega. Kruvide sissekeeramise võtete kohta vt. jagu 11, II.

---

1 Kaunistustöödel kasutatakse mõnikord ka poolsalapeaga läätskruve OCT 190.

XI Naelad. Müügil on väga mitmesuguse kuju ja mõõdetega naelu. Pärast naelapea maharaiumist kasutatakse suuri naelu (150 *mm*, 125 *mm* ja 100 *mm*) (joon 43 *A* ja *B*), sageli omaval-



Joon. 43. Mitmesuguseid naelte liike (loomulik suurus).

mistatud katseriistade telgedena (võllidena) ja teiste osadena (§ **11**, 15 ja joon. 165). Väiksemaid naelu (75 *mm*, 50 *mm* ja 25 *mm*) (joon. 43 *C*) kasutatakse suurte puuosade üksteisega kinnitamiseks. Peeni naelu, mis on tuntud sindlinaelte nime all

(joon. 43 *H*), ja lühemaid (joon. 43 *D*) kasutatakse liimitud vineeri kinnitamiseks puuraamidele ja -plankudele.[1] Võrdlemisi peened ja lühikesed laia peaga naelad, mida müügil nimetatakse papinaelteks, on vajalikud papi kinnitamiseks puu külge (joon. 43 *E*). Erilise kujuga peened naelad, nn. polstrinaelad, on riide puu külge naelutamiseks (joon. 43 *F*). Dekoratiivse peaga messingnaelu (joon. 43 *G*) võib kasutada katseriistade jalgade valmistamiseks, elektrikontaktideks ja teisteks otstarveteks. Ruudukujulise ristlõikega naelu nimetatakse kastinaelteks (joon. 43 *J*).

XII Tisleriliim. Tisleriliimi müüakse ehitusmaterjalide kauplustest pruunide poolläbipaistvate tahvlitena. Liimi hea kvaliteedi tunnusteks on kuivus, kõvadus, rabedus ja pinna läikivus, samuti aga ka liimitahvli läbipaistvus. Liimi, mis on tisleriliimist läbipaistvam ja millel pole nii tugevat värvust, nimetatakse maalriliimiks.[2] Lisanditest suurema puhtuse, värvituse ja läbipaistvusega liimi eriliik (valmistatud kalaluudest) kannab želatiini ehk kalaliimi nimetust. Želatiini müüakse õhukeste lehtedena toiduainete kauplustest ja teda tarvitatakse toitude valmistamisel.

Tisleriliim on vajalik puidu, korgi, papi ja teiste ainete liimimiseks. Maalriliimi, või tema puudumisel tisleriliimi, kasutatakse pahtelkittide (§ 9, 5 II) ja peaasjalikult just liimvärvide (§ 9, 4 I) valmistamisel.

Juhendid liimi valmistamiseks on toodud jaos 10, II.

XIII Klaasipaber. Klaasipaberit (liivapaberit) kasutatakse puuesemete pindade lihvimiseks, mida tuleb harilikult teha enne lakiga katmist (§ 9, 6 I). Sõltuvalt klaasiterade suurusest, eristatakse klaasipaberit numbrite järgi 1 kuni 10. Nr. 10 terad on kõige suuremad ja teda kasutatakse seepärast esialgseks jämedaks lihvimiseks. Lõplik viimistlemine toimub klaasipaberiga nr. 1—3.

Klaasipaberiga pinna töötlemise võtteid on käsitletud jaos 19.

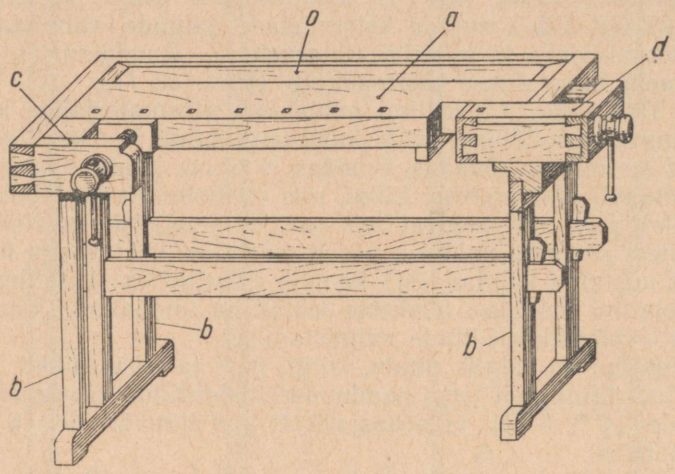
3. Tööriistad.

I Höövelpink. Puutööde edukaks sooritamiseks tuleb töödeldav materjal kinnitada nii kindlalt, et see töötlemisel (saagimisel, höveldamisel ja peiteldamisel) püsiks paigal, s. o. kuhugi poole ei nihkuks, ei väriseks jne. Seda ülesannet täidab höövelpink (joon. 44). Füüsikakabinetile on höövelpingi muretsemine väga soovitav, sest ta mitteüksi et lihtsustab puutöid, vaid teda võib kasutada ka mõnede teiste tööliikide jaoks. Füüsikakabinetis on täiesti võimalik piirduda joonisel 44 näidatud koolitüüpi höövelpingiga, mis on tööstuses kasutatavatest lihtsam ja väiksemate mõõdetega, või isegi höövelplanguga (joon. 45).

[1] Kivisse (tellisesse) löömiseks kasutatakse erilisest karastatud terasest peeni naelu (joon. 43 *K*).

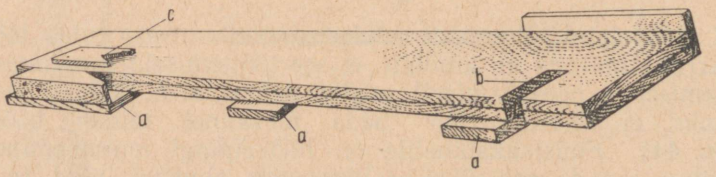
[2] Tisleriliim annab lupjamisel suuremal määral kollaseid laike kui maalriliim ja moonutab kollaste liimvärvide värvust.

Höövelpink koosneb pingiplangust *a*, mis on asetatud pingialusele *b*, s. o. kahe kiilsidepuuga kinnitatud tugijalgadele. Kiiludega kinnitamise tõttu on alus lahtivõetav. Pingiplank koosneb kahest pikutisest osast. Eesmine osa *a* on töödeldava materjali kinnitami-



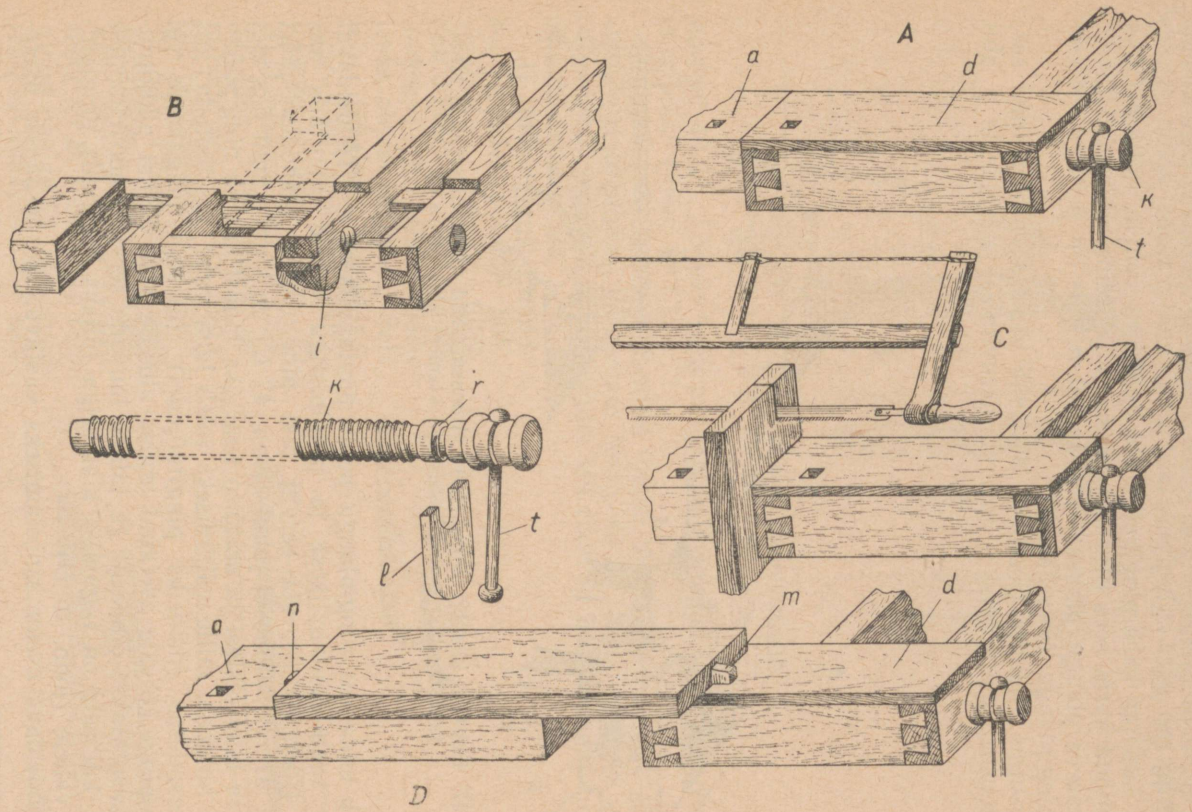
Joon. 44. Höövelpink.

seks ja see tehakse paksust, tugevast (tamme- või kase-) plangust (laiusega 20—50 *cm* ja pikkusega 100—250 *cm*), mis on laitmatult tasase ja sileda pinnaga. Sile tasane pind on höövelpingi vajalikuks põhiomaduseks, sest vastasel korral pole materjalile võimalik anda siledat tasast pinda. Pingiplangu tagumine osa *o* on tehtud õhukesest materjalist ja tal on pika laeka kuju. See on mõeldud



Joon. 45. Höövelplank (*b* — sisselõige laua vertikaalseks paigutamiseks, *c* — tugi laua risti saagimiseks).

töötamisel kasutatavate tööriistade paigutamiseks. Töödeldava eseme kinnitamiseks on pingiplangul kaks kruvi abil kinnitatavat pihti või klambrit — eesmine *c* ja tagumine *d* (joon. 44). Tagumise klambri moodustab karp *d* (joon. 44, 46 *A*), mis liigub piki planku puitkruvi *k* abil. Kruvi läheb läbi planguga *a* liikumatult ühendatud



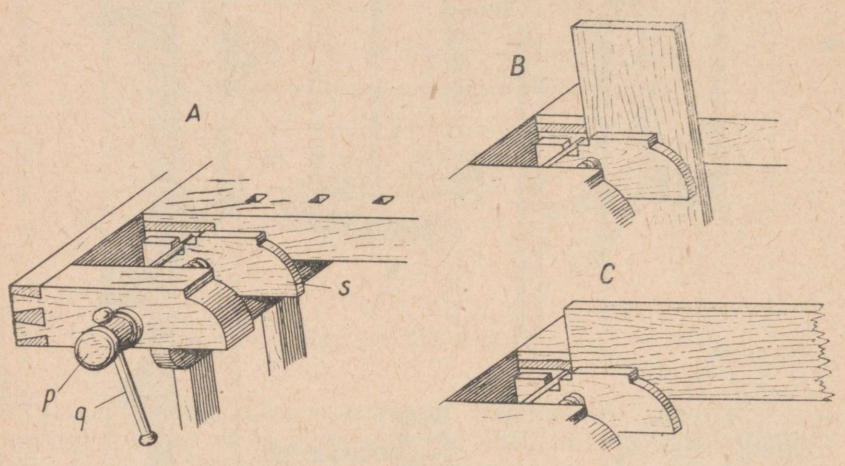
Joon. 46. Tagumise klambri ehitus (*A* ja *B*). Eri viise (*C*, *D*) materjali höövelpingile kinnitamiseks tagumise klambri abil.

mutri *i* ja on pööratav käepideme *t*[1] (joon. 46 *B*) abil. Tagumise klambriga võib töödeldavat lauda kinnitada kahel põhiviisil:

a) püsti pingiplangu *a* ja karbi *d* eesmise (vasaku) ääre vahele (joon. 46 *C*) või

b) lamama kahe pingipulga ehk tugitõira vahele, milledest üks on pandud karbi sees olevasse pessa *m* ja teine ühte (vastavalt kinnitatava plangu pikkusele) pesadest *n*, mis on peitliga raiutud läbi pingiplangu (joon. 46 *D*).

Eesmine klamber (joon. 47 *A*) asub vasemal pingiplangu ees. See koosneb puitkruvist *p*, mis kinnikruvimisel käepideme *q* abil



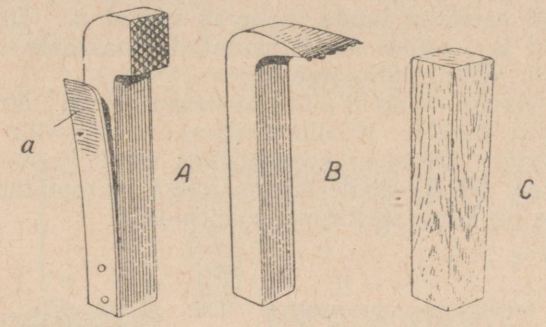
Joon. 47. Eesmise klambri ehitus (*A*). Mitmesuguseid viise materjalide kinnitamiseks höövelpingile eesmise klambri abil (*B* ja *C*).

lükkab enda ees pingiplangu poole puutahvlikest *s*. Töödeldavat lauda saab puutahvlikese ja pingiplangu vahele kinnitada kas püsti (joon. 47 *B*) või serviti piki pingiplangu eespoolset äärt (joon. 47 *C*). Viimasel juhul (joon. 47 *C*) on kinni ainult üks töödeldava laua otstest ja seetõttu suur osa lauast kaalub ning püüab maha langeda, mille vältimiseks tuleb laua vaba ots toetada kas külgpesadesse (mõnedel pingitüüpidel) pistetud pulgakeste või höövelpingi kõrvale asetatud erilise alustoe abil. Sellist pikikinnitust kasutatakse õhukeste ja laiade laudade servade hööveldamise juhul, kui neid on tagumise klambriga tülikas kinnitada pingipulkade vahele (joon. 46 *D*).

Töödeldava eseme kinnitamiseks vastavatesse pesadesse aseta-

[1] Selleks, et kruvi *k* oma pöörlemisel karpi *d* endaga koos liikuma paneks, on prussi sisse altpoolt asetatud poolkumera väljalõikega eriline kiiluke *l*. Väljalõige läheb kruvi pea ümber tehtud ringikujulisse renni *r*. Juhuslik kiilukese väljalangemine teeb tagumise klambri edasiliikumise võimatuks.

tavad pingipulgad on kaht põhiliiki (joon. 48). Levinum kuju — ruudukujulise läbilõikega raudpulk (joon. 48 *A*) raidega pea sellel tahul, mille vastu toetub ese; pulga küljel on vedruleheke *a* selleks, et hoida pulka pesas. Teist liiki pingipulga kuju on näidatud

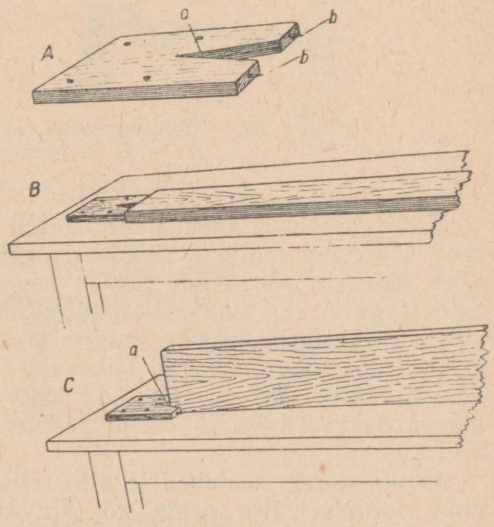


Joon. 48. Pulgad materjali kinnitamiseks höövelpingile.

joonisel 48 *B*. Lõpuks võib raudpulkade asemel kasutada puidust pingipulki (joon. 48 *C*).

Pulgad, millele hööveldamisel toetub töödeldav materjal, ei tohi ulatuda selle pinnast kõrgemale (joon. 46 *D*), kuna vastasel korral pulgad kas segavad hööveldamist või rikuvad höövlirauda, kui see põrkab vastu pulka.

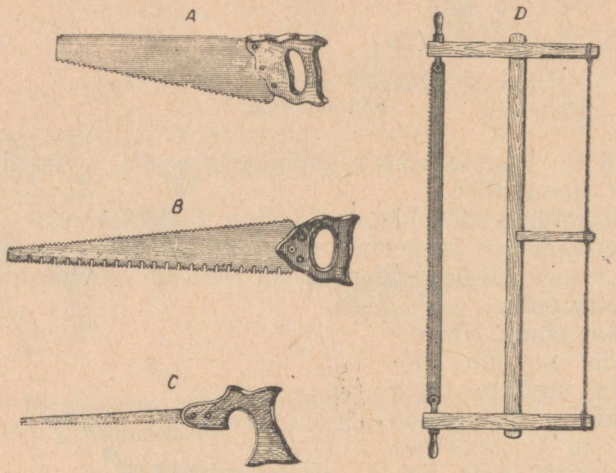
II Höövelplank. Enamikel juhtudel puudub höövelpink ja seetõttu tuleb puutöödeks kohandada lukksepa- ja teiste tööde jaoks olevat töölauda. Selleks lüüakse lauaplaadi külge kiilukujulise väljalõikega lauake (joon. 49 *A*). Lauakese otsa on kasulik lüüa kaks naela *bb*, millede pead on ära lõigatud ja otsad teritatud (joon. 49 *A*). Hööveldatav laud toetatakse vastu lauakest, nagu see on näidatud joonisel 49 *B*. Laua otsa tunginud naelad *bb* takistavad teataval määral laua kaasaliikumist höövli (enese poole) tagasitõmbamisel. Servade hööveldamiseks asetatakse laua ots lauaga



Joon. 49. Primitiivne seadis laua kinnitamiseks hööveldamisel.

kese väljalõikesse *a* (joon. 49 *C*). Endastmõistetavalt vajatakse sellise primitiivse tööpingi kasutamisel mõnikord abilist, kes hoiaks kinni töödeldavat materjali. Töödeldava laua lahtist otsa on võimalik kinnitada ka pitskruvide abil (alljagu XV ja joonis 64). Täiuslikum ja osutatud puudustest vaba höövelplangu tüüp on näidatud joonisel 45. Serviti asetatud lauda toetavad liistud *a*. Tugi *c* vastab ülalkirjeldatud ja joonisel 49 *A* näidatud lauakesele. Laua püsti asetamiseks on tehtud väljalõige *b*.

III Saed. Saage on kaht liiki: käsisaed (joon. 50 *A*—*C*) ja raamsaed (joon. 50 *D*). Koolipraktikas on võimalik läbi saada ainult käsisaega. Käsisaag koosneb kas ühelt (joon. 50 *A*) või mõlemalt (joon. 50 *B*) poolt hammastega varustatud saelehest. Saelehe külge on kinnitatud mugav käepide.

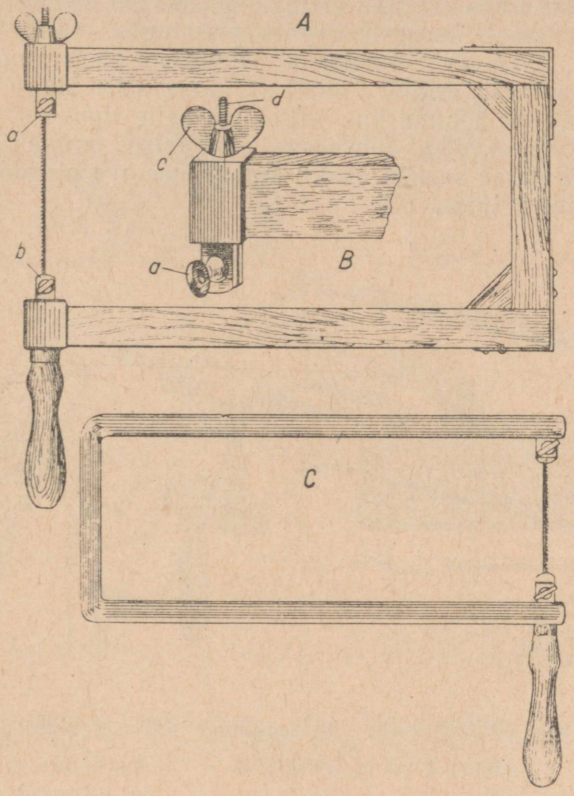


Joon. 50. Mitmesuguseid saagide liike (käsisaed *A* — *C* ja raamsaag *D*).

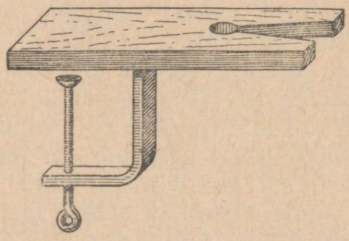
Suuri hambaid kasutatakse puidu kiireks ja jämedaks lõikamiseks. Väikesed hambad lõikavad aeglasemalt, kuid saadud lõige tuleb seevastu võrdlemisi sile ja nõuab edasisel töötlemisel vähem tööd (jagu 7, II). Laua lõikamiseks kõverjoont (näiteks ringjoont) mööda või suurte aukude saagimiseks on vaja peente hammastega ja kitsa saelehega erisaagi (tikksaagi) (joon. 50 *C*). Seega on koolis küllaldane, kui on kasutada kaks käsisaagi: kahepoolset laia lehega saagi (joon. 50 *B*) ja peente hammastega tikksaagi (joon. 50 *C*).

IV Jõhvsaag, saelehed ja alus väljasaagimiseks. Selleks, et saagida vineerist välja peeni või kõverate piirjoontega detaile, on vajalik jõhvsaag koos vastavate saelehtedega. Jõhvsae (joon. 51 *A*) moodustab U-kujuline puust või metallist raam. Saelehe kinnitami-

seks on selle raami vabades otstes kruvidega varustatud näpitsad *a* ja *b*. Saelehe pingutamiseks saab ülemist näpitsat keermiku *d* ja tiibmutri *c* (joon. 51 *B*) abil nihutada. Alumine näpits *b* on kinnitatud liikumatult. Ümmargune käepide on jõhvsae hoidmiseks töötamisel.

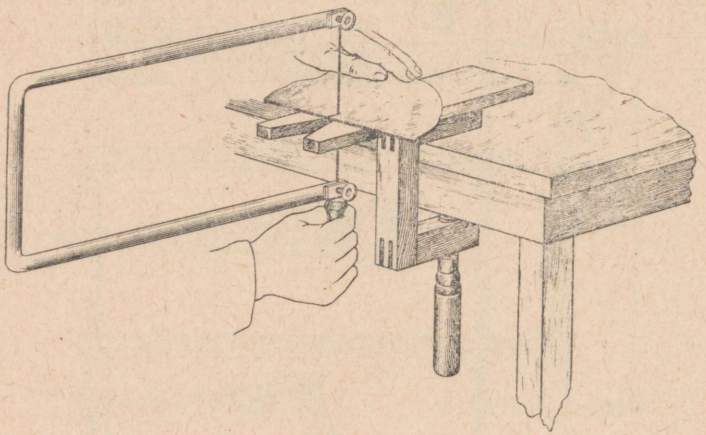


Joon. 51. Jõhvsaag.



Joon. 52. Metallist pitskruviga alus jõhvsaega väljasaagimiseks.

Saeleht paigutatakse oma otstega näpitsate vahele nii, et tema pind ühtiks kogu raami tasapinnaga ja saelehe hambad oleksid suunatud ettepoole ja alla. Viimast on kerge kontrollida, tõmmates sõrmega piki saelehe hambaid. Saagimisel tuleb hoida jõhvsaagi nii, et saeleht jääks saetava tahvli pinnaga risti. Saelehti jõhvsae jaoks müüakse pakiviisi 10—12 tükki pakis. On olemas erilisi saelehti, millega saab kergesti lõigata messingit, vaske ja alumiiniumi (§ **11**, 2, II—IV). Selleks, et jõhvsaega oleks mugavam töötada, tuleb soetada eriline pitskruvi koos selle külge kinnitatud lauaga, milles on kolmnurkne väljalõige selle tipus asuva ümmarguse avaga (joon. 52). Jõhvsaega saagimisel pannakse materjal lauale nii, et töötav saeleht asuks ümmarguse ava piirides või vähemalt väljalõikes (joon. 53).



Joon. 53. Jõhvsaega väljasaagimine vastaval alusel.

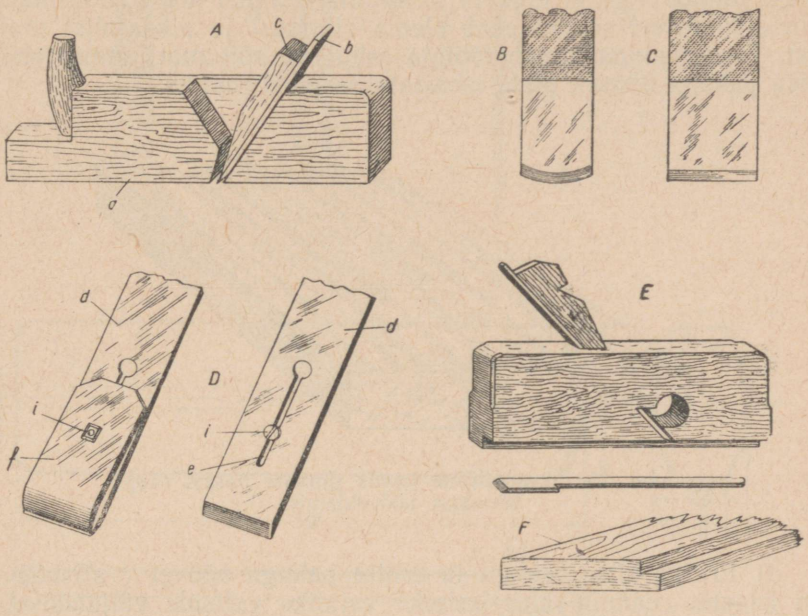
V Höövlid. Höövleid kasutatakse hööveldamiseks, s. t. töödeldaval materjalil sileda pinna saamiseks. Iga höövel koosneb kõigepealt puust või harvemini rauast höövlipakust *a* (joon. 54 *A*). Höövlipakku on tehtud läbiulatuv kallakava (laa tuava). Ava on alt kitsas ja ülespoole laienev, selleks et höövlilaastudel oleks vaba väljapääs. Avas asetseb teritatud terasplaat *b*, mida nimetatakse höövlirauaks. Höövliraud kinnitatakse erilise puukiilu *c* abil. Terava lõiketera saamiseks höövliraua alumine ots teritatakse. Lõiketera ulatub pakus olevast avast ainult pisut välja ja höövlipaku libisemisel mööda eseme pinda lõikab ta sellelt laaste.

Vastavalt oma otstarbele, jagunevad höövlid mitmeks liigiks, milledest koolile on vajalikud järgmised:

a) Krobelise materjali (vahetult pärast saagimist või kirvega töötlemist) esialgseks jämedaks töötlemiseks kasutatakse rupphöövl-

lit. Tema höövliraud on ümardatud lõiketeraga (joon. 54 *B*) ja annab seepärast töödeldaval pinnal rea õnaraid (joon. 55). Pind tuleb ebatasane, kuid õnarad on seda vähem märgatavad, mida tihedamini nad asetsevad ja mida madalamad nad on.

b) Pärast rupphöövliga hööveldamist toimub lõplik töötlemine lihthöövliga[1] (sirge lõiketeraga) (joon. 54 *C*). Selline höövel paneb harilikult kõverakihilise ja kisulise puidu siiski narmendama; veel



Joon. 54. Mitmesuguste höövlite osi (*A* — höövli ehitus, *B* — ümardatud lõiketeraga höövliraud, *C* — sirge lõiketeraga höövliraud, *D* — katterauaga höövliraud, *E* — valtshöövel ja tema raud).

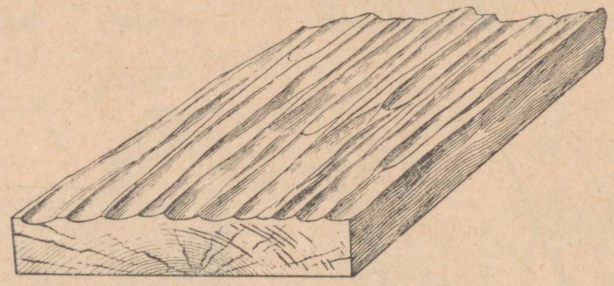
sagedamini juhtub seda okste ümbruses (joon. 40). Sellepärast on parem muretseda topelthöövel (mille raud on varustatud kattega) ja töötada sellega. Topelthöövel on osutatud puudusest hoopis suuremal määral vaba.

c) Topelthöövli kasutamine lihtsustab hööveldamise teel tasase, ilma nõgude ja kiskudeta pinna saamist. Tema raud koosneb kahest osast — lõikerauast *d* ja katterauast *f* (joon. 54 *D*). Erinevalt rupphöövli rauast, on topelthöövli raual, samuti nagu lihthöövli omalgi, sirge lõiketera, kuid on varustatud erilise piluga (juhtpraoga) *e*. Katteraud *f* kruvitakse lõikeraua ette läbi juhtprao *e* tuleva poldi *i* abil (joon. 54 *D*). Katteraua alumine äär seatakse

[1] Mitmesugustes höövlites paigutatakse höövliraud 45—55° nurga all. Mida järsumalt ta on pandud, seda õhem on laast ja siledam hööveldatud pind.

paralleelselt lõiketeraga, üsna selle lähedale (umbes 1 *mm*). Katteraua ülesandeks on painutada laast ülespoole ja murda see kohe peale lõikamist. Sellega välditakse veel katkilõikamata kiudude käristamist, mis võimaldab saada pärast hööveldamist siledamat pinda.

Kui lõiketera ulatub pakust vähe välja, hööveldab topeltrauaga höövel peaaegu ühtemoodi hästi nii päri- kui ka vastukiudu ja annab sileda pinna isegi hööveldades otseti puitu. Kuid samuti nagu lihthöövelgi, ei taga ta tasapinna saamist kogu hööveldatava pinna ulatuses; selleks peab olema vilumust ja pikaajalist praktikat. Tasase pinna annab töötaja oskustest sõltumata ainult eriline pika pakuga höövel, mida nimetatakse pikkhöövliks.

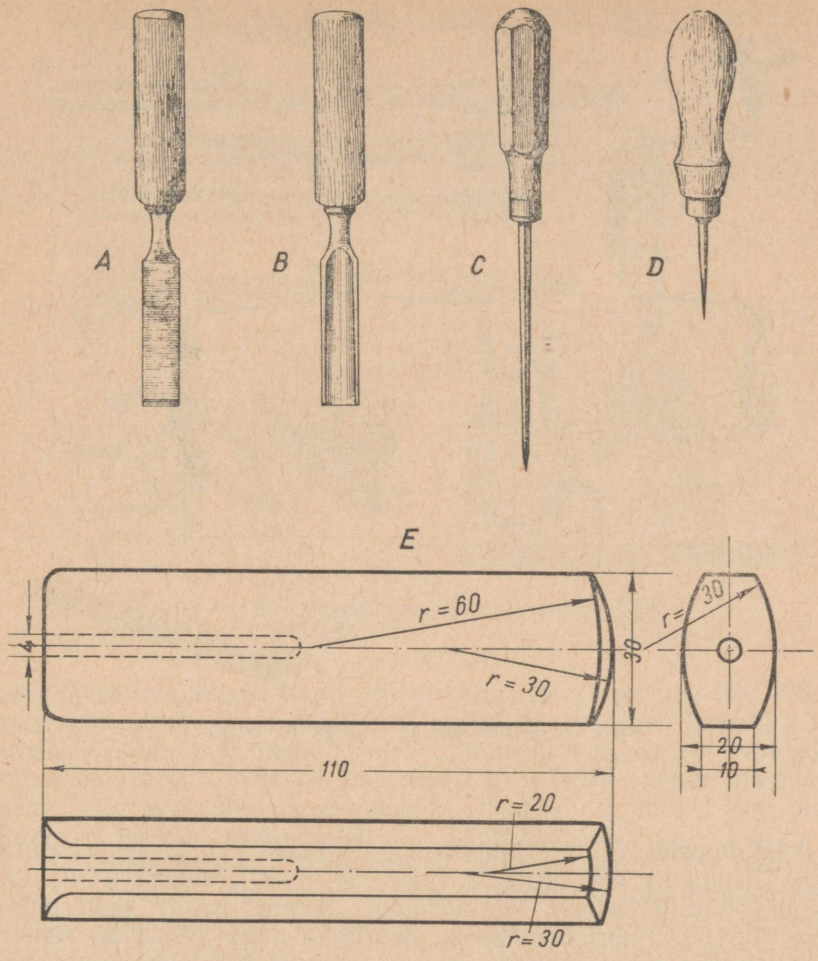


Joon. 55. Skemaatiline joonis pinnast pärast rupphöövliga hööveldamist.

d) Eriline kitsa rauaga ja erilise pakuga höövel (valtshöövel) on kasulik raamide klaasimiseks vajalike valtside väljahööveldamisel (joon. 54 *E*).

VI Peitlid. Peitlid on puidu küljest paksude laastude äralõikamiseks, kooli tingimustes aga peaasjalikult just puitu avade ja süvendite raiumiseks (joon. 56 *A* ja *B*). Viimasel juhul tuleb lüüa erilise puuvasaraga (alljaotus XII ja joon. 62 *A*) peitli peale, mis tehakse kõvast puust, näit. kasest. Et peitlit töö juures oleks mugav käsitseda, antakse käepidemele joonisel 56 *E* näidatud kuju. Peitleid on kahesuguseid (joon. 56 *A* ja *B*): sirge teraga (lapikpeitel) ja poolkumera teraga (õõnespeitel). Neid kasutatakse vastavalt sirgete ja kumerate seintega aukude sisseraiumiseks. Kõige vajalikumad on 10 *mm* laiusega lapikpeitel ja umbes sama suur õõnespeitel.

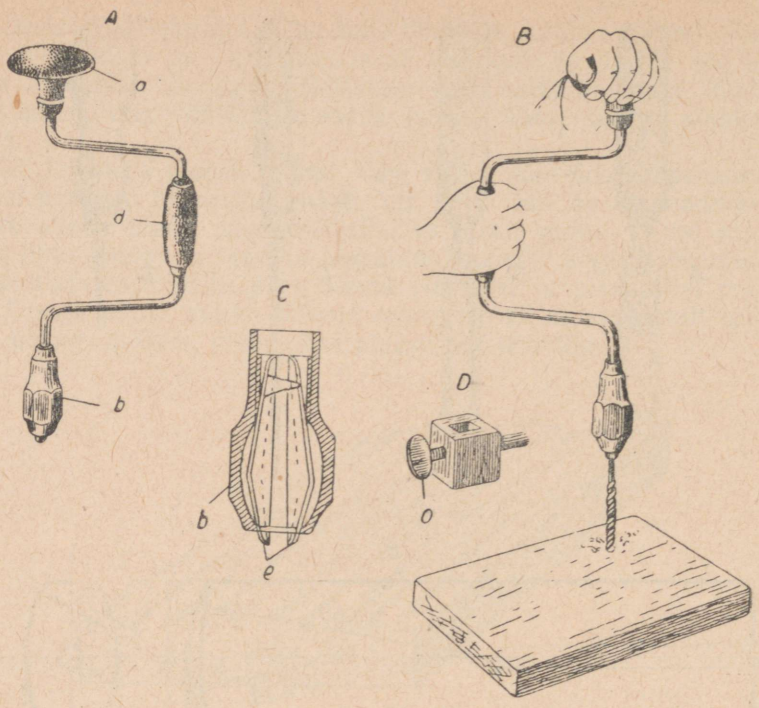
VII Puurivänt. Alla 10 *mm* diameetriga väikeste aukude puurimisel võib kasutada lukksepatrilli ja puuride komplekti (§ **11**, 3, VI ja joon. 137). Suuremate aukude puurimiseks kasutatakse puurivänta (joon. 57 *A*). See kujutab endast väntvõllikujuliseks painutatud metallvarba, mille ülemises otsas on vabalt pöörlev pea *a* ja alumises otsas padrun *b*, kuhu kinnitatakse puuri saba. Padruni



Joon. 56. Peitleid ja naaskleid.

sisse on paigutatud eriline haarak, mis koosneb kahest pikiväljalõigetega pakist *e*. Padruni välise osa *b* pööramisel liginevad lõuad teineteisele ja haaravad kõvasti kinni puuri sabast (joon. 57). Puurivända keskmises osas asub vabalt pöörlev puust muhv *d* (joon. 57 *A*). Puurivändaga töötamisel hoitakse vasaku käega peast *a* ja surutakse sellega puurile, mõnikord tugevdades survet rinnaga vajutades. Parema käega hoitakse kinni muhvist (joon. 57 *B*) ja pööratakse puurivänta (kellaosuti suunas).

Leidub puurivänti, millel alumises osas on puuride kinnitamiseks ruudukujulise avaga raudklamber (joon. 57 *D*). Sellise klambri jaoks on müügil püramiidikujulise sabaga puure. Need sabad asetatakse raudklambrisse ja kinnitatakse seal kruvi *o* abil.

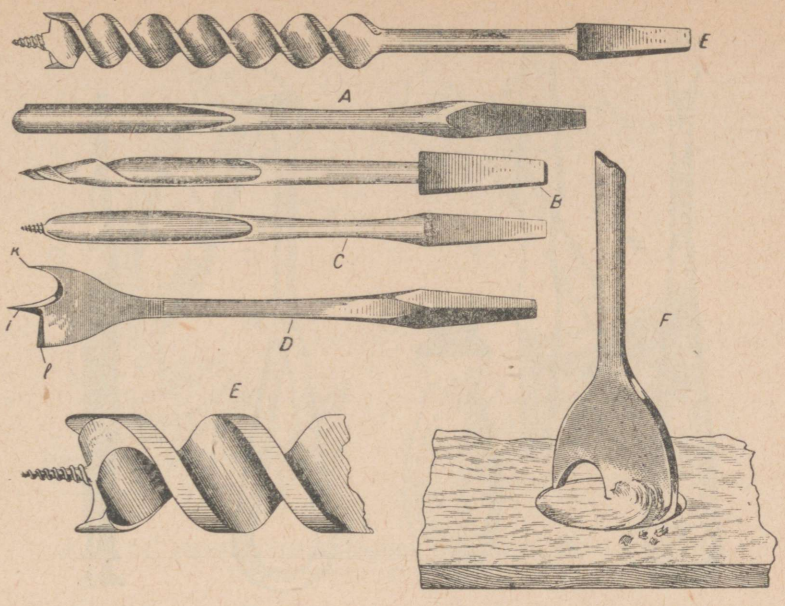


Joon. 57. Puurivänt ja sellega töötamine.

VIII Puurid. Väikese läbimõõduga aukude puurimiseks kasutatakse lusikpuure ehk vindlaid (joon. 58 *A*—*C*), suurte — 7-, 13-, 25- ja 39-millimeetrise läbimõõduga aukude puhul senterpuure (joon. 58 *D*). Puuri hoidmiseks puuritava augu keskel on senterpuuridel telje lõpul juhtteravik *i*. Lõiketera *k* lõikab augu külgpinda mööda puidukiud läbi ja puuri liikumise suunas ettepainutatud laastutera *l* võtab augu põhjast puitu kogu põhja pinna ulatuses (joon. 58 *F*). On olemas ka joonisel 58 *E* näidatud spiraalset tüüpi puure. Nende otsas on puidusse kruvitava keermega juhtteravik, mis veab enda järele puuri. Lõiketerad on paigutatud puuri otsa mõlemale poole juhtteravikku. Samasugune lõikepea on ka käsipuuril, mida kasutatakse kõige sagedamini elektrimontaaži töödel puuseintesse vajalike aukude puurimiseks.

Kõik kirjeldatud puuride liigid on kasulikud, kuid kui neid tuleb osta, siis võib piirduda senterpuuride (joon. 58 *D*) ja metallipuuride komplekti (§ **11**, 3, VI ja joon. 137) soetamisega.

IX Naaskel. Naaskel on väga vajalik tööriist, mida kasutatakse aukude tegemiseks puitu, pappi ja isegi õhukesse plekki (joon. 56 *C* ja *D*). Samuti on naaskel väga tarvilik ka puukruvide puusse



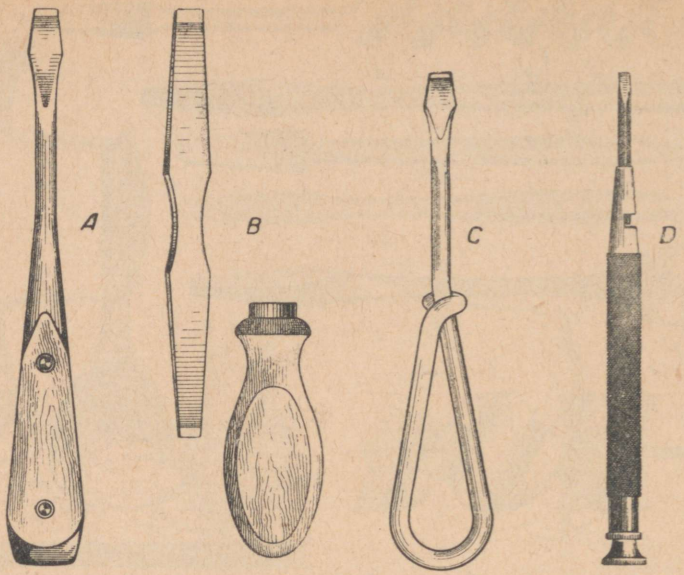
Joon. 58. Mitmesuguseid puidupuuride liike.

keeramisel vajalike aukude ettetorkamiseks (jagu 11, II). Puidu jaoks on parimaks ruudukujulise ristlõikega naaskel. Naaskli kasutamisel puidu puurimiseks tuleb silmas pidada, et see võib kitsa laua lõhki ajada. Naaskel on sobiv ka puuritud aukude laiendamiseks, kuid siinjuures arvestades, et naaskel ei lõika läbi puidu kiude ja tekitab augu seintel väga krobelise pinna.

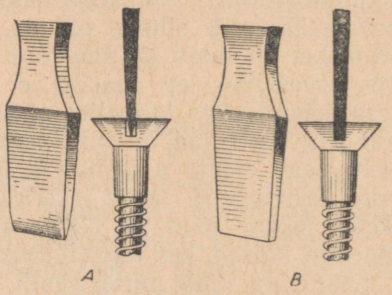
X Kruvikeerajad. Kruvikeerajad on füüsikakabinetile hädavajalikud tööriistad. Neid peab olema vähemalt kolmes erinevas suuruses: väga väikeste kruvipeade jaoks (kellassepa-kruvikeeraja) (joon. 59 *D*), väikeste jaoks (joon. 59 *C*) ja suurte jaoks (joon. 59 *A* ja *B*). Selle õpetaja katsed, kes teritab kruvikeeraja otsa teravaks selleks, et kohandada seda mitte ainult jämedate, vaid ka peente kruvide keeramiseks, viivad tavaliselt kas kruvikeeraja rikkumisele (tera paindumine) või kruvi pea murdumisele. Joonisel 60 *B* on näidatud kruvikeeraja otsa õige teritamisviis, mida iseloomustab tömp serv.

Raskelt puitu tungivate kruvide keeramisel on väga kasulik eriline ilma käepidemeta kruvikeeraja, mida võib kinnitada puurivända külge (alljaotus VII ja joon. 57 *A*).

XI Naelatangid. Tangid, mida kasutatakse naelte väljatõmbamiseks, on väga vajalik tööriist (joon. 61 *A*). Kuna tangide kasutamine on üldtuntud, siis piirdume ainult juhendiga, et naela väljatõmbamisel puidust, veel enam aga krohvitud seinast, tuleb mõlkide tekkimise vältimiseks toetada tangid lauakesele (vineerile).



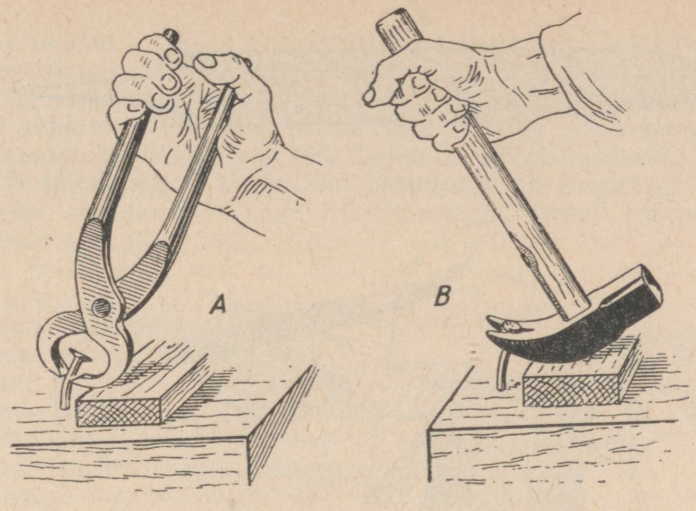
Joon. 59. Kruvikeerajaid: auto- ehk lukksepa-kruvikeeraja (*A*), tisleri-kruvikeeraja (*B*), omavalmistatud kruvikeeraja (*C*) ja kellassepa-kruvikeeraja (*D*).



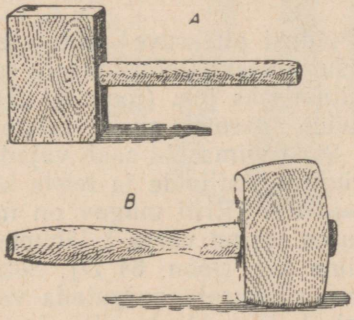
Joon. 60. Väär (*A*) ja õige (*B*) kruvikeeraja otsa teritamine.

Naelte väljatõmbamiseks on olemas ka vasaraid, millel on ühes otsas lõhe (puusepa-vasarad) (joon. 61 *B*).

XII Puuvasar. Puuvasarat kasutatakse höövliraudade seadmisel, samuti ka peiteldamisel (joon. 62 *A*). Raudvasarat pole neil juhtudel soovitav kasutada, kuna see jätab löömisel puidule mõlgid. Väga lihtsa puuvasara võib valmistada ise ümmarguse kasehalu tükist, millesse puuritud auku asetatakse samuti kasest valmistatud vars.



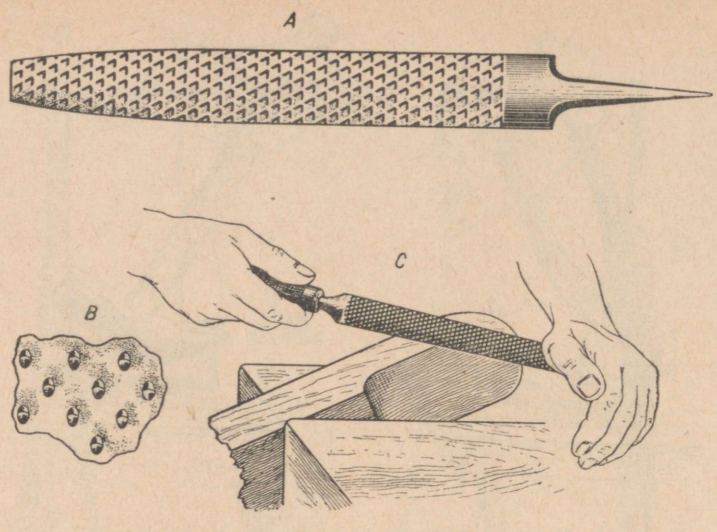
Joon. 61. Naelte väljatõmbamine tangidega või naelatõmbajaga varustatud vasara abil.



Joon. 62. Tisleri- (*A*) ja plekksepa- (*B*) puuvasar.

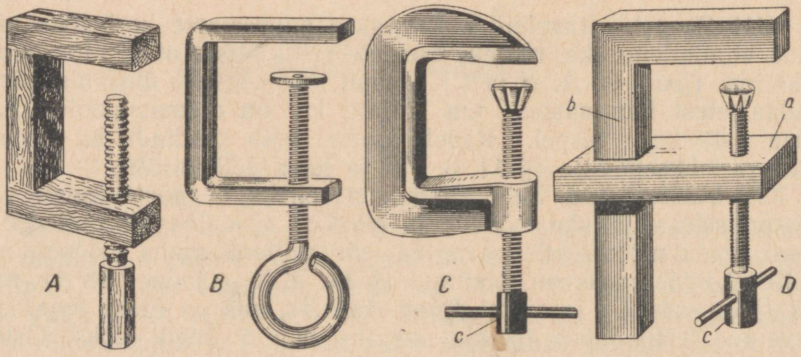
XIII Raspel. Raspleid kasutatakse puuesemete krobeliste pindade viimistlemiseks, näiteks esemete ristikiuliste otste ümardamiseks jne. (joon. 63 *A*, *B* ja *C*). Raspli raie koosneb üksikuist püramidaalsetest hammastest. On küllalt, kui on olemas poolümmarguse ristlõikega raspel. Raspli asemel võib kasutada ka jämeda raidega lukksepaviile (§ **11**, 3, VII ja joon. 138 ja 139).

XIV Mõõteriistad. Need riistad on selleks, et mõõta eseme valmistamiseks vajalikke mõõteid ja märkida töödeldavale materjalile jooni, mida mööda tuleb saagida või milleni maha hööveldada. Sellisteks riistadeks on joonlaud (§ **11**, 3, X ja joon. 144 *A*), nurgik (joon. 144 *D*) ja sirkel (joon. 144 *B*), mis on üldse vajalikud terve rea teiste tööde (pleki-, metalli-, papitöö jne.) jaoks. Tisleri töö mõõteriistadest on kasulik puust nurgik (joon. 80).



Joon. 63. Raspel ja temaga töötamine.

XV Pitskruvid. Puidust pitskruve kasutatakse tisleritöös liimitavate detailide kokkusurumiseks, töödeldavate esemete, näiteks höövelda tava laua kinnitamiseks jne. (joon. 64 *A*). Kooli tingimustes on puidust pitskruvide asemel siiski ratsionaalsem muretseda metallist pitskruvid, kuna viimaseid saab vajaduse korral kasutada katsete demonstreerimisel statiivide ja teiste katseriistade kinnitamiseks (joon. 64 *B* ja *C*). Eriti mugav on nihutatava liistuga *a* pitskruvi, mille liistu on tehtud varva *b* läbimõõdust pisut suurema mõõtega ruudukujuline ava (joon. 64 *D*). Sellist liistu võib, vastavalt liimitava eseme paksusele, paigutada varva *b* igasse kohta. Kruvi *c* kinnikeeramisel liist kisub viltu ja, tänu hõõrdumisele, püsib kindlalt varval.

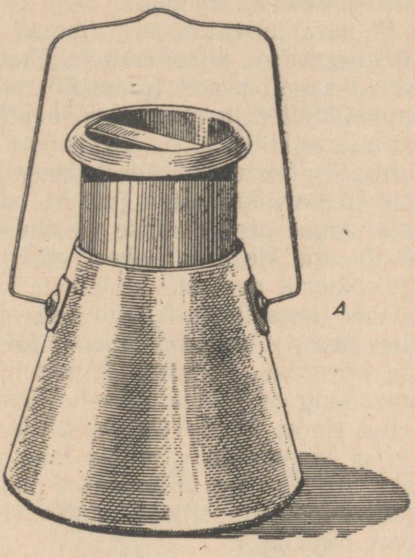


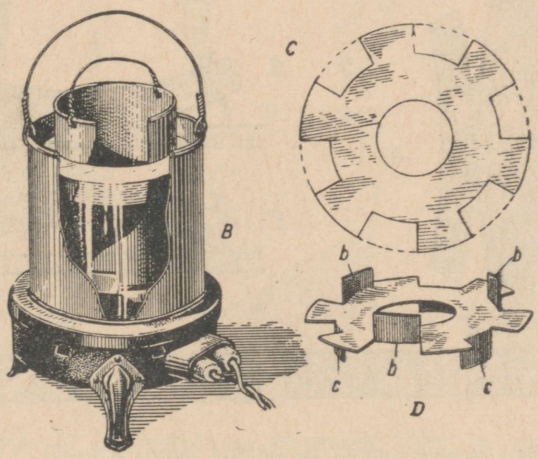
Joon. 64 *A*. Tisleri puidust pitskruvi. *B*—*D* Metallist pitskruvid.

XVI Luisud. Luisud on tööriistade teritamiseks vajalikud igasugustes füüsikakabineti tingimustes. Peab olema kaks luisku — peene- ja jämedateraline. Peale selle läheb tarvis luiske, mis on tuntud nime all «arkansas». «Arkansas» on väga sileda pinnaga ja seda kasutatakse tööriistade tera lõplikuks viimistlemiseks.

XVII Liimianum. Tisleriliimi keetmiseks on tingimata vajalik liimianum, mis koosneb nagu kalorimeetergi kahest anumast — suuremast ja väiksemast (joon. 65 *A*). Vastavalt jaos 10, II antud juhenditele, valatakse anumate vahelisse ruumi vesi; siseanumasse pannakse vees leotatud liim.

Liimianumat on kõige lihtsam teha kahest teineteise sisse asetatud konservipurgist, nagu on näidatud joonisel 65 *B*. Aluse valmistamiseks (joon. 65 *D*) lõigatakse välja plekitükk joonisel 65 *C* näidatud lõike järgi ja painutatakse selle servad *b* ja *c*. Samuti võib siseanuma külge kinnitada traadi, nii selle anuma ülalhoidmiseks kui ka käepidemeks.



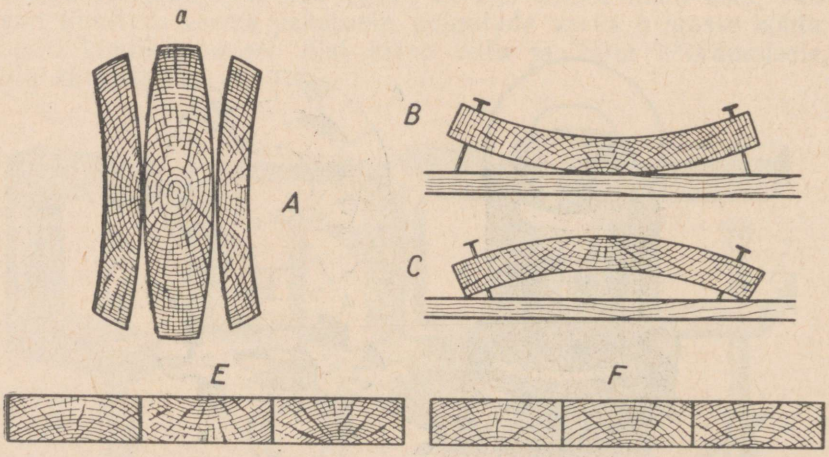


Joon. 65. Liimianumaid.

4. Puidu kuivatamine.

Laudu saab kasutada ükskõik milliste esemete valmistamiseks ainult pärast nende eelnevat kuivatamist, mis kestab üsna pikka aega (paar nädalat). Kuivatatav materjal paigutatakse selleks tavaliselt kuiva ruumi, asetades näiteks lauatükid varjulisse, kuid kõige kuivemasse füüsikakabineti nurgakesse või pannes need kappidele. Viimasel juhul ei tohi neid paigutada tihedalt, vaid jättes õhu tsirkuleerimiseks vahemikud.

Eelneva kuivatamise vajadust põhjustab asjaolu, et lauad jäävad kuivamisel kitsamaks ja õhemaks, kõmmelduvad ja nendesse tekivad sageli praod (joon. 66 *A*—*C*). Puidu kuivatamisel tekkiva kõmmeldumise ja pragunemise põhjuseks on tema erinevate osade ebaühtlane kuivamine. Nii kuivab puidu välispind, eriti laua otsa juures, sisemistest kihtidest kiiremini. Tekkivate pingete tulemusena ilmuvad harilikult otsa juurest algavad pikipraod (joon. 40 *E*). Otste sellise pragunemise vältimiseks on kasulik katta need tisleriliimiga, üle kleepida paberi või riidega, või värvida paksu õlivärviga. Noorte aastaste kihistuste kiirem kuivamine võrreldes vanematega (seesmistega) viib selleni, et palgist välja saetud laua välise osa poolne pind lüheneb kiirema kuivamise tõttu ja painutab laua kõveraks. Seetõttu kõmmelduvad lauad kuivamisel nii, et kumer külg on suunatud selle tüve südamiku poole, millest laud on saetud (joon. 66 *A*—*C*). Ainult keskmine laud *a*, milles asub südamik, ei kõmmeldu. Sellise laua pikiservad muutuvad ainult õhemaks. Kui ese on valmistatud halvasti kuivatatud materjalist, siis toimuvad kõik sellised ebasoovitavad muutused eseme endaga (joon. 66 *B*).



Joon. 66. Laudade kõmmeldumine (liialdatud kujul) (*A*—*C*). Laudade õige ja ebaõige paigutus kilbi kokkuliimimisel (*E* ja *F*).

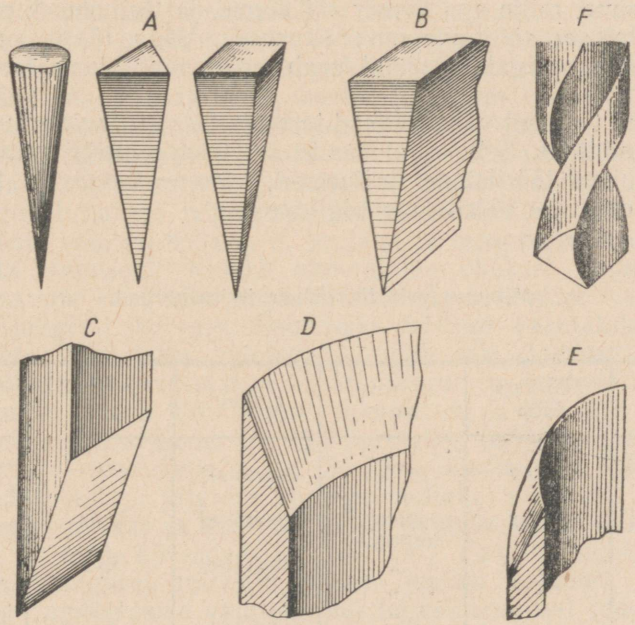
Erinevad puuliigid kahanevad kuivamisel erinevalt. Nii näiteks kuivavad kask ja tamm enam kokku kui kuusk.

5. Tööriistade teritamine.

I Üldisi teatmeid. Selleks, et edukalt teha puutööd, eriti kui ollakse vähe vilunud, tuleb tingimata kasutada heast terasest tööriistu, mida saab hästi teritada ja mis tõepoolest peavadki olema hästi teritatud. Tööriista ei tohi kunagi lasta minna nüriks. Palju otstarbekam on lõiketera sagedamini teritada ja eriti kasulik on hoida see kogu aeg korduvate viimistluste teel alati küllalt teravana.

Tööriistade teritamine on teataval määral peentöö. Selles võib saavutada meisterlikkust ainult pikaaegse praktikaga ja ühel möödapääsematul tingimusel — peab olema nimelt selge kujutlus teritatava tööriista tera kujust ja teritamise käigust endast. Kuna tööriistade teritamise oskuse omandamine on üldse väga tähtis, siis on seda küsimust meie poolt käsitletud üksikasjalikumalt kui käsitöö ühtki teist võtet.

Tööriista lõikeosaks on serv, mida mööda lõikuvad tööriista teraskeha pinnad (harilikult on neid kaks) (joon. 67). Seda serva



Joon. 67. Tööriistade mitmesuguseid torke- ja lõiketerade liike.

nimetatakse lõikeservaks, teravikuks või lõiketeraks. Tööriista, millel on terava punktikujulise tipuga koonuse või püramiidi (kolmnurkse või nelinurkse ristlõikega) kuju, nimetatakse torkeriistaks (nõel, naaskel) (joon. 67 A). Kahe tasase või silindrilise külgpinnaga tööriist kannab lõikeriista nime (nuga, kirves) (joon. 67 *B*). Lõikudes moodustavad selle külgpinnad kahetahulise nurga, mille serv on lõiketeraks.

Mõnedel lõikeriistadel (peitel, höövliraud, korgipuur) säilitab üks kahest pinnast kuni lõikeservani oma suuna, teine aga lõpeb kaldega, mis moodustab otsemineva pinnaga kindla nurga (teritusnurga) (joon. 67 *C*). Seda kaldtahku nimetatakse fassetiks.

Tööriista loetakse ideaalselt teritatuks siis, kui tema lõiketera on lähedane matemaatilisele joonele (sirgele või kõverale). Niisugust lõiketera võib saada ainult sel juhul, kui külgpinnad on laitmatult siledad ja poleeritud. Töötamisel riist nürineb, s. t. «matemaatilise» lõikejoone asemel tekib riba. Selle riba laius määrab tööriista nürinemise astme.

Siit järgneb, et tööriista teritamine tähendab töötavate pindade «matemaatilise» lõikejoone taastamist, s. t. riista nürinemisel ilmuva riba kaotamist. Selleks tuleb ihuda ühtede tööriistade (peitel, höövliraud jne.) fassetti ühelt, teistel (meisel, nuga, kirves jne.) aga kahelt poolt seni, kuni saadakse sile ja pidev «matemaatiline» lõikejoon. Selline hüpeteta lõikejoon saavutatakse alles erilise viimistlemise, nn. lihvimise teel. Ühtlasi peab fasseti pind olema tasane, mitte aga kumer või nõgus, ja teritusnurk peab kogu fasseti ulatuses säilitama oma suuruse. Väga tähtis on silmas pidada seda, et igal tööriistal peab teritusnurk olema kindla suurusega.

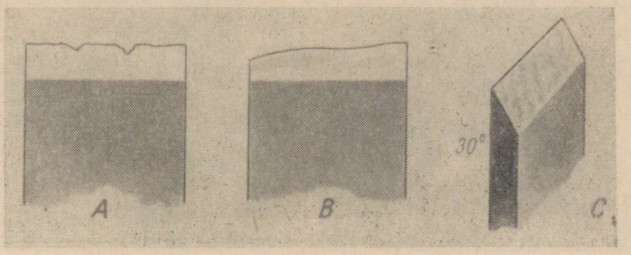
Toodud teatmed võimaldavad teritada tööriista mitte huupi, vaid täiesti teadlikult. Selleks, et saada selgemat üldpilti mitmesugustest juhtudest tööriistade teritamisel, toome tabelis II teravikku või tera omavate tööriistade liigituse.

Mitmesuguste tööriistade teritusnurgad.

Tabel II

Tööriista nimetus	Tööriista tüüp	Lõike-serv	Lõikab	Fassettide arv	Teritus-nurk
Naaskel	torkav	punkti-kujuline	surumisel	—	—
Nuga	lõikav	joone-kujuline	liikumisel	kaks	15—20°
Peitel	„	„	surumisel	üks	30—45°
Höövliraud	„	„	„	„	20—45°
Kirves	„	„	„	kaks	35—45°
Käärid	„	„	nihkumi-sel	üks	80—90°

II Rikutud fasseti parandamine. Tuleb vahet teha teritamise ja väga tugevalt nüritud või rikutud, s. t. hammaste, nõgude või kõverdunud teraga (joon. 68 *A* ja *B*) tööriista parandamise vahel. Enne teritamist tuleb rikutud tööriista tingimata parandada, s. t. jämedateralisel käial maha käiata fassetilt mõnikord küllaltki paks kiht metalli, selleks et tekiks tasane teritusfassett, mis teise pinnaga lõikudes annaks sileda, ilma hammasteta lõikejoone ja vajaliku teritusnurga (joon. 68 *C*). Teatavatel tööriistadel õnnestub niisugune fasseti mahalõikamine mõnikord viili abil.



Joon. 68. Peitli rikutud (*A* ja *B*) ja parandatud (*C*) fassetid.

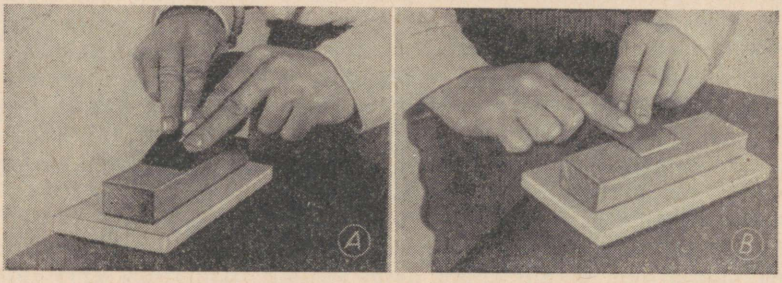
Tugevalt rikutud tööriistadel on fasseti esialgne (jäme) teritamine vaevarikas ja aeganõudev töö, mispärast ei tule kunagi lasta tööriista minna sellise kurva seisukorrani. Selleks aga tuleb tööriista käsitseda ettevaatlikult, hoolikalt kaitsta tera kokkupõrgete eest metallesemetega ja parandada otsekohe tekkinud vigastused.

III Sirge lõiketeraga tööriista teritamine. Pärast tööriista parandamist ja fasseti taastamist, hakatakse tööriista teritama. Teritamine jaguneb kaheks teineteisele järgnevaks võtteks.

Esimene võte on selleks, et teritada ja tasandada fasseti pinda kuni kida saamiseni. Kidaks nimetatakse õhukest teraskilet, mis tekib tera ette kitsa riba kujul ja tööriista surumisel vastu luisku paindub kergesti kõrvale. Esimeseks võtteks kasutatakse luisku (keskmises jämeduses teradega korund- või liivakivist tahku). Enne töö algust niisutatakse luisku veega ja teritamine toimub märjal luisul. Luisk kinnitatakse liikumatult ja kas ühe (parema) või mõlema käega (joon. 69 *A*) surutakse teritatav fassett kogu oma pinna ulatuses selle vastu. Seejärel liigutatakse tööriista piki luisku edasi-tagasi, jälgides hoolega kallaku säilimist (et mitte muuta teritusnurka) ja seda, et fassett puutuks kokku luisuga kogu ulatuses (et mitte kõverdada terituspinda). Fasseti ihumine toimub tera edasiliikumisel, mistõttu sellel (endast eemale) liikumisel tuleb tugevamini peale vajutada kui tagasiliikumisel (enda poole). Õliga, petrooleumiga (korund) või veega (liivakivist luisk) niisutamisel on kaks eesmärki: tööriista jahutada ja teda seega kaitsta

kõvaduse kaotamise eest (et mitte noolutada) ning pesta maha nii lõikeriista rauapuru kui ka luisu kübemeid.

Kirjeldatud viisil toimub ühe fassetiga tööriistade, s. t. peitlite, höövliraudade, kääride jne. teritamine. Sellistel tööriistadel aga, nagu nuga ja kirves, tuleb teritamisel vahetada perioodiliselt kord üht, kord teist külge, s. t. teritada mõlemat fassetti ühtemoodi. Ühefassetilise tööriista ümberpööramine teritamisel rikub fassetti ja nõuab selle parandamist II alljaotuses kirjeldatud viisil.



Joon. 69. Tööriista teritamine ja lihvimine.

Teise võtte ülesandeks on kida hävitamine. On väär murda kida näpuga või tera vastu puud surudes. Eriti lubamatu on seda teha tööriista fasseti vastaspinna kas või vähese teritamisega. Kida kõrvaldamiseks tuleb fassetti peeneteralisel tahul (näiteks «arkansasel») aeglaselt ja ettevaatlikult ihuda. Kida viimaste jälgede kadumisel tuleb ihumine lõpetada. Kui lasta see moment mööda, võib tekkida uus kida ja tööd tuleb korrata. Kida kadumisega lõpeb tööriista teritamine. Teravust proovitakse (ettevaatlikult!) kas küünel (terav nuga tungib küünde ega libise sellelt) või peopesal (terav tera «raseerib» naha pealmise pinna maha).

IV Tööriista tera lihvimine. Kuna pärast kida kaotamist jäävad terasse siiski väikesed täkked (rämmed), tuleb tasane fassetipind teha äärmiselt õigeks (tasaseks) ja siledaks, s. o. poleerida seda kuni läikimiseni. Sellist operatsiooni nimetatakse tööriista tera lihvimiseks. Lihvimiseks määritakse «arkansasele» ükskõik millist õli, näit. vaseliinõli, oliivõli jne. Surunud samuti nagu teritamise puhulgi fasseti vastu luisku, pannakse tööriista ots liikuma, kuid mitte enam edasi-tagasi, vaid ringitades. Seejärel pööratakse tööriistal (kui sel on üks fassett) teine külg, asetatakse see «arkansasele» täiesti lapiti ja tõmmatakse enda poole (joon. 69 *B*).

V Naaskli teritamine. Püramiidikujulist naasklit teritatakse keskmiseteralisel luisul, pöörates naasklit järgemööda igale tema tahule. Täpselt samuti ümber telje pöörates teritatakse ka koonusekujulist naasklit. Tähtis on, et teritamisel saadud teravik asuks naaskli telgjoonel, mitte aga selle kõrval. Naasklit ei ole vaja lihvida.

VI Sae teritamine. Eriliseks juhuks riistade teritamisel on sae teritamine. Saehambaid ei saa teritada tavalisel luisul. Selleks kasutatakse erilist väikest (umbes 15 *cm* pikkusega) kolmkantviili, millel on üks raid (erinevalt tavalisest kahe erisuunalise raiuga viilist). Eriviili puudumisel tuleb läbi ajada vastavamõõtelise tavalise kolmkantviiliga (§ **11**, 3, VII ja joon. 139). Et viiliga oleks mugavam töötada, varustatakse see puust käepidemega.

Lõikeriistu (pöitlid, höövlirauad, kirved) müüakse harilikult teritamata, kuid nende fassetid on siiski lõpliku kujuga. Teisiti on lugu saagidega. Müügilolevatel saelehtedel on enamikel juhtudel sellised hambad, mis ei ole töötamiseks üldse ette valmistatud, s. o. hambad on mitteüksi teritamata, vaid neil puuduvad ka fassetid. Sellepärast tuleb uuele saele viilida kõigepealt fassetid ja seejärel neid fassette teritada kuni lõiketera saamiseni.

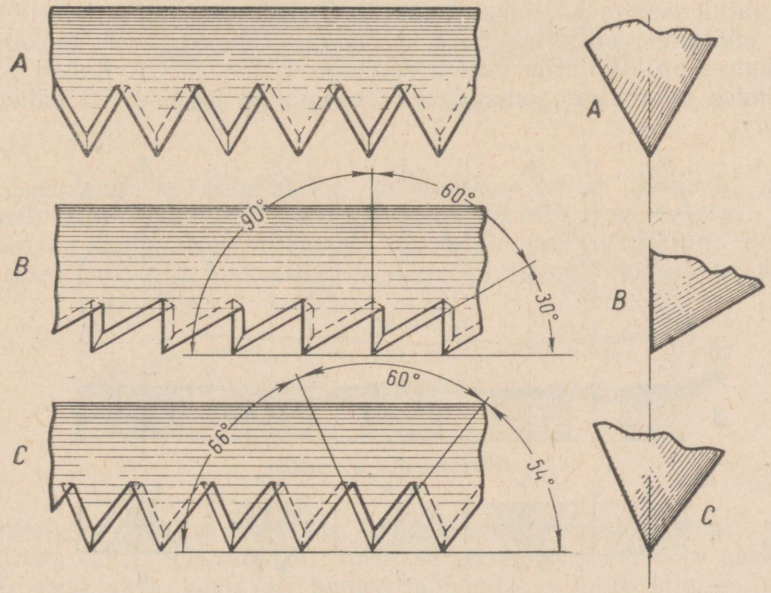
Sõltuvalt saagide otstarvetest, on nende hambad mitmesuguse kujuga. Kõige sagedamini esineb järgmise kujuga saehambaid:

a) võrdhaarse kolmnurga kujuga (sarikhambad) (joon. 70 *A*) põiki puitu (risti kiudu) saagimiseks (kahepoolselt töötav saag);

b) täisnurkse kolmnurga kujuga (joon. 70 *B*) piki puitu (kiudu) saagimiseks (ühepoolselt töötav saag);

c) joonisel 70 *C* näidatud kujuga kolmnurksed hambad nii põiki kui ka piki puitu saagimiseks (kahepoolselt töötav saag).

Saehambad kuuluvad ühe fassetiga riistade hulka ja seetõttu on fasseti vastaspoolne hamba külg tasane. Kuna hambad peavad

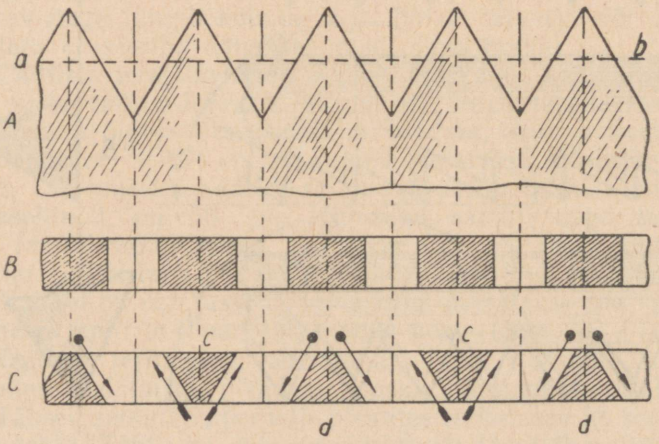


Joon. 70. Eri saetüüpide hammaste kuju.

lõikama saetee põhja mõlemat serva, siis teraga piiratud hammaste tasased pinnad peavad asetsema saelehe mõlemal poolel. See tingimus on täidetud, kui poolte hammaste tasased pinnad on suunatud saelehe ühele küljele, ülejäänud poolte omad aga teisele küljele. Selline fassettide paigutus on näidatud joonisel 70 *A*—*C*, kus pideva joonega kujutatud fassetid on pööratud vaatleja poole, kriipsjoonega näidatud fassetid aga asetsevad (vaatleja suhtes) hammaste tagaküljel. Selleks, et saada sellist fassettide paigutust, tuleb neid viilida vaheldumisi üle ühe hamba — üks ühele poole saelehte, teine vastaspoole. Sealjuures teritatakse hamba mõlemad külgservad (ühelt ja samalt poolt saelehte). Kõige mugavam on pigistada saeleht kruustangidega kahe liistu vahele, nii et saehambad ulatuvad üle liistude välja (joon. 132). Hambaid viilitakse üle ühe mõlemast servast. Pärast seda pööratakse saele teine külg ja viilitakse neid hambaid, mis jäid esimesel korral viilimata.

Viil asetatakse ühe tahuga vastu hamba serva, nii et ta moodustab saelehe tasapinnaga umbes 45-kraadise nurga. Suunates viili natuke alt üles, lükatakse seda endast eemale. Surve viilile ei tohi olla tugev, sest vastasel korral hambad kuumenevad ja võivad kaotada oma kõvaduse. Viili tagasikäigul (enda poole liikumisel) ei tule saehambale suruda ega viilida.

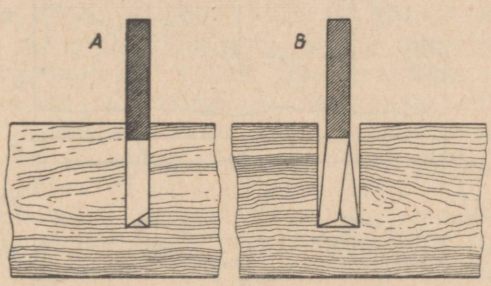
Viilimisprotsessi paremaks seletamiseks oletame, et joonisel 71 *A* näidatud saehambad on joont *ab* mööda läbi lõigatud ja nende ülemised osad minema visatud. Siis hammastel on kuju, nagu joonisel 71 *B*, kus viirutatud osad vastavad tehtud lõikele. Töökäigud hammaste *cc* fassettide viilimisel, mida tehakse üle ühe hamba, on kujutatud sabaga nooltega (joon. 71 *C*). Pärast saelehe teisele küljele pööramist viilitakse fassetid hammastele *dd*; viili töökäigud seejuures on kujutatud sabata nooltega (joon. 71 *C*). Kahelt poolt viilimise tulemusena omandavad saehambad joonisel 70 näidatud kuju.



Joon. 71. Viili töökäikude skeem sae teritamisel.

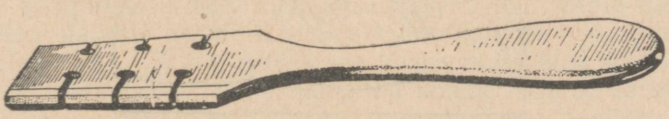
Saehamba teritamine toimub sarnaselt lõikeriista teritamisele, s. o. fassetti viilitakse kuni õhukese kida saamiseni, mis murtakse harilikult sõrmega lahti. Edasine teritamine osutub kasutuks ja isegi kahjulikuks, sest üleliigse viilimisega võib vähendada hamba kõrgust ja teha teda seega teistest hammastest lühemaks, s. o. muuta mittetöötavaks. Kõikidel hammastel tuleb säilitada sama kõrgus ja teritusnurk. See on küllaltki raske, eriti vähese praktika puhul.

VII Saehammaste räsamine. Kui teritatud sae kõik hambad asuvad ühes tasapinnas saelehega, siis saag ei ole tööks kõlvuline. Sellise saega töötamisel on saetee laius võrdne saelehe paksusega (joon. 72 *A*). Saetee seinte ja saelehe vaheline hõõrdumine läheb pikema ja sügavama saetee puhul nii suureks, et edasine saagimine osutub ülejõu käivaks. Selleks, et saeleht saaks töötamisel takistamatult liikuda, räsatakse saehambad, s. o. hambad painutatakse saelehe tasapinnast vaheldumisi välja — üks ühele, teine teisele poole. Tekkinud saetee on siis saelehe paksusest laiem, mistõttu saelehe hõõrdumine jääb peaaegu ära (joon. 72 *B*).



Joon. 72. Räsatud ja räsamata sae tee.

Saehammaste räsamiseks kasutatakse erilist tööriista, mida nimetatakse räsamisvõtmeks. Räsamisvõtmeks on terasplaat, mis vastavalt hammaste erinevatele mõõdetele on varustatud mitmesuguses laiuses ja pikkuses sisselõigetega (joon. 73). Saehammaste

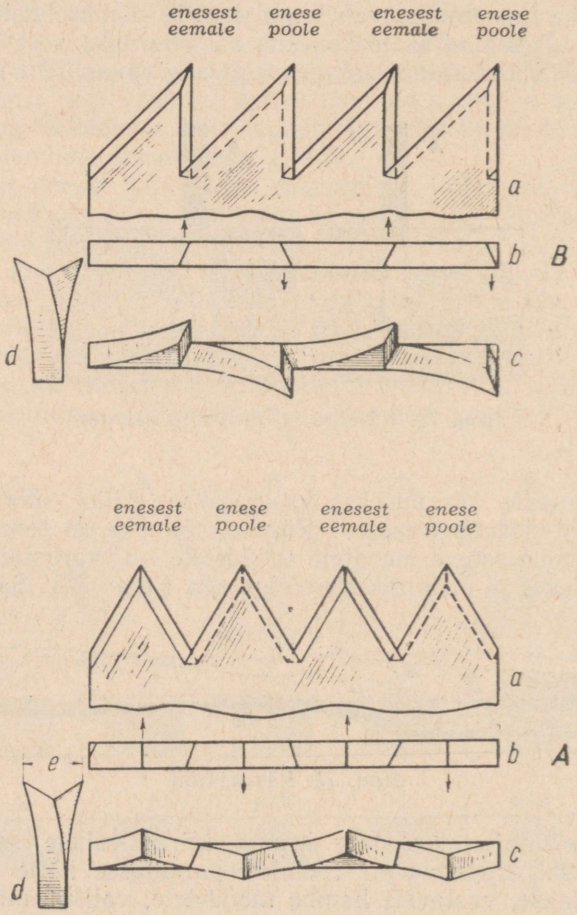


Joon. 73. Räsamisvõti.

räsamiseks kinnitatakse saag kruustangide vahele samuti nagu teritamisekski. Räsamisvõti võetakse paremasse kätte ja saehammas asetatakse, vastavalt hamba mõõdetele, valitud pilusse (räsamisvõtme välimine serv ei tohi ulatuda hamba alusest kaugemale).

Kallutades seejärel võtme käepidet alla, painutatakse hammast ettevaatlikult tema tasase tahu poole. Painutamisel ei tohi räsamisvõtme käepidet saelehe risttasapinnast välja viia. Hamba tipp peab nihkuma kõrvale hamba paksuse võrra. Kuna saehambad painutatakse hamba tasase tahu poole (need tahud asuvad pärast sae teritamist vaheldumisi ühel ja teisel pool saelehte), siis tuleb hambaid painutada vaheldumisi — üks ühele ja teine teisele poole (joon. 74).

Joonisel 74 *A* ja *B* on näidatud risti ja piki kiudu saagimiseks kasutatavate saagide hambaid: *a* — hammaste vaade küljelt, kusjuures on näidatud, kuhupoole (kas enda poole või eemale) tuleb iga hammast painutada; *b* — hammaste vaade ülalt, kus nooltega on näidatud hammaste painutamise suund; teritatud ja räsatud saelehe vaade ülalt (*c*) ja piki saagi (*d*). Et mitte saehambaid katki



Joon. 74. Saehammaste räsamise skeem.

murda, tuleb sae räsamisel olla äärmiselt ettevaatlik ja silmas pidada liigutuste sujuvust (aeglust).

Peamine raskus saehammaste räsamisel seisab selles, et kõiki hambaid tuleb painutada sama palju, s. o., et saelehe töölaius (joon. 74) peab olema kogu sae ulatuses ühesugune. Räsamisvõtit saab valmistada väga hästi ise umbes 3—4 *mm* paksusega raudplaadist. Pilud tehakse sellesse metallisae abil (§ **11**, 8, I ja joon. 151).

Kui on vaja teritada kasutusel olnud saagi, mille hambad on seega juba räsatud, siis selle põhjalikumaks teritamiseks tuleb kõigepealt eelmine räsa kaotada. Räsa kaotamiseks lüüakse ettevaatlikult puuvasaraga alasile asetatud saehammastele. Pärast seda teritatakse ja räsatakse saehambad nii, nagu uuelgi sael. Koolipraktikas võib saagi teritada ilma räsa kaotamata.

Saega töötamisel väheneb teataval määral räsa laius, s. o. saehambad liginevad üksteisele, mistõttu tuleb uuesti räsada.

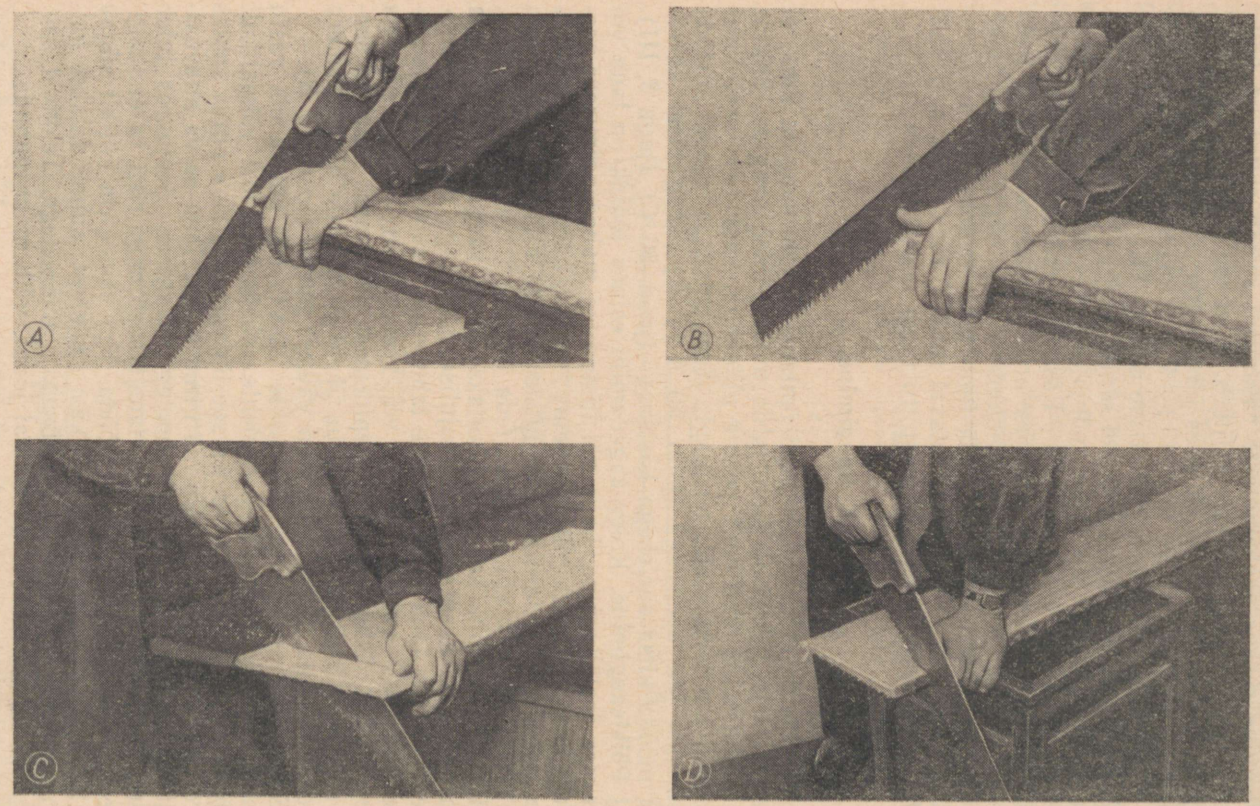
6. Saagimine.

I Märkimine. Õpetaja, samuti õpilane, ei tohi saagida ilma, et eelnevalt oleks märgitud joon, mida mööda tuleb saagida. Selline joon tõmmatakse harilikult pehme pliiatsiga, kasutades sealjuures tingimata joonlauda või nurgikut. Saagimisel sirgjoont mööda kasutatakse laia saelehega (joon. 50 *A* ja *B*), saagimisel kõverjoont mööda kitsa saelehega käsisaagi (joon. 50 *C*) (jagu 3, III).

II Põikisaagimine. Kõige sagedamini esinev tööliik on laua või liistu otsa äralõikamine. Laua või liistu otsa mahasaagimiseks asetatakse need töölauale nii, et saetav ots ulatuks üle lauaplaadi. Selles asendis kinnitatakse laud pitskruvidega töölaua külge (jagu 3, XV ja joon. 64) või hoitakse teda tugevasti käega kinni (joon. 75 *A* ja *B*). Juhul, kui lauda hoitakse kinni käega, tuleb töölaua asemel alusena kasutada ruudukujulise istelauaga taburetti. Taburetile (või pika laua puhul kahele taburetile) asetatud lauale surutakse tugevasti vasaku käega või veel parem vasaku põlvega (joon. 75 *D*). Saag võetakse käepidemest paremasse kätte ja saeleht surutakse märgitud kohta laua ühele pikiservale nii, et saetera moodustaks laua ülemise pinnaga väikese nurga (joon. 75 *B*).

Enne saagimise algust toetatakse vasaku käe põidla ots vastu töötamiseks paigale asetatud saelehte (saehammastest võimalikult kõrgemale) (joon. 75 *B*). Andes sae lõikeservale laua pinna suhtes suure kalde, hakatakse varem märgitud kohalt laua serva ettevaatlikult lühikeste edasi-tagasi tõmmetega saagima. Seejuures tuleb kogu aeg jälgida, et saeleht oleks laua tasapinnaga risti ja et saagimine toimuks märgitud joont mööda. Kui saetee on küllalt sügav (1—2 *cm*), eemaldatakse vasak käsi saelehest, suurendatakse kallet ning saetakse julgemalt ja pikemate tõmmetega. Tekkivat saepuru, mis katab saeteed tähistavat joont, võib maha puhuda.

Kui saagimata on jäänud veel kitsas laua serv, saabub kõige vastutusrikkam moment. See serv võib rippuva lauatüki raskuse

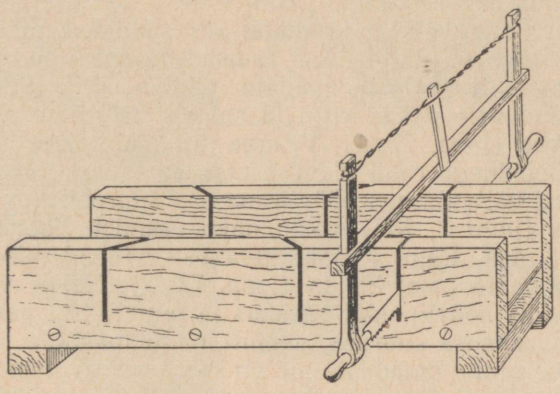


Joon. 75. Töövõtteid laua ristikiudu saagimisel.

mõjul murduda ja rikkuda seega materjali. Seetõttu tuleb lahtisaetavat lauatükki hoida ülal kuni saagimise lõpetamiseni (joon. 75 *C*).

Töö lihtsustamiseks ning õigete 90—45-kraadiste saelõigete saamiseks on väga kasulik valmistada karpšabloon (joon. 76). Sellisesse kõvast puust (kasest) valmistatud karpi on tehtud saeteed, mille ülesandeks on saelehe suunamine. Saetav laud või liist asetatakse karpi.

Põikisaagimiseks on kõige parem kasutada sarikhammastega saagi (joon. 70 *A*).



Joon. 76. Karpšabloon.

III Laua lõikamine liistudeks. Laua küljest liistu lõikamine on palju keerulisem kui põiki kiudu saagimine. Põhiraskuseks on siin laua liikumatult kinnitamine, sest kitsast serva pidi on lauda põlvega, veel rohkem käega, raske kinni hoida. Kui on olemas höövelpink või kruustangid, siis on kõige parem laud kinnitada vertikaalselt ja hoida saagimisel saelehte samuti vertikaalses asendis (joon. 46 *C*). Asetanud laua nii, et tema ots ulatub üle töölaua ääre, võib lauda kinnitada ka mitte päris lõpuni löödud naeltega või pitskruvidega.

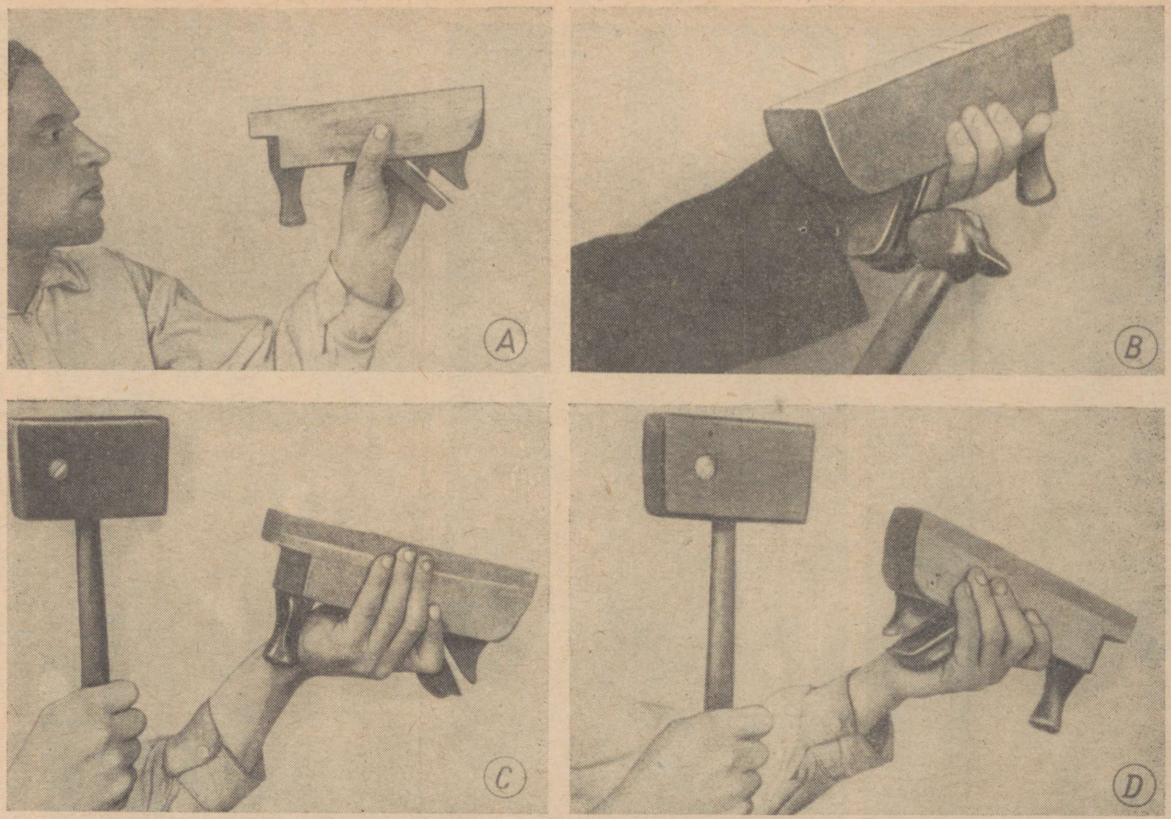
Endastmõistetavalt tuleb saeteed tähistav joon varem pliiatsiga lauale märkida. On parem, kui see märgitakse laua mõlemale küljele. Erinevalt põikisaagimisest, tuleb joone tõmbamisel jätta 2—3 *mm* «reserviks». Küllaldase töövilumuse puhul läheb saag iseenesest ettetõmmatud sirget joont mööda; kogemuste puudumisel tekib aga laineline lõikerada, mida saab parandada hööveldamisega. Kui laud on kinnitatud vertikaalselt kruustangide vahele, siis on soovitav saagida väikeste (10—15 *cm* pikkuste) osade kaupa, võttes pärast iga osa läbisaagimist sae välja ja pöörates lauale teise külje. Kui on omandatud küllaldane vilumus, võib piirduda ainult kontrollimisega, kas lõikejoon läheb laua tagaküljel märgitud joont mööda. Pikisaagimiseks on kõige parem kasutada täisnurksete kaldhammastega saagi (joon. 70 *B*), kuid võimalik on töötada ka saega, mille hammaste kuju on näidatud joonisel 70 *C*.

7. Hööveldamine.

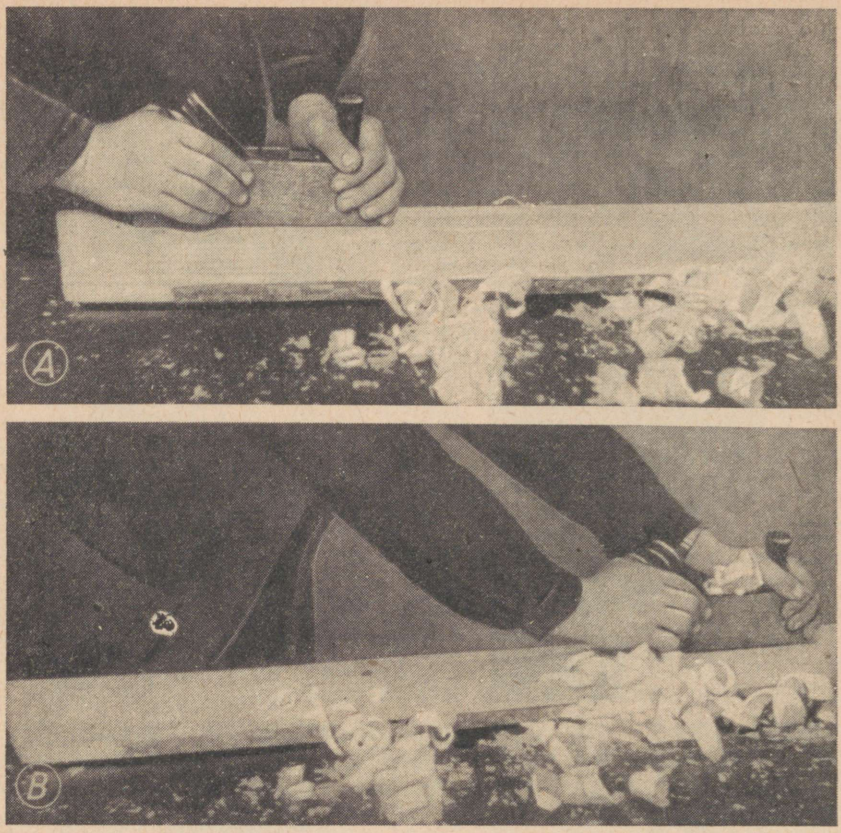
I Höövliraudade seadmine. Enne hööveldamist tuleb höövliraud rupphöövlis või lihthöövlis seada õigesti oma kohale. Raud *b* pannakse höövlipaku *a* avasse nii, et tera ei ulatuks pakust välja ja puukiil *c* lüüakse vasaraga kergelt kinni (joon. 54 *A*). Seejärel hakatakse rauda seadma nii, et tera ulatuks paku tallast välja vastavalt lõigatava laastu paksusele (mida õhem on laast, seda tasasem ja siledam on hööveldatud pind). Peale selle peab tera pärast seadmist olema paku tallaga paralleelne. Vastasel korral võtab raua üks serv sügavamalt ja materjalil saadakse piki-sisselõiked (astmed). Selleks, et jälgida, kas raua asend on õige, tuleb höövel pöörata tallaga ülespoole ja vaadata piki höövlit. Siis on hästi näha, kas raud pole pakus viltu ja samuti ka pakust väljaulatuva rauaosa suurus (joon. 77 *A*). Viltune raud juhitakse õigesse asendisse vasaralöökidega raua ülemise otsa vastava külje pihta (joon. 77 *B*). Pakust väljaulatuva höövliraua osa suurendamiseks lüüakse puuvasaraga (jagu 3, XII) vastu paku eesmist (joon. 77 *C*) või raua ülemist otsa. Raua väljaulatuva osa vähendamiseks lüüakse puuvasaraga vastu paku kanda (joon. 77 *D*). Nende võtete sooritamisel hoitakse höövlipakku vasakus ja puuvasarat paremas käes. Väljaulatuva rauaosa suuruse, samuti nagu laastude ja hööveldamisel saadava pinna omaduste üle on kõige parem otsustada proovihööveldamise põhjal. Püsivamaks raua kinnitamiseks lüüakse pärast seadmise lõpetamist kiil kinni.

II Hööveldamine piki kiudu. Nagu juba jaos 3, I ja II nägime, tuleb hööveldatav laud kõigepealt kinnitada liikumatult. Materjali esialgne töötlemine, näit ks sae alt tulnud laudade hööveldamine, toimub rupphöövliga (joon. 55). Lõplik töötlemine toimub lihthöövli või topelthöövli abil (jagu 3, V, joon. 54 *D*). Töötades hoitakse höövlit parema käega raua tagant paku kannast, vasaku käega aga esiosast — kõige sagedamini sinna kinnitatud erilisest käepidemest (sarvest) (joon. 78).

Höövliraua väljaulatuv osa kohandatakse selle pinna kvaliteedile, mida hakatakse hööveldama. Mida krobelisem on see pind, seda suurem seatakse raua väljaulatuv osa. Kui raua väljaulatuv osa on suur, tuleb tingimata pöörata tähelepanu töödeldava puidu kiudude suunale, sest kiud on harva töödeldava pinnaga paralleelsed; harilikult on nad sellega kaldu. Sel juhul tuleb eristada kahte hööveldamise suunda — pärikiudu (sageli kõneldakse «mööda karva») ja vastukiudu («vastu karva»). Tublisti väljaulatuv tera paneb vastukiudu hööveldamisel materjali narmendama, lõikub sügavale puidu sisse ja murrab selle küljest tükke. Vastukiudu hööveldamine ei soodusta sileda pinna saamist, vaid moodustab koguni uusi sügavaid lohke. Seepärast tuleb enne materjali tööpingile kinnitamist tähelepanelikult jälgida kiudude suunda ja kinnitada materjal nii, et oleks võimalik hööveldada pärikiudu. Seejuures ei tohi unustada, et ühe ja sama laua eri osades võib kiu-



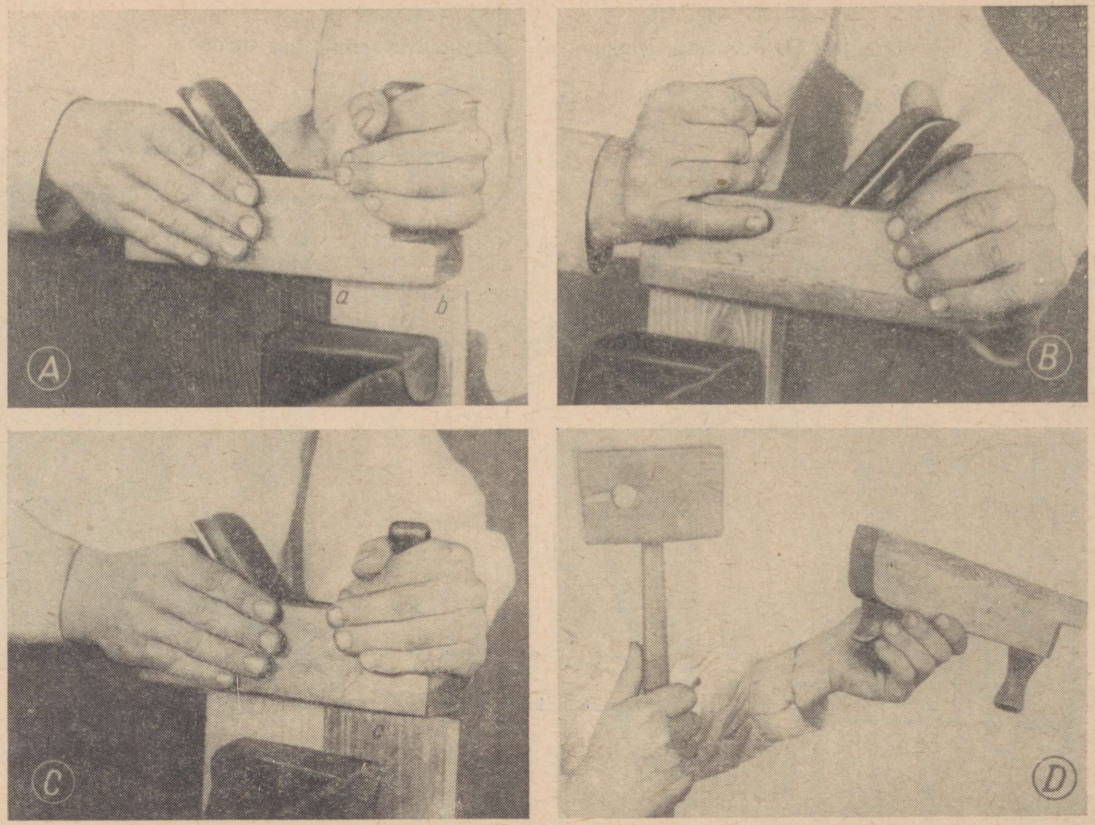
Joon. 77. Höövliraua seadmise võtteid.



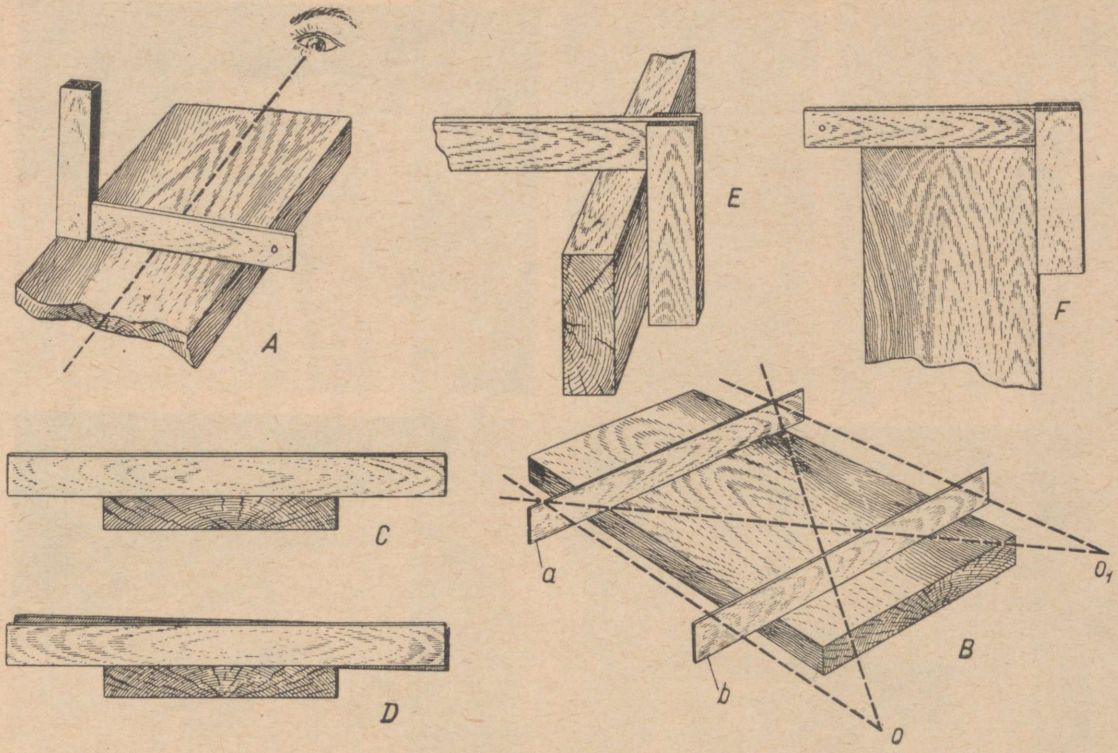
Joon. 78. Käte asend höövlil (*A* — höövli alg- ja *B* — lõppasend hööveldamisel).

dude kalle olla erinev (vastupidine). Sel juhul tuleb laua eri osi hööveldada kahes vastassuunas. Kui laua külgserval on kiudude suunda raske märgata, siis proovihööveldamisel selgub see suund kohe: raua tera kas lõikab kiude või vastukiudu liikudes kisub nad narmendama. Kui höövliraud ulatub pakust vähe välja, siis pole kiudude suund eriti tähtis.

Sageli (paksude laastude, toore või vaiguse materjali jt. puhul) ummistavad laastud tihedalt pakuava ega paisku sealt välja, mõnikord aga takerduvad isegi pilus (höövlisuus) ja ulatuvad sellest välja (talla poolt küljest). Kõik see katkestab höövli tööd. Sel juhul tuleb laastud eemaldada kas tõmmates need ülalt või tõugates pilpaga alt (läbi pilu paku tallas) paku avast välja. Lõpuks võib laastude kõrvaldamiseks ka höövli lahti võtta, s. t. kiilu ja raua välja tõmmata. Lahtivõtmiseks lüüakse paku kannale, hoides seejuures rauda ja kiilu käes (joon. 79 *D*).



Joon. 79. Laua otsa hööveldamise võtteid (*A*—*C*). Höövli lahtivõtmine (*D*).



Joon. 80. Laua tasapindsuse ja tahkude ristseisu kontrollimine.

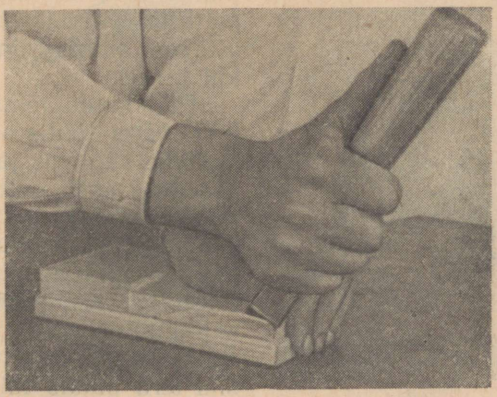
III Hööveldamine risti kiudu. Laua otsa hööveldamisel on kõige parem kinnitada laud höövelpingi klambrite või kruustangide vahele (joon. 44 ja 130). Hööveldamiseks tuleb kasutada hästi teritatud topelthöövlit, mille tera ulatub pakust väga vähe välja. Höövlit lükatakse laua lähemast äärest *a* laua keskpaiga suunas (joon. 79 *A*); seejuures ei tohi tera lasta laua teise ääreni, kus puu võib kergesti lõheneda, vaid pööratakse höövel ümber ja hööveldatakse höövlit enda poole tõmmates (joon. 79 *B*). Endastmõistetavalt võib laua otsa hööveldada ka ühes suunas, pöörates selleks lauda 180° võrra. On otstarbekas kasutada ka tihedalt vastu hööveldatavat laua otsa surutavat abilauda *c*, nagu on näidatud joonisel 79 *C* ja hööveldada ühes suunas.

IV Tasapindsuse kontrollimine. Tasapindsuse kontrollimiseks laua hööveldamisel pannakse sellele joonlaud või nurgiku üks külg (joon. 80 *A*). Kõige täpsemaks kontrollimiseks tuleb kasutada kahte ühesugust joonlauda või liistu, mis asetatakse lauale nii, nagu on näidatud joonisel 80 *B*. Kui asetada silm punktidesse *0,0'*, siis tuleb kaardus olek kergesti ilmsiks, sest sel korral joonlaudade ääred ei lange ühte (joon. 80 *C* ja *D*).

Kahe tahu ristseisu kontrollimiseks kasutatakse nurgikut (joon. 80 *E* ja *F*).

8. Peitlitöö.

I Peitliga lõikamine põiki kiudu. Peitlit kasutatakse peamiselt väikeste tasaste pindade töötlemiseks, samuti aga ka mitmesuguste esemete servade ja nurkade lõikamiseks ja ümardamiseks. Peitliga lõikamisel tuleb eristada kahte põhijuhtu: lõikamine põiki kiudu ja lõikamine piki kiudu. Mõlemal juhul peab peitlit suunama parem käsi, mis hoiab kinni peitli peast ja rõhub sellele, vasak aga hoidma tera vajalikus kohas ja andma sellele vajaliku suuna. On loomulik, et materjal tuleb seejuures mõnikord pitskruvide abil kinnitada.

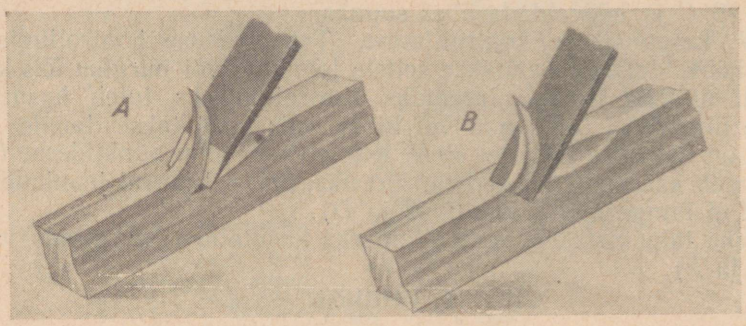


Joon. 81. Peitliga põiki kiudu lõikamise võtteid.

Tasase otspinna lõikamisel, mis on vajalik saagimisel saadud krobelise lõikepinna tasandamiseks, on otstarbekas kasutada joonisel 81 näidatud võtet. Siinjuures on tähtis, et tera ei lõikaks risti, vaid mõnevõrra kaldu, kusjuures edasiliikumisele peab lisanduma veel liikumine piki lõiketera. Sellisel otspinna lõikamisel hoitakse ja surutakse peitlit ainult parema käega. Vasak käsi hoiab materjali, surudes seda mõnesuguse tõkke vastu.

Risti kiudu lõikamisel pööratakse peitel alati nii, et tasane külg jääb töödeldava materjali poole, fassett aga lõigatava laastu poole.

II Peitliga lõikamine piki kiudu. Jaos 7, I on viidatud sellele, et





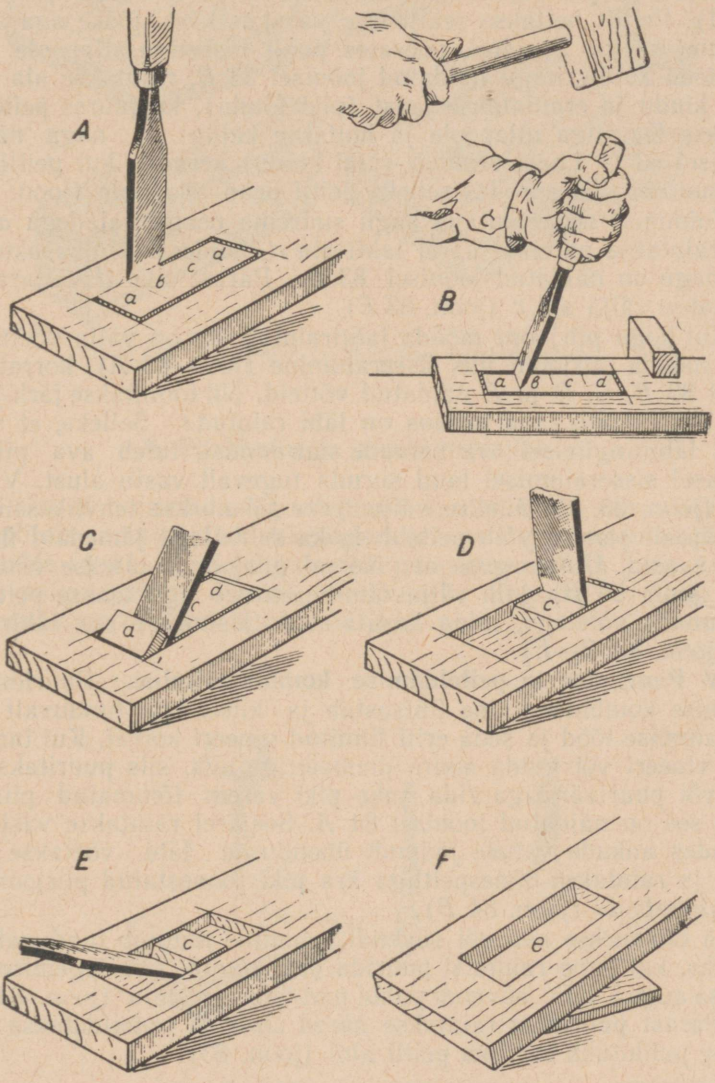
Joon. 82. Peitliga piki kiudu lõikamise võtteid.

kaldkiulise ja kisulise puidu hööveldamisel tuleb pöörata tähelepanu kiudude suunale. Peitliga piki kiudu lõikamisel on see isegi väga tähtis. Peitli tera püüab üldiselt liikuda mööda väikseima vastupanu joont, s. t. piki kiudu, mistõttu kaldkiuline materjal võib lõheneda ebasoovitavas suunas ja sügavamalt kui tarvis.

Piki kiudu lõikamisel on samuti väga tähtis silmas pidada, et lõike sügavus ja järelikult ka saadav laast sõltuvad sellest, millise küljega on peitel pööratud töödeldava eseme poole — kas tasapinnalise küljega või fassetiga. Kui pöörata peitli tasapinnaline külg töödeldava puidu poole ja fassett väljapoole, siis tera püüab minna sügavale puitu ja muuta laastu paksemaks (joon. 82 *A*). Õige on

tasapinnaline külg pöörata väljapoole, s. t. laastu poole ja fassett töödeldava materjali poole, sest siis püüab peitel laastu õhendada (joon. 82 *B*). Piki kiudu, samuti nagu risti kiudu lõikamiselgi, suunatakse peitlit ja vajutatakse sellele parema käega, vasakuga aga rõhutakse peitel paraja survega vajalikku kohta. Siiski on võimalik ka joonisel 82 *C* näidatud võte.

III Aukude raiumine. Kooli tingimustes võib aukude läbiraiumi-



Joon. 83. Peitliga aukude raiumise võtteid.

seks, väljalõigete süvendamiseks, tappide valmistamiseks (jagu 14., I ja joon. 91) jms. kasutada puraski (tapipeitli) asemel peitlit, ainult selle murdumise vältimiseks tuleb olla ettevaatlik. Muuseas ei tohi peale anda väga tugevaid lööke, ja lüüa tuleb puu-, mitte aga raudvasaraga (joon. 83 *B*).

Augu läbiraiumisel tuleb kõigepealt tõmmata pliiatsiga tulevase ava piirjooned ja seejärel paigutada peitel a) rangelt vertikaalselt b) fassetiga väljaraiutava osa poole ja raiuda ümberringi mööda kontuuri piirjoont risti ja piki kiudu 3—4 *mm* sügavuselt (joon. 83 *A*). Peitlit hoitakse sealjuures vasakus käes, lööke aga antakse parema käega. Seejärel, pöörates peitli fassetiga allapoole ja hoides teda kaldu, nagu näidatud joonisel 83 *B*, raiutakse ala *a* lahti risti kiudu ja eraldatakse laast (piki kiudu), kusjuures peitel pööratakse fassetiga allapoole ja hoitakse kaldu nii, nagu näidatud joonisel 83 *C*. Laast eraldub (piki kiudu) kergesti kui peitli kallakut suurendada, surudes selleks peitli pead allapoole (joon. 83 *E*).

Toiminud sisseraiutava augu suurema osaga (aladega *a* ja *b*) nii, raiutakse paremal äärel lahti ala *d*, hoides peitlit vasakus käes nii, nagu on näidatud joonisel 83 *B*. Pärast ala *d* väljaraiumist raiutakse välja ala *c* (joon. 83 *E*).

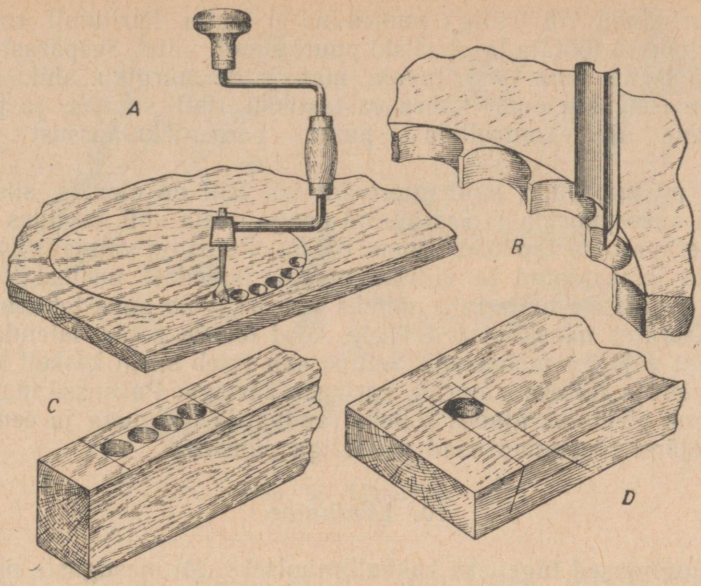
Kui kogu piirjoont mööda lahtiraiutud ala on välja võetud, toimub mööda piirjoont uus sisseraiumine (joon. 83 *A*), korrates joonistel 83 *B*, *C*, *D* ja *E* näidatud võtteid. Nii toimitakse järk-järgult seni, kuni kogu laua paksus on läbi raiutud.[1] Selleks, et vältida peitli läbitungimisel ava servade murdumist, tuleb ava piirjoone viimasel sisseraiumisel laud suruda tugevalt vastu alust. Viimane kiht (joon. 83 *F*) lüüakse välja terve täisnurkse tahvlikesena.

Täpselt samuti võib peiteldada ka suhteliselt jämedaid ümmargusi avasid. Ümmarguse ava korral piirjoon raiutakse õõnespeitliga (joon. 56 *B*), kihi väljavõtmine toimub aga tasase peitli abil ja samade võtetega, mida kasutatakse täisnurkse ava läbiraiumisel (joon. 83 *B*—*E*).

IV Puurimise ja peiteldamise kombineerimine. Puurimise ja raiumise kombineerimine lihtsustab ja kiirendab tunduvalt augu läbiraiumise tööd ja seda eriti liimitud vineeri korral. Kui tarvis on teha vineeri või lauda suure diameetriga ava, siis puuritakse trilliga või puurivändaga rida auke piki varem tõmmatud piirjoont, nagu see on näidatud joonisel 84 *A*. Seejärel raiutakse vastavates kohtades aukude vahele jäänud ühendused läbi, võetakse ketas välja ja raiutakse õõnespeitliga ära piki joonestatud piirjoont jäänud «hambad» (joon. 84 *B*).

Ka täisnurkse ava või süvendi raiumine muutub tunduvalt lihtsamaks, kui enne raiumist puurida ette augud. Ava tegemisel puuritakse augud läbi, süvendi puhul nad läbi ei ulatu (joon. 84 *C* ja *D*). Pärast puurimist raiutakse ääred sisse ja eemaldatakse väljavõetav puidutükk hariliku peitli abil (joon. 83).

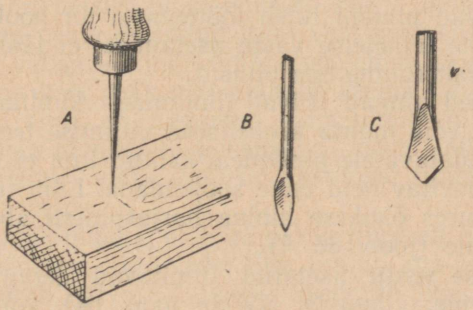
[1] Välja raiuda võib ka järjestuses *d*, *c*, *a* ja *b* (joon. 83 *A*).



Joon. 84. Puurimise ja raiumise kombineerimine.

9. Puurimine ja avade tegemine.

Selleks, et paigutada õigesti puuri tsenter, tuleb enne puurimist võtta pliiats ja märkida ristikesega tulevase augu keskpunkt. Silinderpuuride (§ **11**, 3; VI ja joon. 137) kasutamisel on puuri tsentri õigeks paigutamiseks kasulik, kuigi mitte tingimata vajalik, torgata naaskliga ette auk (joon. 85 *A*).



Joon. 85. Lihtsaid omavalmistatud puidupuure.

Puurivända või trilliga puurimine ei tekita harilikult raskusi, kuid vilumatu töötaja laseb siiski puuri sageli viltu. Seepärast tuleb algajal seada puur puuritavale materjalile nurgiku abil, asetades viimast vastu puuri kahes vastastikku risti suunas, ja pärast puurimise ajal kontrollida puuri perpendikulaarsust samal viisil.

Kui puudub puur, kuid puurivänt või trill on olemas, siis võib väikesi auke puurida ja äraraiutud peaga naela abil, tagudes alasil tema terava otsa lapikuks (joon. 85 *B*). Puuri on võimalik valmistada ka laiakstaotud ja viilitud otsaga jämedast naelast (joon. 85 *C*). Õhukesse materjali, näiteks vineeri, võib auke teha naaskli abil. Keerates naasklit kord ühele, kord teisele poole, laiendatakse auk kuni vajalike mõõdeteni. Selline ava tuleb siiski keskelt kitsam kui äärtelt ja teiseks konarlik, karvaste äärtega. Paksusse materjali tuleb auk põletada, ajades selleks raudvarda hõõguma ja eemaldades seejärel söestunud osad naaskliga puurides.

10. Liimimine.

I Tingimused tugevaks kokkuliimimiseks. Mitmesuguste puitesemete valmistamisel kasutatakse sageli tisleriliimiga liimimist. Nii näiteks tuleb tihti liistudest või laudadest kokku liimida laiu kilpe (joon. 66 *E*, *F*). Peale selle suureneb väga palju laudade või liistude nurkseotiste (tapitud või lapiti) tugevus, kui neid liimitakse tisleriliimiga (joon. 91 ja 92). Lõpuks kasutatakse liimimist ka laua ühendamiseks papi, vineeri ja mõnede teiste materjalidega.

Õige liimimise korral osutub kokkuliimitud koht palju tugevamaks kui naabruses olevad puidu osad. Selleks et saavutada liimimisel sellist tugevust, tuleb täita järgmisi nõudeid:

a) Liim tuleb keeta vastavalt II alljaotuses antud juhenditele. Kõvemate puiduliikide (tamme, kase jt.) jaoks valmistatakse vedelam liim kui pehmemate liikide (kuuse, männi) jaoks. Otspindade liimimiseks tuleb kasutada paksemat liimi.

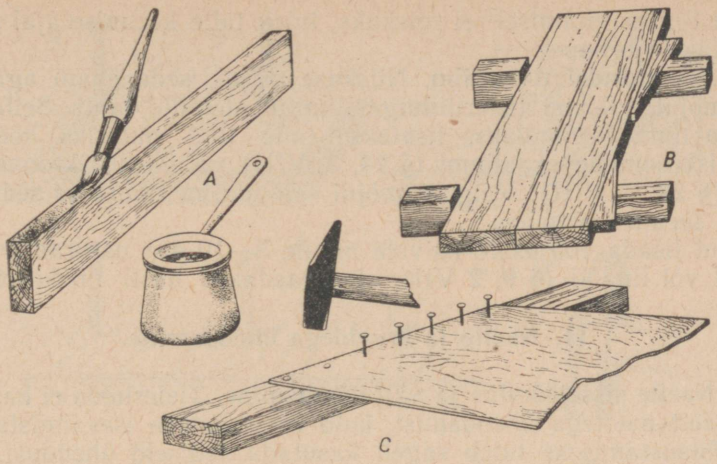
b) Liimitavad pinnad tuleb töötlemisel nii hoolikalt ühte sobitada, et pindade teineteise vastu asetamisel ei jääks nende vahele väiksemaidki vaheruume ega pilusid.

c) Krobelised pinnad jäävad liimimisel kindlamini kokku kui siledad. Pinna võib muuta krobeliseks viilimise teel.

d) Et ühendatavatele pindadele kantud liim ei tarduks sültjaks massiks, on soovitav neid enne soojendada. Liim tuleb kanda kuumalt ja sealjuures õhukese kihina harjaspintsli abil mõlemale liimitavale pinnale (joon. 86 *A*).

e) Teineteise vastu asetatud liimitavad detailid[1] tuleb tugevasti pitskruvide (jagu 3, XV ja joon. 64) või väljalõigetega

[1] Liimi «sissehõõrumiseks» ja ühtlasemalt paigutamiseks liigutatakse üht detaili kaks-kolm korda teise suhtes.



Joon. 86. Liimimine.

laudade ja kiilude (joon. 86 *B*) abil kokku suruda. Selleks, et suruda vineeri või pappi tihedamini vastu liistu, on kasulik neid kas ajutiseks või alatiseks peente naeltega kinni lüüa (joon. 86 *C*).

g) Liimitavad detailid peavad seisma kokkusurutud olekus umbes $^1/_2$—1 ööpäeva.

II Liimi keetmine. Tisleriliimi ei tule keeta anumas, mida soojendatakse vahetult leegil. Ükskõik kui palju ei oleks valatud vett, kõrbeb sellisel keetmisel liim põhja ja rikneb seega täielikult.

Liimi keedetakse järgmiselt. Liimitahvlid lüüakse haamriga või murtakse tangidega väikesteks (umbes 1 cm^3 suurusteks) tükikesteks ja asetatakse need liiminõu siseanumasse (jagu 3, XII ja joon. 65), kuhu on valatud liimi pehmeksleotamiseks vett. Umbes ööpäeva jooksul liim paisub ja moodustab sültja massi. Kui liiminõusse on jäänud peale paisunud liimi veel vett, siis tuleb see ära valada. Täitnud välise liiminõu umbes poolenisti veega, asetatakse see põletile. Kuna vesi peab välisanumas keema vaikselt ja küllalt kaua, kuni kogu liim on aegamisi lahustunud ja moodustanud homogeense vedela hapukoore paksusega massi, siis peab põleti leek olema võrdlemisi väike. Sellisel keetmisel tuleb mõnikord liimile vett juurde lisada.

On tähtis silmas pidada, et liiga paksu liimi on liimitava detaili pinnale raske määrida; liiga vedel liim tungib aga tervenisti puidu pooridesse ja liimib halvasti. Õigesti keedetud liim voolab liimist väljavõetud pulgakeselt maha peene joana, mitte aga tilkadena. Teiseks õige keetmise tunnuseks on see, kui suuga puhumisel tekib liimi pinnale liikuv kile.

Et liim säilitamisel[1] ei roiskuks, tuleb talle keetmise ajal lisada näputäis boorhapet.

III Veekindel tisleriliim. Niiskuse mõjul, seda enam aga veel vee mõjul, tulevad tisleriliimiga liimitud detailid lahti. Selleks et muuta liimi veekindlaks, lisatakse talle 10% pulbriks hõõrutud kaheliskroomhappekaaliumi (§ 24, 3, VIII) või 2—3% kroommaarjast (§ 24, 3, VIII). Valguse mõjul selline liim rikneb ja seda hoitakse seetõttu pimedas.

Kui lisada 100 osale kuivale liimile 5—10 osa naturaalset värnitsat või linaõli (§ 9, 2 VII), siis saadakse hästi niiskusekindel liim.

11. Naelte ja kruvidega ühendamine.

I Naelte sisselöömine ja väljatõmbamine. Tisleritöös ei kasutata tavaliselt naeltega ühendamist, kuid katseriistade isevalmistamisel töö lihtsustamiseks tuleb sageli kasutada selliseid ühendusi, vaatamata nende väikesele vastupidavusele, võrreldes muud liiki ühendustega (jagu 14 ja joon. 91).

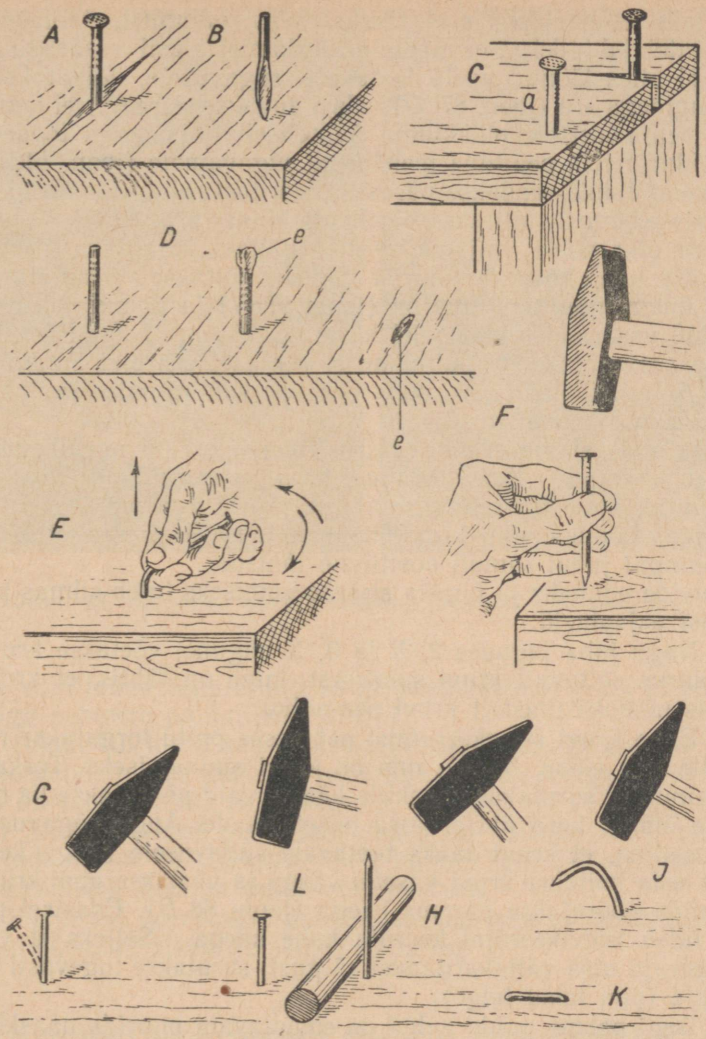
Naelte sisselöömisel tuleb silmas pidada järgmist. Sirgekiulises puidus nael purustab kiude ainult osaliselt, peamiselt aga ajab neid laiali ja painutab (joon. 87 *A*). Sel viisil deformeeritud kiud rõhuvad sisselöödud naelale ja tekitavad suurt hõõrdumist, mis takistab naela väljalangemist. Kui naela terav ots taguda lapikuks ja naela sisselöömisel paigutada see piki kiudu, siis on naela kergem sisse taguda ja ta püsib kindlamini (joon. 87 *B*). Naelte sisselöömisel otsmise ääre lähedale võib õhuke laud praguneda. Selle vältimiseks on otstarbekohane enne naela sisselöömist puurida ette auk (umbes poole väiksema diameetriga) või kasutada erilisi ruudukujulise lõikega naelu *a*, mis lõikavad kiud läbi (joon. 43 *J* ja joon. 87 *C*).

Sellised kõvad puiduliigid, nagu näiteks tamm, kask jt. prágunevad naelte sisselöömisel sageli isegi siis, kui nael on löödud äärest küllalt kaugele. Peale selle läheb nael kõvasse puitu suure vaevaga, peen nael aga mõnikord isegi paindub vasara löökide all. Seepärast tuleb kõvade puiduliikide korral naela löömise kohale puurida enne auk. Väikeste ja peente naelte jaoks, mida lüüakse näiteks vineeri, tuleb suunav torge teha naaskliga.

Nael, mis on löödud puidu otspinda, piki kiudu, kinnitub harilikult väga halvasti ja seda on kerge välja tõmmata. Kui aga naelale enne sisselöömist teha meisliga põigitised peapoole suunatud kaldtäkked, siis on otspinda löödud naela palju raskem välja tõmmata.

Sisselöömisel hoitakse naela algul kinni, suunates seda vasaku käega, hiljem aga, kui mõne vasaralöögi järel nael läheb umbes ühe kolmandiku võrra puidusse, eemaldatakse vasak käsi (joon. 87 *F*). Vasaralööke ei tohi anda kaldu (joon. 87 *G*), vaid suunates neid

[1] Säilitamisel on kasulik valada jahtunud liimile peale pisut vett.



Joon. 87. Naelte sisselöömine.

piki naela telge (joon. 87 *L*), sest vastasel korral nael läheb kõveraks. Kui nael läks sisselöömisel kõveraks, tuleb ta tangidega välja kiskuda (joon. 61) või äärmisel juhul painutada nii, nagu on näidatud joonisel 87 *E*, võtta see siis paremasse kätte ja kõverdunud osast edasi-tagasi pöörates nael välja kiskuda.[1] Pärast kõverdunud naela eemaldamist lüüakse sisse uus nael.

[1] Võimalik on ka õgvendamine kohapeal, kasutades toena teist vasarat.

Selleks, et naelapea *e* ei rikuks eseme välimust, taotakse see mõningatel juhtudel enne naela sisselöömist alasil vasaraga lamedaks või olles löönud naela teatavale sügavusele, lõigatakse pea lõiketangidega ära (joon. 87 *D*). Nael lüüakse sisse nii, et lamedaks taotud pea *e* asetseks piki kiudu. Suhteliselt lihtsamatel töödel võib sisselöödud naela pea lüüa meisli abil sügavamale (joon. 143).

Süvendid, mis saadakse pärast lömmi taotud või süvitatud peaga naela sisselöömist, kititakse harilikult kinni (§ 9, 5, II).

Liiga pika naela väljaulatuv ots (näiteks kahe laua ühendamisel lapiti) tuleb kõveraks murda. Selleks hoitakse väljaulatuva osa kõrval ümmargust metallvarba (joon. 87 *H*) ja painutatakse kaldu suunatud vasaralöökidega nael kõveraks (joon. 87 *J*). Pärast seda lüüakse painutatud osa puitu, nii et see asetseks piki kiudu (joon. 87 *K*). Sel viisil litsutakse naela pea tugevamini puitu ja ühenduse vastupidavus kasvab tunduvalt.

II Kruvide sissekeeramine. Kruviühendused on naelühendustest palju tugevamad. Kruviühendused on rakendatavad üldse palju sagedamini, kuna alati pole sobiv, mõnikord aga on isegi võimatu naelutada. Lõpuks võib kruviühendusi kergesti lahti võtta, millel on mõningal juhul samuti positiivne tähtsus.

Kruvide edukaks ja õigeks sissekeeramiseks tuleb silmas pidada järgmisi asjaolusid.

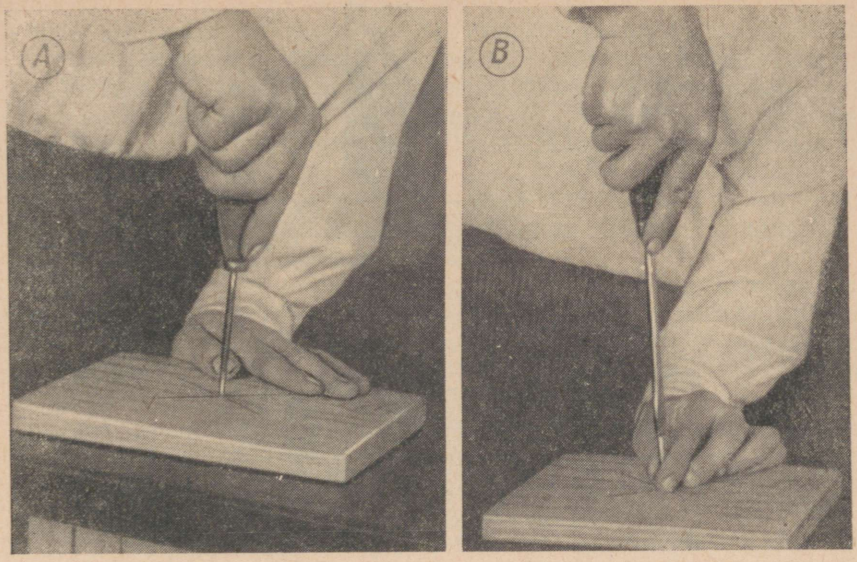
a) Nagu juba jagudes 2, X ja 3, X nägime, võetakse kruvikeeraja suurus sõltuvalt kruvi suurusest, kuna on tähtis, et kruvikeeraja ots mahuks tihedalt kruvi pea sälku.

b) Enne kruvi sissekeeramist pehmesse puitu torgatakse naaskliga ette auk (joon. 88 *A*), mis on kruvi suunamiseks. Torkamisel mitte ainult et surutakse naasklile käega, vaid pööratakse ka naasklit telje ümber kord ühele, kord teisele poole. Augu sügavus peab olema selline, et kruvi saaks teatavale sügavusele käega keerata. Pärast seda hoitakse kruvi vasaku käega ja võetakse appi kruvikeeraja, mida pööratakse parema käega (joon. 88 *B*). Edasisel pööramisel tuleb kruvikeerajat keerata kahe käega. Selleks et vältida kruvikeeraja otsa väljakargamist sälgust, surutakse tugevasti kruvikeerajale (piki tema telge).

c) Isegi pehme puidu puhul on soovitavam puurida naaskliaugu asemel puitu auk spiraalpuuriga (joon. 137 *C*). Kõvade puiduliikide ja muude materjalide puhul on augu puurimine tingimata vajalik. Kruvi diameetri ja augu (puuri) diameetri vahel peab olema, sõltuvalt materjali kõvadusest, kindel seos, mis on ligikaudu selline, nagu on näidatud tabelis III.

d) Koonilise peaga kruvide (salapeakruvide) korral tuleb enne puurimist lõigata pea jaoks kooniline süvend (joon. 89 *A*). Sellise väljalõike võib teha peitliga (kõige parem õõnespeitliga) (joon. 56 *B*), spiraalpuuri otsaga või äärmisel juhul lõigata noaga.[1] Süvita-

[1] Selleks on müügil ka eriline puurivända otsa pandav tööriist, mida nimetatakse süvitajaks.



Joon. 88. Naaskliga augu torkamine ja kruvi sissekeeramine.

miseta võib toime tulla ainult kõige peenemate kruvide ja sealjuures väga pehmete puiduliikide korral.

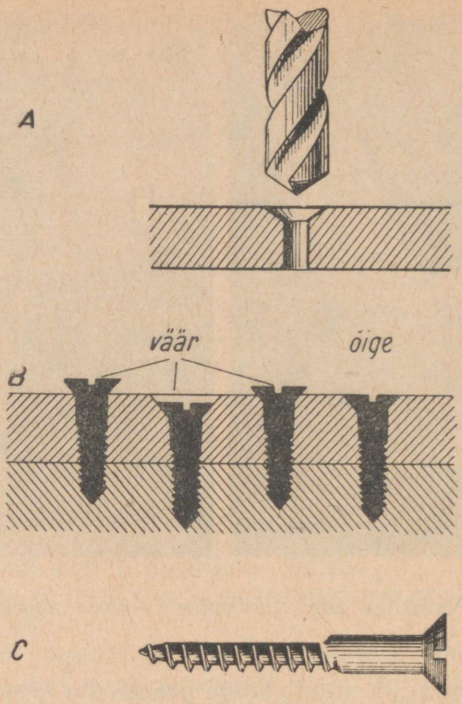
e) Juhul, kui kruvi keeratakse sisse alatiseks, on kasulik keeramise kergendamiseks määrida tema lõikav osa seebiga ja juhul, kui hiljem on tarvis kruvi välja keerata, rasvaga või tavotiga (§ **11**, 17, II). Väga kõvasse puitu keeramisel on kasulik täies ulatuses ära viilida (joon. 89 *C*) kruvi ühelt küljelt keermik, siis kruvi hakkab keeramisel lõikama puitu vindipuurina.

f) Kui kruvi keeratakse puidu otspinda, siis ta püsib seal seda kindlamini, mida pikem ja jämedam ta on.

Eri materjalides augu tegemiseks kasutatava puuri diameetri ja kruvi diameetri suhe

Tabel III

Materjal	Puurimisel puuri diameeter moodustab kruvi diameetrist:	
	piki kiudu	risti kiudu
Pehme — mänd, kuusk, pärn	umbes 0,65	umbes 0,75
Keskmine — kask	„ 0,70	„ 0,80
Tihe — tamm, punane puu, pöökpuu	0,85	
Väga tihe — tellis, eboniit	0,90	



Joon. 89. Süvitamine (*A* ja *B*). Kõvasse puitu keeramiseks sobiv kruvi (*C*).

12. Koolis valmistatavate puuesemete põhiliigid.

Kõiki koolipraktikas tarvisminevaid puuesemeid võib taandada mõnele põhitüübile. Selline rühmitamine võimaldab välja selgitada puuesemete detailide kõige ratsionaalsemad konstruktsioonid ning kätte juhatada kõige lihtsamad töövõtted nende valmistamiseks ja vajalikud puiduliigid. Puuesemete põhitüübid on järgmised.

a) Ristkülikukujulised laua- või liistutükid, mida kasutatakse mõõtmiseks (erikaal, ujumine) — madalate alustena katsete ülesseadmisel katselauale ja teisteks otstarveteks.

b) Alused või tasased paneelid, s. o. plankude või laudade küljest lõigatud tükid, mida kasutatakse nendele elektrotehniliste ja mitmesuguste tehniliste detailide monteerimiseks (paneelid voolukatkestajatega, lambipesadega, kaitsekorkidega, lampreostaadid jms.). Peale selle monteeritakse väga palju füüsikakatseriistu sellistele alustele, mis parema püsivuse saamiseks varustatakse mõnikord jalgadega (joon. 90). Need alused *a* on pealegi paljude allpoolnäidatud esemete detailideks (joon. 93).

c) Nurkpaneelid (joon. 93 *B*), mis koosnevad kahest täisnurksest teineteise külge kinnitatud lauast, mida kasutatakse elektrimõõteriistade, manomeetrite ja teiste riistade monteerimiseks. Eriliiki nurkpaneelideks on lauaekraanid (joon. 96 *B*), mis on väga vajalikud fooni tekitamiseks, optiliste läätsede kinnitamiseks ja muudeks otstarveteks.

d) Pingikesed (joon. 93 *C*), mida kasutatakse katseriistade alusteks või erijuhtudel, näiteks Arhimedese seaduse demonstreerimisel tehnilistel kaaludel.

g) Toed, mis koosnevad täisnurkselt tasase aluse *a* külge kinnitatud prussikutest ja mida kasutatakse samuti nagu laboratooriumistatiive katseriistade ülesriputamiseks (joon. 93 *E*), klaasnõude ülalhoidmiseks jms. Sageli tuleb tugedele anda Г-sarnane kuju.

e) Raamid (joon. 93 *D*) mõningate katseriistade ülesriputamiseks katsete demonstreerimisel (elektromagnet, magdeburgi poolkerad), peamiselt aga kangide ja plokkide kinnitamiseks.

f) Klaas- ja pappseintega kastid, mis on mõnede riistade korpusteks, võivad aga (vineerseinte puhul) olla ka katsete demonstreerimistel alusteks.

Kõikide ülalosutatud esemete valmistamiseks tuleb kasutada laua ja prussikutükke ning vineerplaate, mida kõige sagedamini üksteisega ühendatakse täisnurkselt.

Peale nende esemete vajatakse katseriistade isevalmistamisel puidust silindreid ja kerasid, mida võib saada mänguasjade kauplustest.

Omavalmistatud katseriistade jaoks plankudest, laudadest ja teistest saematerjalidest valmistatud detailid.

Tabel IV

Detaili nimetus	Saematerjali nimetus (vt. tabel I lk. 76)	Paksus (*cm*)	Laius (*cm*)
Klotsid — alused	Lafetid või prussid	8—10	16—20
Rasked tugede ja teiste riistade alused	Plangud	5—6	14—18
Alused (kerged) *a* (joon. 93), sealhulgas ka lauapealsete raamide (joon. 93 *D*) ja nurkpaneelide jaoks (joon. 93 *B*).	Lauad ja voodrilauad	1,5—2	15—20
Paneelid elektrimootorite, lambipesade, katkestajate jt. montaažiks.	„	1,5—2	9—10
Kastide külgseinad (joon. 69 *A*).	Voodrilauad	1	9—10
Prussikud raamide jaoks (joon. 93 *D*).	Lauad	2— 2,5	3,8—4
Neljakandilised prussikud tugede jaoks (joon. 93 *E*).	Lauad või plangud	3— 3,5	3— 3,5

Asudes seisukohal vajadusest lihtsustada õpilastel puidust detailide valmistamist (§ 1, 7), soovitame õpetajal endal või õigemini lasta tisleril hööveldada parajaks «poolfabrikaate», s. o. 1—1,5—2 *m* pikkusi kandilisi prussikuid, planke ja laudu. Siis võib õpilane ühe või teise konstruktsiooni valmistamiseks vajalikud tükid lõigata vastavast, juba valmis hööveldatud poolfabrikaadist ja ühendada neid vastavalt vajadusele.

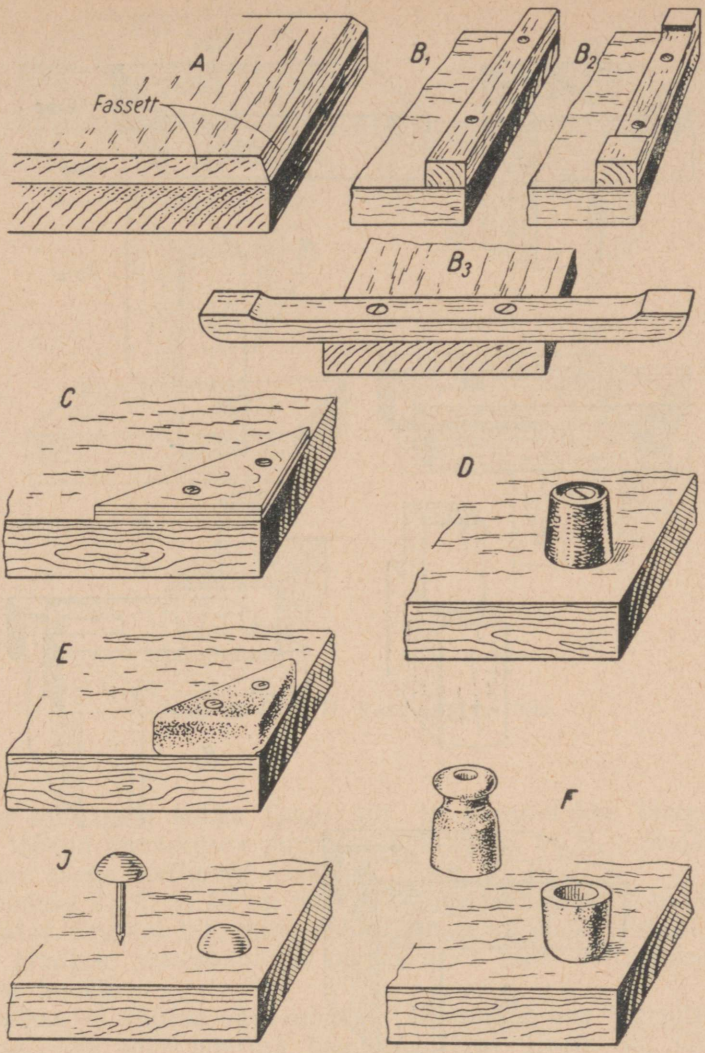
13. Alused ja tugijalgade ehitus.

I Alused. Tahvleid või lauakesi, mida vajatakse nendele mitmesuguste metallosade või elektrimontaaži detailide (paneelid) monteerimiseks või mis on raamide, nurkpaneelide, tugede jt. aluseks, lõigatakse (ruudu- või ristkülikukujulise tükina) (jagu 6, II ja joon. 75) jaos 12 näidatud poolfabrikaatidest.

Aluse otspindu töödeldakse kas hööveldamise (jagu 7, III ja joon. 79) või viilimise teel (jagu 3, XIII ja joon. 63). Selleks, et anda alusele meeldivamat välimust, on otstarbekohane lõigata peitliga maha selle nurgad ja äärestada alus ümberringi fassetiga (joon. 90 *A*).

II Tugijalad. Võrdlemisi laiadel ja pikkadel alustel on see puudus, et nad harilikult ei püsi kindlalt (kõikumatult) laual. Selle vea parandamiseks tuleb alusele lisada jalad, mida võib teha mitmel viisil. Võib näiteks kinnitada naelte, kruvide või liimiga aluse alumisele küljele piki selle lühemaid servi põõnad, millede pikkus on võrdne aluse laiusega (joon. 90 *B*). Ratsionaalsem on anda põõnale peitli abil joonisel 90 B_2 näidatud kuju. Kui on vaja valmistada alust, mis oleks püsiv põikisuunas, nagu näiteks mehhaanikaraamide puhul, siis kasutatakse põõnu, millede pikkus on aluse laiusest suurem (joon. 90 B_3). Teiseks võib põõna asemel võtta ruudu- või ristkülikukujulised lauakesed või vineeritükid ja kinnitada need aluse nelja nurga alla (joon. 90 *C*). Kolmandaks võib valmistada neli eri jalga, kasutades selleks kõige mitmesugusemaid esemeid: papp- või vineerrõngaid (diameetriga 1—2 *cm*), kummipunne, tükkideks lõigatud plii atsikummi jms. (joon. 90 *D* ja *E*). Samuti kõlbavad selleks ka 2,5 *cm* kõrgused rullid, mis aga osutuvad vahel liiga kõrgeks. Rulli lühendamiseks tuleb rulli kael lõiketangidega läbi lõigata; seejuures rulli pea läheb harilikult tükkideks, kuid alumine silindriline osa jääb terveks. Kõik murdekohal tekkinud mügarad tuleb algul lõiketangidega või lapiktangidega ära murda ja seejärel murdekoht karborundluisul siledaks ihuda. Süvend rulli alumises otsas jääb kruvi pea varjajaks (joon. 90 *F*). Väikeste aluste puhul võib jalgadeks kasutada poolümmarguse peaga naelu, mida kasutatakse mööbli polsterdamisel (joon. 90 *J* ja 43 *G*).

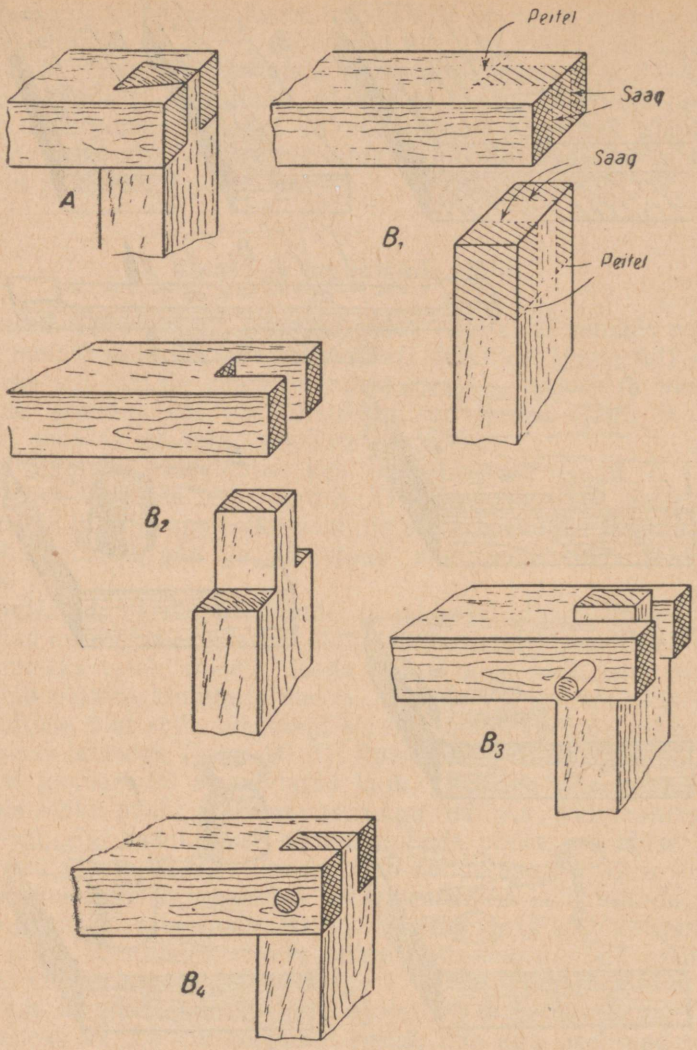
Peale püsivuse andmise on jalad veel vajalikud ka siis, kui aluse alumisele küljele on monteeritud juhtmed või kui sellest ulatuvad välja poltide mutrid.



Joon. 90. Fassett (*A*). Mitmesuguse kujuga tugijalad.

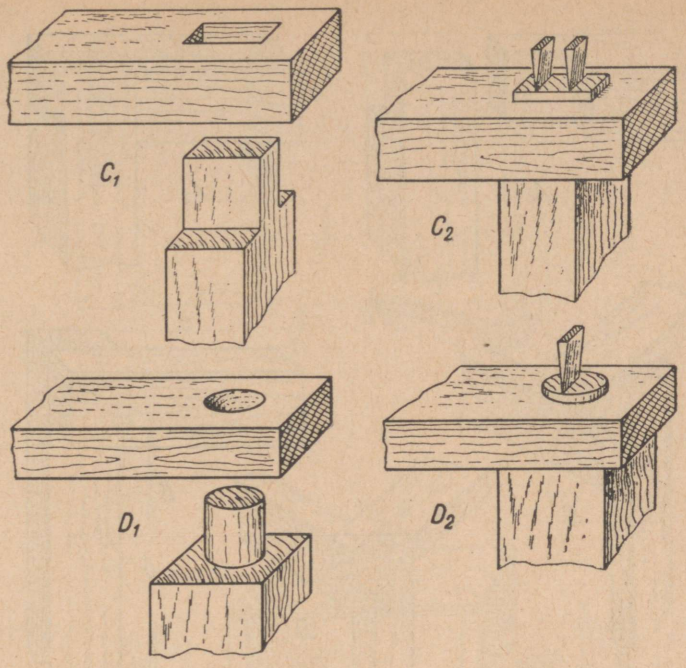
14. Laudade ja prussikute täisnurkne ühendamine.

I Sirgtapp. Nurkseks ühendamiseks kasutavad tislerid kaldtappi (kalasabatappi), harvemini ka sirgtappi. Õpetajale, seda enam aga veel õpilastele ei ole ilma vastava puutöö-alase ettevalmistuseta kaldtappide (joon. 91 *A*) valmistamine jõukohane. Sirgtappide



Joon. 91. *A* ja *B*. Mitmesuguste tappide konstruktsioone: kaldtapp (*A*) ja üks sirgtappide liikidest.

(joon. 91 *B*) tegemine on lihtsam ja seda on ratsionaalne kasutada mehhanikaraamide (joon. 93 *D*) valmistamisel prussikutest. Selline tapp tehakse pärast täpset märkimist sae ja peitli abil, eemaldades joonisel 91 B_1 näidatud läbikriipsutatud prussiku osad. Kuid sirgtapp püsib kindel ainult siis, kui ta osad on väga hoolikalt kokku sobitatud, s. t. on tihedalt vastu teineteist kogu oma pinna ulatuses ja kui nende vahel puuduvad pilud. Tapi osad liimitakse



Joon. 91 *C* ja *D*. Kaks sirgtapi liiki.

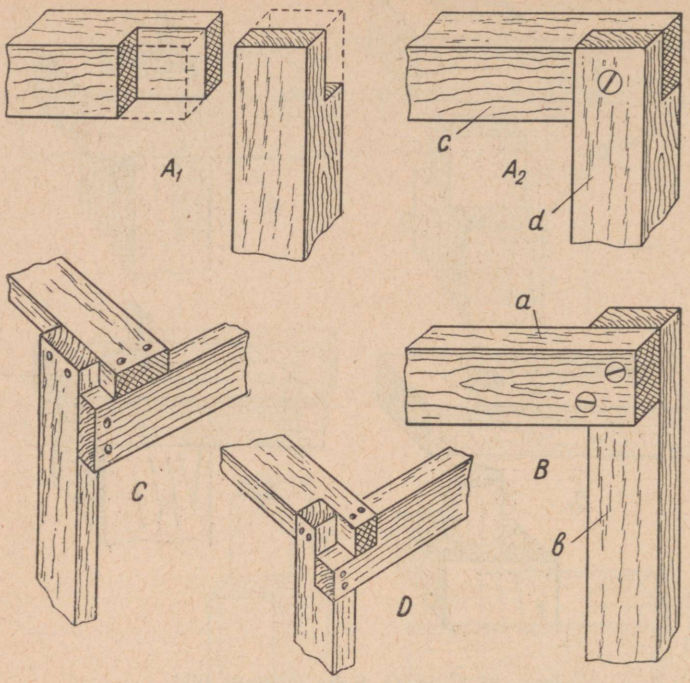
pärast sobitamist kokku (jagu 10) ja kinnitatakse läbipuuritud auku löödud ümmarguse puupulga abil (joon. 91 B_3). Seejärel lõigatakse saega üleliigsed osad ära (joon. 91 B_4).

Joonisel 91 C_1 ja C_2 on näidatud teine prussikute ühendamiseks kasutatav sirgtapi liik, mille valmistamine on siiski raskem. Suurema kindluse saavutamiseks on soovitav lüüa vertikaalse liistu otsasse puukiil.

Selleks, et vältida vaevanõudvat täisnurkse ava tegemist prussikusse, võib selle puuriga (senterpuuriga) (joon. 58) läbi puurida ja valmistada ümmargune tapp (joon. 91 D_1 ja D_2).

II Prussikute ühendamine «pool poolega» ja plankude kinnitamine serviti pealelöömise teel. Joonisel 92 A_2 on näidatud sirgtapist lihtsam prussikute ja plankude ühendamise viis. Selle valmistamisel tuleb pärast vastavat märkimist eemaldada joonisel 92 A_2 kriipsjoonega näidatud osa, kasutades selleks peitlit ja saagi. Oluline on ühendatavad osad *c* ja *d* võimalikult täpselt teineteise vastu sobitada; need kokku liimida (jagu 10) ja peale selle veel kruvi (jagu 11, II) abil kinnitada.

Juhul, kui serviti pealelöömise teel ei saa laudu või planke teineteise peale kinnitada (joon. 92 *B*), kasutades selleks kruve või



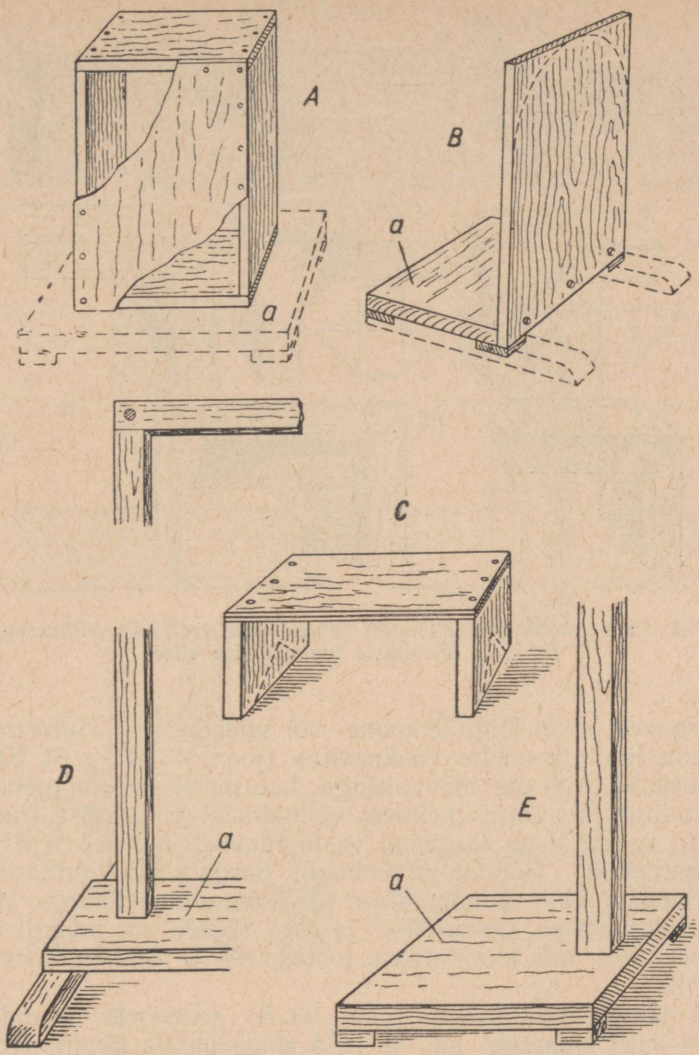
Joon. 92. Plankude ja laudade lihtsamaid nurkse ühendamise viise (pool poolega ühendamine ja serviti pealelöömine).

halvemal juhul naelu, tuleb paratamatult rakendada eespoolvaadeldud ühendusviisi. Peale väiksema tugevuse on pealelöömise teel saadud ühendusel veel see puudus, et plankude *a* ja *b* tasapind (joon. 92 *B*) ei ühtu, nii nagu plankude *c* ja *d* tasapind (joon. 92 A_2).

Kolme prussiku või plangu kaks erinevat ühendusviisi on näidatud joonisel 92 *C* ja *D*.

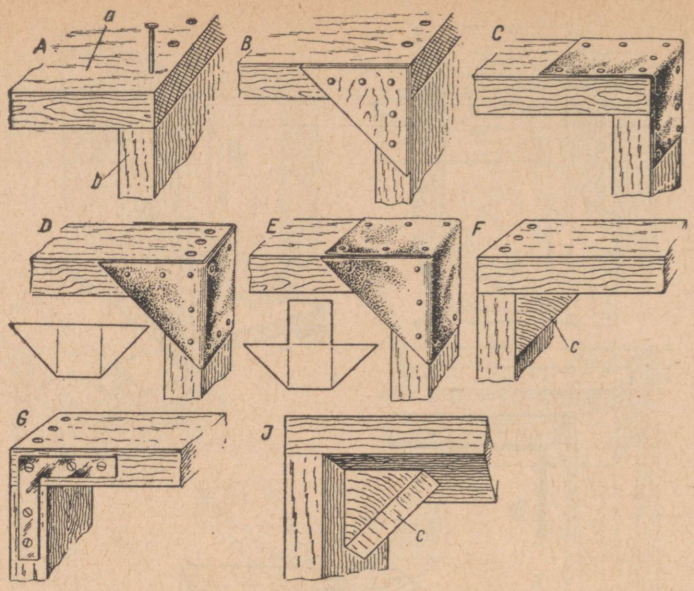
III Laudade ja plankude ühendamine lapiti pealelöömise teel. Joonisel 94 *A* on näidatud kõige lihtsam täisnurkse ühendamise viis, kus kinnitamiseks kasutatakse naelu ja kruve. Seda ühendamist on kasulik rakendada kastide (joon. 93 *A*) ja nurkpaneelide (joon. 93 *B*); samuti aga ka lapiti ühendatud plankudest raamide valmistamisel. Kindla ühenduse saamiseks on tähtis, et liidetav otspind oleks tasane ja täpselt risti külgtahkudega. Selleks tuleb ots peenehambulise saega (jagu 6, II) täpselt saagida, kontrollida nurgiku (joon. 80) abil ja kui ots ei ole õige, siis seda viilida. Ainult nendel tingimustel saab liimida ning naelad ja kruvid tagavad suurimat kindlust, mida võimaldab see ühendusviis.

Naelte ja kruvide abil kinnitatud ja pealelöömise teel valmistatud ühenduse (joon. 94 *A*) tugevust võib väga tunduvalt tõsta, kui



Joon. 93. Koolis valmistatavate puutoodete põhiliike.

kasutada «nurgakesi». See viis on õpetajatele kahjuks vähe tuntud ja seda rakendatakse omavalmistatud konstruktsioonidel harva. Eriti hinnatav on see nendel juhtudel, kui nurkne ühendamine on tehtud vilumuse puudumisel halvasti, s. o. nii, et laua ots moodustab teise lauaga kiilukujulise pilu. Seda võtet on sel põhjusel, samuti aga ka tema erakordse lihtsuse tõttu soovitav kasutada prussikute ja plankude nurkseks ühendamiseks.



Joon. 94. Ühendamine nurkselt lapiti pealelöömise teel (*A*). Mitmesuguseid nurksete ühenduste tugevdamise viise.

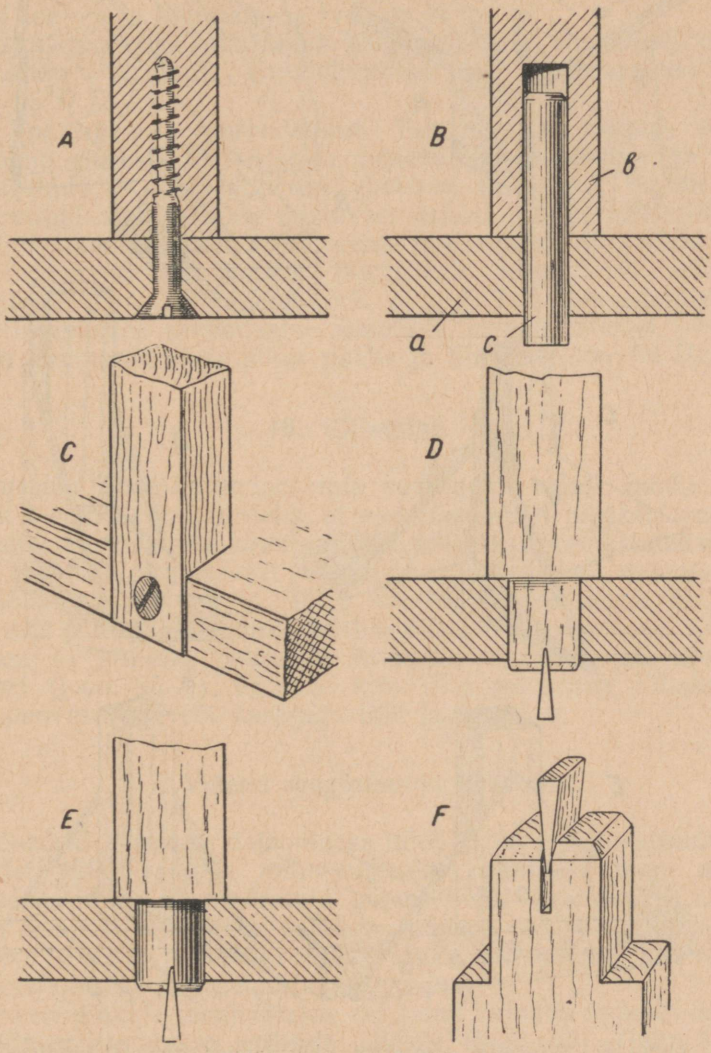
Nurgakesi saab lõigata kolme- või viiekihilisest vineerist ning kinnitada liimi ja naelte (tikknaelte) (joon. 43 *H* ja 94 *B*) abil. Ühenduskoha võib üle lüüa plekiga, katuseplekiga või mõne teise lehtmetalliga, kusjuures kolmest võimalikust variandist (joon. 94 *C*, *D*, *E*) tagab kõige suuremat vastupidavust joonisel 94 *E* näidatud kinnitusviis. Samuti on võimalik nurga sisse kinnitada liimi või tikknaelte abil ruudukujulise või kolmnurkse lõikega klots *C* või lauast nurgake (joon. 94 *F* ja *J*). Lõpuks on müügil rauast nurgapealiseid, mis kinnitatakse joonisel 94 *G* näidatud viisil kruvide abil.

Kui näiteks nurkpaneeli (joon. 93 *B*) saamiseks ühendatakse nurkselt kaks lauatükki, siis on neid kõige parem kinnitada kruvidega koos liimimisega. Suurema vastupidavuse saamiseks tuleb alus *a* valmistada nii, et otspinnad oleksid pööratud külgede poole ja et kruvid keeratakse sellisesse serva, kus puidu kiud lähevad piki serva. Seda juhendit on veel tähtsam silmas pidada siis, kui kinnitamiseks kasutatakse naelu.

Paneeli suurema püsivuse saamiseks on kasulik valmistada plankudest jalad, nagu see on näidatud joonisel 93 *B*.

15. Tugede valmistamine.

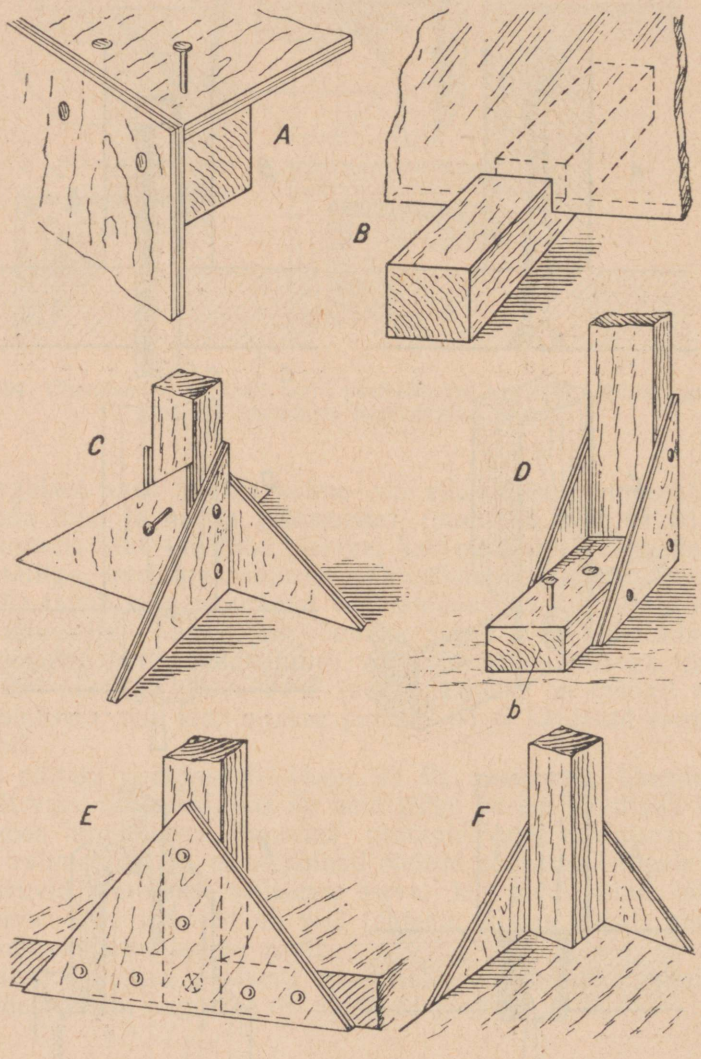
I Mitmesuguseid tugede kinnitamise viise. Prussikut võib aluse *a* (joon. 93 *E*) külge kinnitada mitmel eri viisil. Kõige lihtsamal juhul viiitakse kinnitatava prussiku otspinda väga hoolikalt ja nii, et see oleks tasapinnaline ja prussiku külgservadega täpselt risti. Ainult sel tingimusel suudab küllaldase pikkusega kruvi prus-



Joon. 95. Mitmesuguseid tugede kinnitamise viise (*A*—*F*).

sikut kinni pidada (joon. 95 *A*). Sellise kinnituse tugevust suurendab palju liimimine (jagu 10).

Teise kinnitusviisi puhul puuritakse alusesse *a* ja toe otsasse *b* auk, mille diameeter on võrdne võimalikult kõvast puidust (kask) valmistatud ümmarguse pulga diameetriga (joon. 95 *B*). Pulga valmistamise asemel võib kasutada jämeda sulepea tükki. Liimiga



Joon. 96. Vineerist nurgakeste kasutamine tugede kindluse tõstmiseks (*C*—*F*). Vineerplaadi nurkne ühendamine (*A*). Ekraanide tugijalad (*B*).

määritud pulk pannakse alusesse *a*, üle aluse ulatuva pulga osa otsaga, mis on samuti liimiga määritud, pannakse prussik *b*. See kinnitusviis on tugev ainult sel juhul, kui pulk on aukudega tihedalt sobitatud. Kuna prussikusse augu puurimine piki kiudu ei ole lihtne, eriti pehmete puiduliikide puhul, siis on selle kinnitusviisi kasutamine kogemusteta töötajale raske.

Kui prussikut on võimalik kinnitada aluse ääre sisse, siis tehakse sinna (kuid mitte otsmisesse ääresse!) sae ja peitli abil väljalõige (joon. 95 *C*). Sellesse väljalõikesse pannakse liimiga kaetud toe ots ja kinnitatakse kruvide abil.

Parimaks viisiks, mis tagab kõige suuremat tugevust, on toe kinnitamine sirgtapi (ruudukujulise või ümmarguse) abil (joon. 95 *D* ja *E*).

II Toe tugevuse suurendamine. Toe tugevus, mõistes sellega vastupanu aluse ja toe ristseisu muutmisele, suureneb väga palju, kui kasutada 3- või 5-kihilisest vineerist nurgakesi (kolmnurki). Need nurgakesed kaetakse vastavast kohast liimiga (tisleriliimiga või sünteetikoniga) ja lüüakse peente naeltega toe ning aluse külge kinni (joon. 43 *L*). Selliste nurgakeste kasutamise erinevaid variante on näidatud joonisel 96 *C, E* ja *F*. Töö lihtsustamiseks on kooli tingimustes ratsionaalne kasutada tappide asemel klotse *b*, mis on kinnitatud aluse külge naelte ja liimiga (joon. 96 *D*).

16. Kiilumine.

Prussiku otste kiilumine, mis suurendab nende mõõteid, on vajalik tappide kinnitamiseks, et nad tihedamalt püsiksid pesades, vasaratele käepidemete kinnitamiseks jms. Kiil valmistatakse vastavate mõõdete järgi kõvast puidust ja suunatakse nii, et tema tasapind lõikaks aastarõngaid. Pilu, kuhu pannakse algul kiilu ots, tuleb teha peitliga, kusjuures peitlile lüüakse puuvasaraga. Kõverakihilisse ja kõvasse puitu on ratsionaalne pragu saagida (5—10 *mm*) (joon. 95 *E*). Et mitte kiilu otsa purustada, lüüakse see kinni puuvasaraga või vasaraga läbi lauakese.

17. Vineeri saagimine ja lõikamine.

Mõnedeks demonstratsioonideks tuleb (kolme- või viiekihilisest) vineerist välja saagida mitmesuguseid kujundeid, nagu näiteks korrapäraseid ja korrapäratuid geomeetrilisi kehi kehade raskuspunkti demonstreerimiseks, šabloone mõnede elektrotehnika reeglite (Ampère'i reegel, pooluste reegel, vasaku ja parema käe reegel) näitlikustamiseks ja meelespidamiseks jms.

Vineeri pinnale joonistatakse sel juhul vajaliku kujundi kontuurid. Vineer asetatakse erilisele alusele (joon. 52) (jagu 3, IV). Vineerisae (joon. 51) raami külge kinnitatakse saag ja pingutatakse seda tiibmutri abil küllalt tugevalt, nii et ta sõrmega tõm-

mates annaks puhta kõrge tooni. Võtnud kinni sae käepidemest, nii nagu see on näidatud joonisel 53, liigutatakse saagi alla (töökäik) ja üles (tühjaltkäik). Sealjuures püütakse hoida saag vineeri tasapinnaga risti. Kuna saag kergesti murdub, siis ei tule käepidemele tugevasti vajutada. Peale selle tuleb teha töös vaheaegu, sest pikaajalisel töötamisel saag kuumeneb ja võib seetõttu katkeda. Kui on vaja välja saagida kujundi suletud (kinnine) osa, siis puuritakse kujundisse (äärejoone ligidale) väike auk, millest saag läbi pistetakse. Selleks vabastatakse üks sae ots alumisest klambrist ja ülalt poolt vineeri, s. o. sealt, kuhu on joonistatud kujundi kontuurid, pistetakse sae vaba ots läbi augu, kinnitatakse uuesti raami ja taastatakse sae endine pingsus. Seda tuleb teha ettevaatlikult, et mitte saagi murda. Paljukihilist vineeri tuleb saagida tavalise saega, kõige parem peenehambulise või metallisaega.

Sirgjoonelisi vineerilõikeid on kerge ja mugav teha taskunoaga või papilõikamise noaga (joon. 323), kasutades õige suuna hoidmiseks joonlauda, eelistades siinjuures puujoonlauale metalljoonlauda. Vineeri lõikamisel pannakse vineeri alla laud. Lõigatakse esiteks ühelt poolt, kuni nuga ulatub vineerplaadi poolele paksusele, pööratakse seejärel vineeril teine külg ja lõigatakse see täiesti läbi. Kolmekihilist, eriti õhukest vineeri saab ilma erilise vaevata ühelt poolt läbi lõigata. Vineeri lõikamisel piki kiudu tuleb silmas pidada seda, et noa tera püüab tungida puidu kiudude vahele; see suund võib aga mitte ühtida lõike nõutava suunaga. Sellisel juhul võib nuga hakata kõrvale nihutama joonlauda, mille vältimiseks tuleb seda tugevalt kohal hoida ja esimesel sisselõikel suruda noale nõrgalt.

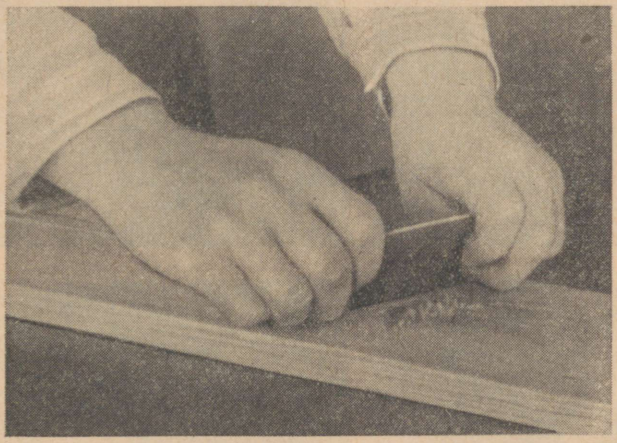
18. Liimitud vineerplaatide ühendamine.

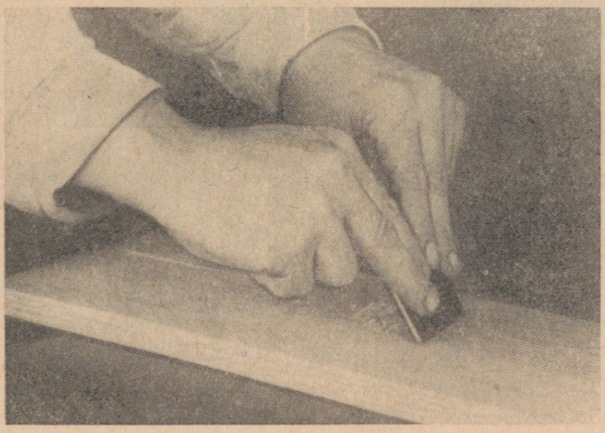
Väga sageli tuleb nurkselt ühendada kolme- ja viiekihilist vineeri laua kantidega, nagu näiteks kastide (joon. 93 *A*), vertikaalsete vineerseintega nurkpaneelide (joon. 93 *B*), pingikeste (joon. 93 *C*) ja teiste esemete valmistamisel. Selline ühendus saadakse kõige kindlam siis, kui määrida laua kandid ja vastav vineeri osa enne pealepanemist tisleriliimiga või sünteetikoniga (jagu 10, II) ja lüüa see seejärel peente naeltega kinni (joon. 43 *L* ja joon. 86). Juhul, kui vaja on ühendada täisnurkselt kaht õhukest vineeritükki, tuleb kasutada nelinurkset puuklotsi, mille külge liimitakse ja naelutatakse ülalkirjeldatud viisil vineeritükid (joon. 96 *A*).

Vertikaalselt asetatud ekraanide valmistamisel, mis kujutavad endast mitmesuguse suurusega vineerplaate, on ratsionaalne piirduda ainult jalgade valmistamisega. Need jalad tehakse plankudest või prussikutest, millesse saetakse peenehambulise saega vineerplaadi kinnitamiseks pilud (joon. 96 *B*). Pilu laius tuleb teha nii suur, et vineerplaat läheks sellesse küllalt suure hõõrdumisega. Prussiku pikkus võetakse seda suurem, mida kõrgem on ekraan ja mida püsivam peab ta olema ristsuunas.

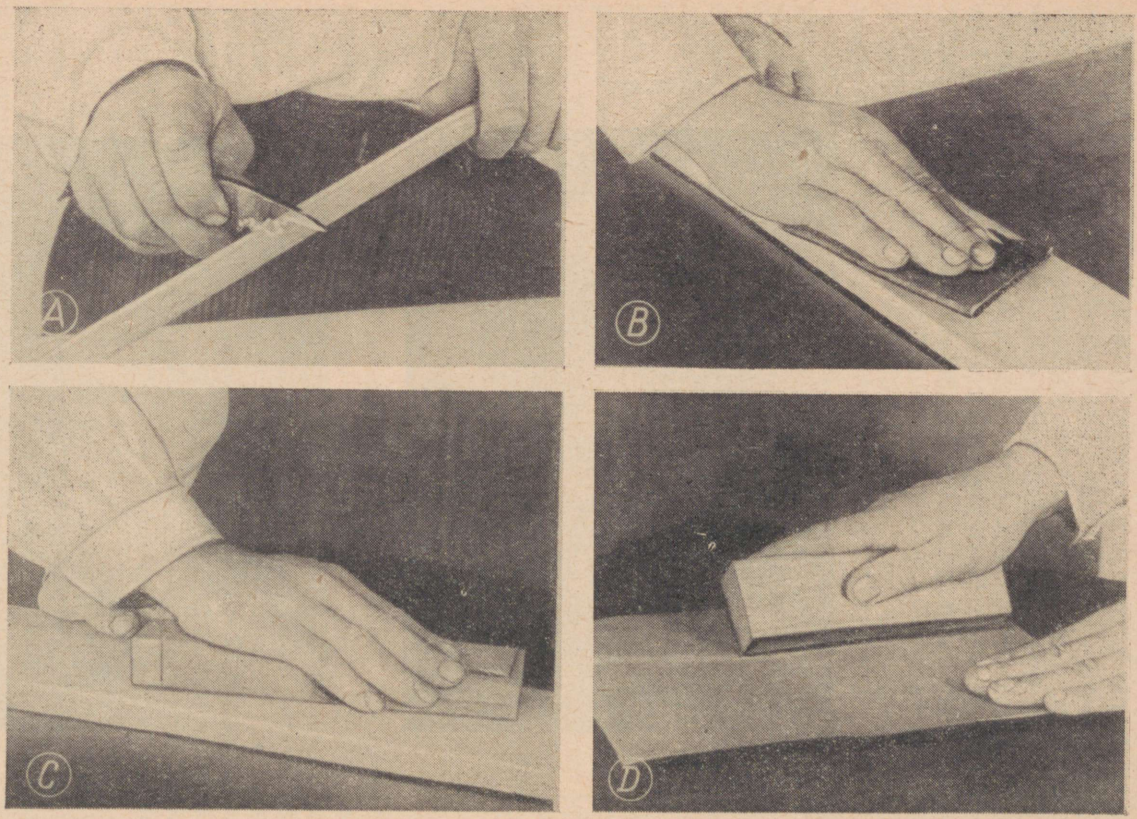
19. Puidu lihvimine.

I Kaaplehe ja klaasiga lihvimine. Kõige sagedamini lihvitakse puuesemete pindu enne lakiga katmist (§ 9, 6, I). Lihvimise eesmärgiks on kõigi, kasvõi kõige väiksemategi ebatasasuste kõrvaldamine. Tasase pinna lihvimiseks kasutatakse sageli erilist tööriista, mida nimetatakse kaapleheks ehk silujaks ja mis kujutab endast õhukest terasplaati. Hoides plaati nii, nagu on näidatud joonisel 97 ja 98, kraabitakse kaaplehte enda poole (joon. 98) ja endast eemale (joon. 97) liigutades selle servaga üle kogu eseme pinna.





Joon. 97 ja 98. Kaaplehega töötamise võtteid.



Joon. 99. Pinna töötlemise võtteid klaasiga ja klaasipaberiga.

Kõvera pinnaga esemeid võib lihvida aknaklaasi tükiga kraapimise teel (joon. 99 *A*). Kui klaasikild muutub nüriks, murtakse ta serv ära või võetakse uus klaasitükk. Selleks et vältida käte vigastamist, tuleb klaasiga lihvimisel olla ettevaatlik.

II Klaasipaberiga lihvimine. Pindade lihvimiseks kasutatakse kõige sagedamini klaasipaberit (jagu 2, XIII). Reeglikohaselt tuleb algul pinda lihvida jämedateralise, seejärel aga ikka kord-korralt peenemateralisemate klaasipaberitega (joon. 99 *B*). Kuid kui pind on sile, nagu näiteks pärast höövеldamist, siis võib seda enamikel juhtudel lihvida kohe peeneteralise paberiga. Kuna klaasipaberi liikumisel ainult piki kiudu muutub pind laineliseks, ainult risti kiudu liikumisel aga jäävad pinnale kriimud, siis kõige õigemaks lihvimiseks tuleb klaasipaberit ringi liigutada. Pehme puidu (pärna) puhul ja juhul, kui on vaja saada väga tasast pinda, mähitakse klaasipaber ümber puuklotsi ja lihvitakse puuklotsi liigutades nii, nagu on näidatud joonisel 99 *C*.

Väikeste mõõdetega esemeid on ratsionaalne lihvida, liigutades neid (pöörlevalt) mööda lauale asetatud klaasipaberi pinda. Mõnikord on kasulik lihvida samasugusel viisil ka puidu otspinda ja äärtele (servadele) tehtud fassette (joon. 99 *D*) või ümardada neid.

§ 9. VÄRVIMINE JA LAKKIMINE.

1. Tööde otstarve.

Esemete värvimist ja lakkimist kasutatakes järgmistel otstarvetel:

a) esemele korraliku ja nägusa välimuse andmiseks, millel on kasvatuslik tähtsus;

b) lihtsate materjalide (papp, paber, puit) kaitseks määrdimise vastu;

c) kaitseks vee või teiste vedelikkude mõju vastu;

d) metallide oksüdeerumise vältimiseks;

e) kaitseks hapete ja teiste sööbivate vedelike vastu;

f) eredate värvidega värvimise teel üksikosade eraldamiseks metoodilistel sihtidel;

g) valguskiirte värviliste kimpude saamiseks klaasi või mõnda muud läbipaistvat materjali värvides.

Vastavalt nendele ülesannetele, mida tuleb õpetajal täita kabineti majapidamise juhtimisel ja eriti ringide töös, on käesolevas paragrahvis toodud mitmesuguseid värvimise ja lakkimise juhendeid. Värvimise ja lakkimise töövõtted on võrdlemisi lihtsad, kuid nõuavad siiski mõningaid, olgugi lihtsaid teadmisi.

Kittide valmistamise kohta vt. § 10, 7.

2. Materjalid.

I Kuivad mineraalvärvid. Kuivad mineraalvärvid esinevad enamasti pulbriks hõõrutud veetute sooladena ja metallide hapenditena. Vees, mineraal- või taimeõlis (keetmata!), tärpentinis jms. lahustatult ei kinnitu värv pärast kuivamist värvitud eseme pinnale, vaid langeb ära. Sellepärast lahustatakse värv kleepuvate või vaikainete lahustes, mis mõne aja pärast kõvastuvad ja moodustavad värvitud pinnal püsiva kelme. Üheks õhu oksüdeeriva toime tõttu kõvastuvaks vedelikuks on värnits ehk «keedetud» taimeõli (alljagu VII). Värnitsasse segatud kuivad värvid kannavad õlivärvide nimetust (alljagu II). Kui kuiva värvi lahustatakse vees, millele on lisatud tisleriliimi, siis saadakse nn. liimvärv (jagu 4). Mõned vaikained, mis on lahustatud neile vastavais lahustites (atsetoonis, bumüülatsetoonis, tärpentinis jt.) ja on segatud kuivade värvidega, moodustavad eri värvide liigi — lakk- või emailvärvid. Lahusti võetakse harilikult «lenduv», s. t. kergesti auruv, milletõttu värv kõvastub enam või vähem kiirelt.

Kuivadest mineraalvärvidest on laboratooriumi jaoks erilise tähtsusega seatinasilu ja mennik, mida kasutatakse hape-akumulaatorite valmistamiseks. Mennik (punane seatina hapend), silu ja tinavalge kuuluvad mõnede füüsikute poolt kasutatavate kittide koostisse (§ 10, 7).

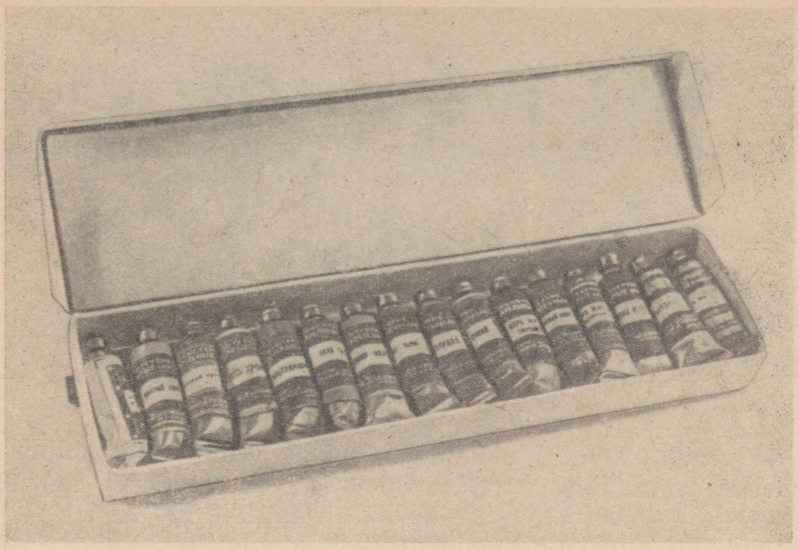
II Õlivärvid. Üldtuntud õlivärve (maalrivärve) müüakse kõige sagedamini paksu pasta kujul, s. o. umbes hapukoore-taolise massina, mis koosneb eriti peeneks hõõrutud kuivast mineraalvärvist ja värnitsast. Selliseid värve tuleb enne kasutamist lahjendada värnitsaga kuni soovitava paksuseni. Mõnikord on müügil ka selliseid õlivärve, mis on segatud nii, et nendega saab esemeid värvida ilma värnitsaga lahjendamata.

Õlivärvi ei tohi hoida kaitsmata ta pinda õhu mõju eest, sest õhuhapniku mõjul ta kõvastub ja muutub tarvitamiskõlbmatuks. Sellepärast tuleb õlivärvi hoida tihedalt suletavas laiakaelalises nõus ja tingimata valada värvi pinnale kiht värnitsat. Värnitsa asemel võib kasutada vett, valades seda juurde vastavalt aurumisele.

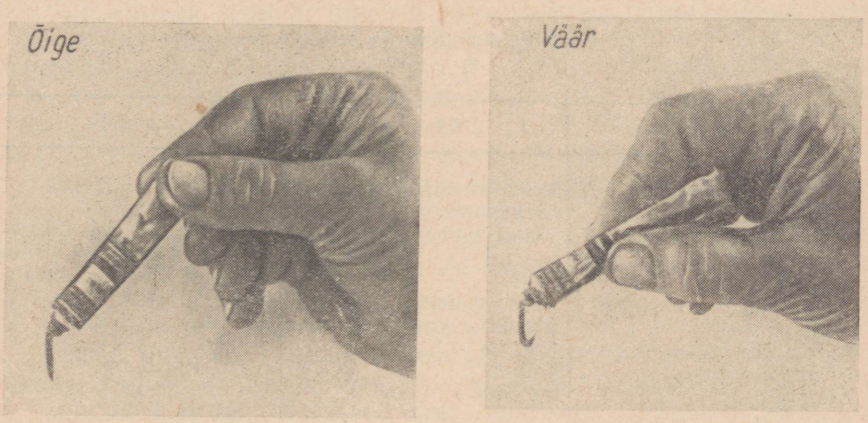
Väiksemate detailide värvimiseks peab kabinetis olema ka kunstniku-õlivärve, mis on müügil tuubides (joon. 100). Need värvid erinevad oma puhtama ja eredama värvusega ja on isegi palju püsivamad kui maalrivärvid. Kunstniku-värve lahjendatakse värnitsaga ja kuna nad kõvastuvad alles mitme päeva jooksul, tuleb nende lahjendamisel lisada sikatiivi (alljagu VIII).

Värvi väljapigistamisel tuubist tuleb kasutada joon. 101 näidatud võtet, seejuures tühjaks jäänud tuubi otsa kokku rullides.

III Auruvate lahustitega värvid. Auruvate lahustitega värvidest on kõige rohkem levinud emailvärvid. Emailvärvid on vähem püsivad ja vähem veekindlad kui õlivärvid. Nende väärtus seisab selles, et nad kuivavad kiiresti ja moodustavad värvitud pinnal ilusa läikiva kile.



Joon. 100. Akvarell- või õlivärvid tuubides.



Joon. 101, 102. Värvi õige ja ebaõige tuubist väljapigistamine.

Emailvärve tuleb osta hermeetiliselt suletud raudkaanega plekknõudes (joon. 103). Purgi kaas tuleb hoida alati tihedalt suletult, sest muidu värv kõvastub kiiresti ja muutub kõlbmatuks. Ostes emailvärvi tuleb tingimata samaaegselt osta ka vastav lahusti. Üldiselt lahustatakse emailvärve kõige sagedamini tärpentinis. Katseriistade värvimiseks tuleb eelistada õlivärvide asemel emailvärve, mis on ilusamad ja kuivavad kergemini.



Joon. 103. Värvipurgi kaane avamine.

IV Aniliinvärvid. Koolilaboratooriumis kasutatakse aniliinvärve vedelike värvimiseks katsete demonstreerimisel (§ **24**, 14), puuesemete värvimiseks enne lakkimist, läbipaistva värvilise laki valmistamiseks, valgusfiltrite (värvilise klaasi) ja ilutulestikus kasutatavate elektrilampide värvimiseks.

Alljärgnevas tabelis V on toodud mõningaid andmeid kooli füüsikakabineti töös kasutatavaist aniliinvärvidest.

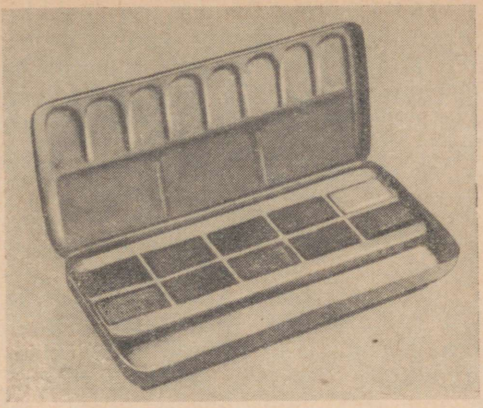
Mõningaid aniliin- ja teisi värve.

Tabel V

Nimetus.	Värvus.	Lahusti.
Nigrosiin (vees lahustuv)	Must (mustjas-violetne)	Vesi
Eosiin	Erepunane	Vesi. Piiritus
Fluorestseiin	Kollakasroheline	Piiritus. Nõrgalt aluseline vesi (nuuskpiiritus, sooda, sööbeleelised)
Metüülviolett või violett	Puhas-violetne	Vesi. Piiritus
Rodamiin	Purpurne	Piiritus
Auramiin	Kollane	Piiritus
Rivanool	Kollane	Vesi. Piiritus
Klorofüll	Roheline	Leeliseline vesi (1—2% NaOH, KOH). Piiritus
Briljantroheline	Roheline	Vesi. Piiritus
Metüleensinine	Taevassinine	Vesi. Piiritus

Juhendid värvide soetamise kohta on antud jaos 8.

V Akvarellvärvid. Akvarellvärve (joon. 104) kasutatakse peamiselt paberi värvimiseks. Lahustamiseks on kõige kohasemad tuubides müügil olevad kunstnikuvärvid (joon. 100). Katseriistade ja mudelite valmistamisel tuleb need puitosad, mis peavad erinema



Joon. 104. Akvarellvärvid.

ereda värvitooni poolest, värvida akvarellvärvidega ja seejärel katta õli- või läbipaistva piirituslakiga.

Eriotstarve on kollasel värvil gummigutt ja mõnel teisel värvil, millede vesilahustes on mikroskoobi abil hea demonstreerida brauni liikumist.

VI Õlilakk. Õlilaki liike on väga palju ja mitmekesiseid. Nad koosnevad mitmesugustest naturaalses värnitsas lahustatud vaikudest (dammar, kopaal, merivaik jt.). Õlilakist tekib läbipaistev värvitu (mõnikord kergelt kollakat värvust) kelme, mis annab temaga kaetud pinnale imponeeriva läike. Niinimetatud tõllalakk on eriti veekindel. Koolis kasutamiseks on kõige kohasemad õlilakid — põranda- ja mööblilakk. Lakid kuivavad, olenevalt nende koostisest, poolest kuni 2—3 ööpäevani.

Õlilakki tuleb hoida tihedalt sulgeva (kuid mitte lihvitud klaasist!) korgiga klaas- (pudelis) või mõnes muus nõus, sest muidu lakk kõvastub kiiresti.

VII Värnits ja tema keetmine. Värnits on «keedetud» taimeõli (näiteks lina- või kanepiõli), mis keemiliste reaktsioonide tulemusena õhuhapniku mõjul kergesti «kuivab» või õigemini kõvastub. Kuna naturaalset värnitsat pole mõnikord saada, kasutatakse maalritöödes sageli naturaalse värnitsa ja mõningate vaikainete lahuste segu. Naturaalse värnitsa hulka segus arvutatakse protsendilise koostise järgi, mis iseloomustab antud kunstliku värnitsa sorti. Nii näiteks 65%-lises värnitsas sisaldub 35% lisandeid. Kunstliku värnitsa kasutamine on täiesti võimalik neil juhtudel, kus temaga värvitud pind ja eriti temast valmistatud kitt ei puutu pikemat aega kokku veega, kui seda aga juhtub, siis ainult lühikeseks ajaks, millele kohe järgneb kuivamine.

Naturaalset värnitsat võib ise keeta lina- või kanepiõlist (mitte päevalilleõlist!). Seejuures tuleb tingimata ette näha rangeid

abinõusid õliaurude süttimise vältimiseks. Õli keetmiseks võetakse tihedalt suletava kaanega metallanum (kastrul), mida ei tohi mingil juhul asetada vahetult leegile. Värnitsa keetmisel on kõige parem kasutada köögipliiti. Samuti tuleb silmas pidada, et õli keetmisel eralduvad tugeva ebameeldiva lõhnaga gaasilised õli laguproduktid ja sellepärast on soovitav keeta lahtise akna juures või vabas õhus.

Keetmiseks võetakse mitte rohkem kui pool kastrulitäit taimeõli (lina- või kanepiõli) ja jälgitakse hoolega, et õli ei satuks kastruli välisele pinnale. Kui seda siiski juhtub, pühitakse kastrul lapiga kuivaks. Edasi asetatakse kastrul pliidile ja soojendatakse õli kuni 120—130°C, kasutades temperatuuri mõõtmiseks termomeetrit. Seejuures õli segatakse (muidu «keeb üle»), jälgides temperatuuri ja kõrvaldades lusikaga tekkivat vahtu. 20—30 minuti pärast lisatakse õlile sula vaikhappemangaani (selle valmistamisest vt. allpool), valades seda peene joana ja segades samal ajal õli. Mangaani lisamise järel hoitakse umbes 40—50 minuti jooksul õli temperatuur 120—130°C. Pärast seda jahutatakse õli ja valatakse korgiga kõvasti suletavasse pudelisse.

Vaikhappemangaani valmistamiseks sulatatakse konservikarbis kampolit (§ **10**, 2, VII) ja soojendatakse sulatatud massi kuni 170°-ni. 100 osa kampoli kohta võetakse 6 osa uhmris hästi peeneks hõõrutud mangaankahelishapendit (§ **24**, 3). See pulber raputatakse järk-järgult sulakampolisse, viimast ühtlaselt segades. Jätkates segamist, soojendatakse seejärel segu kuni 230°-ni ja hoitakse teda selles temperatuuris 15—20 minutit. Pärast seda lastakse segul jahtuda, kuid mitte tahkumiseni ja valatakse, nagu ülal osutatud, keevasse õlisse. Arusaadavalt peab vaikhappemangaani valmistamine toimuma juba varem, s. t. enne õli keetmist. Tuntakse veel teisigi õli keetmise viise, kuid kirjeldatud nn. «külmkeetmise» viis osutub siiski kõige lihtsamaks, kättesaadavamaks ja on tulekahju tekkimise mõttes kõige ohutum. Samuti annab see viis võrdlemisi vähe halba lõhna.

Keedetud värnitsat tuleb proovida, määrides teda klaasile. 15—18 tunni jooksul peab värnits tihenema elastseks kelmeks ja 30—40 tunni jooksul lõplikult kõvastuma.

VIII Sikatiiv. Sikatiivide nime all tuntakse mõningaid aineid (mangaankahelishapend, seatinasilu, tinamennik, tsinkhapend jt.), millede lisamine värnitsale tugevasti kiirendab oksüdeerumist, s. t. kõvastumist. Värvi- ja lakikauplustes on selliste ainete lahuseid müügil sikatiivi nime all.

Sikatiivi lisatakse väga väikestes kogustes (1—2%) värnitsa kuivamise kiirendamiseks. Sikatiivi lisamine on eriti vajalik kunstnikuvärvidega värvimisel (alljagu II).

Sikatiivi ei ole soovitav lisada värvile, mis peab püsima palju aastaid, sest ta võib mõne aasta jooksul muutuda rabedaks.

IX Piirituslakk. Mitmesuguse värvusega piirituslakke, mis on määratud peamiselt puidu (mööbli) katmiseks, on müügil värvi-

ja lakikauplustes. Enamik lakke sisaldab naturaalseid (šellak) või kunstlikke vaike, mis on lahustatud viinpiirituses või mõnikord ka butüülatsetaadis. Värvi andmiseks (punane, must jm.) lisatakse lakile vastavaid värvaineid — kõige sagedamini aniliinvärve.

Omavalmistatud katseriistade ehitamisel on kõige tähtsamad kollane ja punane piirituslakk, mida kasutatakse puitosade värvimiseks (jagu 6), ja must — metallosade värvimiseks. Peale selle kasutatakse koolilaboratooriumis šellak-lakki, mis on tähtis isolatsiooni suurendamisel, näiteks transformaatorite mähkimisel. See lakk on vajalik ka klaaside hügroskoopsuse vähendamiseks elektrostaatikakatsetel. Kui lakki kasutatakse isoleerimiseks, eriti elektrostaatika katseriistade katmiseks, siis on kõige parem lahustada 50—100 g naturaalset šellakit (tumekollased soomusjad lehekesed, mis meenutavad želatiini tükikesi) kaaluliselt 4—5 korda suuremas hulgas viinpiirituses. Kui musta lakki ei ole saada, võib seda valmistada mistahes värvusega ostetud piirituslakist, lisades viimasele hollandi tahma.

Piirituslakid kuivavad otsekohe 1—3 minuti jooksul õhukeseks kelmeks, mis on nägusam ja läikivam kui õlilakk (alljagu VI). Piirituslakkide peamiseks puuduseks on see, et neid rikub vesi, mille langemisel jäävad lakitud esemetele valge kirmega plekid.

X Piiritused. Koolilaboratooriumis on vajalikud puu- ehk metüülpiiritus ja samuti ka denatureeritud piiritus (puupiirituse, viinpiirituse ja teiste ainete segu), mida kasutatakse kütteainena piirituslampides, veest kergema vedelikuna manomeetrite täitmiseks (vt. k. II § **28**, 5 ja joon. 171), erikaalude määramisel (vt. k. II § **63**) jms. Vees need piiritused ei lahustu, vaid moodustavad veega segamisel emulsiooni.

Viin- ehk etüülpiiritus on eelkõige tähtis paksuks muutunud piirituslakkide lahustina (alljagu IX), milleks denatureeritud piiritus ei kõlba. Viinpiiritus on vajalik ka šellakist isolatsioonilaki valmistamisel (alljagu IX), samuti fenoolftaleiini (§ **24**, 14, III) ja mõnede aniliinvärvide lahustamisel. Viinpiiritust võib saada keemiakabinetist või apteegist arsti retsepti järgi.

XI Tärpentin. Tärpentin on kooli tingimustes tähtis õlilaki ja mõnede emailvärvide lahustina, aga ka puidu vahatamiseks kasutatava mastiksi (poonimisvaha) valmistamiseks (jagu 6, III). Teda on vaja veel harjade pesemiseks pärast emailvärvidega värvimist (jagu 2, III). Põlemisel annab tärpentin tugeva suitseva leegi, mida kasutatakse klaasi tahmamiseks. Tärpentini müüakse värvi- ja lakikauplustes. Kuna tärpentini tarvitatakse võrdlemisi väikestes kogustes ja kuna ta on võrdlemisi odav, siis on teda kõige lihtsam osta apteegist. Kergesti põleva ainena tuleb teda kasutamisel hoida tule eest.

XII Atsetoon, amüülatsetaat ja bumüülatsetaat. Atsetooni ja amüülatsetaati kasutatakse kooli tingimustes mõnede aniliinvärvide lahustina ja peamiselt väga vajaliku sapoonlaki valmistamisel tselluloidist (jagu 7). Väikestes kogustes on atsetoon tarvilik ka

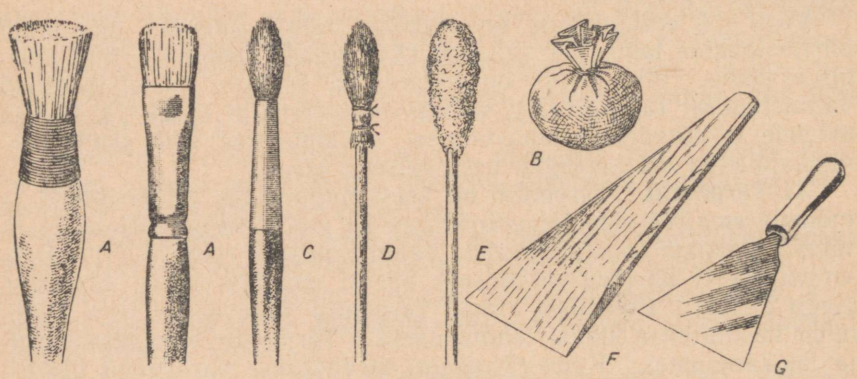
kitsasfilmide kleepimiseks (§ 22, 19, II). Atsetoon on värvuseta vedelik, terava, väga iseloomuliku lõhnaga ja kergesti auruv. Viimase omaduse tõttu tuleb teda hoida tihedalt korgitud nõudes. Atsetoon on kergesti põlev ja teda tuleb hoida tule eest. Müüakse värvi- ja laki- ning keemiatarvete kauplustes. Amüülatsetaat on temale iseloomuliku meeldiva lõhna tõttu tuntud pirniessentsi nime all.[1] Bumüülatsetaat aurub atsetoonist aeglasemalt.

XIII Vesiklaas (lahustuv klaas). Vesiklaasi ehk lahustuvat klaasi (naatrium- ja kaaliumklaasi) müüakse keemiatarvete kauplustes kõige sagedamini tahkes olekus «tahke vesiklaasi» nime all. Vesiklaasi on kuumas vees võrdlemisi kerge lahustada. Pärast vee aurumist kõvastub vesiklaas mõne ööpäeva jooksul. Vesiklaas on tähtis tulekindlate värvide (jagu 11) ja püsivate kittide koosteosana (§ 10, 7).

XIV Pimss. Pimss on väga poorse ehitusega vulkaanilise päritoluga mineraal. Müüakse tükkidena värvi- ja lakikauplustes ning petrooleumimüügikohtades. Pimss on kasulik pinna tasandamiseks hõõrumise teel pärast pahteldamist (kittimist) (jagu 5, II). Pimssi saetakse hariliku saega. Tasase pinna saamiseks, mis on väga tähtis pahteldatud pinna silumisel, hõõrutakse pimsitükke teineteise vastu.

3. Tööriistad.

I Harjaspintslid. Kuna katseriistade valmistamisel ei ole värvitavad pinnad suured, siis on otstarbekohane osta kunstitarvete või majapidamistarvete kauplustest 2—3 väikese (1—3 *cm*) läbimõõduga harjaspintslit (joon. 105 *A*). Pärast värvimist tuleb pintslid



Joon. 105. Maalri tööriistu (pintslid, pahtlid).

tingimata puhtaks pesta: õlivärvidega värvimisel petrooleumiga, emailvärvidega värvimisel tärpentiniga, teiste värvide puhul aga nende vastavate lahustitega. Seejärel pühitakse pintsel lapiga kui-

[1] Atsetooni ja amüülatsetaadi segu on müügil küüntelaki mahapesemiseks.

vaks ja hoitakse selliselt alal. Värvist pesemata pintsel muutub õhu käes seistes kõvaks ja tarvitamiskõlbmatuks. Kui pintsli kasutamise vaheaeg õlivärvidega värvimisel on lühike, siis võib pintslit hoida harjaseid pidi vees.

Pintsli puudumisel võib värvi peale kanda riidelapist, tihedalt kokku pressitud vatist, takkudest või niidiotstest tehtud tiheda tampooniga (joon. 105 *B*).

II Juuspintslid. Juustest pintsleid kasutatakse akvarellvärvidega värvimisel (joon. 105 *C*). Nende asemel võib tarvitada pulgakese külge kinnitatud juuksesalgukest (joon. 105 *D*) või hügroskoopsest vatist tampooni (joon. 105 *E*).

III Pahtel. Pahtlit (joon. 105 *F* ja *G*) kasutatakse enne värvimist pahtelkiti pealekandmiseks, mida on vaja teha puidu- või metallipinna tasandamiseks, eriti aga mitmesuguste lõhede, süvendite jt. (jagu 5, II) kinnikittimiseks. Pahtli alumine äär peab olema rangelt sirge. Kasutatakse 3—4 *mm* paksusega puutahvlikesest valmistatud puu- (joon 105 *F*) või terasplaadist tehtud metallpahtleid (joon. 105 *G*).

4. Projektsiooniekraanide värvimine.

I Liimvärvide koostis. Liimvärvide koostisse kuuluvad põhiainena peeneksjahvatatud ja läbisõelutud kriit, värvainena mingi kuiv mineraalvärv, näiteks ooker (kollane), mennik (punane), tsinkroheline jne. (jagu 2, I), sideainena tisleri- või maalriliim (§ 8, 10, II) ja «lahustina» vesi. Kui jätta liim lisamata, võib värvi pärast kuivamist nagu kriiti klassitahvlilt maha pühkida. Liimvärvide koostamisel tuleb silmas pidada, et neil on pärast kuivamist teistsugune, palju heledam toon. Et saada vastavat värvusetihedust, tuleb värvilahust enne proovida, määrides seda paberilehele (ajalehele) ja soojendades, et ta kiiremini kuivaks.

Liimvärvidega võib värvida pappi, paberit, puitu jt. Liimvärviga värvitud pind on omapäraselt ilus matt, kuid ebapüsiv — kergesti määrdiv, ei kannata vett ega teisi vedelikke. Füüsikalaboratooriumis on liimvärvidest suurema tähtsusega must liimvärv, mida kasutatakse optiliste riistade värvimiseks, ja valge liimvärv projektsiooni- ja kinoekraanide värvimiseks (§ 22, 21, ja joon. 389).

II Must liimvärv. Mati, vähesel määral valgust peegeldava musta värvuse saamiseks värvitakse värviga, mis koosneb vees lahustatud hollandi tahmast, või mis veidi halvem, rootsi tahmast (peeneksjahvatatud puusõest). Segu peab olema umbes rõõsa koore paksune.

Värvi sidumiseks segatakse sellele veel juurde valmiskeedetud tisleri- või maalriliimi (§ 8, 10, II). Värv kantakse eseme pinnale harjaspintsli abil. Värvitakse üks kord, kui aga pind ei ole küllalt must, korratakse värvimist, kui esimene värv on täiesti kuivanud.

III Valge värv ekraanide värvimiseks. Ekraanide hoolika ja õige valgendamise tähtsust on selgitatud § 22, 21. Kõige odavam valge värv ekraanide värvimiseks koosneb peenekshõõrutud tükikriidist (joon. 403 *B*) ja veest, millele on lisatud valmiskeedetud tisleri- või maalriliimi (§ 8, 10, II). Segu peab olema umbes rõõsa koore paksune. Pärast kuivamist on värv pisut kollaka tooniga. Selle vältimiseks tuleb lahusele eelnevalt lisada veidi ultramariinipulbrit, nn. pesusinet, mida on müügil majapidamistarvete kauplustes. Sinet pannakse niipalju, et värv võtaks heleda sinaka tooni. Pärast kuivamist näib värv valgena. Kui sinakat tooni siiski jäi, siis mõne aja pärast pleegib ta ikkagi valgeks.

Valgemat tooni saadakse, kui värv valmistatakse puhastatud kriidipulbrist (müügil apteekides) ja kõige kvaliteetsemast maalriliimist, mis on läbipaistev ja vaevaltmärgatava värvusega. Veelgi täiuslikuma värvuse saamiseks kasutatakse kriidi asemel kuiva tsinkvalget. Puhastatud kriidi või tsinkvalge sidumiseks võib liimi asemel kasutada vees lahustatud munavalget või piima.

IV Hõbevärv ekraanide värvimiseks. Kuna lakk ei ole sugugi odav, siis võib ainult väikeste ekraanide hõbetamiseks kasutada sapoonlakki (jagu 9), millesse on segatud alumiiniumipulbrit. Suure ekraani värvimiseks on odavam kasutada järgmist kõrgekvaliteetset koostist: 1 liitris vees lahustatakse 30 *g* kustutatud lupja[1], 35 *g* kaseiini (§ 20, 2, III) ja 10 *g* vesiklaasi (jagu 2, XIII). Segu soojendatakse ja lisatakse 20 *g* puhastatud kriidipulbrit ja 20 *g* alumiiniumipulbrit (jagu 9). Värvitakse kuumalt harjaspintsliga.

V Ekraani värvimine. Püsivat ekraani on kõige lihtsam valmistada seina ühe osa valgendamise teel, mida aga on võimalik teha ainult krohvitud seinte puhul. Sel juhul tuleb ekraaniks määratud ristkülikukujulist seina osa enne värvimist eelkõige hästi pesta vette kastetud harjaga ja hoolikalt kinni pahteldada kõik lohud ja augud. Kui sein vaatamata pesemisele jääb ikka määrdunuks ja plekiliseks, tuleb teda kruntida lahusega, milles on 50 osa vee kohta 1—2 osa vähese kriidiga segatud vasksulfaati (vaskvitrioli). Pärast kuivamist moodustub krunditud pinnale tihe klaasitaoline kelme, mis ei lase seinal oleval mustusel rikkuda valget pinda.[2] Ühega ülaltoodud liimvärvidest valgendatakse seina kaks korda.

Riidest ekraani valgendamiseks tuleb see asetada põrandale.

---

[1] Lubi peab olema omade vahenditega värskelt kustutatud, pulbri või hapukoore-taolise massi kujul. Kustutamiseks valatakse lubjatükk üle kaaluliselt kolm korda suurema hulga veega. Reaktsioonil eraldub väga palju soojust (soojeneb kuni 150°). Kustutamata lupja võib saada ehitustelt. Samuti on võimalik kasutada ka ehitustelt saadud kustutatud lupja, kui see on hapukoore paksusega ja ilma väikseimategi tükikesteta massi kujul. Lubi kõvastub neelates õhust süsihappegaasi ja eraldades vett.

[2] Pärast vaskvitrioliga kruntimist ei tohi kasutada koostisi, milles on lupja, sest nende ainete vahelise keemilise reaktsiooni tulemusena tekivad kollakaspruunid laigud.

Kuna ekraani valgendamine on tublisti määriv töö ja nõuab pealegi, olgugi lihtsaid, kogemusi, on parem seda lasta teha maalril koolihoone järjekordselt valgendamisel.

5. Õli- ja emailvärvidega värvimine.

I Pinna ettevalmistamine. Õli- ja emailvärvidega värvimiseks piisab täielikult puidu pinna viimistlemisest hööveldamise teel. Saagimisel saadud otspinda tuleb hööveldada või viilida (§ 8, 7, II ja joon. 79), kuni kõik konarused kaovad.

Kui puidu pind jääb pärast hööveldamist ebatasaseks ja sisaldab kiske, nagu seda harilikult esineb okste läheduses, tuleb neid kohti tingimata pahteldada (alljagu II). Klaasipaberiga viimistlemine ei ole oluline, sest eriti kahekordse värvimise korral täidab värv kõik väikesed lohukesed, mis muudavad pinna krobeliseks. Raua värvimisel tuleb enne eemaldada rooste, kuid pinda läikivaks hõõruda pole tarvis.

Vana värvi võib eemaldada mehhaanilisel teel, kraapides seda maha noaga või kasutades selleks smirgel- või klaasipaberit. Mõnede metallist esemete värvi saab eemaldada nende kuumutamisel priimuse või piirituslambi leegil. Kuumutamisel põleb värv ära ja pärast seda on eset võrdlemisi kerge puhastada metallist harjaga (joon. 141).

Mehhaanilist puhastamist ei saa kasutada näiteks selliste esemetega, milledel on reljeefne pind või mis on tehtud pehmest metallist; sel korral pehmendatakse õlivärvi leelisega. Mõned värvid ja lakid (emailvärv) lahustuvad ja neid võib esemelt maha pesta nendele vastavate lahustitega.

Metallese asetatakse õlivärvi eemaldamiseks 1—2 tunniks lahusesse, mis koosneb ühest osast soodast (pesusoodast või veel parem seebikivist) 20 osas vees. Kui lahust soojendada[1], siis mõju ilmneb 15—20 minuti jooksul. Sellisel töötlemisel värv osaliselt lahustub, osaliselt langeb esemelt maha. Pärast leelisega töötlemist tuleb eset hoolikalt veega pesta ja seejärel kuivatada.

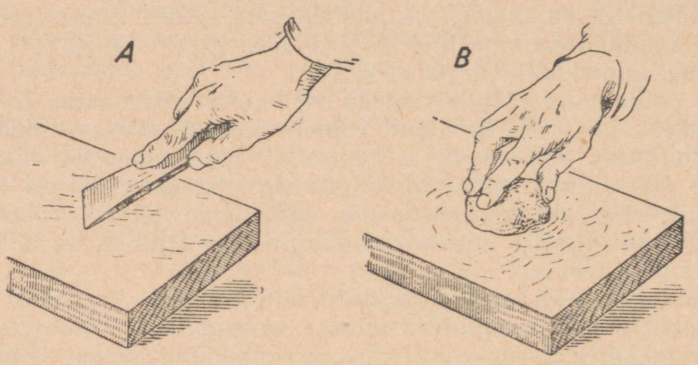
II Pahteldamine. Pahteldamine seisab puidu või metalli pinnal esinevate süvendite ja muude rikete tasandamises kõvastuva kiti abil. Puidu pahtelkitt, nn. liimkitt koosneb sõelutud kriidist[2] ja lahustatud maalri- või tisleriliimist (§ 8, 10, II) värnitsa lisandamisega. Teda võib valmistada kopsikus, segades umbes 80—90 osa kriiti 6 osa liimiga, 80 osa veega ja 1—2 osa naturaalse värnitsaga, kuni saadakse umbes hapukoore-paksune mass[3] (vt. samuti tabelit VI lk. 155).

[1] Ei tohi unustada, et kuumutatud sööbeleelis võib põhjustada tugevaid põletushaavu (§ 24, 9).

[2] Kui kriit sisaldab suuremaid terakesi, siis jääb pind pärast pahteldamist kriimuliseks.

[3] Kriidist ja liimist koosnev vähese värnitsasisaldusega pahtelkitt ei ole veekindel. Kui ülalkirjeldatud segule lisada veel 5—4 osa naturaalset värnitsat, muutub kitt veekindlaks.

Pahtelkitt võetakse pahtlile või vanale peitlile ja määritakse pinnal vastavasse kohta. Pärast, hoides pahtlit 45—60° nurga all, eemaldatakse liigne osa ja surutakse kitt süvenditesse (joon. 106 *A*).



Joon. 106. Pahteldamine.

Tähtis on teada, et värnitsaga varemkatmata puupinnale pandud liimkitt ei jää küllalt kindlalt püsima ja pudeneb maha. Seepärast kaetakse puupind enne pahteldamist pintsli abil värnitsaga ja lastakse kuivada (alljagu III). Liimkitt kõvastub kuivas kohas mõne tunni jooksul, mille järel tasandatakse pind lõplikult klaasipaberiga, pimsitükiga (joon. 106 *B*) või kraabitakse noa servaga, vajaduse korral aga pahteldatakse teistkordselt.

Metallide jaoks on liimkitt ilma tunduva hulga (kuni 25—30%) värnitsata kõlbmatu; nende puhul on liimkiti asemel lihtsam kasutada vedelat õlikitti (§ **10**, 7, II).

III Värnitsaga katmine. Puidu katmist värnitsaga kasutatakse kas värvimise asemel või pinna ettevalmistamiseks enne pahteldamist ja õlivärviga värvimist. Kui puidu pinda, näiteks vineeri, töödelda klaasipaberiga (§ 8, 19), katta[1] harjaspintsli abil värnitsaga ja, lasknud värnitsal kuivada, katta veel kord, omandab pind nägusa, kergelt kollaka värvuse, mis on teataval määral sarnane laki abil saadud viimistlusele. Kuuma värnitsaga katmisel imbub viimane puitu eriti sügavale. Kuna värnitsaga katmine on lihtne ja annab suhteliselt häid tulemusi, on see väga soovitatav igasuguste puu- ja vineeresemete, näiteks tugede, kastide jt. puhul.

[1] Värnitsaga katmiseks kasutatakse samu võtteid, mis õlivärvidega värvimiselgi (alljagu V).

Liim- ja õli-liimkittide koostis (osades).

Tabel VI

Nimetus	Jahvatatud kriiti	Naturaalset värnitsat	Kunstlikku värnitsat	Tisleri-liimi	Tärpentini	Sikatiivi	Kaalium-bikromaati	Vett	Märkusi
Liim-kitt	160			4			1	*	*Veekindel. Vett lisatakse kuni tiheda taigna saamiseni
Õli-liim-kitt	85	1		6				80	
Õli-kitt	250 250	50	50	1 1	10	5 2—3		8 8	

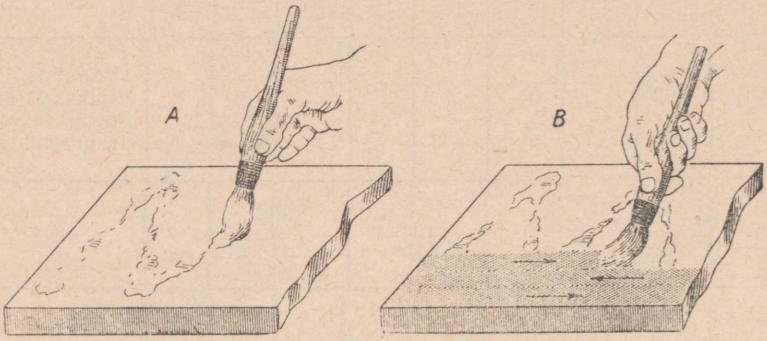
IV Õlilakiga katmine. Õlilakiga katmist kasutatakse pinnale erilise läike andmiseks. Lakk kantakse eseme pinnale harjaspintsli abil (joon. 105 *A*) võimalikult õhukese kihina. Lakkides naturaalset puitu (§ **10**, 7, II), omandab see kollaka värvuse. Ka peitsitud ja akvarell- (jagu 6, II) või õlivärvidega (alljagu V) värvitud puitu võib lakkida. Et saada ühtlaselt tugevasti läikivat pinda, lakitakse harilikult esimese lakikorra kuivamise järel veel teistkordselt. Kui lakitakse õlivärviga värvitud pinda, piisab ühekordsest lakkimisest.

Õlilakiga lakkimine on lihtsam kui piirituslakiga. Kuna ta kohe ei kuiva, siis võib ühte ja sama kohta pintsliga mitu korda üle tõmmata, selleks et kõrvaldada liigset lakki või et katta paljaksjäänud kohti. Laki pealekandmisel on tähtis, et seda ei satuks eseme pinnale paksult, s. o. lakkida tuleb ihnsalt, võimalikult õhukese kihina.

V Õli- ja emailvärvidega värvimine. Enne värvimist tuleb pind ette valmistada, s. t. vajaduse korral pahteldada (alljagu II) ja tingimata kruntida, s. t. värnitsaga katta (alljagu III). Peenekshõõrutud õlivärv segatakse värnitsasse. On müügil ka juba segatud õli- ja emailvärve, mis ei vaja segamist. Eelnevalt liigutatakse värvi nõus hoolikalt pulgakese abil (mitte pintsliga!), võetakse seejärel vähesel hulgal pintsliharjaste otstega[1] ja kan-

[1] Kui pintslisse on mõnel põhjusel jäänud väga palju värvi, tuleb liigne värv eemaldada, tõmmates pintslit vastu värvinõu äärt.

takse harilikult mõne risttõmbega (ribana) värvitavale pinnale (joon. 107 *A*). Jälgides, et värv moodustaks võimalikult ühtlase ja õhukese kihi, hõõrutakse seejärel pinnale kantud värv võimalikult laiali, liigutades pintslit seejuures risti varem tõmmatud ribadega. Kui kanda värvi eseme pinnale paksu kihina, jääb pind pärast kuivamist «kortsuliseks» ja tekivad üksikud v ä r v i n i r e d.



Joon. 107. Värvimine.

Pärast õlivärvi kuivamist (20—30 tunni pärast) värvitakse pinda teistkordselt ja mõnede mitte hästi katvate värvide puhul isegi kolmandat korda. Kui pärast esimese värvikihi kuivamist pind on kas või pisutki ebatasane, tuleb teda lihvida peene klaasipaberiga või pimsitükiga (jagu 2, XIV).

Pintslit hoitakse värvimisel pinnaga vertikaalselt ja surutakse sellele veidi peale.

Emailvärvidega värvitakse (jagu 2, III) üldiselt samuti nagu õlivärvidegagi. Erinevus seisab ainult selles, et emailvärvi lahusti aurumise tõttu hakkab värv juba pintslil veidi tihenema, mistõttu värvimisega ei tohi viivitada. Kui emailvärv on nõus veidi paksenenud, võib teda segada tärpentiniga. Mõningate mitte hästi katvate emailvärvidega tuleb vahel värvida 3—4 korda. Pärast igat värvimist ja värvi kuivamist tuleb pinda lihvida.

VI Mattvärv. Õlivärviga värvitud pind on alati suuremal või väiksemal määral läikiv. Kui õlivärvile lisada 1—2% tärpentini, siis värvi läige väheneb. Pind muutub veelgi enam matiks, kui värvile lisada 2—3% vaha, mis on lahustatud tärpentinis, (selleks tuleb vaha sulatada).

6. Puidu lakkimine.

I Pinna ettevalmistamine. Pärast piirituslakiga katmist on kõige ilusama välimusega sellised kõvad puiduliigid, nagu pöök, tamm, kask jms. Mändi ja kuuske on ratsionaalsem katta õlilakiga.

Puidu pind peab olema väga hoolikalt viimistletud, algul jämedama, pärast peenema klaasipaberiga (§ 8, 19). Erilist tähelepanu tuleb pöörata laudade otspindadele. Neid töödeldakse alguses höövliga või viiliga, kuni kõik süvendid on kadunud ja seejärel klaasipaberiga (§ 8, 8, II ja joon. 79). Kõiki järelejäänud lohukesi ja mõlke saab tasandada kirjalakiga või vahaga.

Edasi võib puust detaili peitsida (alljagu II). Värvilisi metalle peab enne läbipaistva lakiga katmist hoolikalt poleerima vastavalt juhendeile § 11, 13, II.

II Puidu värvimine enne lakkimist. Mitmesugustest puiduliikidest tugesid ja teisi detaile värvitakse kõige sagedamini pruuniks (pähklipruuniks), mis annab tammele, pähklipuule ja pöögile (§ 8, 2) eriti ilusa ilme. Kask värvub halvemini, veel halvemaid tulemusi saadakse vaiguste puiduliikide (kuusk, mänd) puhul.

Värvimiseks kasutatakse erilist peitsi, mida müüakse värvi- ja lakikauplustes.[1] Alljärgnevas tabelis VII on toodud mõningaid andmeid puiduliikide peitside kohta. Peitsimiseks on kõige kätte-

Peitse mõnede puiduliikide jaoks.

Tabel VII

Puidu liik	Peitsi värvus			
	must	pruun	punane	kollane
Pöök		Kaaliumbikromaat	Potas või kroommaarjas	
Saar		„		
Tamm	Raudatsetaat	Sama, väikese koguse vaskvitrioli ja nuuskpiirituse lisandiga		
Mänd		Kaaliumpermanganaat		Kaaliumbikromaat
Kuusk				Lämmastikhape (25%)
Kask	Nigrosiin	Pähklipeits		
Vaher			Vaskvitriol	Kaaliumbikromaat
Pärn	Nigrosiin	Kaaliumpermanganaat		

[1] Puupeitsi on müügil mitmesuguse värvusega.

saadavam lahus, mis koosneb ühest osast kaaliumpermanganaadist 500 osas vees. Vaatamata sellele, et lahus on erepunase värvusega, oksüdeerib ta puidule kantuna viimast ja annab pruunika värvuse. Sellist lahust kantakse peale üks kord, kui aga soovitakse saada tumedamat värvust, siis kaks või kolm korda. Proovides mitmesuguse kontsentratsiooniga kaaliumpermanganaadi lahuseid puutahvlikesel, on võimalik saada soovitud tumedusega värvitooni. Samuti peitsitakse ka tabelis VII näidatud ainete vesilahustega. Pärast puidu pinna peitsimist ja täielikku kuivamist jääb sellele siiski teatav krobelisus ja matt toon, ükskõik kui siledaks oleks pind klaasipaberiga ka tehtud. Peale selle muudab peits kuivamisel oma esialgset värvust. Krobelisus tekib puidu märgamisel ja hööveldamisel ning lihvimisel kiudude katkilõikamisel tekkinud udemete tõttu. Kui lihvida kõige peenema klaasipaberiga, võib need udemed eemaldada. Peitsitud pinna värvus taastatakse lakiga katmise või vahatamise teel (alljagu III).

Mõnede katseriistade puuosi tuleb üksteisest teravalt eraldamiseks värvida väga eredates toonides, milleks võib kasutada aniliin- (jagu 2, IV) või akvarellvärve. Pärast sellist värvimist ja värvi kuivamist on ratsionaalne katta värvitud detailid õlilakiga, mitte aga piirituslakiga. Õlilakiga lakitud detail omandab sellise ereda ja ilusa välimuse nagu see on näiteks mõnedel väikeste laste mänguasjadel (munad, kerakesed jms.).

Lakkida ja akvarellvärvidega värvida võib harjaspintsli abil, veel parem aga on kasutada selleks riidelappidest tampooni (joon. 105 *B*), rakendades selliseid töövõtteid nagu lakkimiselgi (alljagu IV, 13 ja joon. 108), hoidudes seejuures, et peits või akvarellvärv ei satuks ühte ja samasse kohta kaks korda, et vältida plekkide tekkimist. Samal põhjusel tuleb värvida tampooniga piki puidukiudu, mitte aga risti.

III Puidu vahatamine. Peitsitud või aniliin- või akvarellvärviga värvitud puit kaotab pärast kuivamist värvi ereduse (selguse) ja muutub tuhmiks. Vahatamine taastab värvi ereduse ja annab pinnale teatava läike. Vahatamiseks kasutatakse erilist poonimisvaha (mastiksit), mida valmistatakse 1-st osast sulatatud vahast (§ **10**, 2, VI) ja 2-st osast tärpentinist. Mastiks peab moodustama pärast jahtumist hapukoore-paksusega massi[1]. Mastiksi valmistamisel tuleb silmas pidada, et tärpentin kergesti süttib. Selleks tuleb tema lisamisel vahale viimane tulelt ära võtta või tuli kustutada.

Vahatamiseks võetakse pisut mastiksit riidest tampoonile (joon. 105 *B*) ja kantakse sellega vahatatavale pinnale. Pinda hõõrutakse alguses tugevasti tampooniga; pärast aga kalevist lapiga, kuni ilmub läige. Et vältida esemele tolmu kogunemist ja

---

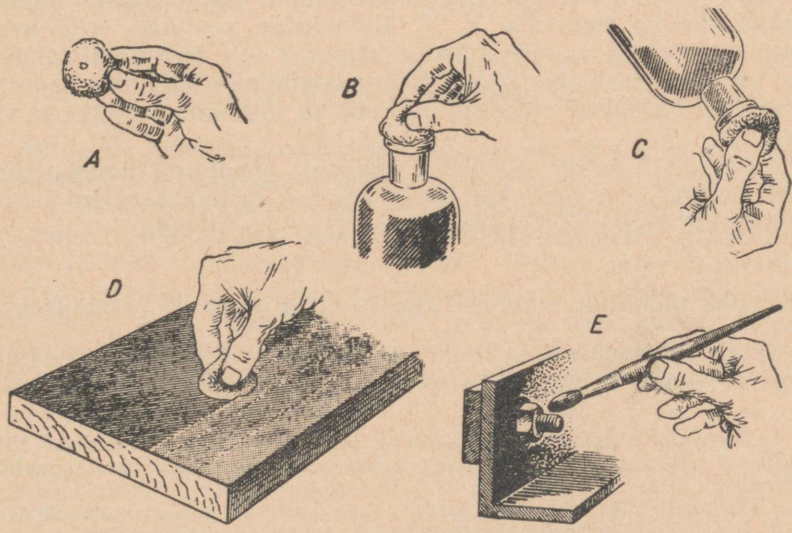
1 Kiiremaks kuivamiseks võib vaha (1 osa) lahustada bensiinis (2 osa), kuid vahatatud pind jääb siis tuhmiks.

sõrmejälgede jäämist, kaetakse vahatatud pind üks kord piirituslaki või polituuriga.

IV Piirituslakiga katmine. Kuna piirituslakk (alljagu 2, IX) kuivab väga kiiresti, siis on temaga ühtlase lakikihi saamisel teatavaid raskusi. Värvuseta või kollase lakiga (šellakiga) kaetakse naturaalset või peitsitud, aga ka värvitud ja vahatatud puitu (alljagu II ja III).

Lakk kantakse siledatele pindadele vatist tampooniga. Vatitükk keeratakse võrdlemisi kõvaks (tihedaks) kerakeseks, kusjuures lahtised kiud tõmmatakse võimalikult sõrmede alla (joon. 108 *A*). Tampooni immutamiseks lakiga suletakse tampooniga lakipudeli suu (joon. 108 *B*) ja käänatakse pudeli põhi üles (joon. 108 *C*). Tampooni pole soovitav lakiga väga tugevasti niisutada, sest muidu jääb lakk puule määrimise algul liiga märgatava paksu kihina. Ühtlase lakkimise saladus seisab selles, et tampooniga tuleb tõmmata üks vööt teise kõrvale piki puidu kiude (mitte risti) ja nii, et need vöödid ainult puutuksid, mitte aga ei kataks üksteist, s. t. et lakk ei satuks kaks korda ühte ja samasse kohta (joon. 108 *D*). Samuti ei tohi lakitud kohta, mis on alles lõplikult kuivamata, tampooniga puutuda, sest siis kleepuvad vati kiud puidu külge. Vahatatud puidu korral piisab ühekordsest lakkimisest. Vahatamata puitu aga lakitakse pärast esimese laki kuivamist (3—5 minutit) samal viisil veel teistkordselt.

Reljeefsetele pindadele, näiteks puulõigetele, kantakse lakk pintsli abil (joon. 108 *E*).



Joon. 108. Lakkimine.

Samuti, s. t. tampooni abil, lakitakse metalli värviliste lakkidega ja klaasi šellaklakiga (isoleerimiseks). Poleeritakse eriliselt koostatud vedela lakiga, niinimetatud polituuriga. Kooli tingimustes aga pole vaja poleerida.

7. Sapoonlakk ja tema valmistamine.

Tselluloidist valmistatud lakk, mis on tuntud sapoonlaki[1] nime all ja millel on hariliku piirituslakiga (jagu 2, XI) võrreldes eeliseid, on eriti tähtis kooli füüsikalaboratooriumile. See lakk erineb piirituslakist tugeva läike, kõvaduse ja elastsuse poolest, ei pragune ega lange ära metallesemetelt nende ruumala muutumisel (temperatuuri muutumisel või muudel põhjustel). Peale selle on ta vee-, happe- ja leelisekindel. Seepärast on sapoonlakiga katmine esemetele (puit, nahk, metall) kindlaks kaitseks. Lõpuks võib seda lakki aniliinvärvide lisandamisel kasutada ka eriliselt metalli (§ **11**, 13) ja ilutulestikus kasutatavate elektrilampide värvimiseks (alljagu 8).

Tselluloidi on laki valmistamiseks kõige lihtsam saada fotofilmidest ja vanadest kinofilmidest. Emulsioon tuleb filmilindilt maha pesta, mida on kerge teha leotades kuumas vees või veel parem soodalahuses (1 osa soodat 5 osa vee kohta). Tselluloid lahustatakse vedelikus, milles on võetud ruumalalt võrdseis kogustes viinpiiritust ja etüüleetrit, või atsetoonis[2]. Selleks lõigatakse film (3—6%) (§ **24**, 6, I) tükikesteks, raputatakse pudelisse ja valatakse juurde ühte ülaltoodud lahustitest (97—94%). Pudel suletakse kõvasti korkpunniga. Lahustumine kestab mõned päevad. Tuntud füüsika metoodik V. V. Lermantov soovitab eriti kvaliteetse sapoonlaki valmistamiseks pärast 2 osa tselluloidi lahustamist 20 osas atsetoonis lisada 78 osa amüülatsetaati, mis sadestab kõrvalised värvilised osakesed ja muudab laki läbipaistvaks ja värvusetuks.

Lakki tuleb kanda esemele rikkalikult niisutatud juuspintsliga. Eriti ühtlane lakk saadakse juhul, kui ese kastetakse üleni lakisse ja võetakse kohe välja, lastes liigsel lakil ära tilkuda.

8. Lakk metallide, valgusfiltrite ja elektrilampide värvimiseks.

Sapoonlakis võib lahustada mõningaid aniliinvärve[3] ja saadud värvi kasutada valgusfiltrite valmistamiseks, elektrilampide klaas-

[1] Sapoonlakki nimetatakse mõnikord isegi (ekslikult) nitrolakiks. Nitrotselluloosi või sagedamini tselluloidi lahust etüüleetris müüakse apteekides kolloodiumi nime all.

[2] Tselluloidilahus atsetoonis kuivab väga kiiresti. Lahused amüülatsetaadis ja eriti bumüülatsetaadis (alljagu 2, XII) kuivavad aeglasemalt.

[3] Alguses lahustatakse värvid atsetoonis või viinpiirituses ja pärast valatakse lahus sapoonlakile juurde.

kestade värvimiseks (ilutulestik, näärikuusk) ja isegi poleeritud metallide katmiseks, selleks et kaitsta neid oksüdeerumise eest. Metallide katmiseks, mis on poleeritud § 11, 13 toodud juhiste järgi, võib kasutada puhast sapoonlakki. Siis säilitab metall oma värvuse. Messingi ja vase lakkimiseks lisatakse kollast aniliinvärvi, näiteks auramiini, mistõttu metall omandab ilusa läikiva kuldse välimuse[1]. Sellisel viisil värvitud alumiinium ja raud muutuvad vase või messingi sarnaseks. Väikese detaili ühtlaseks lakkimiseks on kõige parem detail kasta sapoonlakki. Suuremad detailid tuleb lakiga katta vatist tampooni või pintsli abil (joon. 108).

Valgusfiltrite ja elektrilampide jaoks kasutatavas lakis võivad olla lahustunud järgmised aniliinvärvid: kollane — auramiin, rivanool[2]; sinine — metüleensinine[2]; roheline — briljantroheline[2]; punane — rodamiin.

Valgusfiltriteks kasutatavad klaasid, samuti ka elektrilambid tuleb enne lakiga katmist puhtaks hõõruda, vajaduse korral (kui on rasvajälgi) aga pesta soodaveega ja kuivatada. Selleks et saada valgusfiltrite valmistamisel ühtlast lakikihti, tuleb klaas lakiga üle valada ja lasta liigsel lakil ära tilkuda. Lampe värvitakse neid laki sisse kastes. Sapoonlakk põleb lampidelt aja jooksul ära, moodustades pruune plekke. Sellepärast ei ole soovitav selliseid lampe liialt kuumutada, s. o. 110-voldise võrgupinge puhul tuleb võtta 127-voldisele pingele vastav lamp, või lülida madalapingeliste lampide järjestikusel ühendamisel 1—2 lampi rohkem kui arvutuse järgi on ette nähtud.

Kõrbemise vastu on kindlam glüftaal-piirituslakk, mis koosneb kunstliku vaigu — glüftaali ja ühe või teise värvusega aniliinvärvi lahusest viinpiirituses.

9. Hõbe- ja kuldlakk.

Kuld- või hõbelakiga värvitud metallid (must raud), puit, papp ja teised ained omandavad metalselt läikiva pinna. Selliste lakkidega kullatakse ja hõbetatakse näiteks nääripuu ehteid. Laki valmistamiseks tuleb võtta peeneksjahvatatud metalset alumiiniumi pulbrit ja kullana läikivat vasesulandit[3]. Pulber raputatakse väiksele taldrikule ja segatakse sapoonlakiga (jagu 7). Proovides lakki, saab välja valida valmistatava laki jaoks vajaliku pulbri koguse. Lakitakse rikkalikult niisutatud juuspintsli abil. Läikiva pinna saamiseks lakitakse kaks korda. Kasutamata lakki ei tule jätta lahti-

[1] Heaks laki retseptiks vase ja messingi katmiseks on järgmine: 100 osa piiritust, 20 osa šellakit ja 4 osa auramiini. Vase jaoks tuleb lisada veidi rodamiini kuni soovitud värvuse saavutamiseni.

[2] Rivanool, briljantroheline, metüülsinine on ravimid, mida on kerge apteegist saada. Kõik need värvid lahustuvad hästi glüftaallakis. Siiski on soovitav neid enne lahustada piirituses ja pärast valada lakile juurde.

[3] Selliseid pulbreid müüakse värvi- ja laki- ning mänguasjade kauplustes.

selt õhu kätte seisma, sest siis ta algul pakseneb, pärast aga kõvastub ja rikneb. Paksenenud, mitte aga veel kõvastunud lakki saab lahustada atsetoonis.

Enamik teistest lakkidest, näiteks šellaklakk, ei kõlba pulbriga segamiseks, sest niiviisi saadud «kuld ja hõbe» on tuhmid ja aja jooksul tuhmuvad veel enam.

10. Asfaltlakk.

Küllalt paksu kihina pinnale kantult kaitseb asfaltlakk pappi, puitu ja metalli vee ja hapete vastu. Puuduseks on see, et temperatuuril 60—70° hakkab asfaltlakk pehmenema. Asfalti (10 osa) kuumutatakse, kuni ta muutub pehmeks, ja lahustatakse tärpentinis (25 osa) (jagu 2, XI). Musta raua katmiseks sulandatakse 50 osa asfalti, 15 osa kampolit (§ 10, 2, VII), 8 osa hollandi tahma ja 120 osa petrooleumi.

Asfaltlakiga kaetakse harjaspintsli abil kuumalt. Paksema läikiva kelme saamiseks kaetakse (pärast kuivamist) 2—3 või rohkem korda.

11. Tulekindel värv.

Tulekindlad värvid taluvad väga tugevat kuumutamist, kuni metalli punase hõõgumiseni. Selliseid värve valmistatakse vesiklaasist (jagu 2, XII), lahustades seda 15—20 osas vees. Värvuse andmiseks segatakse lahusesse vajalik hulk järgmisi kuivvärve: grafiiti (must), ookrit (kollane), kroomhapendit (roheline), punast raudhapendit (mennik), ultramariini (helesinine) (jagu 2, I). Värvid kantakse peale harjaspintsli abil. Vett need värvid ei talu, vaid lahustuvad vees.

Müügil on erilist musta, tugevat kuumust taluvat lakki, mis on tuntud ahjulaki nime all.

12. Klassitahvli värvimine.[1]

Klassitahvlile hea kvaliteedi andmiseks peab teda värvima järgmisel viisil:

a) Neist kohtadest, kus värv on ülespundunud või pragunenud, tuleb ta noaga või peitliga kraapides eemaldada. Samal viisil tuleb puhastada ka neid kohti, kust värv on maha langenud. Puhastatud tahvel kaetakse parem kuuma värnitsaga (võib ka kunstlik olla!), millele on lisatud tsinkvalget või ookrit.

b) Pärast kuivamist pahteldatakse tahvlit kitiga, mis on järgmise koostisega:

hästi läbisõelutud kriiti	250—280 osa
värnitsat	50 „
sikatiivi (jagu 2, VIII)	3 „
tisleriliimi	1 „
vett	80—10 „

[1] Klassitahvli värvimise retseptid on võetud Tseitlini järgi (§ 6, 2).

Alguses lahustatakse liim (§ 8, 10, II), kuhu lisatakse (segades) värnits ja sikatiiv, seejärel segatakse juurde kriit ja valmistatakse pahtelkitt. Pahteldatakse harilikult kaks korda. Kummagi pahteldamise järele lihvitakse tahvlit hoolikalt pimsitüki või klaasipaberiga ületõmmatud tasase klotsikesega (§ 8, 19, II). Pahteldamise ja lihvimise tulemusena peab tahvli pind olema täiesti tasane.

c) Pärast pahtelkiti kuivamist krunditakse pind värviga, mis koosneb 3 osast tsinkvalgest (hõõrutud), 1—2 osast tahmast (hõõrutud) ja 2—3 osast värnitsast. Kruntimise järel lastakse tahvlit hästi (2—3 ööpäeva) kuivada ja seejärel lihvitakse pinda hoolikalt klaasipaberiga.

d) Tahvlit värvitakse kaks korda koostiselt järgmise värviga:

rauamennikut (hõõrutud)	2 osa
hollandi tahma (hõõrutud)	5 „
pimssi või smirglit (pulbrina) . . .	4 „
värnitsat	2 „
õlilakki (põrandalakki)	3 „
tärpentini	1 „

Ühtlase segu saamiseks raputatakse alguses pimssi või smirglit tärpentini ja värnitsa segusse. Pärast lisatakse segades lakk ja lõpuks peenekshõõrutud värvid.

Kui vana tahvli pind on sile ja ainult kohati kulunud, võib pahteldamine ära jääda. Tahvel kaetakse üks kord ülalosutatud (punktis «c») värviga.

Pärast värvimist ei tule tahvlile kirjutada enne 3—4 päeva.

§ 10. VALAMINE JA TÖÖD PLASTILISTE MATERJALIDEGA.

1. Tööde otstarve.

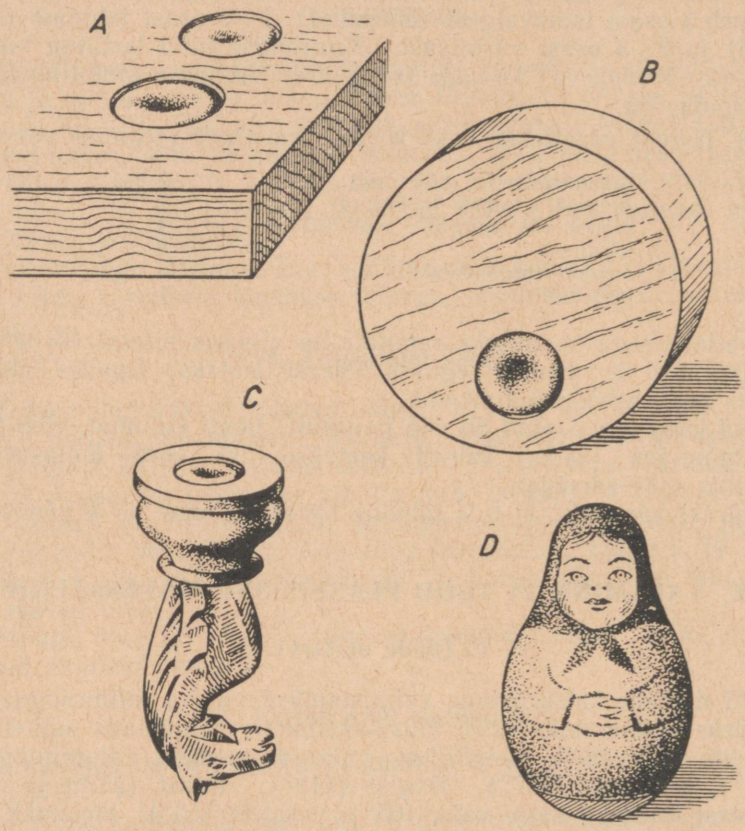
Nii mõnede katseriistade valmistamisel kui ka mitmesugusteks muudeks otstarveteks tuleb füüsikakabinetis valmistada suhteliselt kergesti sulavatest metallidest valatud esemeid: alumiiniumist (658°), seatinast (327°), tsingist (419°), tinast (232°) ja isegi sellistest ainetest, nagu vaha (65°), parafiin (55°), kirjalakk jt.[1]

Metallist valatud tarvilike esemete näidetena võib tuua aine erikaalu määramiseks kasutatavaid ühesuguse ruumalaga kehi, koormisi kangide jaoks, elektroode elektrolüüsiks ja galvaani elementideks, pulgakesi aine soojusjuhtivuse võrdlemiseks. Puidust või õõnsate metallist kehade seatinaga täitmist kasutatakse aluste raskendamiseks, raskuspunkti nihutamiseks (joon. 109) jms. Metallide sulatamine on tingimata tarvilik sulandite (jagu 4) ja muuseas pehmejoodise valmistamisel (jagu 4, III). Lõpuks kasutatakse

[1] Sulgudes on sulamistemperatuurid näidatud Celsiuse kraadides. Amorfsete ainete sulamistemperatuur pole üldiselt kindlaksmääratav. Siin näidatud temperatuuridel omandab amorfne aine kõik harilikele vedelikele iseloomulikud omadused.

metalli sulatamist ja selle valu harilikult demonstratsioonina tunnis.

Parafiinist või vahast valmistatud plaadikesed on vajalikud soojusmahtuvuse võrdlemiseks kasutatavas riistas, elektroskoopide isoleerpunnideks ja Jolly fotomeetri põhiosadeks.



Joon. 109. Seatina valamine puidusse aluste raskendamiseks (*A* ja *C*) ja raskuspunkti nihutamine püsiva tasakaalu demonstreerimiseks (*B* ja *D*).

Vaha, kampoli, väävli ja teiste ainete sulatamist kasutatakse eriliste sulandite saamiseks, mis on näiteks vajalikud isolaatorite, hermeetilise kiti jne. (jagu 7) valmistamiseks. Lõpuks immutatakse parafiini või vahaga paberit ja pappi näiteks magnetspektrite kinnistamiseks ja karbikeste ning teiste puidust või korgist esemete veekindlaks muutmiseks (jagu 5, II). Ka korke immutatakse parafiiniga nendele happekindluse andmiseks. Puitu parafineeritakse

tema isolatsioonivõime suurendamiseks, samuti vee- ja happekindluse tõstmiseks.

Plastiilisi materjale kasutatakse veel kuulikeste (pendel, riist soojusjuhtivuse võrdlemiseks), kuubikeste (1 cm^3 mudel) ja muude taoliste voolimiseks.

2. Materjalid.

I Alumiinium. Alumiiniumi omadustest vt. § 11, 2, IV. Alumiiniumi saamiseks võib kasutada igasugust utiili (vanu kastruleid, lusikaid, kruuse jms.), mida tuleb koguda, ja et vältida kabineti koliga koormamist, kohe sulatada. Kuna alumiiniumi sulatamine nõuab suhteliselt kõrget temperatuuri (658°), siis kooli tingimustes (priimuse leegi kasutamisel või ahjus sütel kuumutamisel) tekitab see suuremaid raskusi kui seatina ja tsingi sulatamine. Alumiinium täidab võrdlemisi halvasti vormi ja temast valatud esemes on sageli palju õhuvulle. Seepärast kasutatakse alumiiniumist valu ainult siis, kui see on asendamatu oma füüsikaliste omaduste poolest (kehad aine erikaalu määramiseks, pulgakesed soojusjuhtivuse võrdlemiseks jne.).

II Seatina ja trükitina (hart). Seatina kasutatakse koolides sellepärast, et ta: a) suhteliselt kergesti sulab (327°) ja hästi voolab, kuid vormi täidab ta siiski halvasti (ei reprodutseeri täpselt vormi pinna reljeefi detaile); b) on kergesti töödeldav mitte ainult lukksepa-tööriistadega, vaid mõningal määral isegi noaga, peitliga jms.; c) on plastiline ja laseb seetõttu külmalt taguda jms. Õhu käes seatina oksüdeerub kiiresti, kuid ainult pinnalt. Seatina on happekindel, mis on teiste metallidega võrreldes suureks eeliseks.

Seatina kasutatakse füüsika õpetamisel laialdaselt ainena, mis on: a) huvitav oma väga suure erikaalu tõttu ($d = 11{,}3\ G/cm^3$) ja b) vajalik elektroodidena akumulaatori töötamise printsiibi õppimisel ning leelise ja happekindlate elektroodide valmistamisel. Peale selle on seatina tähtsaks koosteaineks jootmisel kasutatavas joodises ja kergestisulavate sulandite demonstreerimisel (jagu 4, IV).

Seatina saamiseks kasutatakse utiili, kõige sagedamini vanade happeakumulaatorite plaate[1], harvemini seatinaplomme ja -torusid. Äärmisel juhul võib kasutada ka haavleid. Väikest kogust seatina võib saada vanast seatinaga kaetud juhtmest, mida kasutatakse telefoniliinide ehitamisel (joon. 230). Õpetajal ei tule põlata seatinautiili kogumist, kuna sellest saab sulatada tööks vajalikku metalli.

Palju paremini laseb end valada ja annab edasi vormi detaile hart ehk trükitina, mis on seatina, tina ja antimoni suland. Ka sulamistemperatuur (220°) on tal madalam kui seatinal. Kooli tingimustes on trükitina parimaks materjaliks reljeefsete pindade valamisel.

[1] Linnas võib koolile saada vanu plaate autogaraažidest, maal traktorijaamadest.

III Tsink. Tsingi omadustest vt. § **11**, 2, V. Tsingi sulatamine ja valamine on peaaegu vältimatu, eriti maakoolides, sest õpetajal endal tuleb sageli valmistada elektroode galvaani elementidele, valades ümber vanu, «sööbinuid». Tsingiutiili tuleb igal juhul, kui seda aga leidub, veelgi hoolikamalt koguda kui seatinautiili. Väikest kogust tsinki, mis kulub happe kõrvaldamiseks s. o. jootevedeliku saamiseks, võib saada kooli keemiakabinetist (§ **12**, 2, IV).

Kooli tingimustes on tsinki (419°) märksa kergem sulatada kui alumiiniumi (658°), kuid veidi raskem kui seatina (327°). Tsink täidab valamisel vormi väga hästi, andes edasi selle reljeefi.

IV Tina. Puhast tina on raske saada, kuid puhtal kujul ei ole tal koolifüüsikas ka erilist tähtsust. Tingimata tarvilik on tina jootmiseks (§ **12**), kuid mitte puhtal kujul, vaid seatinaga segatult (jagu 4, III). Tina kasutatakse ka väga huvitavate sulandite (Wood'i ja Deprez'-sulandite) demonstreerimiseks (jagu 4, IV). Nendeks sulanditeks samuti vajalikku vismutit ja antimoni võib saada kooli keemiakabinetist.

V Parafiin. Parafiin on tähtsaimaks aineks koolilaboratooriumis, mida kasutatakse kõige sagedamini suurepärase isolaatorina. Lisanditest vaba poolläbipaistvat parafiini kasutatakse näiteks Jolly fotomeetri ehitamisel. Oma plastilisuse tõttu on soojendatud parafiin tähtis näiteks kerakeste, kuubikute jms. valmistamise materjalina; samuti saab teda kasutada kipsist valatud kujudelt koopiate võtmiseks jms. Parafiin muutub vedelaks umbes 55° juures. Ta on kergelt valatav metallist, puidust või paberist vormidesse. Puhast parafiini võib saadà kemikaalide ja õppevahendite kauplustest. Mõnikord on müügil ka parafiinküünlaid[1], mida võib kasutada materjalina koolipraktikas.

VI Vaha. Puhtal kujul on vaha raske saada[2], kuigi teda mõnikord leidub müügil. Vaha on soojendatult palju plastilisem kui parafiin. Vedelaks muutub vaha umbes 65° juures. Kui välja arvata puidu vahatamine (§ **9**, 6, III) ja mendelejevi kiti valmistamine, siis ei ole parafiini olemas olles vaha järele erilist tarvidust.

VII Kampol. Kampol on läbipaistev kollane aine (vaik), mis muutub vedelaks umbes 70° juures ja on harilikul temperatuuril rabe. Kampoli kasutatakse elektrijuhtmete jootmisel, mendelejevi kiti koosteosana (alljagu 7, IV), elektrofoori jaoks ja muudeks otstarveteks. Kampolit on müügil ehitusmaterjalide kauplustes.

VIII Asfalt. Kuna asfalti kasutatakse kuivelementide isoleerimiseks ja elektrolüüdi kuivamise takistamiseks, siis võib koolis asfalti harilikult saada vanade kuivelementide lõhkumisel. Asfaldi

---

[1] Harilikud steariinküünlad (69°) on soojendamisel palju vähem plastilised ja murduvad enam kui parafiin. Värvitud kuuseküünlad on sageli puhtparafiinist.

[2] Võib kasutada ka kirikuküünlaid. Maal võib vaha saada mesilaskärgede sulatamisel.

lahustamisel tärpentinis saadakse lakk (§ 9, 10), mida kasutatakse puidu, papi ja teiste ainete happe- ja veekindlaks muutmiseks.

IX Pigi. Kingsepapigi on huvitav seetõttu, et teda ei saa toatemperatuuril nimetada tahkeks ega ka vedelaks[1]. Pigi võib kergesti saada kingsepatöökojast.

X Plastiliin. Plastiliin on mitmesugustest ainetest koosnev eriline kergestisulav suland. Vähesel soojendamisel (peos) muutub ta plastiliseks. Kasutatakse teda peamiselt kunstiliseks voolimiseks. Teda on müügil mänguasjade ja kunstitarvete kauplustes (joon. 113). Plastiliini saab kasutada kerakeste jms. voolimiseks, samuti vormide valmistamiseks galvanosteegias (§ 25), parafiini ja vaha asemel aga ka kipsesemete valamiseks.

XI Kirjalakk. Seda üldtuntud materjali on müügil kirjutustarvete ja paberikauplustes. Kasutatakse teda niitide klaasi külge kinnitamiseks (jagu 7, II ja joon. 125), aukude sulgemiseks veeanumais jms. Rabeduse tõttu on kirjalakk koolipraktikas vähem kohane kui mendelejevi kitt (jagu 7, IV).

XII Savi. Maal on savi õpetajal alati käepärast. Kõige plastilisem on valge savi. Teda võib kasutada valamisvormide valmistamiseks (jagu 3, IV). Sõltuvalt savi «rasvasusest», tuleb teda segada suurema või väiksema hulga liivaga, vastasel korral pärast kuivamist vorm praguneb. Kuna vormide valmistamisel segavad liivas leiduvad kivikesed, tuleb liiv enne peene sõela abil läbi sõeluda. Vajalikku liiva hulka võib kindlaks teha katseliselt. Selleks tuleb võtta liiva ja savi segu mitmesugustes proportsioonides, valmistada sellest plaadikesi ja kuivatada need.

XIII Leivasisu. Sõrmede vahel muljutud must või valge leib on plastiline materjal, mis on õpetajal ja õpilastel alati käepärast. Leivasisu kasutatakse kõige sagedamini kodustes füüsikakatsetes pendlikehade ja hüppavate tähekeste valmistamiseks, lühiajaliseks korkpunnide õhukindlaks muutmiseks jms. Teda võib kasutada ka vormide valmistamiseks vaha ja parafiini valamisel (jagu 3, III). Leivasisu puuduseks on see, et ta pärast kuivamist praguneb ja maha langeb.

XIV Kips. Kips on valge pulber. Veega segatult muutub ta mõne minuti jooksul tahkeks ja võrdlemisi rabedaks massiks. Tema pinda võib töödelda noaga kraapides nagu kriiti. Kips on parim materjal alumiiniumi, seatina, tsingi ja teiste ainete (jagu 3, IV) valamisel kasutatavate vormide valmistamiseks. Teda võib saada apteegist. Kipsi puudumisel võib kasutada alabastrit, mida on müügil ehitusmaterjalide kauplustes. Kipsi tuleb hoida tihedalt korgiga suletud klaasnõus. Lahtistes karpides hoidmisel imeb kips endasse õhu niiskust, muutub kõvaks ja edaspidiseks kasutamiseks kõlbmatuks.

---

[1] Lauale pandud pigitükk valgub mõne aja (nädala) jooksul laiali. Pigisse asetatud metallist kerake «upub». Pigi alla pandud korgist kerake «tõuseb pinnale».

3. Kipsi ja metallide valamise vormid.

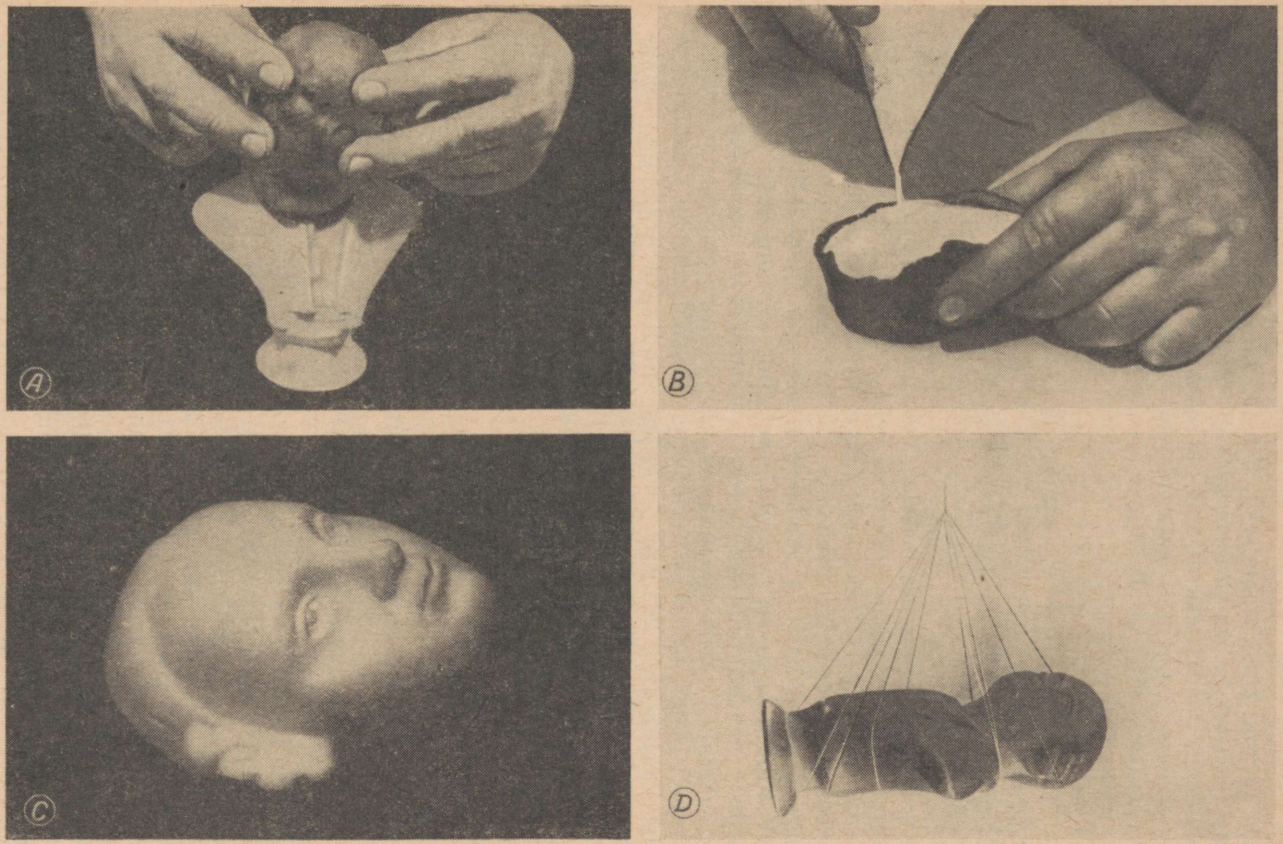
I Kipsisegu valmistamine. Mingisugusesse nõusse (konservipurki vms.), millesse on valatud vett, lisatakse kipsi, kuni saadakse umbes hapukoore-paksune segu, s. o. selline, mida saab valada. Kipsi lisamisel tuleb vahet pidamata mingisuguse pulgakesega segada. See on vajalik mitte üksnes ühtlase segu saamiseks, vaid ka kõvastumisprotsessi aeglustamiseks. Kuna segu väga kiiresti kõvastub, tuleb ta otsekohe valada varem valmistatud vormi. Kasutamata jäänud segu muutub 3—5 minuti jooksul kõvaks; teda ei saa enam veega lahustada ja tuleb seepärast ära visata. Kui nõu, milles kipsi segati, tahetakse kasutada edasiseks tööks, tuleb segu jäänused kohe pärast vormi täitmist nõust kõrvaldada, takistades seega kipsi kõvastumist. Kui segust vormi täitmiseks ei piisa, tuleb võimalikult kiiresti valmistada veel lisaannus ja valada vormi. Alabaster kõvastub kipsist veidi aeglasemalt. Lisades vette väike hulk booraksit või keedusoola, võib kipsi ja alabastri kõvastumise aega veidi pikendada.

II Mudelid. Metalli, parafiini, kipsi jt. valamise vormid valmistatakse ruumiliste mudelite järgi, mis on valandite täpseteks koopiateks. Vorm koosneb kahest (harvemini mitmest) omavahel tihedalt kokkupandavast lahtivõetavast osast (valuvormist), kõige sagedamini kipsplaadist, millede sisepinnal on õõnes ruum sulametallide ja teiste sulatatud ainete valamiseks (joon. 111). See valatava detaili kujule vastav tühi ruum saadakse siis, kui tehakse pehmest materjalist mudeli äratõmme. Mõnedel juhtudel võib vorm olla lahtine ja koosneda ainult ühest osast, nagu näiteks raidkujudelt «maski» võtmisel (joon. 110) või silindrite ja kepikeste valamisel, millede vormideks on torud (joon. 114) või lauasse puuritud avaused (joon. 115).

Materjal, millest mudel koosneb, võib oma laadilt olla väga mitmesugune; on ainult soovitav, et ta ei jääks vormitava materjali (kipsi, parafiini, savi jms.) külge. Mudeleid võib valmistada puidust, parafiinist ja teistest ainetest. Kera mudeliks võivad olla valmis kerad, saadud näiteks metallist kuullaagritest, puidust või klaasist mänguasjade küljest, või mis on hoolikalt voolitud vahast või parafiinist (jagu 6, II ja joon. 123). Silindri mudelitena võib kasutada füüsikakatseriistade vastavaid osi või valmistada neid puust või parafiinist. Sama kehtib ka plaatide ja kuupide mudelite kohta.

Mida siledam on mudeli pind, seda kergem on teda pärast äratõmmet vormimismaterjalist välja võtta ja seda siledam on valatud eseme pind. Sellepärast on puust mudelite pind soovitav immutada parafiiniga (jagu 5, III) või värvida õlivärviga ja pärast lihvida peenikese klaasipaberiga.

Selleks, et mudel ei kleepuks vormimismaterjaliga (kipsi või saviga) kokku, on kõige parem tema pind katta seebiga. Õli kasutamine ei ole soovitav, eriti metallide valamisel, sest kõrgel tempe-



Joon. 110. Plastilisest materjalist vormide valmistamine ja kipsi valamine nendesse (*A—C*). Grafiidiga kaetud raidkuju ripu'amine galvanosteegilisse vanni (*D*).

ratuuril õli aurub, mistõttu valatud eseme pinnale tekivad aurumullid ja tühikud neis.

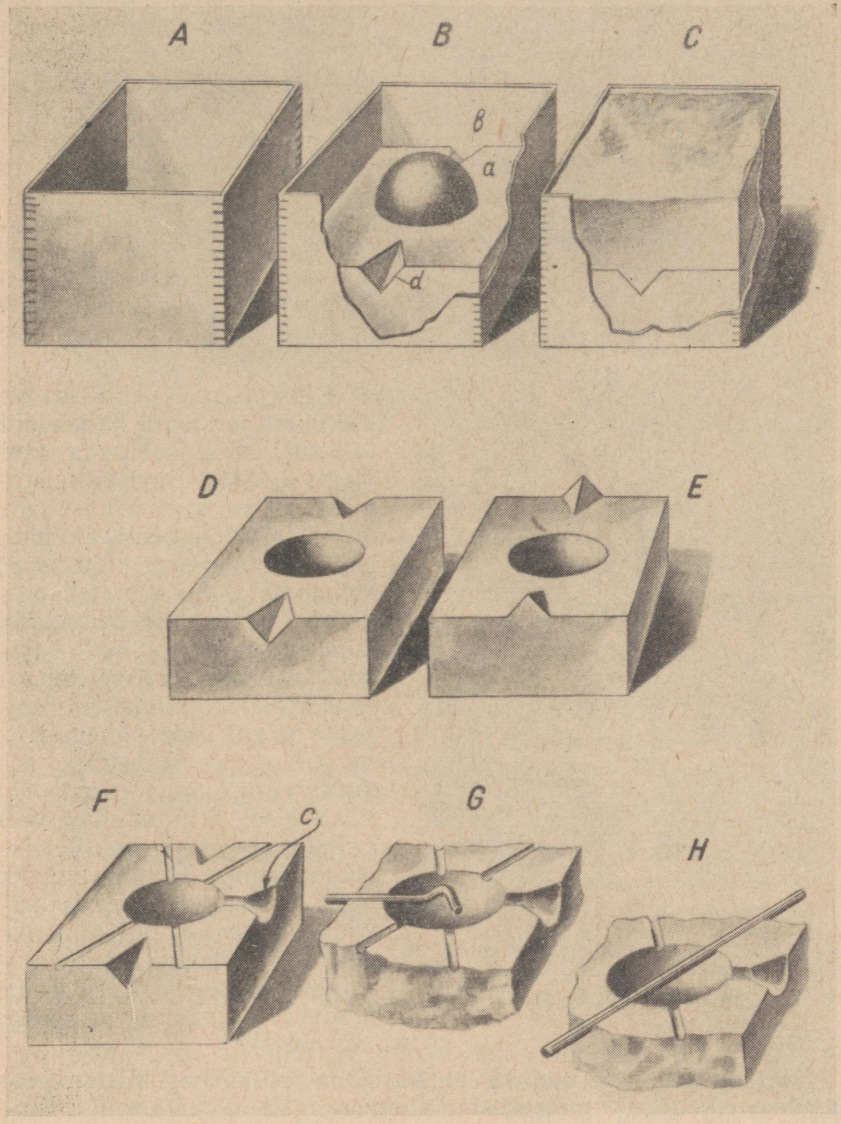
III Vormid kipsi valamiseks. Kipsist valandeid kasutatakse galvanoplastilistel ja galvanosteegilistel töödel (§ 25) vasetamise objektidena. Nii näiteks teevad õpilased suure huviga mingi kuju näost kipsiäratõmbeid ja katavad neid vasega.

Vorme silindrite, risttahukate ja teiste geomeetriliste kehade valamiseks võib teha paberist või papist (§ 20). Et pärast valamist oleks kerge vormi eemaldada, võetakse selleks vahapaber või immutatakse harilik paber parafiiniga (jagu 5, II). Kipsist maski ja koopiate võtmine medalitelt või teistelt kunstitoodetelt on kõige lihtsam plastiliinist ja vahast, veidi keerulisem aga parafiinist vormi kasutamisel. Neid aineid soojendatakse, kuni nad muutuvad plastilisteks (jagu 6, I), rullitakse või muljutakse käte vahel õhukeseks pätsikeseks, asetatakse see näiteks kuju näole ja surutakse sõrmedega tugevasti selle vastu (joon. 110 *A*). Et vaha või parafiin ei jääks kuju külge, määritakse selle vastav osa enne äratõmbe tegemist seebiveega. Selliselt saadud vorm täidetakse kipsiga (joon. 110 *B*) ja saadakse kipskoopia (joon. 110 *C*).

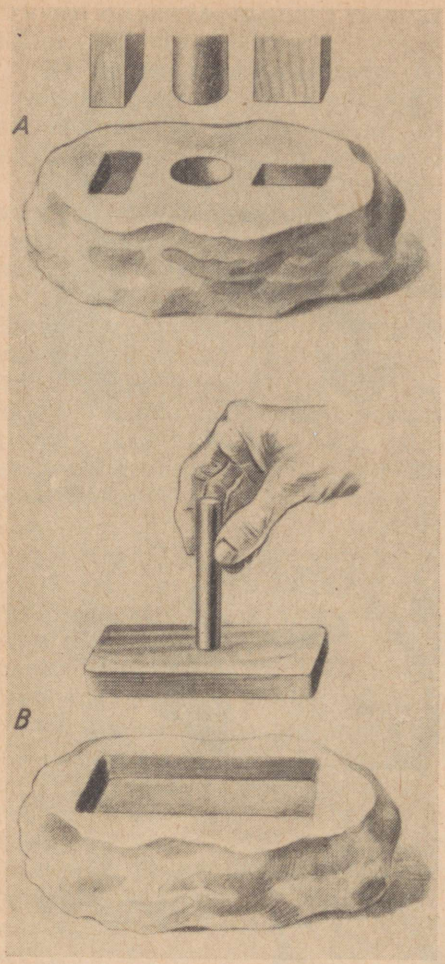
IV Kipsist ja savist vormid metallide valamiseks. Metallide valamisel peavad tingimata olema mudelid (või nende valmistamise võimalus), millede ruumilisi koopiaid saab valmistada valamise teel (jagu 4). Töö tunduvaks lihtsustamiseks kasutatakse papist kleebitud (§ 20) või nurkadest niidi või traadiga kokkuõmmeldud (joon. 111 *A*) karbikesi. Pärast täidetakse karbike umbes pooleni kipsiseguga ja vajutatakse seebiga määritud mudel täpselt poolest saadik (tähtis!) segusse sisse (joon. 111 *B*). Kui kips on 5—10 minuti jooksul küllalt kõvastunud, kraabitakse peitli otsaga kipsi pinda *a* siledamaks ja tasasemaks. Peale selle tuleb vormi äärtele lõigata noaga kaks küllalt sügavat kiilukujulist lõhet *b* ja *d*, mis on vajalikud vormi kahest poolest õigeks kokkupanemiseks. Edasi valatakse lahtivõetava vormi teine pool, milleks eelkõige asetatakse valatud poole pinnale *a* õhuke vahapaber või seebiga määritud paberileheke, tehes viimasesse mudelile ja süvenditele *b* ja *c* vastavad väljalõiked. Kiilukujuliste süvendite põhjad määritakse seebiga. Pärast seda valatakse karbike ääreni täis kipsi segu (joon. 111 *C*).

Lasknud kipsil vajalikul määral kõvastuda, lõhutakse mõne tunni pärast, või veel parem järgmisel päeval, karbikese külgseinad ja eraldatakse noa otsaga ettevaatlikult vahatatud paberi kohalt kaks vormi poolt (joon. 111 *D* ja *E*). Paber eemaldatakse. Lõpuks tasandatakse kõik mudeli poolt pinnale muljutud liigsed ebatasasused, täidetakse õhumullikeste poolt tekitatud süvendid (kui neid on olemas) kipsiga, ja mis kõige tähtsam, uuristatakse valamisava *c*, ning (tingimata) peenikesed kanalikesed õhu väljapääsemiseks valamisel (joon. 111 *F*).

Kui kera või silinder peab olema varustatud ühe või kahe traatkonksuga, siis tuleb kipsist vormi pooltesse tingimata teha süven-



Joon. 111. Kipsist vormide valmistamine metallsilindri või kahe konksuga kera valamiseks.

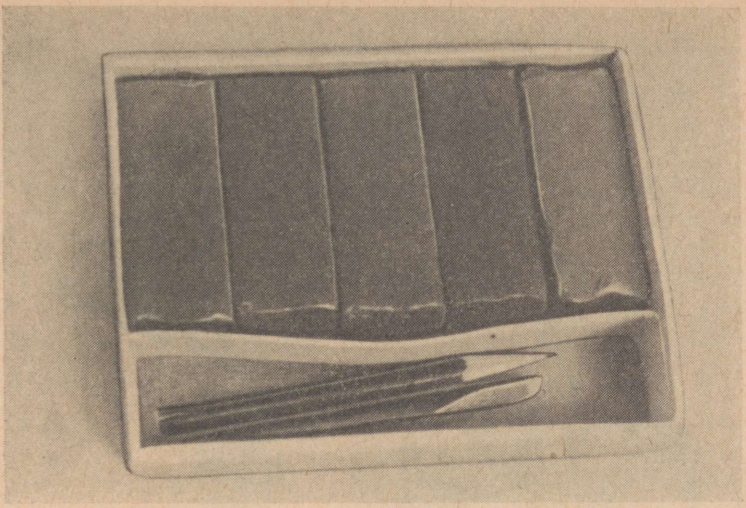


Joon. 112. Valamiseks vajalike süvendite tegemine savisse klotsiga (*a*) ja tahvlikesega (*b*).

did, kuhu enne valamist asetatakse traaditükid (joon. 111 *G* ja *H*). Sellist vormi saab hoolikal käsitsemisel kasutada kümneks või enamaks valamiseks. Soovitav on neid alal hoida ka selleks, et demonstreerida teema «Sulamine» käsitlemisel vormi ehitust ja kasutamist valamisel. Selleks, et mudelit ja samuti ka valatud detaili saaks vormist välja võtta, tuleb mõnede keerulisemate mudelite vorme valmistada kolmest või isegi neljast osast.

Kipsi asemel, ehkki see on keerukam ja annab halvemaid tulemusi, võib kasutada savi (jagu 2, XII). Savi valmistatakse nii paks, et temast vormitud plaat, vormi alumine pool, säilitaks oma kuju karpi kasutamata. Selle plaadi pinda on kõige parem tasandada lauakesega. Pärast seda vajutatakse mudel savisse, tehakse äärtele väljalõikeid, kaetakse vormi pind vahapaberiga jne., s. o. talitatakse samuti, nagu kipsist vormi valmistamisel. Siin on siiski veel vajalik, et enne vormi ülemise poole täitmist alumine saaks küllalt kaua (mõni tund) kuivada. Ülemise poole jaoks võetakse vedelam savi ja surutakse hästi tihedalt vastu mudelit (tühikute tekkimise vältimiseks).

Savi on kõige ratsionaalsem kasutada silindrite, täisnurksete lõigetega plaatide ja pulgakeste valamiseks. Vajalikud vormid surutakse savisse vastavate puust valmistatud seebitatud klotside abil (joon. 112 *A* ja *B*). Kui valatava pulgakese läbimõõt on tema pikkusega võrreldes väike, siis on õhu väljapääsuks soovitav sukavarda või traadiga torgata küljelt mõned augud, mistõttu valatud pulgakese pinnale jääb vähem õhumullide poolt tekitatud konarusi.



Joon. 113. Mitmesuguse värvusega plastiliin.

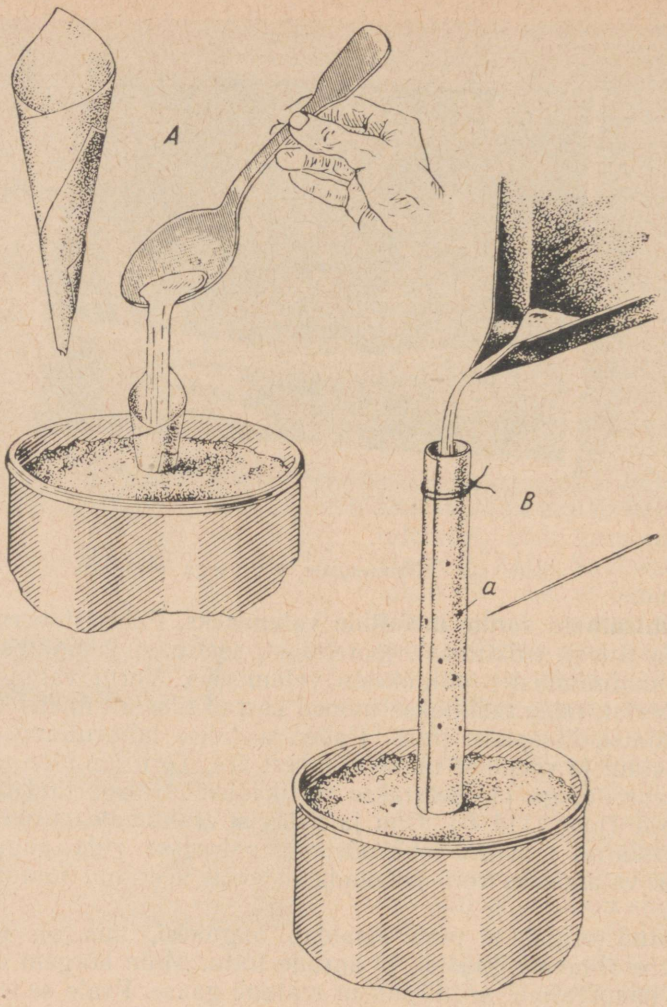
V Lihtsamaid vorme metallide valamiseks. Paberist vorme võib kasutada tinast, trükitinast, jootetinast, seatinast ja tsingist (kuid mitte alumiiniumist!) pulgakeste valamiseks. Vorm valmistatakse kirjapaberist, mida mähitakse mõned korrad tihedalt ümber ümmarguse pliiatsi, klaastoru jms. Paber seotakse lahtirullumise vältimiseks kinni ja võetakse mudeli ümbert ära. Toru alumine ots suletakse paberitopiga ja asetatakse vertikaalselt liivaga täidetud konservipurki (joon. 114 *B*). Õhu ja paberist eralduvate aurude väljajuhtimiseks on soovitav teha nõelaga paberisse rida augukesi *a*. Koonuse valamiseks võib kasutada paberist keeratud tuutut (joon. 114 *A*).

Valatud pulgakese pind sisaldab augukesi, mis on tekkinud paberist eralduvate gaaside ja aurude tõttu. Mida kõrgem on sulametalli temperatuur, seda rohkem eraldub gaase. Peale selle mõned paberisordid söestuvad. Selleks, et leida sobiv paberisort, tuleb mitmesugustele eri paberitükikestele valada veidi sulametalli. Pärast metalli jahtumist saab söestumise järgi valida sobiva paberisordi.

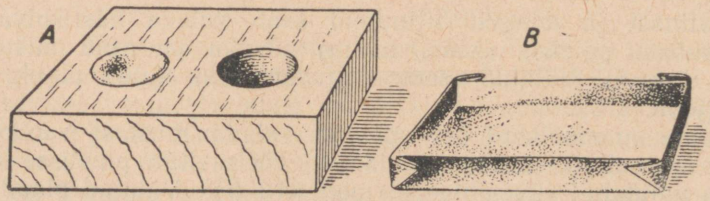
Seatinast ja tsingist silindreid saab valada hästikuivatatud vaiguvabast puidust (kask, tamm) planku puuritud aukudesse (joon. 115 *A*). Valatud eseme väljavõtmiseks tuleb plank lõhki lüüa (joon. 170).

Plaate on mõnikord ratsionaalne valada mustast raudplekist lahtistesse pannikestese (joon. 115 *B*) või savitüki pinnasse tahvlikesega vajutatud süvenditesse (joon. 112 *B*)[1]. Valatud plaadi üle-

[1] Raudplekk tuleb võtta võimalikult õhuke, sest valandi väljavõtmisel tuleb teda äärtelt painutada.



Joon. 114. Paberist vorme kergestisulavate metallide valamiseks.

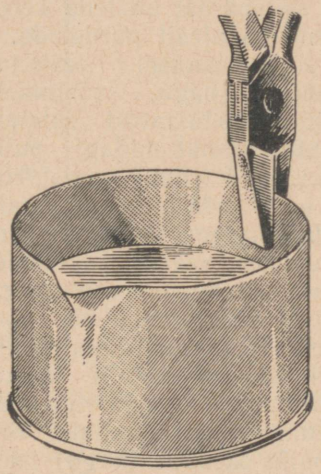


Joon. 115. Puidust ja plekist vorme silindrite ja plaatide valamiseks.

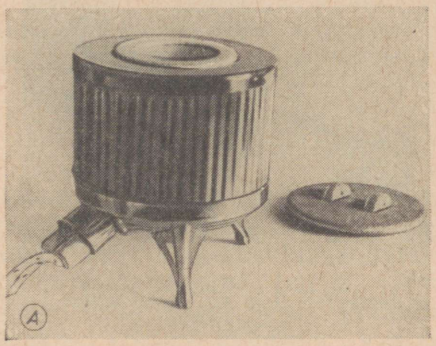
mine pind on ebatasane ja ääred menisksuse tõttu kumerad. Mõnedel juhtudel (elektroodid) ei ole sel tähtsust. Arusaadavalt saab vajaduse korral pinda viilimise teel silendada.

4. Sulatamine ja valamine.

I Metallide sulatamine. Kergestisulavate metallide sulatamiseks võib kasutada iga konservikarpi, mille külgseinad on umbes 4—5 *cm* kõrguseks ära lõigatud ja sinna näpitsatega painutatud nokk (joon. 116), samuti aga ka plekist (katuseplekist) painutatud



Joon. 116. Lihtsaim anum metallide sulatamiseks.

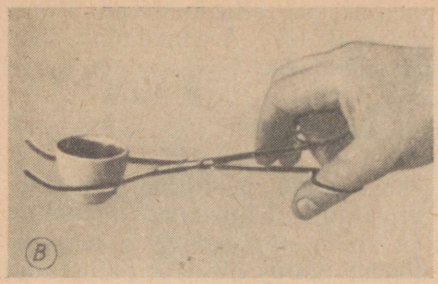


Joon. 117 *A*. Elektrimuhvelahi.

panni (joon. 199 *H*). Väikese metallikoguse sulatamiseks võib kasutada raudlusikat (mitte alumiinium-) (joon. 114 *A*). Kuumutamiseks on kõige parem kasutada priimust, kuid metalle saab sulatada ka sütel, kas ahjus või söepannil. Parimaks kuumutamisvahendiks on elektrimuhvelahi. Õpetajal on soovitav muretseda tingimata kas või kõige lihtsam muhvelahi, savi- või raudtiigel ja tiiglitangid (joon. 117). Selline ahi lihtsustab märksa metallide sulatamist ja on õpilastele huvitavaks demonstreerimisobjektiks.

Metalliga täidetud karbi või panni haaramiseks ja ühest kohast teise viimiseks tuleb kasutada tihedalt kokkukäivaid lapiktange. Et tangide vahele võetud karbi serv välja ei libiseks (joon. 116), on veel parem kasutada käsikruustange (joon. 131 *B*). Tiigli hoidmiseks ja tõstmiseks peavad tingimata olema tiiglitangid (joon. 117 *B* ja *C*).

Sulatamisele kuuluva metalli pinnalt tuleb kõige enne eemal-





Joon. 117 *B* ja *C*. Tiigeltangide kasutamine.

dada mustus ja võimalust mööda ka hapendite jäägid. Peale selle on soovitav purustada metall väikesteks tükikesteks, mida on eriti lihtne teha seatina, tina ja alumiiniumi puhul. Selleks võib kasutada vana kirvest. Kirvega metalli raiudes lüüakse raske vasaraga kirvesilmale. Vanadest elementidest saadud amalgameeritud tsink on rabe, sellepärast on teda kerge haamriga alasil purustada.

Kuumutamisel tekkinud oksüüdi (hägu, süsinikoksüüd) moodustavad sulanud metalli pinnal midagi pulbrilist, šlaki (räbu) taolist. Hägu tekib seda intensiivsemalt, mida kõrgema temperatuurini kuumeneb metall, võrreldes tema sulamistemperatuuriga. Ahjust võetud tuha või booraksi riputamine metalli pinnale takistab metalli kokkupuutumist õhuga ja vähendab süsinikoksüüdi tekkimist. Eriti palju oksüüde (hägu) tekib tsingi sulamisel, sellepärast ei ole soovitav tsinki ülekuumutada ega kaua hoida vedelana.

Kuna õlide ja mustuse põlemisel tekivad halvasti lõhnavad gaasid, siis ei ole metalli sulatamine klassiruumis soovitav. Lõhna tekkimist saab teataval määral takistada, kui metalli enne sulatamist põletada priimuse või jootelambi leegis.

II Sulandite valmistamine. Sulandite valmistamiseks sulatatakse alguses kõige raskemini sulav metall. Võtnud panni tulelt, lisatakse sinna kergemini sulava metalli tükikesed ja edasi kuumutatakse ainult sel juhul, kui viimane ei sula raskemini sulava metalli soojusest. Kui toimida vastupidi, s. t. valmistades näiteks jootesulandit, alguses sulatada kõige kergemini sulav metall tina ja pärast lisada juurde seatina, siis viimase sulamise momendiks tunduv osa tinast hapendub ja muutub pulbrikujuliseks oksüüdiks.

Jootmiseks ja demonstreerimiseks tuleb koolis kõige sagedamini valmistada sulandeid, mis on tuntud Wood'i ja Rosè sulanditena.

III Seatina- ja tinasulandid jootmiseks. Selliseid sulandeid kasutatakse peamiselt jootmiseks ja nad harilikult kannavad peh-

mete joodiste nime (§ 12, 2, II). Kõige rohkem kasutatakse sulandit, mis koosneb 3 osast tinast ja 7 osast seatinast.

Jootmiseks kasutatavate ja erinevail temperatuuridel sulavate tina-seatinasulandite koostised on antud tabelis VIII.

Tina-seatinajoodised.

Tabel VIII

Jrk. nr.	Osade hulk		Sulandi sulamis-temperatuur (kraadides)	Kasutatakse järgmiste ainete jootmiseks
	Seatina	Tina		
1	1	2	171	Kergestisulavate metallide
2	4	6	195	
3	1	1	220	Raudpleki ja valgevase
4	6	4	240	Valgevask- ja raudpleki, valgepleki ja vaskjuhtmete
5	2	1	250	Tsinkplaatide ja tsingitud raua
6	7	3	260	Valgevase, vase, raua, tsingi ja tsingitud raua
7	3	1	270	Seatinast esemete

Suland valmistatakse vastavalt alljaotuses II toodud juhendeile, segades teda metallpulgakese või ribakesega.

IV Wood'i ja d'Arce sulandid. Need kergestisulavad sulandid on tähtsad eelkõige demonstreerimismaterjalina tunnis (Wood'i suland sulab kuumas vees, d'Arce suland keevas vees). Praktiliselt kasutatakse neid koolis veel detektori kristalli jootmisel[1]. Vastavalt II alljaos antud juhenditele, sulatatakse alguses seatina, siis kadmium ja vismut ning lõpuks tina.

Säilitamiseks ja demonstreerimiseks tuleb need sulandid valada pulgakeste kujul paberist torukestesse (jagu 3, V ja joon. 114).

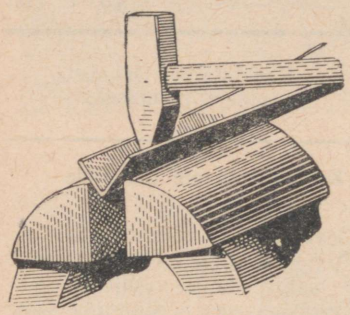
Kergestisulavad sulandid.

Tabel IX

Wood'i suland		D'Arce suland	
(sulamistemperatuur 66—71°)		(sulamistemperatuur 94—95°)	
Metallist vismutit	7—8 osa	Metallist vismutit	8 osa
Tina	4 „	Seatina	5 „
Kadmiumi	1—2 „	Tina	3 „
Seatina	2 „		

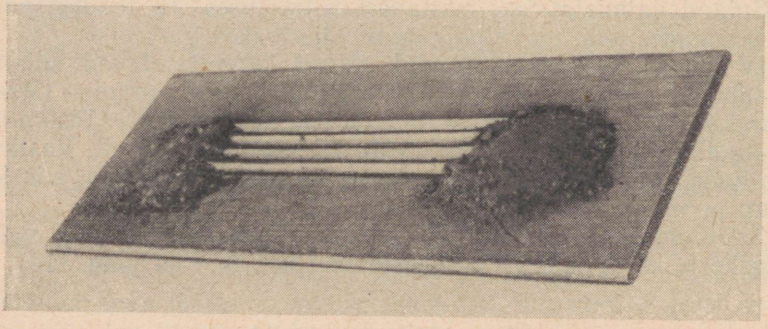
[1] Wood'i sulandit on müügil mõnikord raadiotarvete kauplustes «kristalli detektorisse jootmise sulandi» nime all.

V Joodisepulkade valamine. Kasutamise mugavuseks valatakse joodised 25—30 *cm* pikkuste pulkade kujul (§ **12**, 2, II). Pulgakeste valamiseks on kõige lihtsam valmistada vorm plekiribast, painutades selle terava servaga renniks (§ **13**, 8) (joon. 118 *A*). Mitme pulgakese üheaegseks valamiseks on veel sobivam anda plekile lõõtsa kuju (joon. 118 *B*). Valatud pulga vormi külge kinnikleepumise vältimiseks tuleb plekki enne ümberringi kuumutada, mis eemaldab vormi külge jäänud tina. Renn või lõõts asetatakse liivale ja liiva raputatakse kuhjana ka vormi äärtele, selleks et takistada metalli väljavoolamist. Selliseid vorme saab valmistada isegi papist.



Joon. 118 *A*. Lihtsaim plekist vormi valmistamise viis joodisepulgakeste valamiseks.

VI Taara (haavlite) valamine. Haavlite valamiseks on kõige sobivam seatina, kuid neid saab valada ka trükitinast ja tsingist (jagu 2, II). Kõige lihtsam on neid valmistada valades sulametalli võimalikult peene joana ämbrisse külma vette. Mida

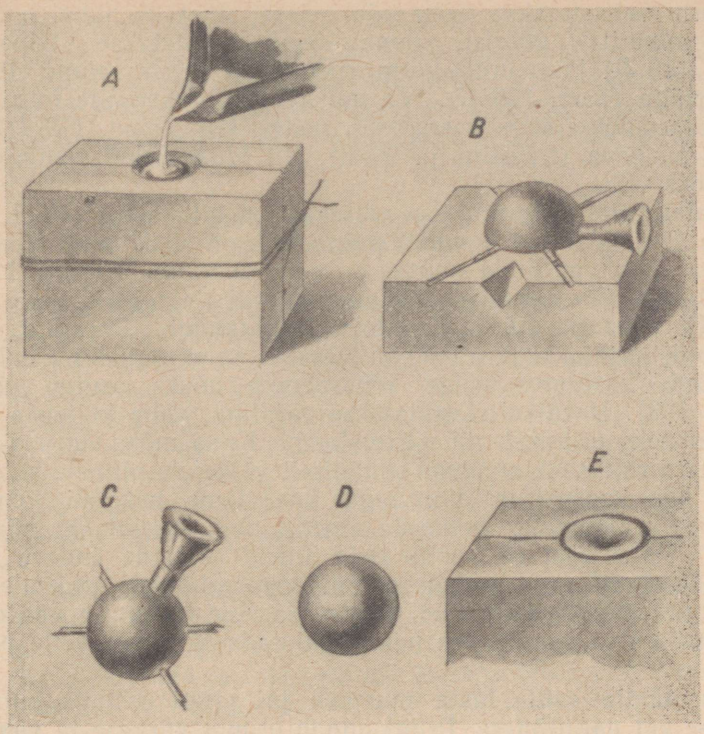


Joon. 118 *B*. Joodisepulgakeste valamise vorm.

kõrgemalt metalli valatakse, seda ümmargusemaid haavlikesi saadakse. Haavleid on võimalik saada ka sel teel, et juhitakse sulametalli juga läbi metallvõrgu. Mõnikord soovitatakse joa pihustamiseks kasutada ka vihta (rohust)[1].

VII Metallide valamine vormidesse. Peamine tingimus kipsist või savist vormidesse valamise õnnestumiseks on vormide kuivus. Kui vorm pole küllaldaselt kuivatatud, siis tekkinud veeaurud põhjustavad valatud eseme pinnal ja isegi sees mullikeste moodustumist. Kuivas toas kuivab kipsist vorm harilikes tingimustes 2—3

[1] Pulbrikujulise taara valmistamisest vt. § **12**, 2, III.



Joon. 119. Metallist kera valamine.

ööpäeva, köetud, kuid mitte väga kuumas ahjus aga mõne tunni jooksul. Valatud eseme pinnale tekivad augud ka siis, kui vormi satub mingisugusel viisil õli. Sellepärast tuleb ka valatavaisse esemeisse vahel kinnitatavad traadikesed (joon. 111 *G* ja *H*) eelnevalt hoolega puhastada.

Valamisprotsess ise on väga lihtne. Sidunud ülal lehtrikujulise valamisavaga varustatud kipsist vormi võimalikult kõvasti kinni, valatakse sulametall valamisava kaudu sisse (ääreni täis!) (joon. 119 *A*). Metalli sulatatakse nii palju, et seda jääks pärast vormi täitmist veidi järele. Kui metalli ei jätku ja lisa valatakse mõne aja pärast juurde, jääb esemele selgesti märgatav «õmblus» ja mõnikord langeb valand seda õmblust mööda pooleks. Metalli ülejääk valamisel on vajalik veel sellepärast, et valamise alguses voolab tiiglist või pannist välja puhas metall, viimane osa metallist võib aga sisaldada oksüüde. Valamisel tuleb jälgida, et oksüüdid, mis harilikult ujuvad metalli pinnal pulbri kujul, ei satuks valamisavasse, sest need võivad ummistada ava; sattudes aga koos sulametalli joaga vormi sisemusse, rikub hapendi tükk mõningal määral valandit.

Vorm vabastatakse mõne aja pärast (kerade puhul harilikult 3—5 minutit) nöörist, tema osad eraldatakse teineteisest (joon. 119 *B*) ja et mitte vormi rikkuda, võetakse valand ettevaatlikult välja (joon. 119 *C*). Valamisava ja õhukanalite tõttu tekkinud jätked lõigatakse korralikult noaga ära (joon. 119 *D*). Kui metall on kõva (trükitina ja tsink), siis kasutatakse nende eemaldamiseks viili.

Lihtsamatesse vormidesse valatakse metalli samal viisil (joon. 114 ja 115). Valatud eseme ülemine tahk on siiski alati ebatasane ja seda auklikum, mida suurem on valandi ruumala (joon. 119 *E*). Seda tahku võib tasandada käsisae või viili abil (§ **11**, 10).

VIII Vaha, parafiini jt. ainete sulatamine. Parafiini, vaha, kampolit, kirjalakki jt. aineid sulatatakse samasugustes nõudes kui metalligi, kusjuures kõige kohasemaks nõuks osutub pannike (joon. 199). Harilikult kasutatakse parafiini, vaha ja teiste ainete sulatamiseks priimust või piirituslampi. Kuna mõlemad soojusallikad (eriti esimene) annavad suhteliselt väikesele pinnale koonduva leegi, siis kaasneb sulatamisega intensiivne halvasti lõhnavate gaaside eraldumine. Sellised ained, nagu kirjalakk, kõrbevad põhja. Sellepärast on parem neid aineid sulatada küdeva kööginpliidi äärel, või need asetada pannikesega priimusel soojendatavale rauast praepannile puistatud liivale. Gaaside tekkimise vältimiseks on parafiini ja vaha kõige parem sulatada keevasse vette pandud kastrulis.

On tähtis mitte lasta mustust ja prügi sattuda sulatatud vahasse või parafiinisse. Prügi annab pruuni värvuse ja vähendab isolatsioonivõimet. Mustuse vältimiseks tehakse pannike valgest plekist ja pühitakse enne parafiini sissepanemist puhta lapiga üle. Kui parafiinitükid on pinnalt määrdunud, kraabitakse määrdunud kohad noaga puhtaks. Parafiini ja vaha säilitamisel tuleb neid kaitsta tolmu eest, asetades nad laiakaelalisse purki või karpi.

IX Parafiinivalu. Parimateks vormideks parafiinist ja vahast plaadikeste valamiseks on metallist, näit. valgest plekist valmistatud vormid. Parafiini ja vaha tahkumisel väheneb nende ruumala ja seetõttu tuleb valatud ese, eriti siis, kui vormi jahutatakse (külma käes), koputades kergesti vormist välja. Kui millegipärast seda ei toimu, tuleb vormi piirituslambi leegil igast küljest ühtlaselt soojendada. Pärast sellist pinna lahtisulatamist on valatud eset kerge välja võtta. Harilikult valatakse vahast ja parafiinist plaadikesi ainete soojusmahtuvuse võrdlemiseks. Parafiini ja vaha saab valada isegi paberist vormides. Et paberist vormi oleks pärast valandi tahkumist kerge esemest eemaldada, tuleb vorm seestpoolt vedela seebiga kokku määrida.

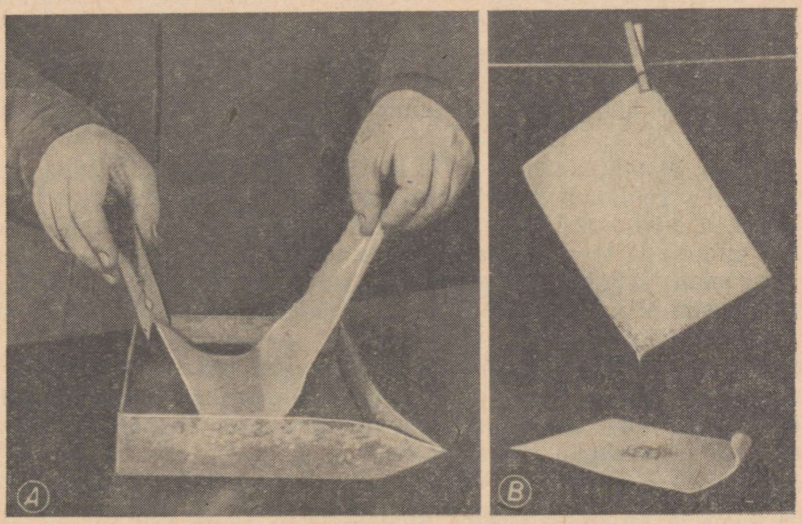
Parafiinist ja vahast tehtud esemeid on kerge viimistleda, kraapides neid noaga. Nii näiteks saab valatud või voolitud silindrist valmistada elektroskoobi punni, plaadikesest aga Jolly fotomeetri põhiosi. Kuna vaha ja eriti parafiin on rabedad, siis tuleb suuremate tükkide eraldamiseks kasutada nuga, mis on leegil nii kuu-

maks aetud, et sulatab parafiini. Auku on kõige parem parafiinist läbi sulatada vardaga, mille läbimõõt on tehtava augu läbimõõdust väiksem. Seejärel tuleb kasutada jämedamat, kuid vähem kuumutatud varrast. Mullikesi parafiini pinnal on kerge kinni sulatada, asetades sinna tükikese parafiini ja sulatades seda kuumutatud noaga.

5. Juhtmete isolatsiooni, paberi ja puidu immutamine parafiiniga.

I Parafiiniga ja vahaga immutamise otstarve. Paberit, pappi, puitu ja korki parafineeritakse ja vahatatakse selleks, et anda neile järgmisi omadusi: a) veekindlust (nõud vee jaoks), b) happe- ja leelisekindlust (elektrolüütiliste vannide, akumulaatorite jt. kaaned ning katted), c) õhukindlust (kork, puit), d) kõvadust ja kalkust (karbid), e) poolläbipaistvust (matid ekraanid optikas, vahapaber), f) parandada isoleerimisvõimet jm. Puidu ja korgi puhul võib mõnikord piirduda nende pinna immutamisega, vahel aga vajatakse materjali kõikide pooride täielikku täitumist parafiiniga.

II Paberi ja paberist esemete immutamine parafiiniga. Selleks, et paberi parafineerimiseks saaks kasutada joonisel 120 *A* näidatud võtet, s. o. tõmmata paberit aeglaselt läbi sulatatud parafiini, tuleb kasutada küllalt laia ja pikka panni. Parafiiniga immutatud jahtumata paberit ei tule lauale panna, sest ta kleepub sinna külge, vaid see tuleb riputada lõksude abil nagu pesu nööri külge (joon. 120 *B*). Mida kuumem on parafiin ja mida aeglasemalt tõmmatakse paber



Joon. 120. Paberi parafineerimine.

läbi parafiini, seda õhem tuleb peale immutamist parafiinikiht, mis ongi just soovitavam. Liigne parafiin valgub tavaliselt paberi ühele äärele, moodustades paksenemise. Kui tahetakse üleliigset parafiini eemaldada, asetatakse parafiiniga immutatud paber kahe puhta paberilehe vahele ja triigitakse ühte neist kuuma triikrauaga. Seejuures on tähtis, et triigitav leht enne jahtumist ära võetaks, muidu ta kleepub teda ümbritsevate paberilehtede külge.

Parafineerimist ja vahatamist kasutatakse magnetspektrite kinnistamiseks, plaatkondensaatoris kasutatavate paberilehtede isoleerimiseks, ekraanideks poolläbipaistva paberi saamiseks jms.

Karbikesed ja teised esemed lõigatakse kõigepealt paberist välja, murtakse kokku, nõelutakse kergelt niidiga või peenikese traadiga neist kohtadest, kust nad kergesti lahti lähevad.[1] Pärast seda asetatakse nad sulatatud parafiiniga täidetud mollikesse ja pööratakse neid seal igati ringi, kuni kõik nende osad on parafiiniga läbi imbunud. Pärast parafiinist väljavõtmist parandatakse karbikest sõrmedega vajalikest kohtadest, sest vastasel korral säilivad kõvastunud karbikesel kõik juhuslikud lohukesed. Pärast jahtumist murdub parafineeritud paber kergesti ja seepärast pole siis enam võimalik puudusi tema kujus parandada. Kui aga seda siiski vaja on, tuleb karbikest ettevaatlikult soojendada leegi või elektripliidi kohal soojas õhus, kuni parafiin kaotab oma hapruse. Ühel või teisel viisil tekkinud defekte (lohud, kõvastunud tilgad jne.) saab siis parandada sel teel, et vastavat kohta vajutatakse kuumutatud noaga, metallplaadiga jms.

III Puidu, korgi ja teiste poorsete materjalide immutamine parafiiniga. Ebakorrapäraste poorsete kehade, näiteks telliskivi, kriidi, korgi jm. tükikeste välisruumala määramiseks asetatakse nad vette. Enne seda tuleb katta nende välispind vaha või parafiiniga. Selleks sukeldatakse nad väga lühikeseks ajaks sulatatud parafiini, pööratakse ringi ja võetakse kohe välja. Seejärel, kuumutades keha kergelt piirituslambi leegil, sulandatakse parafiin kehaga.

Selleks, et puitu, pappi ja korki tihedamini läbi immutada, hoitakse neid pikemat aega sulatatud parafiinis. Seejuures tuleb hoida neid nii, et nad oleksid üleni parafiini all. Puidu- või korgitükki on parem kinnitada traadi otsa, et takistada ta üleskerkimist. Puidust ja veel enam korgist esemete asetamisel kuuma parafiini eraldub sealt nii suurel hulgal nende poorides sisalduvat õhku ja veeauru, et parafiin näib keevat. Parafiini tuleb sealjuures kuumutada ja seda enam, mida täielikumalt tahetakse läbi immutada. Puit ja kork lähevad pärast immutamist palju kalgimaks[2], samuti muutuvad nad ka oma ruumalalt. Varem puuritud augud muutuvad pärast parafineerimist väiksemaks.

---

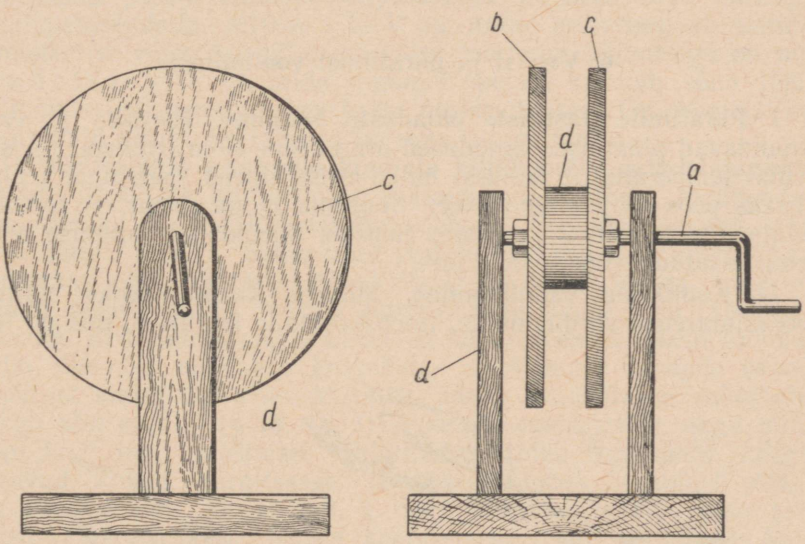
[1] Kleebitud karbikesed lähevad parafineerimisel sageli lahti.

[2] Korgid saadakse vähem kalgid, kui neid asetada 10—12 tunniks vaseliini (2 osa) ja parafiini (7 osa) segusse 40—50° C temperatuuris.

Õhukeseseinaliste kolbide, katseklaaside jne. sulgemisel parafineeritud korkidega tuleb olla ettevaatlik, sest sellised korgid on kaotanud oma elastsuse. Avaused klaastorude jaoks tuleb korgisse puurida pärast parafineerimist, või kui nad on varem puuritud, siis tuleb neid pärast laiendada, sest parafineerimisel väheneb augu läbimõõt.

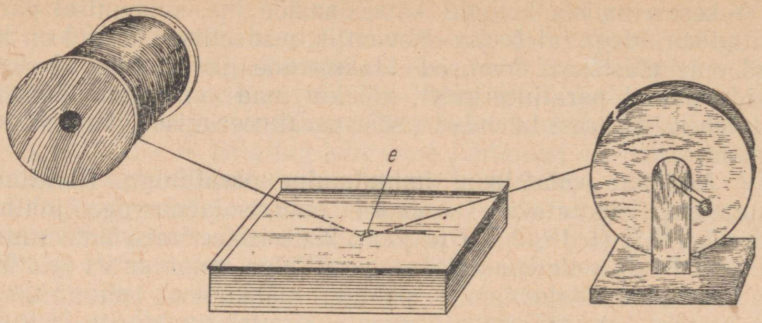
IV Juhtmete isolatsiooni immutamine parafiiniga. Parafiiniga immutamist kasutatakse mõnikord paberisolatsiooniga juhtmete ПБО või ПБД (§ 15, 2, III ja joon. 230) isoleerimisvõime suurendamiseks. Peale selle kasutatakse parafiiniga immutamist veel üksikute lamedate sektsioonidega poolide mähkimisel, mida kasutatakse näiteks ketasmähisega kõrgepingetransformaatorite ja Ruhmkorfi pooli valmistamiseks. Sel juhul paraneb mitte ainult isolatsioon juhtmete vahel, vaid nad kleepuvad ka kokku, mistõttu sellisel viisil keritud lame pool (ketas) säilitab oma kuju ilma poolikereta.

Sellisele poolile kerimiseks kasutatakse pukki, mis on näidatud joonisel 121. Pukk koosneb võllist *a*, mis on varustatud vintsoon-



Joon. 121. Ketaspooli kerimise pukk.

tega ja kahe mutriga, kolmest vineerikettast *b*, *c* ja *d* ja alusest. Juhtme kerimisel ühes selle parafineerimisega kasutatakse seadet, mis on näidatud joonisel 122. Juhe lastakse läbi rõngakese *e*, mis on kinnitatud sulatatud parafiiniga täidetud nõu põhja külge.



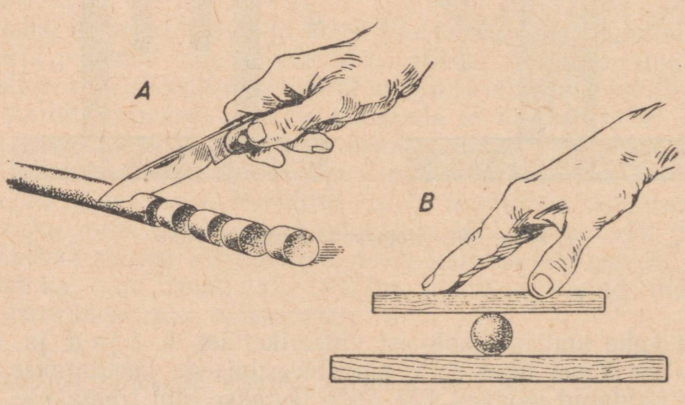
Joon. 122. Juhtme parafineerimine ketaspooli kerimisel.

Selleks, et täiskeritud pooli oleks aluselt hõlpsam ära võtta, kaetakse kettad *b* ja *c* enne kerimist paberilehega, ketas aga tehakse ükskõik kummast küljest kergelt kooniline. Pukk tuleb asetada võimalikult parafiinipanni lähedale ja parafiini tuleb kogu aeg soojendada, muidu ei kleebi parafiin jahtudes juhet pooli külge.

6. Vahast ja parafiinist voolimine.

I Parafiinile plastiliste omaduste andmine. Parafiin ja vaha omandavad plastilised omadused ainult 35—40-kraadilisel ja kõrgemal temperatuuril. Väikest hulka neist aineist saab muuta plastiliseks peos soojendamise teel. Suurema hulga puhul on soovitav sulatada neid pannil ja, lastes jahtuda täieliku kõvastumise alguseni, kasutada voolimiseks jms.

II Kuulikeste valmistamine. Mõnede katsete jaoks, näiteks soojusjuhtivuse võrdlemiseks, tuleb kasutada kuulikesi, mis on teh-



Joon. 123. Vahast kuulikeste valmistamine.

tud kergestisulavast materjalist. Plastmassist, vahast ja parafiinist kuulikesi muljutakse alguses rohmakalt sõrmede vahel, pärast veeretatakse neid õigema kuju andmiseks peopesade vahel ja lõpuks laual vineertahvlikese abil (joon. 123 *B*). Sealjuures tuleb nii ühte peopesa kui ka tahvlikest liigutada ringitades. Kui kuulikesi tuleb valmistada võrdlemisi palju ja sealjuures umbes ühesuurusi, siis on ratsionaalne alguses veeretada «vorstike» ja pärast lõigata see noaga üksikuteks tükkideks (joon. 123 *A*).

7. Kitid.

I Kittide liike. Katseriistade isevalmistamisel tuleb sageli ühendada tihedalt klaasi puiduga, metalliga, papiga, kleepida klaasi külge traati või nööri jms. Enamasti nõutakse, et ühendus oleks veekindel, s. t. ei laseks läbi vett. Ühendamiseks ja kleepimiseks kasutatakse kõige sagedamini kitte.

On olemas kahte liiki kitte. Ühed, «keemilised», on plastilised ainult pärast valmistamist, pärast aga kõvastuvad keemiliste reaktsioonide mõjul jäädavalt. Teised kitid, «füüsikalised», muutuvad plastilisteks pärast teatavat soojendamist ja neid saab selliselt uuesti pehmendada. Alljaos III—V on antud mitmesuguste kittide valmistamise retsepte, milledest kõige suurema tähtsusega on nn. m e n d e l e j e v i k i t t, mida kogenud õpetaja kasutab sõna tõsises mõttes igal sammul, iga katse ülesseadmisel. On olemas ka tulekindlaid kitte, mis taluvad tugevat kuumutamist.

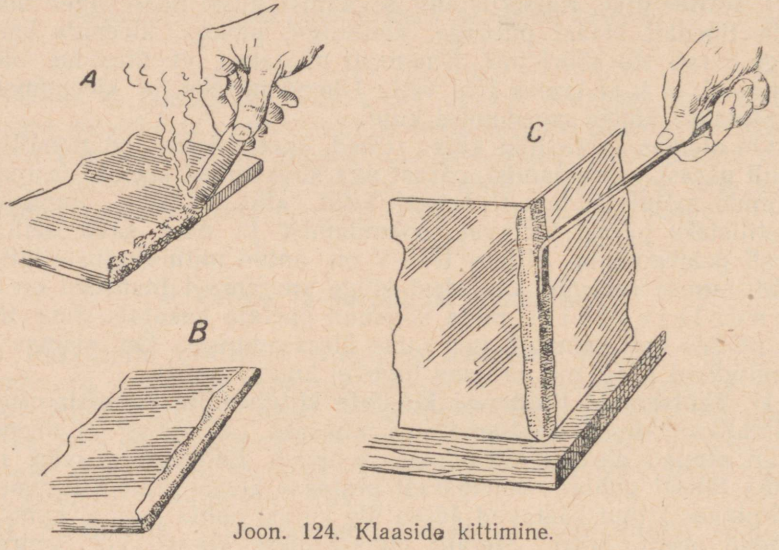
II Tähtsamaid tingimusi kindlate kittühendite valmistamiseks. Võimalikult kindla kittühenduse saamiseks on tähtis, et ühendatavad pinnad oleksid kittimiseks sobivad. Eelkõige peavad nad olema täiesti puhtad. Sellepärast pestakse klaasi enne kittimist ja hõõrutakse kitiga kaetavad ääred üle kuiva, puhta lapiga, kuhu on pandud peent kriiti. Metalli puhastatakse klaasi- või smirgelpaberiga. Eriti tähtis on, et kititavad kohad oleksid täiesti kuivad. Parim ühendus saadakse krobeliste, poleerimata pindade vahel, mispärast kitiga kaetavad klaaside ääred muudetakse mõnikord smirgli abil matiks (§ 18, 12, I). Poorsete materjalide, nagu puit, papp, kriit jne., kittimisel õlikittidega tuleb tingimata kitiga kaetavad kohad värnitsasse (keedetud õlisse) kastetud pintsliga üks kord üle katta (§ 9, 5, III). Vastasel korral tuleb kitt pärast kuivamist lahti. Kitiga kaetakse siis, kui värnits on kuivanud.

Füüsikaliste, s. o. soojendamisel pehmenevate kittidega (kirjalakk, mendelejevi kitt jne.) ühendamisel tuleb kitiga kaetavaid pindu tingimata soojendada. Nii näiteks kui tilgutada külmale klaasile, metallile jne. kirjalakki, siis pudeneb see pärast jahtumist isegi kergel puudutusel. Kui klaasi või metalli enne kuumutada, kleepub kirjalaki tilgake palju tugevamini.[1]

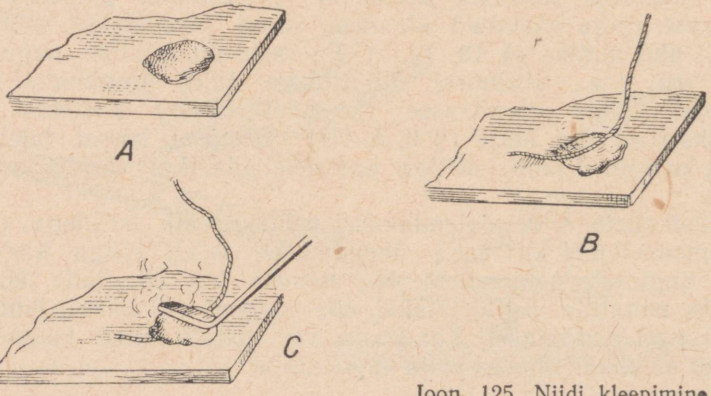
[1] Kirjalaki kleepumist takistab harilikult õhuke õhu-, vee- või rasvakiht.

Klaasi äärte ühendamiseks, mida vajame näiteks nõude valmistamisel, on kõige parem katta leegis kuumutatud mendelejevi kitiga ja siis kititud kohta piirituslambi leegil kergelt sulatada (joon. 124 *A* ja *B*). Seejärel, kuni kitt on veel pehme, ühendatakse klaasi ääred vajaliku nurga all, neid tugevasti üksteise vastu surudes (joon. 124 *C*). Suurema tugevuse saavutamiseks määritakse liitekohta veel kitiga ja sulatatakse üle siludes leegis kuumutatud «metallroobikese» otsaga. Seda tehakse liitekohaga nii seest- kui ka väljastpoolt.

Niidi või traadi kittimiseks papi, klaasi või metalli külge määritakse alguses viimastele veidi mendelejevi kitti või kirjalakki



Joon. 124. Klaaside kittimine.

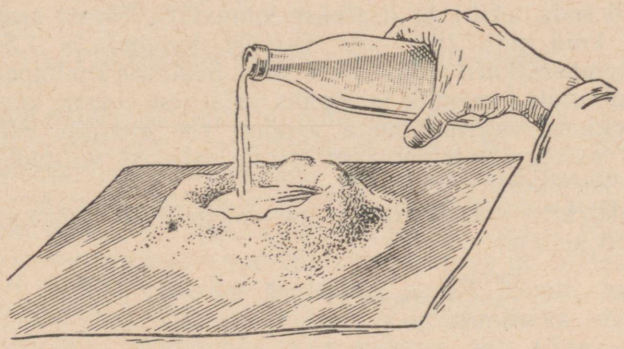


Joon. 125. Niidi kleepimine klaasi külge.

(joon. 125 *A*), millele asetatakse niit, ja tilgutatakse uuesti sulatatud kitti (joon. 125 *B*). Lõpuks tuleb tingimata sulatada kitti kuumaksaetud traadi (roobikese) otsaga (joon. 125 *C*), sest muidu tuleb ta lahti, ja tasandada surudes niiskete sõrmedega.

III Õlikitid (aknakitid). Õlikitt koosneb värnitsast ja peeneksjahvatatud, sõelutud ja hästikuivatatud kriidist. Püsiva, mittevariseva kiti saamiseks on tähtsaimaks nõudeks kvaliteetse värnitsa kasutamine. Naturaalne värnits (§ **9**, 2, VII) annab veekindla kiti, mida on pärast kuivamist raske isegi noa ja peitliga eemaldada.

Kiti valmistamiseks raputatakse koonusekujulise süvendiga raudplekile kuhi kriiti. Süvendisse valatakse veidi värnitsat (joon. 126) ja segatakse pulgakesega. Sealjuures on tähtis, et pleki ja kiti vahele jääks kriidikiht, sest muidu kitt kleepub pleki külge.



Joon. 126. Kiti valmistamine.

Pärast seda sõtkutakse kitti kriidikihil nagu tainast kuni vajaliku paksuseni. Tunnuseks, et kitt on küllalt hästi segatud, on see, et ta enam sõrmede külge ei kleepu.

Kvaliteetseimat õlikitti saab valmistada segades 6—8 osa eriti peeneks jahvatatud kriiti (hambapulbrit) 2 osa peenekshõõrutud seatina- või tsinkvalgega (esimene on parem), sama hulga rauamennikuga ja 2—3 osa naturaalse värnitsaga. Sellist kitti soovitatakse kasutada katseriistade, akvaariumide jt. kleepimiseks.

Õlikitti ei tule kaua hoida õhu käes, sest ta kõvastub ruttu (algul pindmiselt, pärast aga ka seesmiselt). Kui kitti on tarvis hoida mõni päev, siis paigutatakse ta anumasse vette.

Kunstlikust värnitsast valmistatud kitt kõvastub kiiremini kui naturaalsest värnitsast valmistatud. Veekindlus võib olla mitmesugune ja sõltub kunstliku värnitsa koostisse kuuluva naturaalse värnitsa sisaldusest. Mineraalõlisse segatud kitt ei kõvastu üldse. Aknaraamide kittimiseks võib kasutada kõvastuvat, kuid kevadel kergesti mahalangevat kitti, mis koosneb 2 osast kampolist (jagu 2, VII), 1 osast sulatatud rasvast ja 9—10 osast jahvatatud krii-

dist. Selle valmistamiseks sulatatakse kampol ja lisatakse alguses rasv; kui see on sulanud ja segunenud kampoliga, puistatakse juurde kriit. Kitti tuleb nõrgal tulel soojendades puupulgaga hästi läbi segada.

IV Mendelejevi ja faradei kitt. Nagu juba selgus, on mendelejevi kitil füüsikakabinetis väga suur tähtsus. Siiski võib tema asemel kasutada ka oma koostiselt ja valmistusviisilt lihtsamat faradei kitti.

Mendelejevi kiti koostis on järgmine:

Kampol	100 osa
Vaha (naturaalne)	25 „
Mennik[1]	40 „
Värnits (naturaalne)	1 „

Kiti valmistamiseks sulatatakse pannil vaha, kõrvaldatakse vaht (kui seda tekib) ja lisatakse kampolit[2]. Pärast seda on väga soovitav, kuid mitte tingimata vajalik, kuumutada 1,5—2 tunni jooksul temperatuuril 180—200°. Siis lisatakse malmpannil tugevasti kuumutatud mennik ja lõpuks valatakse juurde värnits. Segu tuleb keetmisel vahetpidamata segada. Kui kitt on valmis, valatakse ta seebiga seestpoolt määritud paberist vormidesse (torudesse ja karpidesse).

Faradei kitti valmistatakse mendelejevi kiti sarnaselt. Tema koostis on selline:

Kampol	5 osa
Vaha (naturaalne)	1 „
Mennik	1 „

Kasutamisel pehmendatakse mendelejevi ja faradei kitti nagu kirjalakkigi, s. t. kuumutatakse piirituslambi leegil.

V Mitmesuguseid kitte.[3] Kitt klaasi ühendamiseks klaasiga.

Põldpagu pulbrina	2 osa
Väga peenike klaasipulber . . .	1 „
Vesiklaas	2 „

Segada kuni hapukoore-taolise massi saamiseni.

Happe- ja leelisekindel kitt (silu glütseriiniga). Seatinasilu (seatinahapendit) kuumutatakse plekitükil 1—2 minutit 200—400° temperatuuril (priimusel) ja segatakse jahtunult glütseriiniga hapukoore-taolise massi saamiseni.

Kitt jahtub poole tunni jooksul, talub kuumust kuni 270°, ei ole tundlik vee, happe, leelise ega kloori suhtes, kleebib puitu, metalli, klaasi, portselani.

---

[1] Mennik (pulbris) on odav punane värv, mida müüakse ehitusmaterjalide kauplustes.

[2] Tuntud füüsik-metoodik V. V. Lermantov soovitab veidi teistsugust kiti valmistamise viisi, nimelt: sulatanud vaha ja kampoli «keeta ühtlasel tulel, kuni vaht iseenesest, ilma ära võtmata sadestub». «Kui kompol on sulanud, tuleb otsekohe vähendada tuld ja püüda kaotada vahtu tempertuuril, mis on pisut kõrgem kiti täielikuks sulatamiseks vajalikust temperatuurist».

[3] Vt. ka § 18, 12, VIII.

Soojusekindel kitt (talgist). Müügilolevat talgipulbrit segatakse vesiklaasiga kuni hapukoore paksuse massi saamiseni. Kõvastub umbes tunni jooksul. Talub kuumust kuni 400—500°.

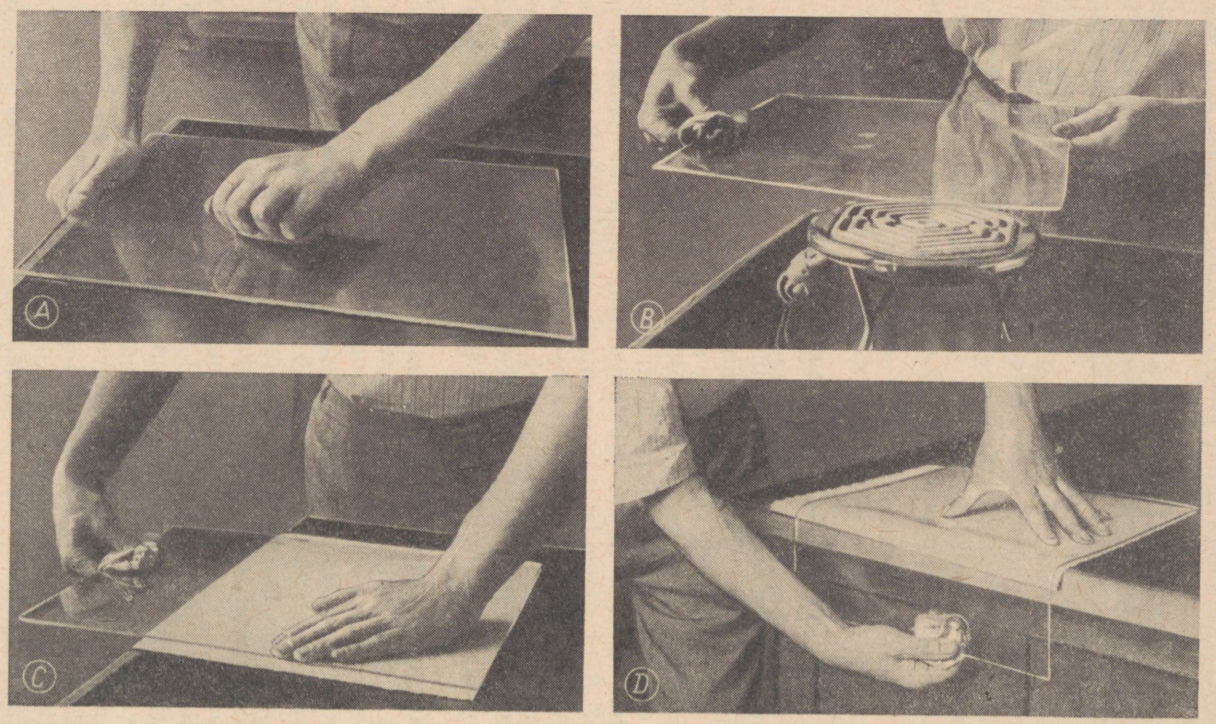
Akvaariumikitt (V. V. Lermantovi järgi). «Võetakse ruumalalt võrdsed osad silu (seatinahapendit), peenendatud pimssi ja põletatud kipsi (teise retsepti järgi ehitustsementi), poolteist osa peenendatud kampolit ja segatakse keedetud linaõliga (värnitsaga) tihedaks taignaks. Seisnud 12 tundi, muutub mass plastiliseks, ja siis tulebki kitti kohe tarvitada, sest ta kõvastub ruttu. Olgugi, et kitt seest kuivab aeglasemalt, on ta juba järgmisel päeval pinnalt niivõrd kuivanud, et peab vett. Soojendamisel muutub ka kuivanud kitt pehmeks.» (В. В. Лермантов, Методика физики).

8. Pleksiklaasi painutamine ja liimimine.

I Kuumutamine. Pleksiklaas, mille omaduste kohta vt. § 11, 2, XI, muutub plastiliseks soojendamisel 105—150 kraadini. Kuid lihtsaks painutamiseks jätkub tema soojendamisest keema aetavas vees. Ratsionaalsem aga on soojendada teda kuumas tõusvas õhuvoolus, elektripliidi või petrooleumipriimuse kohal. Pleksiklaasi lehte nihutatakse seejuures vahetpidamata, nagu on näidatud joonisel 127 *B* ja soojendatakse peamiselt sellelt kohalt, kust teda tahetakse painutada. Väikese ribakese soojendamiseks võib kasutada piirituslampi. Soojendada tuleb niikaua, kuni käega katsudes pleksiklaas tundub plastilisena. Tehes proovikuumutamisi, võib õpetaja omandada viimuse kindlaks teha kuumutamise vajaliku määra.

II Nurgipainutamine. Pleksiklaasi saab painutada laua äärel või, mis veel parem, selleks valmistatud tahvlil, mille serv on vastavalt painutamise nõuetele kas ümardatud või vastupidi, moodustab kahetahulise täisnurga. Tahvli pind ja eriti ääred peavad olema klaasipaberiga siledaks lihvitud (§ 8, 19, II), sest pehmenenud pleksiklaas võib muidu vastupressimisel võtta selle pinna struktuuri. Otstarbekohane on laotada tahvli äärele leht head paberit või parem baikat või veel parem, flanelli (joon. 127 *C*). Painutada tuleb nii, nagu on näidatud joonisel 127 *D*. Soovitav on, et abiline suruks flanellist või baikast tampooniga painde ümbruses tahke ja pressiks need tasaseks, mis pole aga tarvilik, kui pleksiklaasi on küllalt soojendatud. Valmistanud vormi või kasutades šabloonina sobivaid esemeid, võib samal viisil painutada pleksiklaasi näiteks silindrilistel, koonilistel ja teistel pindadel.

Soojendades painutatud peksiklaasi painde kohalt, saab teda vajaduse korral sirgeks ajada. Selleks tuleb pleksiklaas asetada siledale pinnale (lauaplaadile või klaasile) ja pressida flanellist tampooniga (joon. 127 *A*).



Joon. 127. Pleksiklaasi poleerimine (*A*). Soojendamine (*B*) ja painutamine täisnurkselt (*C* ja *D*).

III Pleksiklaasi vormimine pressimisstantsidega. Muutnud soojendamisel (alljaotus I) pleksiklaasi plastiliseks, pole raske, juhul kui on olemas optilise läätse või mõne muu eseme mudel, anda talle selle läätse või muu eseme pinna kuju. Nii näiteks hankinud mõneks ajaks kondensori suure läätse[1], saab seda kopeerida.

Mudel võib olla valmistatud ka puidust või mõnest teisest materjalist, mis talub kuumutamist 150—200°-ni (joon. 128 *A*) ja millele on peale kleebitud baikat. Võib piirduda ainult matriitsiga, kuid võib teha ka puansooni. Kopeeritav lääts või matriits asetatakse lauale ja pleksiklaasi kuumutatakse (joon 127 *B*) niikaua, kuni ta hakkab raskusjõu mõjul mõnevõrra painduma. Asetanud pehmenenud pleksiklaasi flanellist tampooni abil läätsele, vormitakse teda, surudes vastu läätse pinda (joon. 128 *B*). Kui on olemas matriits ja puansoon, siis kleebitakse nende pinnad baikariidega ja asetatakse pleksiklaasi leht matriitsile. Alguses toimitakse, nagu ülal näidatud (joon. 128 *B*); pärast töötatakse puansooniga nagu pressiga, vormitakse pleksiklaas lõplikult ja jäetakse kuni jahtumiseni seisma.

IV Liimimine. Pleksiklaasplaate saab hästi liimida mitte üksnes lapiti (serv serva peale), vaid ka serviti (serv serva vastu). Kõige lihtsam on pleksiklaasi liimida diklooretaaniga, mida kantakse pintsli abil liimitavatele kohtadele. Sellistest lahustitest, nagu kontsentreeritud äädikhape (§ **24**, 3, IV) ja atsetooni segu[2] amüülatsetaadiga (§ **9**, 2, XII), tuleb algul valmistada liim. Liimi valmistamiseks kallatakse need lahustid tiheda korgiga suletavasse pudelisse, lisatakse juurde pleksiklaasi laaste, viilmeid või tükikesi ja loksutatakse aeg-ajalt segu kuni siirupitaolise massi saamiseni.

Liimühendi tugevus oleneb peamiselt sellest, kui hoolikalt on liimitavad osad teineteise külge sobitatud. Need osad tuleb tingimata niivõrd tihedasti teineteisega kohastada, et nende vahele ei jääks väikseimatki vaheruumi. Selleks tuleb pindu viilida (§ **11**, 10) ja lihvida (§ **11**, 2, XI). Kui kleebitakse serv serva vastu, siis tahkude õigeks viilimiseks (külgpindadega risti olevat tasaste pindade saamiseks) on soovitav pleksiklaas pigistada kahe ühesuguse terasjoonlaua vahele (joon. 144 *A*), siis saavutatakse lihvides peenviiliga (joon. 138) kergesti häid tulemusi. Teiseks liimi püsivuse tingimuseks on liimitavate osade puhtus, mida saavutatakse bensiini ja puupiiritusega puhastamise teel.

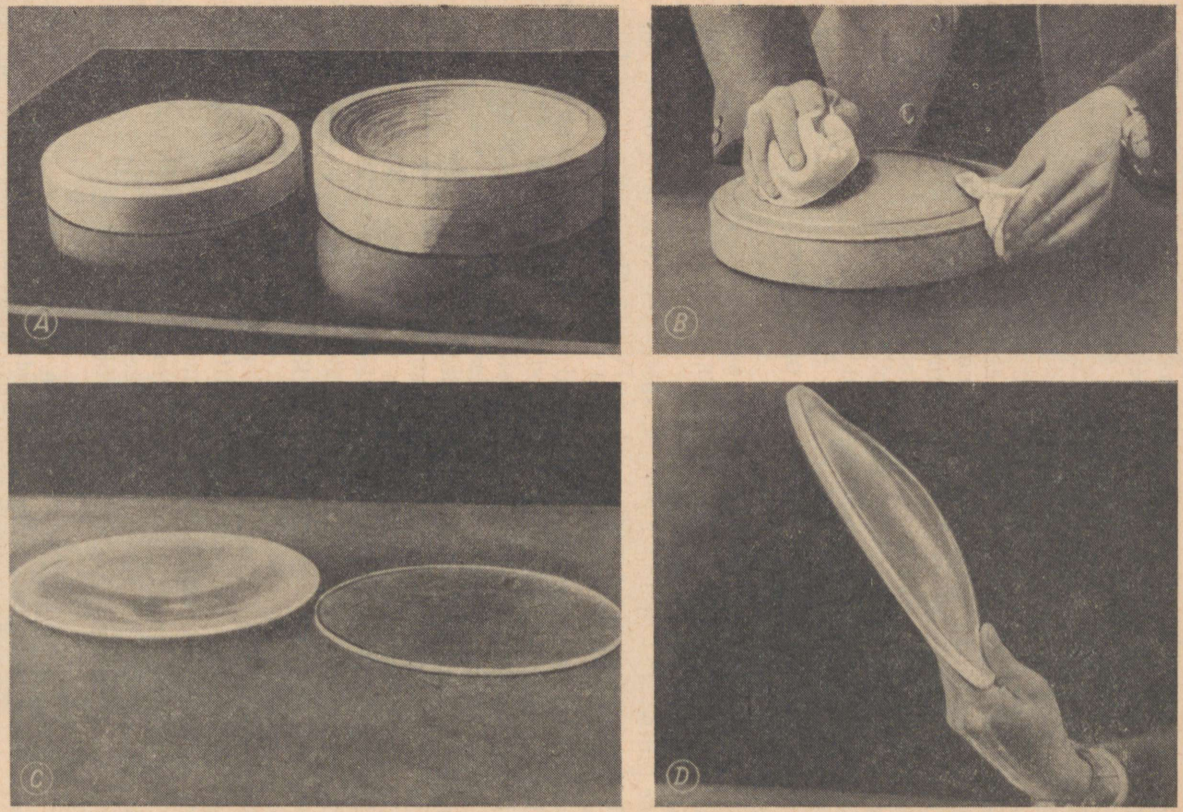
Liimimiseks määritakse pinnad pintslikese abil diklooretaaniga või eelosutatud lahustega, asetatakse teineteise peale või serv serva vastu ja pressitakse raskuse või pitskruvi[3] abil. Liitekohalt

---

[1] Kirjeldused ja fotod (joon. 128 *A-D*) vastavad tasakumerate läätsede valmistamisele, mida kasutatakse fotosuurendustel ($d = 24 - 25\ cm$) ja mõnede klassis demonstreeritavate väikeste objektide nähtavuse tagamiseks. Muuseas kasutatakse selliseid läätsi ka televiisori ekraani mõõdete suurendamiseks.

[2] Küüntelt laki mahapesemise vedelik. Müügil apteekides.

[3] Rõhu jaotamiseks tuleb alusena kasutada vineerplaate, kooli joonlaudu jms.



Joon. 128. Läätse osade vormimise puansoon ja matriits (*A*). Vormimine väljavenitamisega (*B*). Tasakumerläätse osad (*C*). Lääts pärast osade kokkuliimimist (*D*).

väljasurutud liigne liim tuleb kohe žiletiteraga eemaldada. Ühtejäämine toimub mitme tunni pärast. Joonistel 128 *C* ja *D* on näidatud lääts, mis on kokku liimitud mudeli kumeral osal vormitud pleksiklaasist ja tasasest plaadist.[1]

§ 11. LUKKSEPATÖÖDEST.

1. Tööde otstarve.

Ringitöös valmistatakse katseriistu peamiselt puidust, klaasist, papist, plekist, traadist jm.; mõnedel juhtudel aga ei saa läbi ilma metallosadeta, mis vajavad lukksepatööd. Sedasama võib vaja minna ostetud katseriistade remontimisel. Lukksepatöö oskuse omandamine on aga niivõrd pikaajaline ja töömahukas protsess, mitte ainult õpilastele, vaid ka õpetajale, et ringitöös tuleb piirduda kõige lihtsamate tööriistade ja töövõtete kasutamisega, vahel aga isegi asendada metall teiste sobivamate materjalidega selleks, et kergendada ja kiirendada töötlemist. Õpetaja ja õpilased peavad seega ainult oskama kõige lihtsamatel juhtudel õigesti kasutada lukksepatööriistu, näiteks kui on vaja metalli lõigata, pisut viilida ja puurida. Seepärast ei kirjeldatagi siin õieti lukksepatööde võtteid, vaid antakse ainult kõige üldisemaid näpunäiteid, kuidas käsitseda tähtsamaid lukksepatööriistu, milledeta ei saa läbi ringi mistahes praktilises töös ega ka füüsikakabineti majandamisel üldse.

Arvestades klassivälise töö ülesandeid, tuleb õpetajal ringi tööks aegsasti ette valmistada vajalikud «poolfabrikaadid», nii et õpilane vaid viimistleks osad ja monteeriks katseriista, mitte aga ei valmistaks teda tervikuna. Seda tuleb veelkord rõhutada, sest sageli võib tähele panna, et ringides füüsika kaob «käsitöö» harrastamise varju. On soovitav, et tööriistade (kruustangid, viil, trill) käsitsemise võtteid näidataks kõigile õpilastele. Iga õpilane kasutab neid võtteid muidugi ainult osaliselt, sõltuvalt tema poolt valmistatava katseriista liigist. See omakorda kohustab aga õpetajat teataval määral võtteid valdama, et mitte levitada primitiivset nokitsemist.

2. Materjalid.

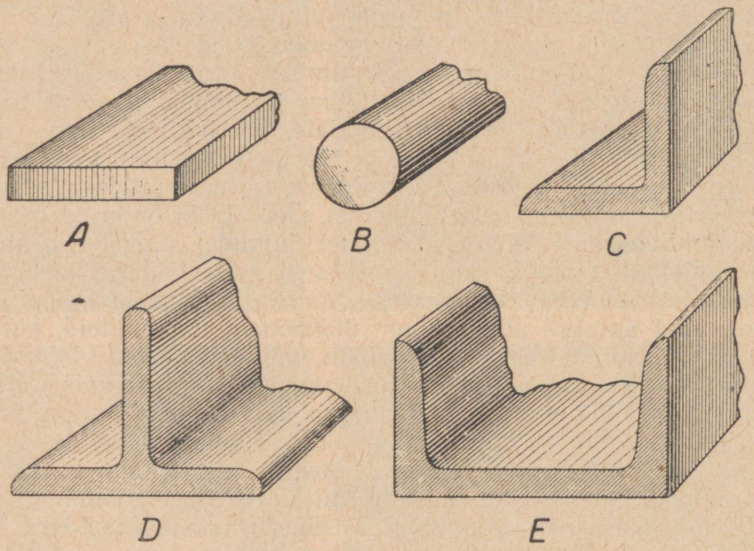
Viimistlemisel tuleb töötlemise lihtsustamiseks harilikult püüda selle poole, et katseriistade metalldetailid valmistataks värvilistest metallidest. Peale selle raud, eriti kui ta on halvasti töödeldud pinnaga, oksüdeerub kergesti, s. o. roostetab. Rauda tuleb kasutada vaid neil juhtudel, kui ta on vajalik kui aine (magnetojuhe jm.).

Alljärgnevas materjalide loetelus on toodud mitte üksnes metallid, vaid ka mõned isoleerained, millede töötlemiseks on vaja lukksepa tööriistu ja töövõtteid.

---

[1] Sellise läätse kasutamiseks tuleb ta sissetehtud avause kaudu täita destilleeritud veega, parafiinõliga või glütseriiniga.

I Raud[1]. Pole vajadust kabinetti varuda mitmesuguseid vanu raudosi, näiteks masinaosi, mis on suuremalt osalt malmist või terasest ja vaid suure vaevaga töödeldavad. Peale lehtraua (katusepleki), valgepleki ja traadi on oluline koguda ümar- ja lattraua (joon. 129 *A* ja *B*), aga ka nn. vitsraua ($b = 1-3$ *mm*) tükke. Samuti on vajalikud vee- ja gaasitorude tükid. Kui raudosad on raskelt viilitavad, lõigatavad jne., siis on kasulik neid töötlemise kergendamiseks esialgu lõõmutada (jagu 4). See on tavaliselt vajalik terase[2] puhul, sest muidu on tema töötlemine väga vaevarikas ja teinekord kooli tingimustes isegi täiesti võimatu.



Joon. 129. Mõned profiilrauad: *A* — lattraud, *B* — ümarraud, *C* — nurkraud, *D* — T-raud, *E* — U-raud.

II Messing on lukksepa väiketoodete põhimaterjaliks. Tuleb seada endale reegliks koguda igasuguseid messingosi ja lõikmeid, milledest enamik sobib kasutada katseriistade valmistamisel. Mittekõlblikud osad aga tuleb ära anda kui utiil. Eriti vajalikud on messingpleki ($b = 1-3$ *mm*) ja ümar- ning lattmessingi tükid, mida võib saada kooli tööndusliikult šefilt.

---

[1] Oskussõna raud kasutatakse siin tingimisi. Tõepoolest, mitmesuguste esemete valmistamiseks, mida me nimetame igapäevases elus raudesemeteks, kasutatakse raua ja süsiniku sulandeid — terast. Seepärast oleks kooskõlas kaasaegse teaduslik-tehnilise terminoloogiaga õigem rääkida näiteks katuseraudpleki asemel katuseterasplekk, transformaatori-raudpleki asemel terasplekk jm. Edasises käsitluses me mõistame sõnaga «raud» kõiki raua ja süsiniku sulandeid, mis ei karastu (jagu 5).

[2] Kaugeltki iga teras ei nooldu, s. t. ei muutu pärast lõõmutamist pehmeks.

Koolitöökoja tingimustes on messing kergemini ja puhtamalt töödeldav kui raud. Ta on hästi joodetav ja tinutatav. Vasaralöökide all messing venib, kuid vähemal määral kui punane vask; venivus suureneb kuumendamisel või pärast lõõmutamist (jagu 4); ümberpöördult — tagumine külmalt suurendab tema elastsust. Ta on metallisaega ja plekikääridega (lehtmessing) kergemini lõigatav kui raud. Gaasipõletil, mis on varustatud õhupuhumise seadeldisega saab messingit sulatada (900°) ja kasutada valamiseks[1].

III Punane vask. Punast vaske on kaunis raske saada, kuid erilist vajadust tema kui toormaterjali järele ei ole, välja arvatud juhud, kus teda on vaja kui vaske, s. o. soojusjuhtivuse, erikaalu, elektrijuhtivuse (vt. k. I joon. 120, IV) jm. tundmaõppimiseks. Vaskpleki puudumisel võib mõnedel elektrolüüsi katsetel kasutada elektrijuhtmete vasktraati. Mudelite ehitamisel on oma painduvuse tõttu eriti kasulikud vasktorud, mida tarvitatakse mõnedes masinates õli ja bensiini juhtimiseks.

Ta on suurepäraselt joodetav ja tinutatav. On väga kergesti lõigatav metallikääridega. Vasarahoopide all venib hõlpsasti. Paindub palju kergemini kui messing. Poleeritult oksüdeerub kiiresti (tuhmub), eriti pärast kätega puudutamist (rasvad ja happed).

IV Alumiinium. Alumiinium on kõige sobivam metall omavalmistatud katseriistade jaoks. Samuti nagu messingitki tuleb koguda kõiki alumiiniumitükke, seda enam, et lukksepa väiketoodeteks mittekõlblikud tükid võib sulatada (658°) ja kasutada valamiseks (§ 10, 4, VII). Vanu alumiinium-elektrijuhtmeid kasutatakse vajaduse korral kui alumiiniumtraati. Suurema pehmuse tõttu on ta töödeldav veel kergemini kui messing. Vasaralöökide all venib. Alumiiniumi põhipuuduseks mõnedel töödel on jootmise raskus (§ 12, 11, II). Ta kattub silmapilkselt äärmiselt õhukese oksüüdi kihiga, mis annab talle küll tuhmi välimuse, kuid kaitseb erandlikult kindlalt edasise oksüdeerimise eest. Duralumiinium ja mitmesuguste markidega koltšugalumiinium on tugevamad ja elastsemad alumiiniumi sulandid, teinekord aga ka vähevenivad ja rabedad. Tähtis on teada, et alumiinium ei tohi kokku puutuda elavhõbedaga, mis muudab alumiiniumi otse silmade all valgeks pulbriks.

V Tsink. Tsinki on raskem saada kui vaske ja alumiiniumi[2]. Ta on eriti vajalik mitteelektrifitseeritud koolis — galvaani elementide elektroodide valmistamiseks.

Tuleb kõige hoolikamalt koguda igasuguseid tsinkosi ja lõikmeid, sest neid saab kergesti sulatada ja kasutada valatud esemeteks (§ 10, 4, VII). Ta on kergesti joodetav, lõigatav ja painutatav. Tsingi pinda ei saa viimistleda peegliläikeni, sest ta oksüdeerub silmapilkselt ja tuhmub. Katmisel elavhõbedaga (amalgaamimisel)

---

[1] Messingi sulamistemperatuur on antud sulandi jaoks 60% Cu ja 40% Zn.

[2] Tsinkpulgakesi (elemendi elektroodid) ja -plaadikesi on võimalik teinekord osta elektritarvete ja õppevahendite kauplustest. Tsinki müüakse tükikestena ka keemiakauplustes.

muutub rabedaks. Kasutada tsinki toodeteks, kui teda pole vaja just nimelt tsingina (elektroodid, kehad erikaalu määramiseks jm.), pole mõtet.

VI Marmor. Marmor on üldtuntud mineraal (kivi), mida kasutatakse füüsikakabinetis kui isolaatorit, peamiselt elektrijaotuskilpides ja samuti lülitite, kaitsmete jm. monteerimisel. Marmori killud kasutatakse ära süsihappegaasi saamiseks. Marmor satub kabinetti vanaaegsete marmor-pesulaudade või elektrikilpide tükkidena. Ta on rabe ega talu sugugi vasaralööke. Teda saetakse tislerisaega (peenehambulise saega ja metallisaega, järjest veega niisutades, mis vähendab kõvadust), kuid see rikub tugevasti saagi ja hõõrub lõpuks saehambad hoopis maha. Seepärast tuleb kasutada vaid vanu saelehti. Marmorit puuritakse metallipuuridega (jagu 9, VII), niisutades veega.

Õlid rikuvad marmorit, tekitades kollaseid laike. Samuti tuleb vältida raudosade asetamist marmorile, sest nende roostetamisel tekivad roosteplekid, mida on raske kõrvaldada. Õli- ja roosteplekkide eemaldamisest vt. § **26**, 11.

Marmori pinnale läike andmiseks on kõige lihtsam hõõruda teda villase lapi abil loomuliku vahaga. Selle töö kergendamiseks on kasulik marmorit soojendada, näiteks suvel päikese käes, talvel elektrikiirgusahju kiirtega.

VII Kiltkivi, asbestotsement. Kiltkivi on halli värvusega mineraal, mida kasutatakse kui isolaatorit ainult vinnaklülitites ja teistes montaažidetailides. Töödeldakse teda samuti nagu marmoritki, kuid kiltkivi suurema kõvaduse tõttu on töö vaevarikkam.

Asbestotsement on plaatidekujuline isoleermaterjal, mis koosneb tsemendi abil ühendatud asbestikiududest. Töödeldakse teda nagu marmorit, kuid töötlemine on kergem. Ta ei talu vasaralööke ja praguneb. Imab endasse vett ja õli. Pind on kare, hall. Teda võib töödelda klaasi- või smirgelpaberiga, värvida aniliinvärviga (§ **9**, 2, IV), läike saamiseks ning veekindlaks tegemiseks aga katta õli- või sapoonlakiga (§ **9**, 7). Asbestotsement on väga kasulik omavalmistatud katseriistade isoleerivate osade valmistamisel, seda enam, et ta ei karda soojendamist.

VIII Fiiber. Fiiber on punase või pruuni värvusega isoleermaterjal, millel on suur mehhaaniline tugevus. Töödeldakse teda kui metalli (metallisaag, puur, viil). Tugeva kuumendamise puhul ta rikneb; on väga hügroskoopne.

IX Tekstoliit. Tekstoliit on pruuni värvusega isoleermaterjal, mis mehhaaniliselt on veel tugevam kui fiiber. Ta koosneb omavahel kokkukleebitud puuvillariide kihtidest. Ta ei karda isegi tugevaid vasaralööke. Töödeldakse teda samuti nagu metalli (metallisaag, puur, viil). Läike andmiseks võib teda katta piiritus- või sapoonlakiga (§ **9**, 6 ja 7); on hästi poleeritav. Osta saab teda raadiokauplustes plaatide lõigetena.

X Eboniit. Eboniit on must, harvemini pruun materjal, mis koosneb kautšuki ja väävli sulandist. On suurepärane isolaator. Päikesevalguse ja aja mõjul muutub pinnalt roheliseks või pruuniks ja kaotab isoleerivad omadused. Eboniidi isoleerivad omadused taastuvad, kui kõrvaldada pealmine kiht (peene klaasipaberiga); kui see aga ei aita, siis on vajalik eriline keemiline menetlus[1]. Käesoleval ajal asendatakse eboniiti katseriistades plastmasside või teiste ainetega. Füüsikakabinetis leidub eboniiti pulgakestena elektriseerimiseks ja vana süsteemi katseriistade osadena. Eboniit on kõva, kuid väga rabe. Ta on lõigatav metalli- ja isegi tisleri- (väikesehambulise) saega (joon. 50), kuid nürib tugevasti tööriista, sest tema struktuuris esineb väävlikristalle. Puuritakse teda metallipuuridega. Ta on viiliga kergesti viilitav ja peenikese klaasipaberiga lihvitav.

XI Pleksiklaas. Pleksiklaas kuulub nn. termoplastikute, s. o. plastmasside hulka, mis pehmenevad soojendamisel. Pleksiklaas on läbipaistev klaasitaoline materjal, mille tõttu teda nimetatakse orgaaniliseks klaasiks, kuid ta on palju vähem rabe kui klaas. Teda leidub kõige sagedamini mitmesuguse paksusega plaatidena ($d = 2—10\ mm$), harvemini pulgakeste või varbadena ($d = 2—10\ mm$). Ta on huvitav oma optiliste omaduste poolest, on suurepärane isolaator ega ole nii hügroskoopne kui klaas.

Esitame pleksiklaasi kohta mõned füüsikalis-tehnilised andmed, kuna pleksiklaas on ilmunud koolipraktikasse alles sõjajärgsel perioodil ja neid andmeid leidub ainult uuemates teatmikes.

Füüsikalis-tehnilised andmed pleksiklaasi kohta.

Tabel X

Erikaal	1,18—1,19 $\frac{G}{cm^3}$
Katkemispiir	500 kG/cm^2
Joonpaisumise koefitsient	8×10^{-5} 1°C kohta kuni 13×10^{-5} 1°C kohta.
Soojusjuhtivuse koefitsient	0,16 $cal/m \cdot tund \cdot kraad$
Erisoojus	$C_p = 0,12 — 0,17$ $kcal/kg$ 1°C kohta.
Dielektriline konstant	3,4—3,6
Ruumtakistus	10^{15} Ω/cm^3
Murdumisnäitaja	1,488—1,489
Läbipaistvus	91,92%
Hajutamine	0,008

Õpetajale, kes soovib põhjalikumalt tutvuda pleksiklaasi omadustega ja tema töötlemise viisidega, soovitame raamatut: П. П. Успасский, Плексиглас.

[1] Eboniidi juhtivus tekib teinekord osooni mõjutusel eboniidile, mille tõttu tekib väävelhape. Sel juhul tuleb eboniit läbi pesta ammoniaagiga (§ 24, 3, XIII), puhta lapiga kuivaks nühkida ja siis üle hõõruda villase riidega, mis on kergelt niisutatud väävelsüsinikuga.

Pleksiklaasi tähtsusest koolis ja tema töötlemisest vt. ajakirjas «Физика в школе», 1949, nr. 5 artiklis Дубов и Покровский, Применение органического стекла в физических приборах.

Pleksiklaas on võrdlemisi kergesti töödeldav, mille tõttu teda tuleb tungivalt soovitada igat liiki elektriisolaatoriteks ja samuti mõnedes katseriistades klaasi asemel kui «mittepurunevat» materjali. Teda saetakse peenehambulise saega[1] või metallisaega (jagu 8). Puuritakse teda metallipuuriga (jagu 9, VII); viilitakse viiliga (jagu 10).

Pleksiklaas on eriti väärtuslik töödes sellega, et ta plaati saab painutada mistahes viisil, välja suruda neis süvendeid jm. (joon. 127 ja 128). Plastiliseks muutub ta soojendamisel (§ **10**, 8, I). Ta on halb soojusjuht, ja kui teda vahetult leegil soojendada, siis soojendatud pind sulab ja seejärel kõmmeldub praginal. Teda on lihtne liimida nii lapiti kui ka serviti (§ **10**, 8, IV).

XII Retortsüsi[2]. Süsi, mida kasutatakse galvaani elementides elektroodidena, on kõrvalsaaduseks valgustusgaasi saamisel kivisöest. Peale galvaani elementide on söed vajalikud kui elektroodid, mis ei astu mingisse keemilisse reaktsiooni hapetega, leelistega ega soolade lahustega, näiteks elektrolüüsi katseriistades ja sealhulgas omavalmistatud Hoffmanni riista elektroodides. Ümarsöed on vajalikud elektrikaare saamiseks.

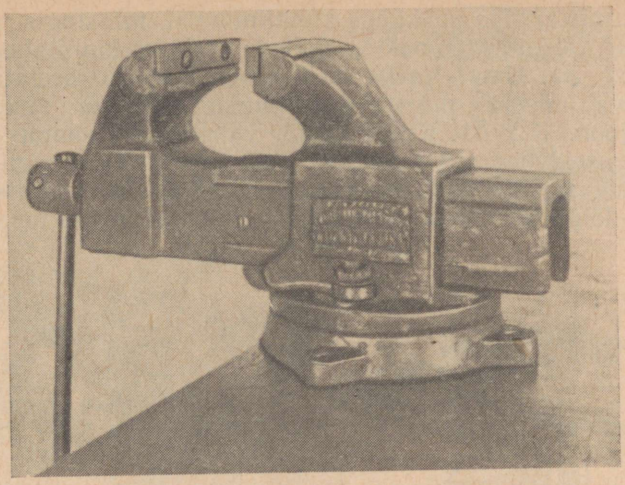
Sütt lõigatakse metallisaega (joon. 142) või äärmisel juhul peenehambulise tislerisaega; ta on hästi viilitav (soovitav vana viiliga) (joon. 159); võimaldab juhtme külgejootmist tingimusel, et ta on eelnevalt vasetatud (§ **25**, 1).

3. Tööriistad.

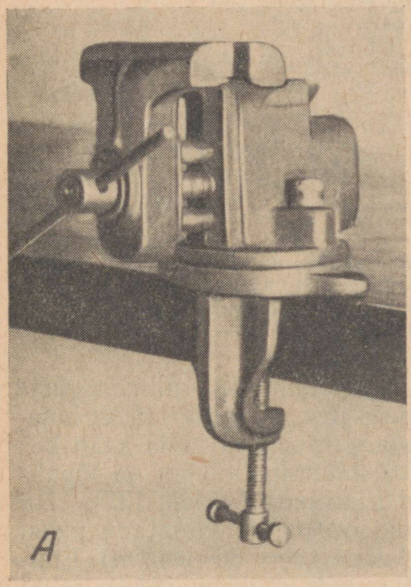
I Kruustangid. Kruustange kasutatakse töödeldava metalli kinnitamiseks saagimisel, viilimisel, raiumisel jm. Võib väita, et füüsikakabineti jaoks on lukksepakruustangid tähtsaimaks tööriistaks, sest niivõrd sagedasti vajavad teda ringitöös nii õpetaja kui ka õpilased. Peale selle kergendavad kruustangid tervet rida töid mitte ainult metallide, vaid ka teiste materjalide (puidu, pleksiklaas, isoleerained jm.) töötlemisel. Parimad on normaalmõõdetega paralleelkruustangid, mida kasutatakse tootmises (joon. 130). Koolis võib täiesti läbi saada ka väikeste kruustangidega, mis kinnitatakse laua külge pitskruvi abil (joon. 131 *A*). Väikeste esemete töötlemiseks on mõnedel juhtudel kasulikud ka käsikruustangid (joon. 131 *B*).

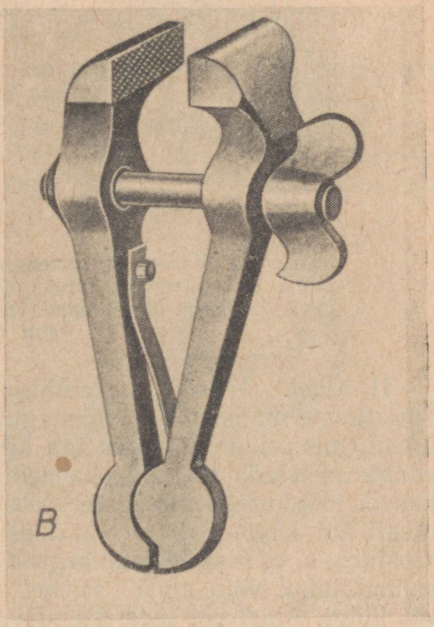
Pehmemetallidest — messingist, alumiiniumist jm. töödeldava eseme pigistamisel kruustangide vahele tuleb meeles pidada, et kruustangide pakid, mis on varustatud raidega, jätavad eseme pinnale jäljed, mida tuleb hiljem maha viilida. Selle vältimiseks ase-

[1] Saag nõrineb tugevasti.
[2] On müügil nii kinotarvete kui ka elektritarvete kauplustes.



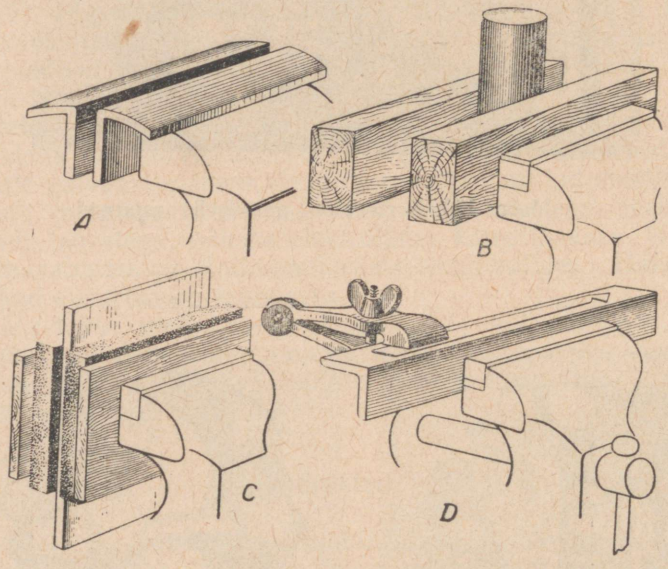
Joon. 130. Normaalsed paralleelkruustangid.





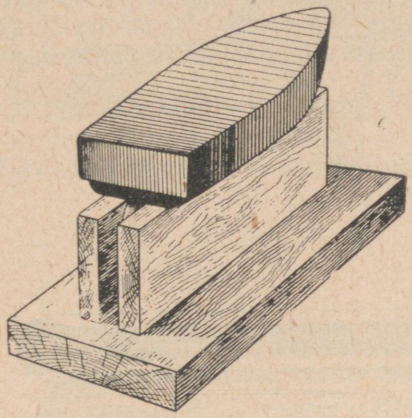
Joon. 131. *A* — väikesed laua-paralleelkruustangid. *B* — käsikruustangid.

tatakse kruustangide pakkidele alumiiniumist, messingist või vasest painutatud täiendavad pakid, millede vahele kinnitatakse detail (joon. 132 *A*). Ümar- ja ka teistsugune materjal asetatakse muljumise vältimiseks pigistamisel puuklotside või vineerilehtede vahele (joon. 132 *B*). Kruustangide vahele saab samuti kinnitada ka niisuguseid hapraid materjale (ettevaatlikult), nagu marmor, eboniit, pleksiklaas jms., kasutades vahetükkidena (peale vineeri) vildikust lõigatud tiheda vildi tükke või riidelappide toppe (joon. 132 *C*).

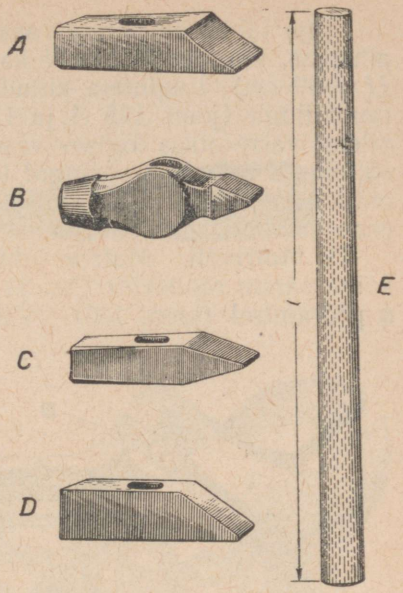


Joon. 132. Vahetükid kruustangide pakkide vahel materjali pinna rikkumise või purukspigistamise vältimiseks. Töödeldava ribakese kinnitamine nurkraua ja käsikruustangide abil (*D*).

II Alasi. Traadi ja plaadikeste õgvendamiseks, mitmesuguste sepistavate materjalide laiakstagumiseks jms. on vaja väikest lauaalasit, mis leidub peaaegu iga kruustangi peal või mida saab hea eduga asendada rööpme-, kahepöialise raudtala tükiga ja lõpuks kasvõi tööpinnaga ülespoole keeratud triikrauaga (joon. 133). Nii alasit kui ka teda asendavaid esemeid on parem kinnitada puust «toolile», s. o. raskele ümmargusele pakule ($d = 30—40$ *cm*). Lihtsaimal juhul võib alasi asemel kasutada puulõhkumiskirve selga või külgi. Alasi või teda asendavate esemete paigutamine lauale pole üldse soovitav töö juures tekkiva suure müra tõttu, alasi väikese massi puhul aga võib tagumine laua ta tappidest lahti logistada.

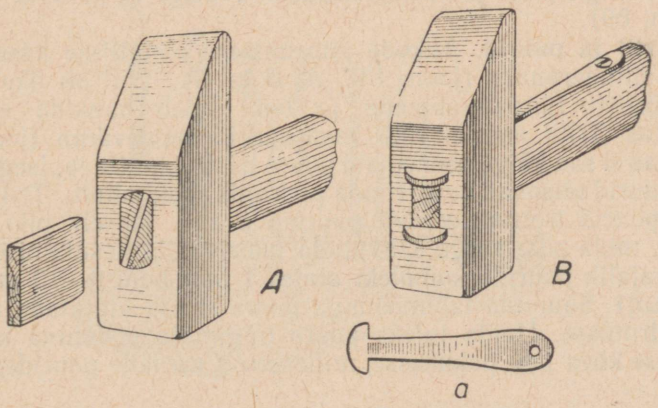


Joon. 133. Hariliku triikraua kasutamine alasina.



Joon. 134. Vasarate kuju tisleri- (*A*), lukksepa- (*B* ja *C*) ja plekksepatöödeks (*D*). Vasara vars (*E*).

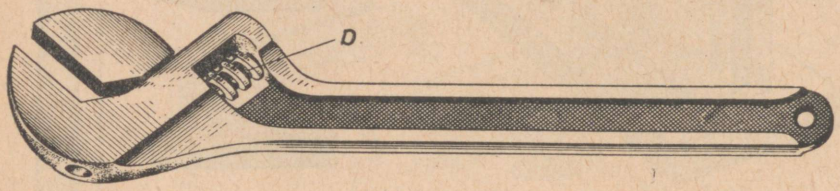
III Vasarad. Vasarate kuju on mitmesugune, sõltuvalt nende otstarbest tisleri- (*A*), lukksepa- (*B* ja *C*) ja plekksepatöödel (*D*) (joon. 134). Vasarad erinevad üksteisest peale oma kuju veel kaalu poolest. Nii näiteks töötamiseks meisliga (jagu 6 ja 7) ja sepistamiseks on vajalikud kõige raskemad vasarad. Vasaraid peaks olema koolis vähemalt kaks (lukksepa- ja plekksepavasar).



Joon. 135. Vasara varre otsa kinnitamine.

Väga tähtis on panna vasarale kestev kõvast puust (tuhkpuu, pihlakas, viirpuu; kõlbavad ka vaher, pöökpuu, tamm, kask) vars ($l = 30$ *cm*), tingimata kiiludes teda kinni puu- (liimitud) või raudkiiluga (joon. 135 *A* ja 135 *B*)[1]. Ebaväärikas on kabinetis viletsa varre otsas logisev vasar. Lubamatu on vasara puudumine, sõltumata sellest, kas ringid töötavad või mitte. Vasar on tingimata kõige esimene asi, mis tuleb soetada füüsikakabinetile, isegi enne katseriistade ostmist.

IV Mutrivõti. Mutrite lahtikeeramiseks on vajalik mutrivõti, kõige parem rootsivõti (Nr. 1), mille pakid lähevad laiali tiguratta *a* pööramisel (joon. 136). Väikeste mutrite lahtikeeramiseks võib



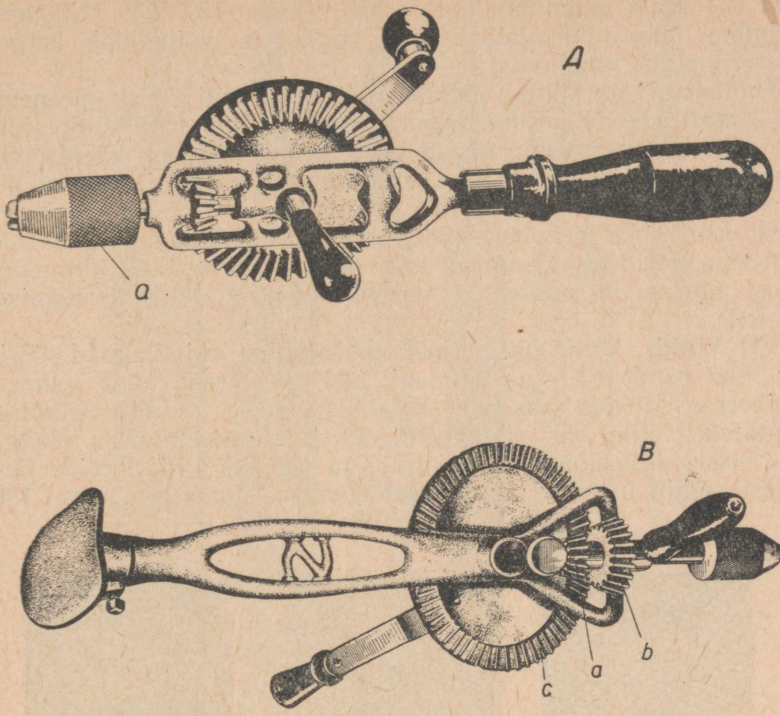
Joon. 136. Mutrivõti.

kasutada lapiktange (joon. 206 *C*), universaaltange (joon. 233), suuremate mutrite jaoks aga käsikruustange (joon. 131 *B*). Lapik- ja universaaltange tuleb kokku suruda küllalt tugevasti, sest muidu libisevad raskelt lahtikeeratava mutri puhul mokad naabertahkudele ja rikuvad mutri servi. Messingmutrite puhul, selleks et vältida jälgede jäämist lapiktangide, käsikruustangide raidest ja universaaltangide mokkadest, tuleb kasutada vahetükke kasvõi paksust paberist.

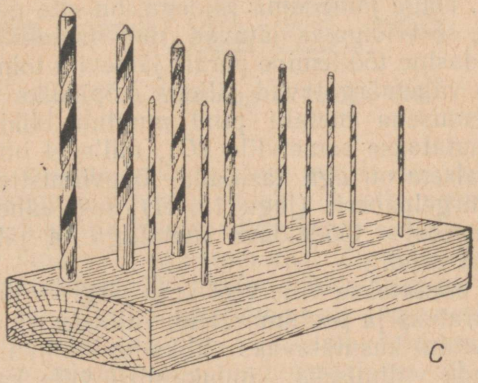
V Kruvikeeraja. Kooli tingimustes kasutatakse sama tüüpi kruvikeerajaid nagu puu- ja elektrimontaažitöödelgi (§ 8, 3, X ja § **15**, 3) (joon. 59).

VI Trill ja puurid. Aukude puurimiseks metallisse kasutatakse trilli ja silinderpuure (joon. 137 *A*, *B* ja *C*). Trill on üks tähtsamaid tööriistu füüsikakabinetis ja teda tuleb hankida esimeses järjekorras. Trilli asemel võib kasutada ka puurivänta (joon. 57), kuid temas ei saa kõige peenemaid puure hästi kinnitada; isegi jämedamad puurid seisavad puurivända padrunis ebakindlalt. Trilli kinnitatakse puurid isetsentreeruva padruni *a* abil täpselt piki pöörlemistelge, mida pole kerge saavutada puurivända kasutamisel. Koolile on vajalik puuride komplekt alates 1 *mm* kuni 9—10 *mm* (iga *mm* tagant). Suurema läbimõõduga puure ei saa kinnitada hariliku trilli padrunisse. Hoida tuleks puure tingimata pistetuna kase või mõne teise kõva puu pakukesse, millesse on samade puuridega puu-

[1] Võimalik on valmistada ka lehtmetallist detailid *a* ja kinnitada need varre külge puukruvidega.



Joon. 137 *A* ja *B*. Trille (hammasrattad *a* ja *b* on mitmesuguste kiiruste saamiseks).

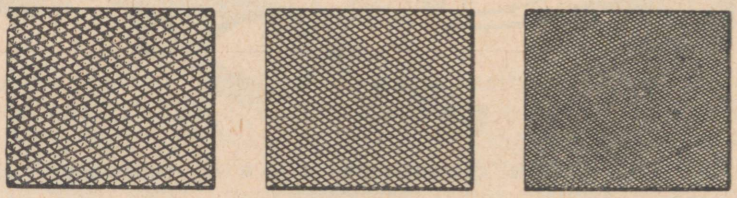


Joon. 137 *C*. Spiraal- (silinder-) puuride komplekt.

ritud vastavate läbimõõtudega pesad (joon. 137 *C*). Niisugune hoidmine lihtsustab vajaliku puuri valikut ja võimaldab kergesti avastada puuri puudumist.

Töötades tuleb silmas pidada, et puurid, eriti kõige peenemad (1—3 *mm*) võivad puruneda; purunemisi juhtub trilli viltuvajumisest aukude puurimisel, samuti liiga suurest survest käepidemele. Kasutamisel puurid nürinevad, eriti kiiresti marmori, kiltkivi ning eboniidi (jagu 2, VI, VII ja X) jms. puurimisel. Tasasel luisul on puure eriti raske teritada, selleks tuleb kasutada ümmargust pöörlevat käia. Kuid ka niisugusel käial pole puuri teritada lihtne, mispärast nürinenud puure on parem aeg-ajalt anda teritamiseks meistrile.

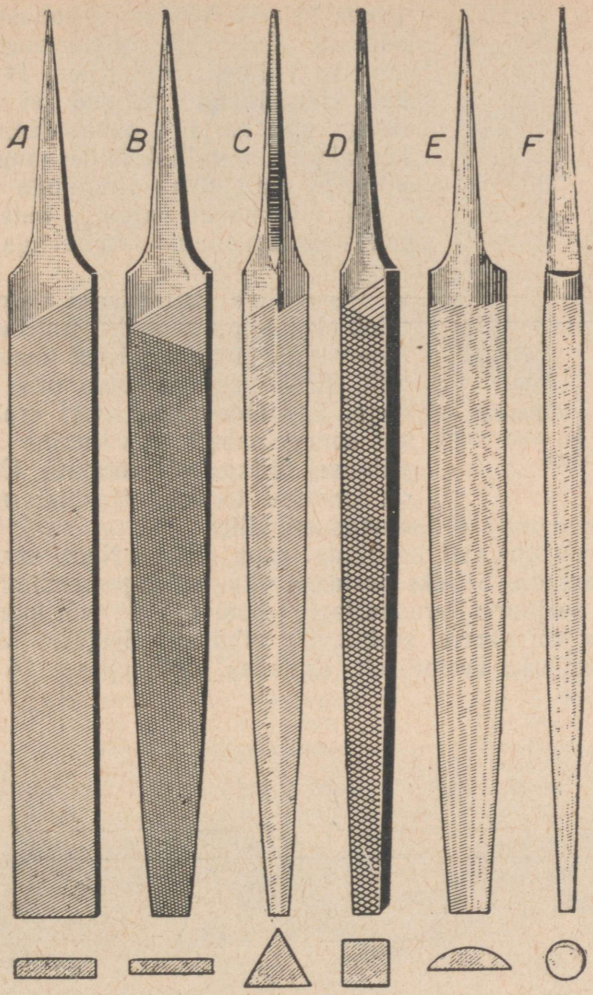
VII Viilid. Viilid on kabineti jaoks kõige vajalikumad tööriistad; ilma nendeta ei saa kuidagi läbi, seepärast tuleb esimeses järjekorras hankida kas või üksainuski viil. Metalli viilimiseks kasutatakse viile, ehk nagu neid harvemini nimetatakse, «saage». Viile eristatakse kõigepealt suuruse ja nendele tehtud raide järgi, millest sõltub metalli pinna äralõikamise sügavus (joon. 138).



Joon. 138. Viiliraided suurendatult: *A* — jämeviili, *B* — peenviili ja *C* — sametviili.

Jämeviilid (*A*), kõige jämedama raidega, on ette nähtud jämedaks eeltöötlemiseks, sest lõigates jätavad nad metallile selgelt nähtavad jäljed. Edasine töötlemine pärast jämeviili toimub peenviiliga (*B*), mis jätab vähemärgatavad jäljed. Lõplikuks viimistlemiseks aga, mille tulemusena metalli pind muutub läikivaks, peaaegu poleerituks, kasutatakse sametviile (*C*), milledel on kõige peenem raie. Ratsionaalsem on aga kasutada lõppviimistlemiseks sametviili asemel smirgelpaberit (jagu 13, II), sest vähekogenud kätes sametviil «ummistub» töödeldava metalliga ja jätab lihvitavale pinnale sügavad vaod.

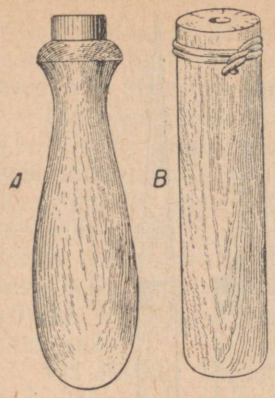
Peale raide eristatakse viile veel kuju järgi — lapik-, nelikant-, kolmkant-, ümarateks ja poolümarateks viilideks (joon. 139). Põhija kõige sagedamini kasutatavaks viiliks on lapikviil, mida tarvitatakse tasapindade viilimiseks; muukujulisi viile kasutatakse profiiltöödeks. Töö mugavamaks muutmiseks tuleb viilid varustada puust peadega, mida müüakse harilikult eraldi (joon. 140 *A*).



Joon. 139. Mitmesuguse kujuga viile.

Silindrikujulise viilipea võib kõvast puust ise valmistada. Viili panemiseks niisuguse pea otsa tuleb auk ette puurida; samuti on kasulik viilipea ülemine ots traadiga kinni siduda (joon. 140 *B*), kuid parem on lüüa viilipea otsa torust lõigatud rõngake.

Viili kiire riknemise vältimiseks ei tule temaga viilida noolutamata terast. Peale selle mõjub viilide eale tugevasti nende hooldamine. Pärast viilimist on osa viililaaste raidesse kinni jäänud. Mida pehmem on metall, seda tunduvamalt on viil «ummistunud»; tina viilimisel näiteks ummistub viil eriti tugevasti. Viili külge jäänud viilmete kõrvaldamiseks kasutatakse terasharjastega harja

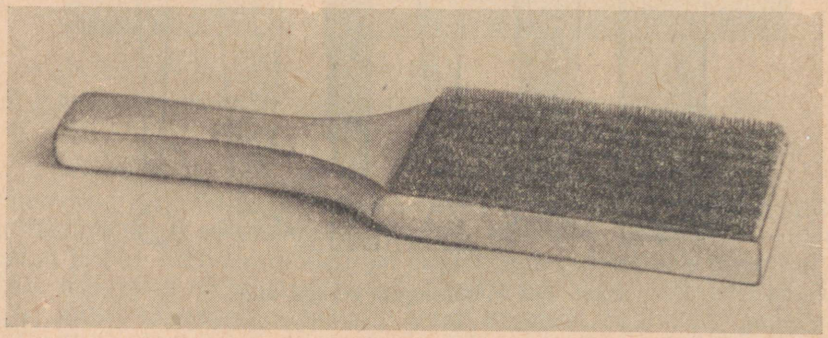


Joon. 140. Viilipead — standardne ja omavalmistatud.

(joon. 141 *A*). Viili tuleb puhastada reeglipäraselt pärast iga tööd temaga ja teinekord ka viilimise ajal (joon. 141 *B*). Isegi kui kinnijäänud viilmeid ei o'e, tuleb ikkagi viili harjaga puhastada, selleks, et kõrvaldada metallioksüüde, mustust, rasva jm. Aeg-ajalt tuleb tingimata pesta viili sellele kogunenud rasva ja mustuse lahustamiseks bensiiniga, mitte aga petrooleumiga[1].

Peenviilide kaitsmiseks rikkumise eest tu'eb oksüüdiga kaetud metalli viilida enne jämeviiliga ja alles pärast kasutada peenviili. Eriti hoolikas tuleb olla sametviilidega, kasutades neid vaid erandjuhtudel, kui smirgelpaberi tarvitamine on mingil põhjusel tülikas või võimatu. Üldiselt aga on soovitav töödeks värviliste metallidega omada eri viile.

Sageli on õpetajal kasutada vanu viile. Neid saab teataval määral taastada. Selleks pestakse viile eelkõige bensiiniga, puhastades neid seejuures terasharjaga (joon. 141 *B*), või kuumas sooda (pesusooda või parem seebikivi[2]) lahuses. Seejärel söövitatakse neid teritamiseks keemiliselt, asetades soolhappesse (§ 24, 3, II)

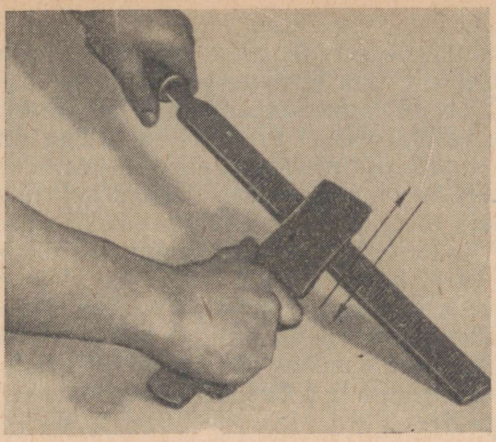


Joon. 141 *A*. Viili puhastamise hari.

või veel parem, vesilahusesse, milles on 100 osa vee kohta 5 osa väävelhapet ja 5 osa salpeeterhapet. Pärast söövitamist tuleb viil kõige hoolikamalt läbi pesta soodalahuses ja voolavas vees.

[1] Peenviil ja seda enam sametviil lakkavad lõikamast pärast nende määrimist petrooleumi või rasvaga. Pärast niisugust määrimist hakkab isegi jämeviil töötama väga halvasti.

[2] Vaata viidet [1] lk. 153.

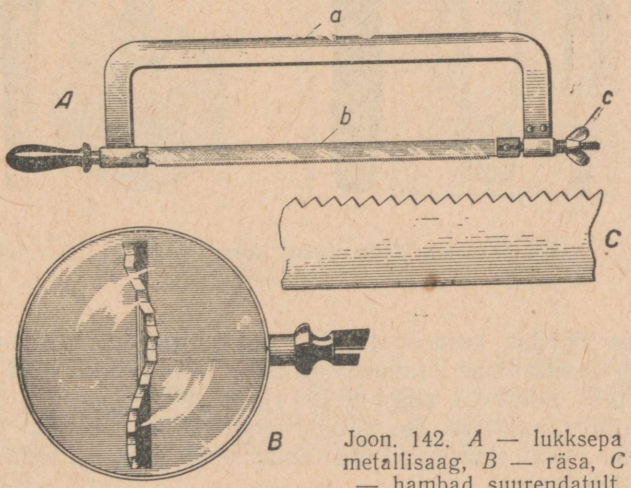


Joon. 141 *B*. Viili puhastamine harjaga.

Ringitöödeks on soovitav niisugune viilide komplekt:

1—2 lapikut jämeviili pikkusega	30—40 *cm*
1 lapik peenviil pikkusega	30 *cm*
1 poolümar jämeviil pikkusega	20—25 *cm*
1 poolümar peenviil pikkusega	20—25 *cm*
1 kolmkant-jämeviil pikkusega	20—25 *cm*
1 kolmkant-peenviil pikkusega	15—20 *cm*
1 ümar jämeviil pikkusega	20—25 *cm*
1 ümar peenviil pikkusega	15—20 *cm*
1 lapik sametviil pikkusega	15—20 *cm*

VIII Lukksepa metallisaag. Metalli lõikamiseks kasutatakse lukksepa metallisaagi, mis koosneb raamist *a* ja vahetatavast saelehest *b* (joon. 142 *A*). Kruvi ühes liblikmutriga *c* on saelehe pin-

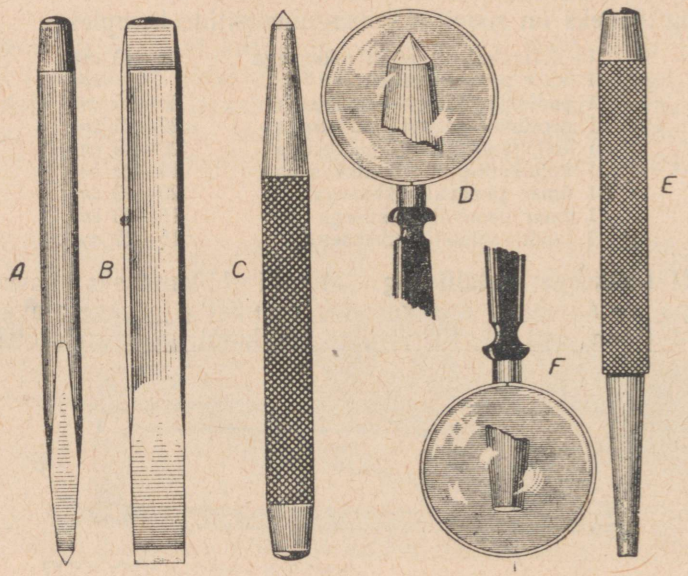


Joon. 142. *A* — lukksepa metallisaag, *B* — räsa, *C* — hambad suurendatult.

gutamiseks. Saelehel on väikesed hambad; räsamine seisab selles, et saelehe hambulisele servale antakse laineline kuju (joon. 142 *B*). Nürinenud saelehte ei saa teritada ja see tuleb asendada uuega. Joonisel 142 *C* on näidatud saehambad suurendatult.

Nürinemise vältimiseks ei tule uue saelehega saagida noolutamata terast ja seda enam marmorit, eboniiti jms. Viimaste saagimiseks tuleb kasutada vanu saelehti. Töötamisel tuleb saelehte ja metalli tingimata määrida mineraalõliga või äärmisel juhul taimeõliga. Marmori ja teiste mineraalide saagimisel tuleb kasutada vett.

IX Meisel, kärn, torn. Meislit (joon. 143 *A* ja *B*) kasutatakse metalli raiumiseks ja raide kandmiseks selle pinnale. Raiumist kasutatakse vahel saagimise asemel kui palju kiiremat võtet (joon. 150). Meislit (tera nurk umbes 60°) tuleb aeg-ajalt teritada smirgelkäial või enne noolutada pehmeks, siis teritada viili abil ja pärast karastada (jagu 5).

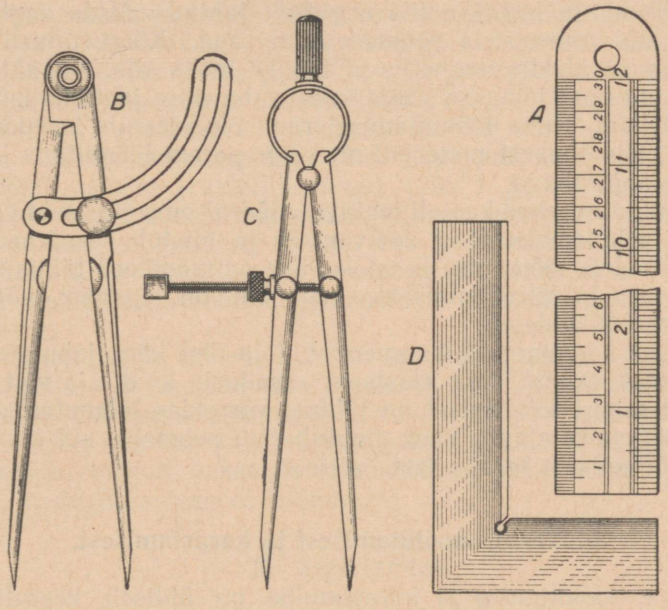


Joon. 143. Meisel, kärn, torn.

Tähtis tööriist, kuid õpetajale vähe tuntud, on kärn (joon. 143 *C*), mida kasutatakse koonusekujulise süvendi löömiseks puuri asetamisel piki oletatava augu telge (joon. 155) (jagu 9, II ja III). Kärni võib valmistada ise vanast ümarviilist, käiates tema otsa koonuseks (joon. 143 *C*); kuid otstarbekohasem on teda osta, sest ta ei maksa palju.

Torn on tähtis koolis mitte niivõrd oma otseseks otstarbeks (augulöömine metallisse puurimise asemel), kuivõrd läbipuuritud aukude laiendamiseks võrdlemisi õhukeses materjalis, kui pole vajalikku jämedamat puuri. Torn kujutab endast ümmargust koonusekujulist nüri otsaga metallvarrast (joon. 143 *E* ja *F*). Teda võib valmistada vanast ümar- või kolmkantviilist.

X Mõõte- ja joonestamiseriistad. Täiesti vajalikud on lihtsaimad mõõteriistad: lukksepa metalljoonlaud (*l* = 20—40 *cm*) ja märksirkel (joon. 144 *A*, *B*). Soovitavad on ka varbsirkel ja mikromeeter (§ **14**, 4 ja joon. 207—210). Enne tööd metallil peavad sellele olema vastavalt joonisele joonestatud valmistatava detaili piirjooned, märgitud tulevaste aukude tsentrid jm. Pliiatsijooned kustuvad kergesti, seepärast tuleb kasutada küllalt kõva märknõela, selleks et metallile jääks selgelt nähtav jälg. Harilik nael joonestab hästi alumiiniumile ja vasele, kuid tema jäljed messingil on



Joon. 144. Lukksepa mõõtejoonlaud (*A*). Sirklid (*B* ja *C*). Nurgik (*D*).

vähe märgatavad. Märknõelaks võib olla terasnaaskel (joon. 56), nõela ots jms. Soovitav on omada ka lukksepa vedrusirklit (joon. 144 *C*). Täisnurkade ehitamiseks ja samuti välise õigsuse kontrollimiseks on väga kasulik eriline lukksepa-, mitte aga koolinurgik (joon. 144 *D*).

XI Smirgelpaber. Smirgelpaberi moodustavad smirgli terad, mis on liimitud riidele ühte kihti. Sõltuvalt terade suurusest eristatakse smirgelpaberit numbrite järgi. Kõige peenem paber nr. 00 annab metallile läikiva, poleeritule läheneva välimuse.

Smirgelpaberi kasutamisest vt. allpool jagu 13, II.

4. Lõõmutamine.

Elektromagnetite, transformaatorite jm. ehituses on tähtis, et südamiku raud[1] oleks «pehme», s. t. pärast voolu katkestamist poolis muutuks südamik täiesti mittemagnetiliseks. Transformaatorite südamikeks kasutatakse üldiselt erirauda, mida nimetatakse transformaatori-plekiks, kuid õpetajal on tavaliselt kasutada ainult harilikku rauda. «Pehmust» saab anda rauale lõõmutamise teel. Suuri rauatükke kuumutatakse selleks küdevas ahjus või söepannil, väikesi tükke — priimusel või piirituslambil kuni oranži (helepunase) hõõgumiseni, ja lastakse siis aeglaselt jahtuda. Mida aeglasemalt toimub jahtumine, seda pehmem saab raud. Kõige täiuslikum on lõõmutamine elektromagnetite südamike jaoks siis, kui ahjus hõõgumaaetud raud jäetakse sinna tulise tuha sisse jahtuma kuni järgmise päevani. Kuna lõõmutamisel raud oksüdeerub, kattudes tagikorraga, siis õhukest materjali on kõige parem lõõmutada karpides kaetuna ahjutuhaga.

Lõõmutatud raud kaotab teataval määral oma elastseid omadusi, muutub pehmemaks ning venivamaks ja alistub seepärast kergemini mõnedele töötlemise liikidele. See on mõnikord tähtis töö lihtsustamiseks ja kiirendamiseks, eriti kui on tegemist võrdlemisi suurte rauatükkidega.

Punase hõõgumiseni kuumendatud ja õhu käes jahutatud messing kaotab samuti oma elastseid omadusi; kuid aja võit lõõmutatud messingi töötlemisel on tühine, võrreldes lõõmutamata messingi töötlemise ajaga. Vask muutub eriti pehmeks, kui kuumutada teda hõõgumiseni ja siis lasta vette.

5. Terase noolutamisest ja karastamisest.

Terase noolutamine ja karastamine on üldiselt keeruline töö, seda enam, et teras nõuab sõltuvalt sordist erisuguseid kuumutamise temperatuure ja seejuures kasutatavaid võtteid. Veel enam — ühe ja sama terase omadused muutuvad sõltuvalt tema karastamise temperatuurist. Seepärast ei saa õpetaja ilma eriõppuseta omandada kindlaid teadmisi ja oskusi selles küsimuses ja tal tuleb piirduda ainult kõige lihtsamate ning kõige ebatäiuslikumate terase noolutamise ja karastamise võtetega. Seda läheb vaja, kui on tarvis kergendada terase töötlemist, mis ei allu tööriistade mõjule.

[1] Vt. vihjet lk. 194.

Noolutamiseks kuumutatakse terasetükki priimuse, jootelambi Barthel'i piirituslambi leegis või söepannil kuni helepunase või oranži hõõgumiseni ja lastakse õhu käes vabalt jahtuda. Siis teras (kuid mitte iga teras) annab järele (nooldub), s. o. muutub pehmeks ja laseb end töödelda metallisaega, viiliga jms. Enamikel juhtudel ei vaja õpetaja enam riista karastamist, s. o. terasele uuesti kõvaduse andmist. Kui aga on vaja taastada terase omadused, siis kuumendatakse ta karastamiseks uuesti leegis kuni helepunase hõõgumiseni ja lastakse aega viitmata vette. Niisuguse karastamise järel aga teras, saades kaunis kõvaks, muutub väga hapraks. Kui niiviisi karastada näiteks teritamiseks noolutatud meisli tööotsa (joon. 143 *A* ja *B*), siis ta hakkab töö juures välja pudenema. Terasele teatava elastsuse ja sitkuse andmiseks tuleb teda teistkordselt noolutada. Selleks kuumendatakse terast uuesti, kuni ta hapenditest puhastatud pinnale ilmuvad «hõõgutusvärvused», mis tekivad niivõrd õhukese oksüüdikorra tekkimisest, et värvused on nähtavad valguse interferentsi tagajärjel. Nende üksteist vahetavate värvuste järgi võib otsustada terase kuumutuse temperatuuri üle. Kui terase pinna osalt kõrvaldada (viiliga, smirgelkäiaga või smirgelpaberiga) oksüüdid (kuni «valge» pinnani) ja kuumutada terast, siis ilmub esmalt helekollane värvus (220°C), mis läheb üle õlgkollaseks (240°) ja siis ilmuvad vahetades üksteist värvused: pruunikaskollane (255°), punakaspruun (265°), purpurpunane (275°), violett (285°), sinine (rukkililleSinine) (295°) ja helesinine (315°), mille järel teras, esmalt tumenedes, hakkab «punama», s. o. kuumenema punase hõõgumiseni (joon. 145)[1]. Enamikel juhtudel tuleb kuumutada kuni õlgkollase värvuseni ja siis lasta teras vette[2]. Niisuguse menetlusega noolutatud meisli ots ei hakka enam raiumisel pudenema.

Noolutamine ja karastamine on tarvilikud näiteks terastraadist kruvikeerajate ja puuride valmistamisel (joon. 85 *C*), lehtvedrude[3] töötlemisel (lõikamisel, puurimisel, vanast viilist kärni, torni (joon. 143 *C* ja *E*), hõõritsa jms. valmistamisel. Peale selle tuleb meisli teritamiseks samuti kasutada tema tööotsa noolutamist ja karastamist, nagu juba eespool nägime.

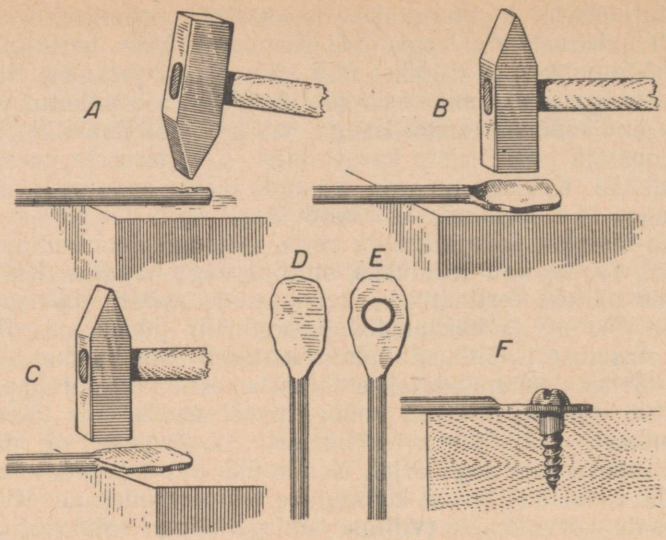
6. Sepistamine.

I Sepistamise otstarve. Füüsikakabinetis pole ei võimalust ega vajadust tegelda sepatööga. Teinekord tuleb aga siiski sepistada mõningaid metalle külmas olekus, näiteks selleks, et traadiotsa labidakujuliseks taguda, pisut ahendada ava, mis on tehtud liig avarana ja nn. «karastamise» asemel anda metallile vasarahoopide

[1] Selleks, et tutvuda hõõgutusvärvustega, on soovitav õpetajal kuumendada piirituslambi leegis kudumisvarda otsa.

[2] Teistkordsel karastamisel kasutatakse peale vee keedusoola lahust, õli, sulatina, mis annab terasele teistsuguseid omadusi kui karastamine veega.

[3] Vedrude puhul kuumutatakse noolutamiseks violetsete ja siniste toonideni.



Joon. 145 ja 146. Traadi otsa lamestamine ja kinnitamine puukruviga.

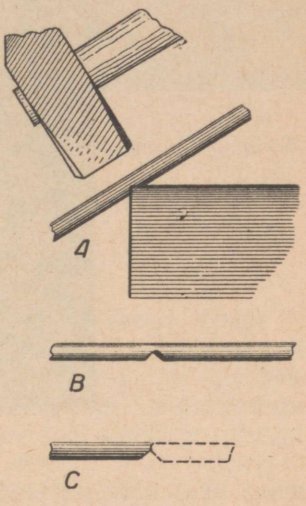
abil suuremat elastsust. Vasarahoopide all venivad või lamestuvad kõige paremini sitkemad metallid, nagu seatina, vask, alumiinium, pehme (lõõmutatud) raud.

II Traadi otsa labidakujuliseks tagumine. Omavalmistatud katseriistade ehitamisel tekib sagedasti vajadust taguda traadi ots labidakujuliseks, näiteks traadi tugevamaks kokkujootmiseks või traadi otsa kinnitamiseks poldi või puukruvi abil. Seda on samuti vaja traadist kruvikeeraja (joon. 59 *C*) valmistamisel. Lamestamiseks asetatakse traat alasile (joon. 146 *A*) ja, hoides teda ühe käega ning lüües esmalt vasara prismakujulise ja siis lameda otsaga, taotakse ta järk-järgult lamedaks (joon. 146 *B*). Lõpuks, toetades teda alasi servale joonisel 146 *C* näidatud viisil, antakse labidakesele vasarahoopidega lõplik kuju (joon. 146 *D*). Kui on vaja kinnitada puukruvi abil, siis puuritakse labidakesse auk (joon. 146 *E* ja *F*). Samasuguse laienduse võib teha mitte ainult traadi otstele, vaid ka tema keskele.

Kirjeldatud operatsioon õnnestub kõige kergemini alumiiniumiga, vasega (jämedad elektrijuhtmed) ja pehme rauaga. Terastraati on enne vaja noolutada (jagu 5).

III Elastseks muutmine tagumise teel. Vase-, messingi- ja rauaribakesi saab alasil vasaralöökidega muuta elastseks. Tagudes alasile asetatud ribakese kogu pinda, tuleb teda seejuures mitu korda ringi pöörata, sest muidu, saades lööke ainult ühelt poolt, ta paindub.

I Traadi ja varda raiumine nurga serval. Rauast (kuid mitte terasest), messingist ja seda enam vasest ja alumiiniumist traadid ning peenemad vardad on raiutavad vasara ja alasi serva abil. Selleks toetatakse traat või varras alasi, triikraua (joon. 133) või isegi puulõhkumiskirve täisnurga servale ja lüüakse vasaraga traadi pihta (joon. 147 *A*), mille tagajärjel alasi serv surub traadisse süvendi (joon. 147 *B*). Painutades traati käte või vasara abil, murrame ta harilikult kergesti (joon. 147 *C*). Jämedamate varraste puhul tuleb kirjeldatud toimingut sooritada nii ühelt kui teiselt poolt. Murtakse kruustangide vahel vasaralöögi abil. Terastraati ja seda enam varrast tuleb katkiraiumise kohalt eelnevalt noolutada (jagu 5).



Joon. 147. Traadi ja varda raiumine alasi ja vasara abil.

II Raiumine meisliga. Meisliga (jagu 3, IX ja joon. 143 *A*) saab katki raiuda traati ja metallvardaid, välja raiuda vajaliku suurusega metallplaadikesi, ära raiuda neil ülearused ääred või teha plaadikesse ristkülikukujulised või hulknurksed avad.

Vaatamata meisli käsitsemise võtete lihtsusele, ei saa **niisugust tööd anda igaühele, vaid ainult eriliselt raiumises õpetatud õpilastele,** sest muidu võivad vasaralöögid vähekogenuil tekitada raskeid käe vigastusi. Üldiselt aga on meisli kasutamine kasulik ainult õpetajale, kel tuleb, nagu juba eespool mainitud (§ 1, 7), endal aegsasti valmistada «poolfabrikaate» õpilaste tööde jaoks.

Meisli käsitsemisel (joon. 148) tuleb teda vasaku käega (joon. 149 *A*) tugevasti kinni haarata (tingimata!), teritatud osa aga asetada joonele, mida mööda tuleb materjal katki raiuda, ning parema käega anda hoope meisli pea pihta. Vasarat tuleb seejuures hoida varre otsast (joon. 149 *A*), mitte aga keskkohast (joon. 149 *B*).

Traati raiutakse tema järgnevaks katkimurdmiseks (kuid mitte lõpuni[1]), asetades ta alasile ja hoides meislit vertikaalselt. Samasuguse võttega saab raiuda lehtmetalli (joon. 150 *A*) ja sealhulgas ka avasid plaadikestesse. Plaadikeste ülearune äär raiutakse maha kõige sagedamini võttega, mis on näidatud joonisel 149 *A*. Lapik- ja ümarmaterjal pigistatakse kruustangide vahele (joon. 150 *B*),

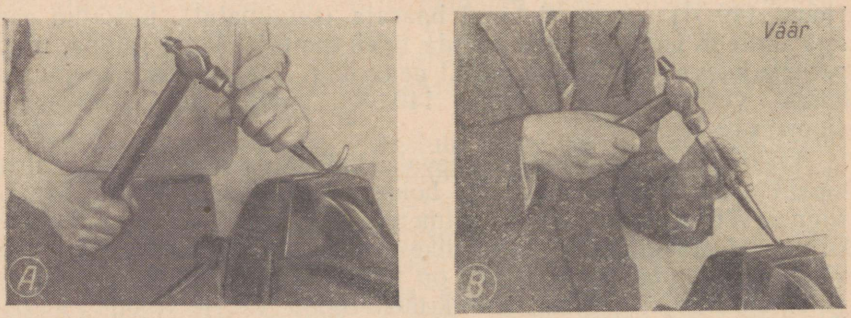
[1] Läbiraiumisel võib löögiga alasi pinna pihta meisli teritatud tera rikkuda.



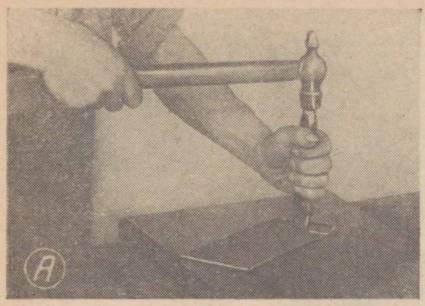
Joon. 148. Keha asend meisliga raiumisel.

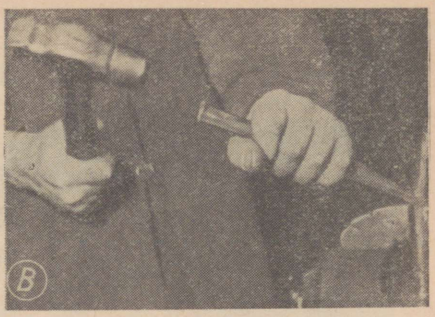
raiutakse teda pöörates igast küljest mõnevõrra ning seejärel murtakse katki.

On ilmne, et raiumise eel tuleb märknõela abil (jagu 2, X) ette märkida valmistatava detaili piirjooned. Silmas pidades, et lõplik viimistlemine pärast raiumist toimub viili abil, mis paratamatult põhjustab mõõdete vähenemist, tuleb raiumisel märgitud joontest pisut taanduda või eelnevalt joonestada piirjoontele veel paralleeljooned, arvestades viilimist.



Joon. 149. *A* — õige töövõte töötamisel meisli ja vasaraga, *B* — väär võte, mis, põhjustab meisli väljahüppamist ja sõrmede vigastamist.





Joon. 150. *A* — meisli abil plaadikese raiumine alasil või plaadil, *B* — meisli abil varda raiumine kruustangide vahel.

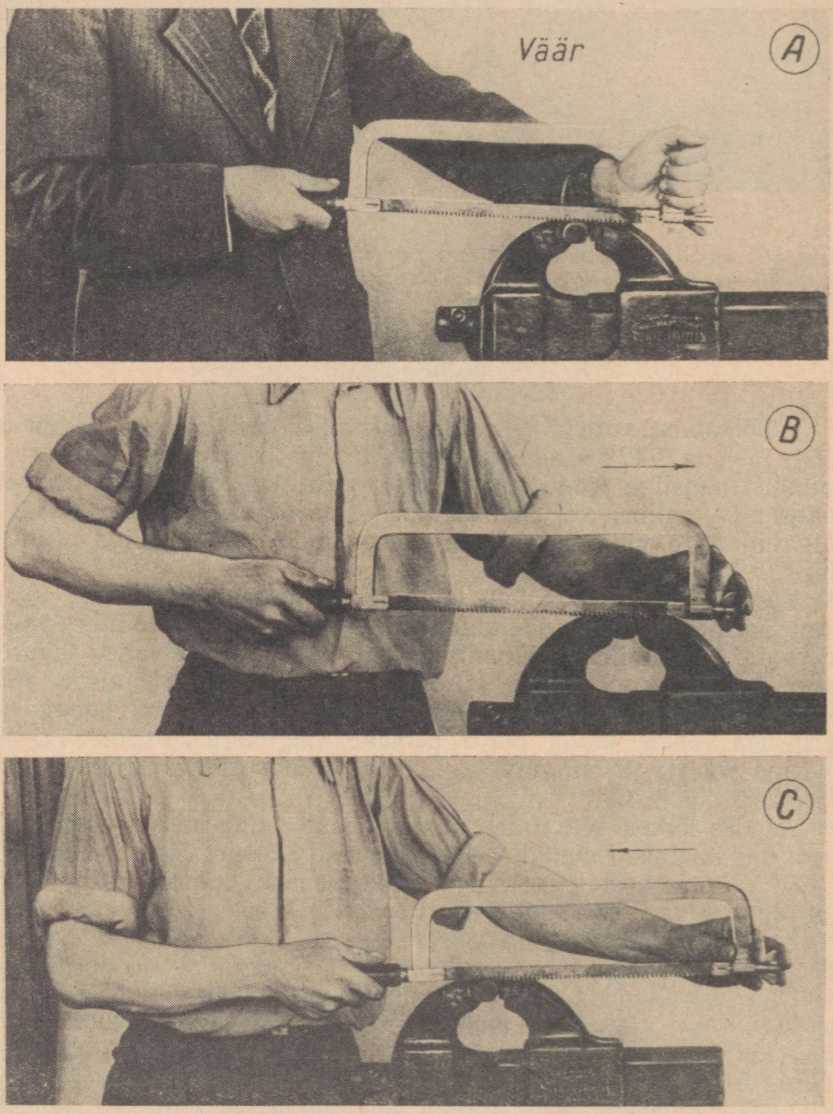
8. Lõikamine metallisaega

I Lõikamise võtteid. Metalli lõikamisel metallisaega (jagu 3, VIII ja joon. 142) saadakse tema äär palju siledam kui pärast raiumist meisliga (jagu 7, II), seda enam, kui viimasega kaasneb materjali osaline väljamurdumine. Seepärast on metallisaega lõigatud ääre viilimine vähem vaevanõudev kui meisliga raiutud äärel.

Karastatud terast ei tohi lõigata metallisaega, vaid teda tuleb enne pehmendamiseks noolutada (jagu 5). Sitkete metallide (vask, messing, alumiinium) lõikamiseks on eelistatavam valida suuremate hammastega saeleht kui raua jaoks. Kooli tingimustes pole sel siiski erilist tähtsust. Saeleht asetatakse saeraami hammaste sirge või vähem kaldu oleva poolega tingimata ettepoole (käepideme poolt) ja pingutatakse teda liblikmutriga kruvi *c* abil (joon. 142 *A* ja *C*).

Asudes lõikamisele, tuleb märkida materjalile märknõelaga jooned, mis vastavad metallisaega lõikamise joonele. Metallisaag võetakse kätte ja asetatakse lõigatavale esemele, näiteks pulgakesele nii, nagu on näidatud joonisel 151 *B*. Kui puusaagimisel on kõige raskem alata sissesaagimist, siis on see õige ka metalli kohta. Seepärast soovitatakse vilumata töötajale kogu lõikejoont mööda, või kui see on pikk, siis selle alguses, kolmkantviili serva abil sisse viilida «jälg». Lõikamine hammaste eelosutatud (õige!) asetuse korral (joon. 142 *C*) toimub ainult sae liikumisel ettepoole (joon. 151 *B*), mitte aga tahapoole (joon. 151 *C*). Seepärast tuleb liikumisel ettepoole pisut suruda saeraamile, kuid mitte tugevasti. Tagasiliikumisel on surve mitte ainult tarbetu, vaid isegi kahjulik.

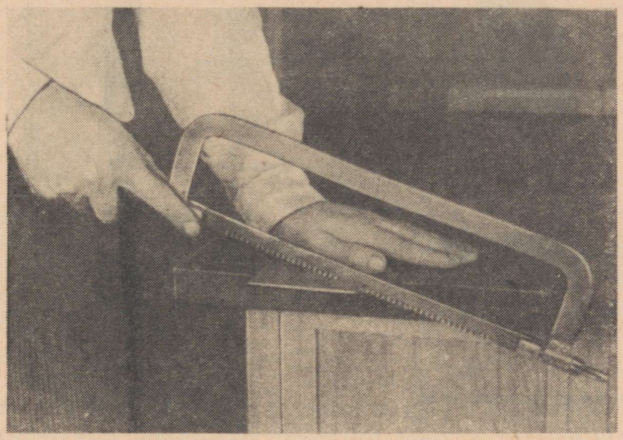
Lõikamisel tuleb saelehte ja lõikesoont perioodiliselt määrida vedela mineraal- või taimeõliga, mis kaitseb saelehte kiire kulumise eest, parandab saagimise kvaliteeti ning kergendab tööd.



Joon. 151. Metallisaega lõikamise võtteid. (*A* — metallisae väär hoidmine. *B* ja *C* — metallisae asetused töökäigu alguses ja lõpus.)

Kõige õhemat lehtmaterjali ja traati ei saa lõigata metallisaega, mida muide pole ka mõtetki teha, sest niisugust materjali on kergem lõigata metallikääridega (§ 13, 6 ja joon. 195) või lõiketangidega (§ 14, 3, 1 ja joon. 206 *A*). Paksemaid lehti, näiteks vitsrauda (jagu 2, 1), on otstarbekam raiuda meisliga. Kui aga tuleb kasutada metallisaagi õhukeste plaatide saagimiseks, siis tuleb teda hoida seda enam kaldu materjali pinnaga, mida õhem on materjal.

Vardaid, võrdlemisi väikesi plaadikesi jm. on kõige hõlpsam pigistada kruustangide vahele (joon. 151 *B* ja *C*).



Joon. 152. Metallisae hoidmine õhukese materjali lõikamisel.

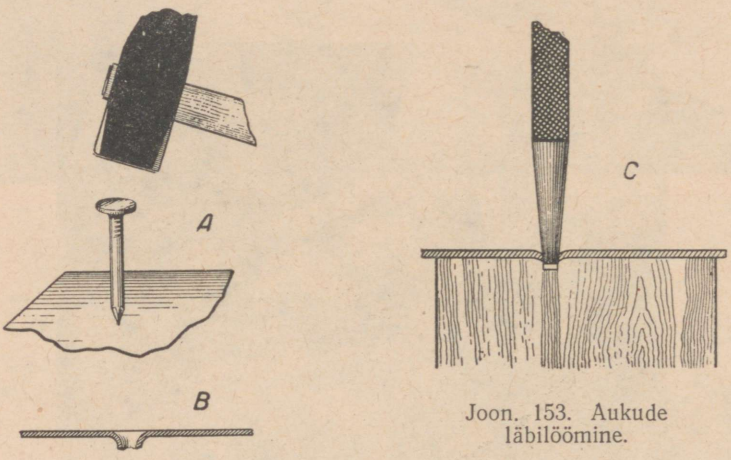
Kui kruustange ei ole, siis tuleb materjali kindlale kinnitamisele (laua, höövelpingi, taburetti külge), näiteks pitskruvide abil, pöörata kõige tõsisemat tähelepanu.

Pleksiklaasi võib lõigata metallisae või peenehambulise tisleri-saega. Kruustangide vahele pigistamisel on vajalikud vildist vahetükid (joon. 132 *C*).

II Ketaste väljasaagimine metallisaega. Plaatide lõikamine metallisaega väikese raadiusega kõverjooni mööda ei ole võimalik. Seepärast, kui on vaja saagida näiteks väikese läbimõõduga ketas, lõigatakse välja esmalt ruut, millel siis lõigatakse ära nurgad. Pärast seda, painutades või murdes ära mahalõigatavat äärt, saadakse lõige lõpuks küllalt lähedane ringjoonele. Õhukesest materjalist ($\approx$ 3 *mm*) ketaste jms. väljasaagimiseks on otstarbekam kasutada metallisae asemel eriliselt metalli jaoks ettenähtud jõhvsaagi (§ 8, 3, IV ja joon. 51). Peale selle võib kasutada ka meislit (jagu 7, II).

9. Aukude tegemine

I Aukude läbilöömine. Puurivända või trilli ja samuti metallipuuride puudumisel saab auku teha ainult võrdlemisi õhukeses materjalis. Kõige primitiivsemaks võtteks on puust alusele pandud materjali läbilöömine naelaga (joon. 153 *A*). Läbilöödud augu kõrval on materjal pealmisel poolel sisse litsutud, alumisel poolel aga rebitud, koosnedes väljaulatavaist, teravaist kisudest (joon. 153 *B*). Paljudel metallidel saab kisud viiliga kergesti maha vii-



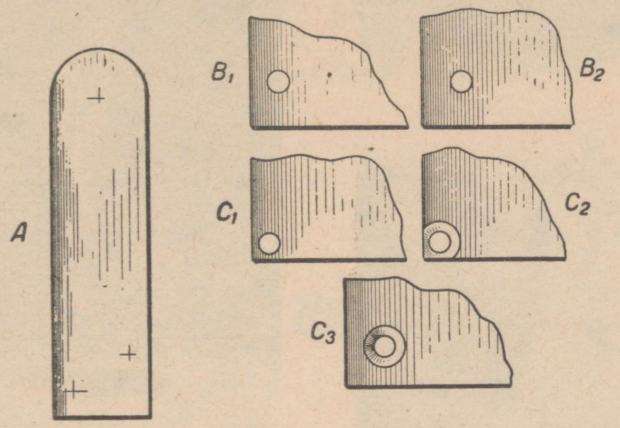
Joon. 153. Aukude läbilöömine.

lida; valgeplekil on seda raskem teha. Seepärast, pööranud pleki kisudega ülespoole, tasandatakse nad vasaralöökidega. Kuna auk seejuures mõõdetelt tugevasti väheneb ja on täiesti ebakorrapärase kujuga, siis ümardatakse teda viili või naaskli terava servaga, mis pistetakse augu sisse ja pööratakse seal teatava jõuga.

Aukude läbilöömiseks nii õhukesest kui ka plekist paksemast materjalist kasutatakse üldiselt torni (jagu 3, IX ja joon. 143 *E*). Alustükiks materjali alla tuleb võtta just puuhalu või laua ots või metallist alus temasse puuritud auguga. Veel parem on kasutada alustükiks seatinaplaati. Läbilöömisel ühel pool materjalile tekkinud lohku ja teisel pool mõhku tasandatakse vasaralöökidega, pannes detaili siledale metallalusele (alasi).

II Märkimine. Puurimine toimub harilikult siis, kui valmistatav detail on peaaegu valmis. Iga augu asetus detailil peab olema (joon. 154 *A*) vastavalt joonestisele täpselt märgitud. Kui seejuures on vaja piki serva läbi puurida mitu ühesugust auku, siis korratu välimuse vältimiseks tuleb nad asetada võrdsetele kaugustele teineteisest ja samuti ka servast, olgu viimane sirge või kõver. Detaili nurgal peab auk asetsema nii, et ta tsenter oleks võrdsel kaugusel äärtest, s. o. et auk asetseks sümmeetriliselt (joon. 154

B_2), mitte aga nii, nagu on näidatud joonisel 154 B_1. Aukude märkimisel puukruvide jaoks tuleb arvestada süvituse suurust (joon. 154 C_1—C_2 ja joon. 89). Aukude tsentrid on kõige parem tähistada märknõelaga tõmmatud kahe ristuva kriipsukesega (joon. 154 *A*).



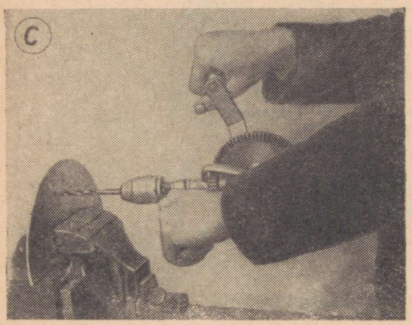
Joon. 154. Aukude märkimine.

III Puurimise võtteid. Enne puurimist tuleb tingimata kärnida, s. o. lüüa kärni abil koonilised süvendid puuri otsa paigutamiseks (joon. 155 *A*), sest muidu võib ta ettenähtud tsentrist kergesti ära nihkuda. Niisugune võte on eriti tarvilik kogenematule töötajale, seda enam, et vilunud meistridki kasutavad alati seda võtet. Joonisel 155 *B* on näidatud, kuidas tuleb hoida trilli temaga töötamisel. Tähtis on, et puuri telg oleks risti materjali pinnaga. Pole vajadust trillile tugevasti suruda; eriti lubamatu on see puurimisel kõige peenemate puuridega ($d = 1$—3 *mm*), mis võivad seejuures murduda. Kui nõrgal survel trill ei puuri, siis on järelikult kas materjal ülearu kõva või puurid nürid. Puure tuleb teritada, sest nüri puur ei hakka niikuinii lõikama ka tugeva survega. Puurimisel tuleb materjal asetada puust alusele. Aukude puurimisel plaadikese äärte lähedal võib juhtuda, et puuri poolt kaasakistud plaadike hakkab end pöörama, mille vältimiseks tuleb toeks sisse lüüa nael või sisse keerata puukruvi, nagu on näidatud joonisel 156 *A*. Läbipuuritava materjali kinnitamiseks võib samuti kasutada käsikruustange või pitskruvi (joon. 156 *B* ja 64 *B* ja *C*). Lõpuks on otstarbekohane puurimiseks plaadike pigistada kruustangide vahele (joon. 155 *C*).

Auke diameetriga üle 3—4 *mm* soovitatakse puurida kahes järgus: nimelt esmalt 3 *mm*-se puuriga ja siis, puurinud lõpuni peenikese puuriga, kasutada vajaliku läbimõõduga jämedamat puuri.







Joon. 155. Aukude tsentrite märkimisele (joon. 154 *A*) järgneb tsentrite kärnimine (*A*). Pärast lööki kärnile tekib materjalis süvend, mis ei lase puuril paigalt ära minna. Puurida võib asetades detail lauale (*B*), mõnesid detaile on aga hõlpsam puurida, pigistades neid kruustangide vahele (*C*).

Selle tõttu töö muutub kergemaks ja peale selle ei nihku suurem puur siis kõrvale, mida juhtub sageli õhukesel materjalil.

Metalli puurimisel tuleb määrida puuri vedela mineraal- või taimeõliga, pannes talle pulgakese abil aeg-ajalt tilgakese õli. Määrimine mitte ainult et takistab puuride kiiret nürinemist, vaid soodustab ja kergendab ka puurimist. Erandiks on malm, sest pärast õliga määrimist teda läbi puurida ei saa.

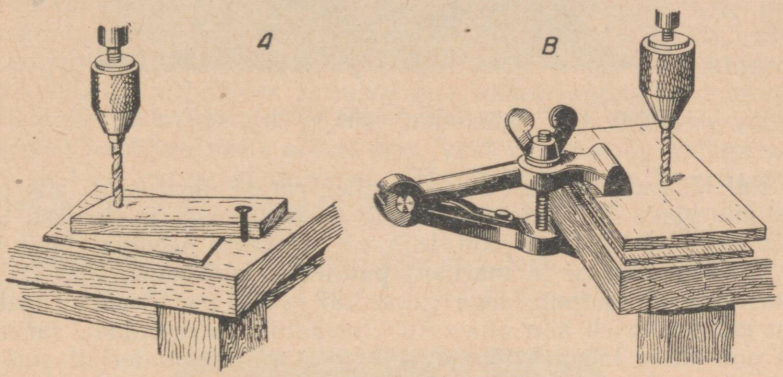
IV Süvitamine. Puukruvi läbimiseks määratud auk metallis tehakse harilikult puukruvi diameetrist ligikaudu 0,1 *mm* võrra suuremana. Lisaks sellele tuleb auku süvitada, s. o. varustada koonilise süvendiga, kui puukruvi pea on koonusekujuline (joon. 89 *A* ja *B* ja 154*C*). Süvitamine toimub, kui auk on juba läbi puuritud, silinderpuuriga, mille jämedus võrdub või on suurem puukruvi pea läbimõõdust. Kumera peaga puukruvide ja poltide auke ei süvitata.

Süvitamist tuleb kasutada neetimisel, kui on vaja, et needi pea ei ulatuks toote pinnast välja (joon. 163). Süvitamine on kasulik ka joodise paremaks sissepääsemiseks varda jootmisel plaadikesse.

V Suurte aukude tegemine. Harilik trill suudab kinni hoida vaid mitte üle 9—10 *mm*-se läbimõõduga puure. Kui on vaja puurida

suurema läbimõõduga auku ja vajalik puur on olemas, siis puuritakse eelkõige trilliga (kahes järgus, alljaotus III) auk 10 *mm*-se läbimõõduga. Edasi kinnitatakse suur puur käsikruustangide vahele (joon. 131 *B*) ja puuritakse käsitsi, mis on ikkagi teostatav, kuigi vaevaliselt ja võtab palju aega. Suure puuri puudumisel võib 10-millimeetrist auku laiendada ka viilides teda peenikese ümarviiliga (joon. 157).

Suurema läbimõõduga augud (mõni sentimeeter) lehtmetallis on väljasaetavad jõhvsaega (§ 8, 3 IV ja § 8, 17, joon. 51) või veel järgmisel viisil. Trilliga puuritakse rida auke, mis asetsevad

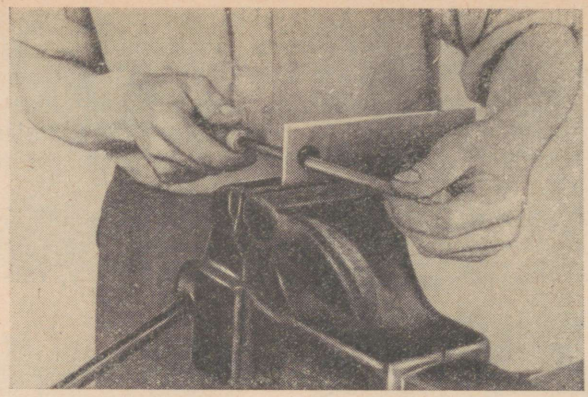


Joon. 156. Läbipuuritava plaadikese kinnitamine laua peale.

augule vastavast materjalile joonestatud ringjoonest seespool (joon. 84); kettake lüüakse meisli abil välja, nukid aga viilitakse poolümarviiliga maha. Samal teel saab valmistada mistahes-kujulist auku (ristküliku-kujulist jm). Augu väljaraiumiseks võib kasutada ka meislit (jagu 7, II) sellele järgneva töötlemisega viili abil.

VI Väikeste aukude vähendamine ja laiendamine. Kui metallplaadikesse puuritud auk on pisut suur, siis saab teda teataval määral ahendada vasaralöökidega, mis lamestavad (alasile pandud) plaadikest. See õnnestub võrdlemisi kergesti niisuguste materjalidega, nagu alumiinium ja vask. Kui oleva torni põhi (joon. 143 *E*) on august suurem, siis saab, toetades torni põhja augu äärtele, vähendada augu läbimõõtu vasaralöökidega torni pihta, eriti alumiiniumi ja vase puhul. Materjal tuleb seejuures panna alasile ja kasutada kirjeldatud võtet ühelt, siis teiselt poolt plaadikest.

Laiendada auku plaadikeses saab vastava puuri puudumisel, asetades plaadikese puuhalu või paksu lauatüki otsa ja lüües augu sisse järk-järgult torni, mille ots on, nagu teada, kooniline (joon. 153 *C*). Ka saab väheldast auku laiendada, puurides ühelt ja teiselt poolt kolmkantviili otsaga (joon. 139) või mistahes viili sabaga. Suuremaid auke saab laiendada viilides ümarviiliga, nagu osutasime alljaotuses 5 (joon. 157).



Joon. 157. Augu laiendamine viilides ümarviiliga.

Kui läbipuuritud auk osutub millegipärast ülearuseks, siis paksus materjalis ta joodetakse kinni, õhukeses aga joodetakse talle paik peale (§ 12, 10 ja joon. 187) või suletakse neediga (jagu 12).

VII Pleksiklaasi ja marmori puurimise iseärasusi. Pleksiklaasi puuritakse silinderpuuridega (joon. 137 ja 155 *B*). Erinevalt metalli puurimisest, tuleb siin olla eriti ettevaatlik (nõrgendada survet!), kui puurimine läheneb lõpule, selleks et vältida materjali murdumist augu alumistel äärtel. Kui puuri teravik ulatub alumise küljeni, on otstarbekohane materjal ümber pöörata ja puurimine ettevaatlikult lõpetada. Pleksiklaas tuleb panna puurimisel täiesti tasasele puupinnale, mis on kaetud paberilehega. Puuri määrimine pole vajalik.

Marmorit ja kiltkivi (jagu 2, VI ja VII) puuritakse metallipuuridega, kusjuures on kohustuslik niisutada veega. Puurida tuleb pealtpoolt, pannes marmori või kiltkivitahvli alla tasane liivakott, mis on kõige sobivam, halvem on liivakiht, veel halvem vineerileht. Puurinud augu umbes $^3/_4$ tahvli paksuseni, tuleb edasisel puurimisel survet trillile või puurivändale järjest nõrgendada. Vastasel korral marmor altpoolt puruneb, moodustades koonilise süvendi äärmiselt ebatasaste äärtega, mis kõverdab seibide ja mutrite asendit ülesseatavate detailide (vinnaklüliti jm.) kontaktidel.

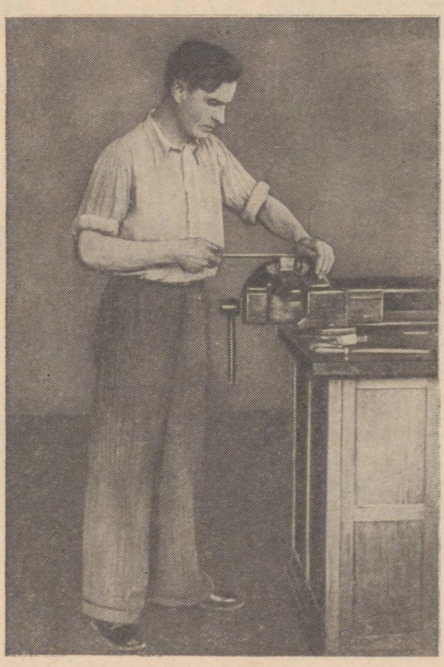
Aukude asetuse märkimiseks marmortahvlil, eriti kui ülesseatavate detailide arv on suur, soovitatakse valmistada tingimata vineeritahvlist šabloon. Sel tahvlil märgitakse täpselt augud ja puuritakse vastavas läbimõõdus puuridega. Seejärel asetatakse šabloon marmorile ja kinnitatakse pitskruvidega tugevalt sellel (joon. 64); augud šabloonis on marmori puurimisel juhtijaiks.

Marmortahvli servad võib pärast saagimist viiliga tasandada (vana viiliga, mis on kõlbmatu metalli jaoks), niisutades seejuures veega. Viiliga võib samuti maha võtta fasseti pealmise pinna äärtest (joon. 90 *A*).

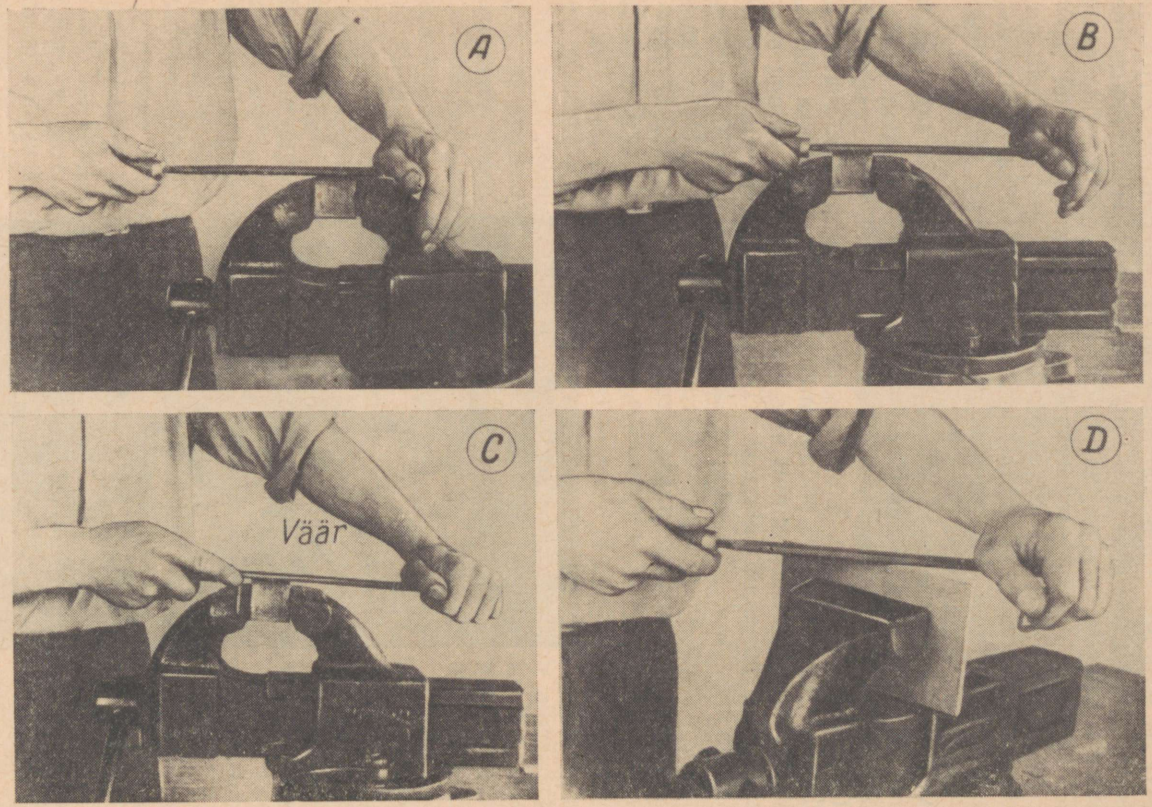
10. Metalli viilimine.

I Viilimise põhivõtteid. Töötamine viiliga ehk viilimine (jagu 3, VII) on vajalikumaid operatsioone omavalmistatud katseriistade tegemisel, sest nende rõhuva enamiku juures on metalli kasutamine vältimatu. Kooli tingimustes tuleb viilimist abiks võtta mitte ainult metallist, vaid ka isoleerainetest osade valmistamisel (eboniit, pleksiklaas, marmor jm.) ning samuti korgist, puidust jm. osade valmistamisel. Füüsikakabinetis ei saa üldse läbi viilita, sest teda on vaja mitte ainult katseriistade valmistamisel, vaid peaaegu iga sisseseade monteerimisel.

Viilimisele tulev metalli- või mingi teise materjali tükk peab olema pigistatud kruustangide vahele (jagu 3, 1 ja joon. 132); kruustangideta kulub väga palju liigset aega ja töö on kvaliteedilt kahtlemata palju halvem. Kruustangide vahele pigistatud materjali töötlemisel tuleb õpetajal püüda omandada õiged viilimise võtted. Sellega võidetakse mitte ainult ajas, vaid vähema jõu kuluga saavutatakse ka paremaid tulemusi. Töötaja keha seis kruustangide suhtes on näidatud joonisel 158, käte lähteasend viilil joonisel 159 *A* (võrrelda joonisega 159 *C*). Viili liikumisel endast eemale kuni tema lõppseisuni surutakse kergelt kätega (joon. 159 *B*). Seejärel, lakates surumast, nihutatakse viil uuesti lähteasendisse jne.;

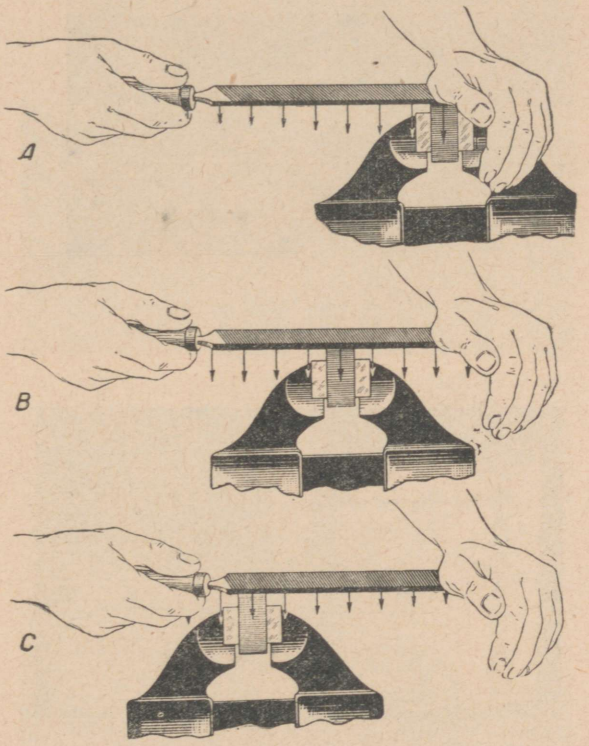


Joon. 158. Keha õige seis viilimisel.



Joon. 159. Viili õige lähte- ja lõppasetus temaga töötamisel (*A* ja *B*). Viili väär hoidmine (*C*). Õhukese materjali viilimine (*D*).

surve on siin kasutu, sest tagasikäigul viil ei lõika (joon. 159 *A*). Algaja viilija harilikult, mitte nõrgendades survet tagasikäigul, raiskab asjatult oma energiat. Viilimise seda teist põhireeglit on algajal täita veel raskem, sest niisugune oskus saavutatakse pikaajalise harjutamisega. Tähtis on veel, et viil nii ettepoole kui ka tagasi liiguks ühes tasapinnas. See nõuab kummagi käe surve järkjärgulist muutumist liikumisel ettepoole (joon. 160 *A*—*C*), sest



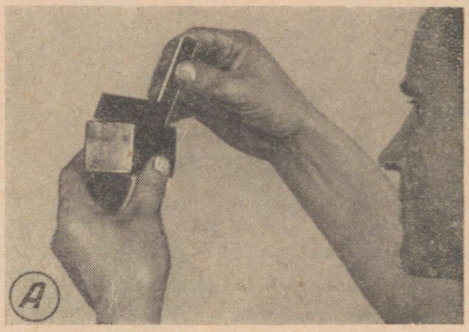
Joon. 160. Jõupingutuse jaotumise skeem viilimisel käte surve puhul viilile.

vastasel korral viili sabapoole ots hakkab «vajuma» allapoole, mistõttu töötajast kaugem viilitava tasapinna äär muutub ümmarguseks. Võib juhtuda ka vastupidist, s. o. vajunuks osutub eesmine äär, teinekord aga ka mõlemad ääred üheaegselt, ning viilitav tahk saadakse kumer.

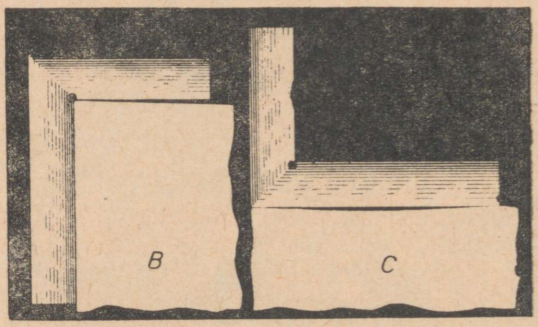
Viilimise ja selle kontrollimiseks võtted (alljaotus II) peavad olema tuntud ka ringis töötavaile õpilastele. Täiesti väär aga on nõuda õpilastelt, et nad omandaksid katseriistade valmistamisel

need võtted ja saavutaksid töötlemisel tööstuse lukksepalt nõutavat töö kvaliteeti.[1]

II Nurkade ja tasapindade viilimise kontrollimine. Täisnurksete plaadikeste, prussikute jms. viilimisel tuleb õpetajal püüda selle poole, et töö lõppedes nende nurgad oleksid täisnurgad, tahud aga tasapinnalised, mitte kõverad. Nurkade ja tasapindade õigsuse



Joon. 161 *A*. Nurgiku ühe külje asetamine viilitavale pinnale tema õigsuse kontrollimiseks.

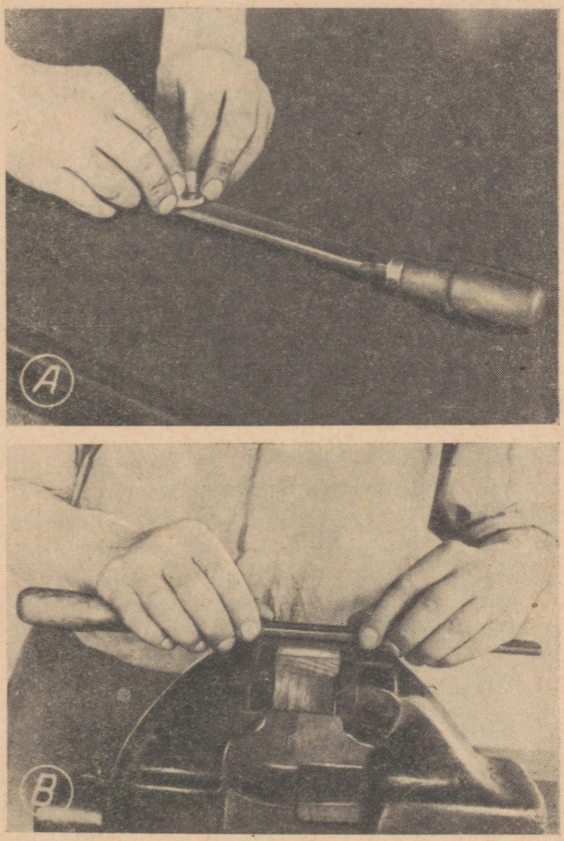


Joon. 161 *B* ja *C*. Ebaõigesti viilitud täisnurga (*B*) ja tasapinna (*C*) kuju.

kontrollimiseks kasutatakse kontrollnurgikut (jagu 3, X), mis asetatakse nii, nagu on vastavalt näidatud joonisel 161 *A* ja *B*. Vaadates vastu valgust nurgiku serva ja tasapinna vahele (joon. 161 *A*), võib kergesti leida, kus tuleb veel viilida ja parandada viilimisel tehtud vigu (joon. 161 *B* ja *C*).

[1] Kordame, et katseriistade valmistamise põhieesmärgiks on füüsika, mitte aga lukksepatöö. Kuid õpilase poolt valmistatud detail ei tohi muidugi olla «kõver», ega täiesti «viltu», vaid peab jõudu- ja võimalust mööda olema tehtud korralikult.

III Viilimise erivõtteid. Õhuke materjal tuleb pigistada kruustangide vahele nii, et ta viilitav serv ulatuks kruustangide pakkidest võimalikult vähe välja, sest muidu leht viilimisel vibreerib ja pläriseb tugevasti. Kui selle tingimuse täitmine on võimatu, näiteks suuremõõdulise lehe korral, siis on lubatud viilida nii, et liigutatakse viili mitte risti lehe pinnaga, vaid kaldu (joon. 159 *D*).



Joon. 162. Väikese detaili tasapinna viilimine (*A*). Lihvimine viiliga (*B*).

Niisugust võtet, mida kvalifitseeritud meistrid alati ei tarvita, kasutab õpetaja hea eduga, selleks et saada kergemini sirgjoonelist serva mitte ainult kõige õhematel, vaid ka paksematel plaadikestel.

Kui ese on väike, siis on võimalik saada tasast tahku, pannes viili lauale ja nihutades eset edasi-tagasi raiet mööda, viilides sellega tahku (joon. 162 *A*).

Pärast viilimist tuleb lihvida, s. o. paremini tasandada ja kõrvaldada välditamatuid kriimustusi. Selleks võetakse viil kätte nii,

nagu on näidatud joonisel 162 *B*, ja nihutatakse teda edasi-tagasi piki viilitavat pinda.

Eseme lõplik viimistlemine (lihvimine) toimub smirgelpaberiga (jagu 13).

11. Metalli nurkne painutamine.

Katseriistade valmistamisel tuleb painutada täisnurkselt enamasti õhukest lehtmaterjali (plekki) ja traati, mida on kirjeldatud § 13, 8 ja § 14, 7. Kui on vaja painutada plaadikest või pulgakest, siis tuleb metalli (alumiinium, vask, raud ja eriti messing ning tsink) kuumutada ja seda tugevamini (200—300°C), mida paksem on materjal. Painutatakse kruustangides, pigistades materjali neisse paindejoont mööda ja andes küljelt väljaulatava tahu pihta vasarahoope. Nurgale õigema kuju andmiseks vasardatakse paindekohta pärast painutamist pealpoolt ja siis, võttes nurga kruustangide vahelt välja, pigistatakse kruustangide vahele nüüd see osa, mis sai hoope, ja antakse vasara abil nurgale lõplik kuju.

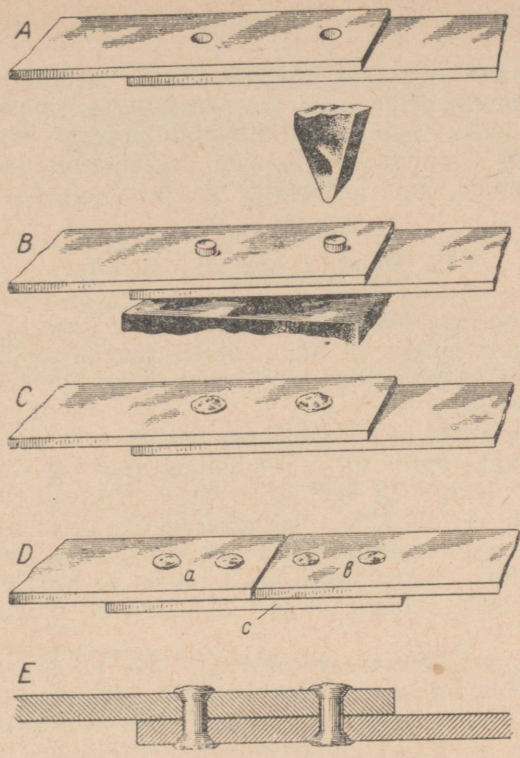
12. Metallosade ühendused.

I Ühendamine poltidega. Metallosi ühendatakse mutritega poltide abil, mis on näiteks tüüpiline komplektile «Konstruktor». Polte sellest komplektist võivad õpetaja ja õpilased kasutada katseriistade valmistamisel. Poltide valmistamist ega kruvide ja mutrite keermestamist (vindi lõikamist) ei saa soovitada kooli harilikes tingimustes, sest niisugused tööd on jõukohased ainult üksikuile õpetajaile — lukksepatöö harrastajaile.

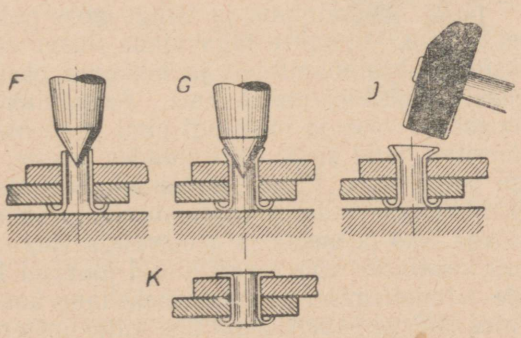
Ühendada saab metallosi ka jootmise teel, mis on kerge vase, messingi ja osaliselt raua puhul (§ 12), tsinki joota on keerukam, alumiiniumi joota aga väga raske.

II Neetimine. Neetimist kasutatakse katseriistade valmistamisel harva, kuid ikkagi on teinekord vaja osi just neetida, mitte aga joota. Kokkuneeditavaisse osadesse, mis asetatakse teineteisele kas tervenisti või ainult otstega, puuritakse augud, millede läbimõõt on pisut suurem needi jämedusest (jagu 9, III) (joon. 163 *A*). Auku asetatakse (traaditükikesed, katkiraiutud naela tükid jm.) nii, et ta otsad ulatuksid ühelt ja teiselt poolt 1—3 *mm* võrra välja (joon. 163 *B*). Seejärel, toetades needitavad plaadikesed kindlalt metallplaadile või raskele klotsile, lamestatakse needi väljaulatav ots vasara prismalise otsaga seene pea[1] sarnaseks (joon. 163 *C*). Seejuures tuleb plaadisse või klotsi puurida aegsasti süvend, millesse võiks minna ja toetuda needi väljaulatav ots. Seejärel, pööranud plaadikesed ümber, toimitaks täpselt samuti needi teise otsaga. Kui ühendada on vaja kahe plaadikese otsad *a* ja *b* nii, et nende pinnad oleksid ühes tasapinnas (serviti), siis needitakse nad kolmanda

[1] Needipeale poolkera kuju andmiseks on olemas eritööriist — neetimistorn (joon. 143), mille alumisse otsa on tehtud vastava kujuga süvend.



Joon. 163 *A—E.* Lapiti ja serviti ühendamine neetide abil.



Joon. 163 *F—K.* Ühendamine õõnesneetide abil.

plaadikese *c* külge (joon. 163 *D*). Juhul, kui neetidega ühendatavad detailid on küllalt paksud, augud süvitatakse (jagu 9, IV). Needipea mahub siis süvendisse ja pinnast väljaulatava liigse osa võib maha saagida pinnaga ühetasaseks (joon. 163 *E*). Joonisel 163

F—J on näidatud lehtmaterjali neetimine müügil olevate õõnesneetide abil.

Neetida saab mistahes metalle, kuid needid peavad olema samast, või parem pehmemast ja peaasi — sitkemast materjalist. Alumiiniumi jaoks võetakse ainult alumiiniumist needid, vase ja messingi jaoks — alumiiniumist või vasest, raua jaoks — vasest või samuti rauast, kuid pehmemad needid (jagu 4).

13. Metalli pinna viimistlemine.

I Värvimine. Iga valmistatud detaili pind peab olema viimistletud mitte ainult selleks, et anda tootele korralikku välimust, mis on väga tähtis kasvatuslikel sihtidel, vaid ka metalli kaitsmiseks oksüdeerimise eest.

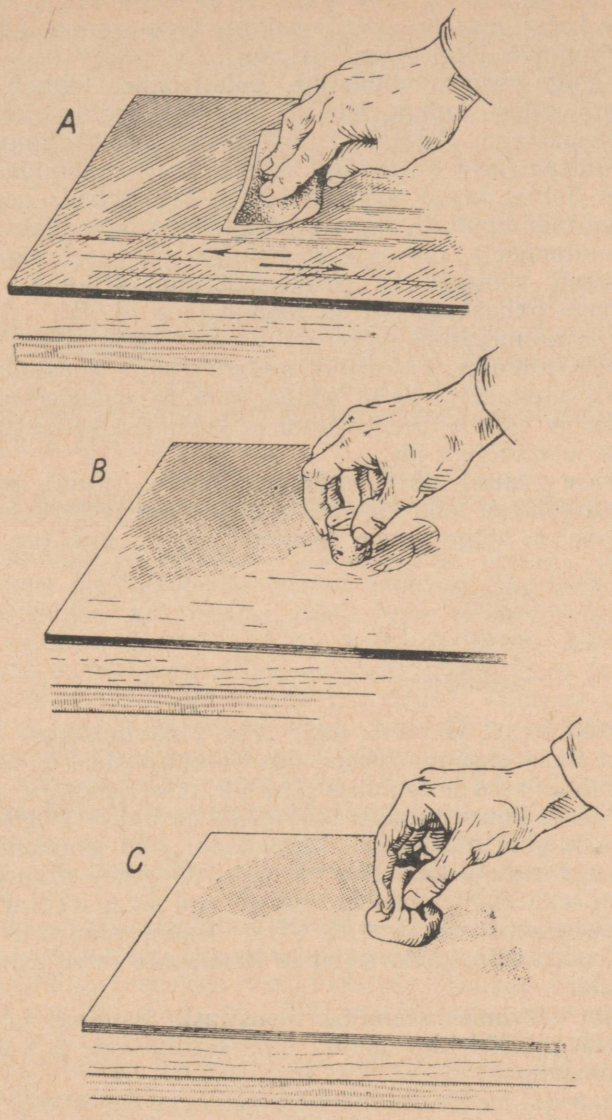
Musta rauda ehk teiste sõnadega harilikku rauda on kõige lihtsam värvida kaks korda õli- või emailvärviga[1] või katta musta piiritus- või hõbelakiga (§ 9, 5, V), välja arvatud riistade mõned osad, mis seda ei võimalda (kuumendatavad, hõõrduvad jm. osad). Värvida võib pärast pinna töötlemist jämeviiliga, sest värv katab viili jäljed kinni. Sama tuleb öelda musta ja seda enam hõbelaki kohta, ainult selle vahega, et piirituslakiga on parem katta kolm korda.

Kui raua pind on kaetud roostega, siis tuleb see kõrvaldada, kasutades mehhaanilist puhastamist, mida on kirjeldatud jaos 14. Vaske ja messingit ei ole otstarbekohane värvida, sest nende pinda võib poleerida ja katta läbipaistva lakiga (alljaotus II).

II Värviliste metallide poleerimine. Vaske ja messingit, kui nende pind on vajalikul määral viimistletud, tuleb kaitsta oksüdeerumise (tuhmumise) eest, kattes sapoon- või erilise värvilise metallilakiga (§ 9, 7 ja 8). Alumiiniumi ja tsingi jaoks pole mõtet kasutada niisuguseid lakke, kui mitte taga ajada ilusat välimust, sest nende pind oksüdeerub silmapilkselt ja tekkinud oksüüdikiht kaitseb kindlalt edasise oksüdeerumise eest. Sapoonlaki ja värvilise metallilaki alla minev vase ja messingi pind peab olema hoolsasti lihvitud ja poleeritud, kuid siiski piiri pidades, et see viimistlemine ei neelaks liiga palju aega. Pärast pinna viimistlemist peenviiliga (joon. 162 *B*) lihvitakse teda smirgelpaberiga, esmalt võrdlemisi jämedaga, siis aga ikka peenema ja peenemaga (jagu 3, XI). Sealjuures harilikult kasutatav võte on näidatud joonisel 164 *A*. Suurte tasaste pindade viimistlemisel on otstarbekohane kasutada siledat lauakest, keerates smirgelpaberi tema ühe külje ümber (joon. 99 *B*).

Erinevalt puidu pinna lihvimisest, ei liigutata smirgelpaberit ringi (joon. 99 *A*), vaid nihutatakse ainult ühes suunas, nagu viili (joon. 164 *A*). Lihvimise tulemused on kõige paremad, kui niisutada smirgelpaberit ja lihvitavat pinda mineraalõliga. Smirgel-

[1] Emailvärvid püsivad metallil halvasti, seepärast soovitatakse esmalt värvida 1—2 korda õlivärviga ja siis katta üks kord emailvärviga.



Joon. 164. Metalli pinna poleerimise võtteid.

paberi asemel võib lihvida smirglipulbriga, mida müüakse majapidamistarvete kauplustes nugade puhastamiseks. Poleerimisel on sobiv kasutada korkpunni, niisutades tema põhja veega või parem õliga, mis on nii määrdeks kui ka selleks, et kokkupuutumisel

smirgliga õhuke kiht seda kleepuks korgi põhja külge. Siis hõõrutakse selle korgiga metalli pinda mingis ühes suunas, kõige parem piki viili lihvimise jälgi (joon. 164 *B*).

Pinna kõige peenem viimistlus, poleerimine, toimub hõõrudes vilditüki või villase lapiga, mis on määritud erilise metallesemete poleerimise pastaga. Poleeritud pind saab peegli välimuse.

Poleerimispastasid on müügil valmis kujul majapidamistarvete kauplustes. Sellist pastat pole raske ka ise valmistada, segades peenimat rauaoksüüdipulbrit, nn. «krookust», (mida saadakse raudsulfaadi kuumutamisel) rasvaga, stearііniga või vaseliiniga. Poleerida on täiesti võimalik ka peenekshõõrutud kriidiga. Koostised metallesemete puhastamiseks on toodud jaos 14, IV.

Tsingi ja alumiiniumi poleerimine on mõttetu, sest nende pind muutub kohe tuhmiks. Poleeritud metalli (välja arvatud nikkel ja hõbe) tuleb viivitamata katta lakiga (§ **9**, 8) nagu eespool osutatud, selleks et vältida peeglivälimuse kadumist kokkupuutumisest näppudega, vee mõjust jm.

III Terase (raua) oksüdeerimine. Terase (raua) poleerimine nõuab palju rohkem tööd kui messingi ja vase poleerimine. Terase poleerimiseks on kõige parem kasutada pastat, mis on koostatud järgmiselt:

stearііni	32 osa
vaha	6 „
rasva	5 „
seatinaoksüüdi	3 „
kroomoksüüdi	80 „

Poleeritud terast ja rauda saab teha läikivmustaks, kui katta nende pind ilusa oksüüdi kihiga, mis on õhuniiskusele vastupidav. Mustaks muutmiseks hõõrutakse pind üle mineraalõliga, asetatakse ese raudplekile, kuumutatakse teda plekil priimuse leegis, kuni õli põleb välja ja pind musteneb. Terasdetaili võib kuumendada ilma teda õliga määrimata kuni ühe või teise hõõgutusvärvuse ilmumiseni ja siis selle kinnistamiseks asetada ese sulaparafiini (§ **10**, 2, V) või linaseemneõlisse (§ **9**, 2, VII). Kuumendades terasplaadikest ühelt poolt, võib saada sellel ja kinnistada terve astmiku hõõgutusvärvusi.

IV Pinna värvimise keemilisi menetlusi. Esitame lahuste retsepte, milledega töödeldes metalli pind kattub ilusa ja vastupidava keemilise ühendiga.

a) Raua ja terase mustastamine. 10 osa tärpentini (§ **9**, 2, XI) ja 1 osa väävelõit[1] segatakse klaas- või savianumas ja soojendatakse auruvannis (joon. 65) kuni keemiseni[2]. Ese lastakse segusse 5—10 minutiks kuni mustenemiseni.

b) Terase sinistamine. Valmistatakse segu, võttes vasksulfaati (§ **24**, 3, VII) 4 osa , lämmastikhapet (§ **24**, 3,

[1] Väävelõit (müüakse apteekides) võib asendada peenekshõõrutud väävliga.
[2] Tuleb karta tärpentiniaurude võimalikku süttimist, mille tõttu on parem soojendada vabas õhus, mitte aga majas.

III) 6 osa, viinpiiritust (§ 9, 2, X) 12 osa ja vett 100 osa. Sellesse lahusesse asetatakse terasest ese kuni sinise värvuse ilmumiseni. Nõu peab olema klaasist või savist. Segu soojendada pole vaja.

c) Vase ja messingi värvimine. Koostatakse eraldi kaks lahust (§ 24, 6 ja 7):

esiteks

hüposulfitit või vasksulfaati . .	9 osa
destilleeritud vett	100 „

teiseks

seatinaatsetaati (§ 24, 3, XI) .	3 osa
destilleeritud vett	100 „

Lahused segatakse savi- või portselannõus enne metalli sinna panemist ja soojendatakse kuni 80—90°C-ni. Metall võetakse aegajalt välja, jälgides, kuidas toimub «värvumine», mis muutub oma toonilt. Saanud meeldiva varjundi, võetakse metall välja, loputatakse veega ja kuivatatakse.

14. Rooste ja oksüüdide kõrvaldamine metallidelt.

I Mehhaaniline ja keemiline puhastamine. Juhtub, et õpetaja kasutuses olev raud on kaetud tugeva roostega. Tööriistade ja töökoha määrdumise vältimiseks tuleb enne töötlemisele asumist rooste kõrvaldada. Metallidelt rooste ja oksüüdide kõrvaldamise vajadus tekib samuti vanade katseriistade remontimise ja rekonstrueerimise või nende osade kasutamise korral. Viimasel juhul pole haruldane, et tuleb kõrvaldada ainult oksüüdikile, metall aga, mis pole kannatanud korrosioonist, peab jääma vigastamata.

Roostet kõrvaldatakse raualt ja oksüüde teistelt metallidelt kahel viisil: mehhaaniliselt ja keemiliselt[1]. Mehhaanilise menetluse korral kasutatakse vana viili, terasharja (joon. 141), smirgelpaberit (joon. 164) jm. Keemilisel söövitamisel kasutatakse eseme asetamist hapete, leeliste või soolade lahustesse. Kui mehhaanilisel oksüüdidest puhastamisel lõigatakse metalli ühel või teisel määral maha ja seejuures reljeefsete (ebatasaste) pindadega esemetel ebaühtlaselt, siis keemiline menetlus kõrvaldab kas oksüüdi üksi, või kui söövitab ka metalli pinda, siis ühtlaselt. Seega on mehhaanilist puhastamist otstarbekam kasutada tasaste pindadega esemete korral, reljeefse pinnaga tooteid tuleb aga söövitada.

Kui oksüüdide hulk värvilistel metallidel ei ole suur, siis tuleb puhastamiseks kasutada erilisi pastasid, mida tarvitatakse koduses majapidamises samaks otstarbeks. Lihtsaimate pastade valmistamise retseptid on toodud alljaotuses IV.

II Rooste kõrvaldamine. Üldtuntud menetluseks on roostetanud eseme niisutamine petrooleumiga või teatavaks ajaks sellesse kastmine. Roostet tuleb siis puhastada mehhaanilisel teel, s. o. lapi, harja, noa jm. abil, kuid teda on raske kõrvaldada süvenditest

[1] Mõnedel juhtudel saab oksüüde osaliselt kõrvaldada põletamise teel.

eseme pinnal. Palju parem on tarvitada petrooleumi asemel parafiini (§ 10, 2, V) küllastatud lahust petrooleumis. Niisuguse lahuse saamiseks tuleb puistata petrooleumiga pudelisse parafiini liistakuid või tükikesi. Lahus on valmis umbes nädala pärast. Selle lahusega kaetakse roostetanud ese ja korrates määrimist, jäetakse ta sissemääritult mõneks päevaks seisma. Pärast seda puhastatakse eset metallharjaga, kusjuures rooste on võrdlemisi kergesti kõrvaldatav isegi sügavatest kohtadest. Kui aga on tähtis kõrvaldada rooste täielikult (kuni terve kohani), seejuures rauda rikkumata, mis on tähtis vaid riistade eriti vastutusrikaste osade (näiteks võllide, kruvide jm.) roostest puhastamisel, siis võetakse abiks keemiline menetlus. Selleks töödeldakse rauda, kui rooste kord pole suur, parafiini ja petrooleumi lahuses, nagu eespool näidatud. Pärast rooste kõrvaldamist lapiga või harjaga pestakse eset petrooleumis ja lõpuks bensiinis. Kuivanult asetatakse ta mõneks tunniks lahusesse:

tsinkkloriidi (§12, 2, IV) . . .	10 osa
viinakivihapet[1]	1 „
vett	100 „

Võib tarvitada ka teise koostisega lahust, nimelt:

maarjast[1]	1 osa
äädikat	100 „

Kui roostekiht ei ole paks, siis pesnud eset bensiinis, tuleb ta panna tsinkkloriidi (§ 24, 7) küllastunud lahusesse (10—12 tunniks).

Pärast töötlemist ühega nimetatud lahustest tuleb eset tingimata hoolikalt pesta jooksvas vees, hõõruda kuivaks lapi või filtreerimispaberiga ja lasta ära kuivada.

III Keemiline söövitamine. Söövitamisest ja selleks vajalike lahuste koostiste kohta vt. § 25, 4. Pärast niisugust söövitamist metalli pind, muutudes matiks, omandab eriti ilusa välimuse, mistõttu soovitatakse seda kinnistada. Selleks tuleb metall pärast pesemist katta sapoonlakiga (§ 9, 7).

IV Koostised metallosade puhastamiseks. Koostisi metallist pindade puhastamiseks võib saada majapidamistarvete kauplustest, nagu juba osutasime I alljaotuses. Järgmised koostised võib valmistada ka ise. Nii näiteks vase ja messingi puhastamiseks võib kasutada pastat, mis on segatud petrooleumisse ja koosneb 4 osast kriidist (hambapulbrist) ja 1 osast kliidest, või koostist hapupiimaveest (10 osa) ja keedusoolast (1 osa). Kasutades esimest pastat, kaetakse ese lapi abil õhukese pastakorraga, lastakse pisut kuivada ja poleeritakse villase lapiga. Teise retsepti järgi koostatud lahuse puhul immutatakse lapp lahusega, hõõrutakse temaga eset kuni läike saavutamiseni ja kuivatatakse. Alumiiniumist osad tuleb niisutada lahusega, milles 3 osa booraksit on lahustatud 100 osas

[1] Müüakse apteekides.

vees ja kuhu on lisatud 1—2 tilka nuuskpiiritust. Ese jäetakse niiviisi 25—30 minutiks seisma, mille järel hõõrutakse ta täiesti kuivaks ja poleeritakse villase lapiga.

V Kaitsest korrosiooni vastu. Riistade metallosad tuleb kaitseks korrosiooni vastu värvida või katta lakiga. Kui seda teha ei saa, siis tuleb raud-, samuti vask-, messing- ja teised osad sisse hõõruda parafiinilahusega petrooleumis (alljaotus II). Rauda ja terast kaitseb nende pikaajalisel hoidmisel hästi korrosiooni vastu määrimine püssiõliga, vaseliiniga (kuid mitte boorvaseliiniga) või äärmisel juhul mineraalõliga. Alumiiniumil korrosiooni vältimiseks ei tule lubada tema kokkupuutumist leelistega (seep, sooda, tuhk jm.) ja eriti elavhõbedaga. Elavhõbeda tilgake, mis on sattunud alumiiniumile, muudab eseme teatava (teinekord tunduva) osa otseselt mõne tunniga pulbriks.

Keermestiku roostetamise vältimise radikaalseks vahendiks kruvidel ja mutritel on määrimine vaseliini ja grafiidi või petrooleumi ja grafiidi seguga (viimane on halvem). Mutrid näiteks, mis on selliselt määritud, on kergesti lahtikeeratavad isegi paljude aastate möödumisel.

15. Katseriistade pöörlevate võllide konstruktsioone.

1 Üldisi nõudeid konstruktsioonide kohta. Omavalmistatud katseriistadel sageli esinevate detailide hulka kuuluvad võllid, mis võivad pöörelda oma pikitelje ümber. Võll toetub üht või teist liiki tugedele, mis on varustatud laagritega. Käesolevas ja järgnevas 16. ning 17. jaos vaadeldakse mõnesid võllide, laagrite ja tugede (kandurite) konstruktsioone, mis on ehitatavad kõige lihtsamate võtete ja vahenditega. Võllidele kinnitatakse katseriistade osad, mida kasutatakse võllide pöörlemapanemiseks või ümberpöördult — mida pannakse pöörlema võllide abil. Nii näiteks elektrimootoritel ja dünamotel on võllile paigutatud ankur, turbiinidel — labadega rattad, transmissioonidel — rihmakettad, kärude rattapaaridel — rattad jms. Mõnedel riistadel kinnitatakse võll või telg liikumatult, kuna pöörlevaks osaks on katseriista üks või teine osa. Niisugust konstruktsiooni võib näha näiteks magnetnõeltel jt.

Omavalmistatud katseriistade võllid tehakse kõige sagedamini vask-, messing- või raudtraadist või vardast. Võlli valmistamisel tuleb täita järgmisi nõudeid:

a) Võll ei tohi oma pöörlemisel «visata»; selleks peab ta teljejoon ühtuma pöörlemisteljega või teisiti öeldes — võll peab olema laitmatult sirge. See nõuab tema õgvendamist[1] ja kontrollimist tasasel pinnal, nagu seda näidatakse § 14, 5, I.

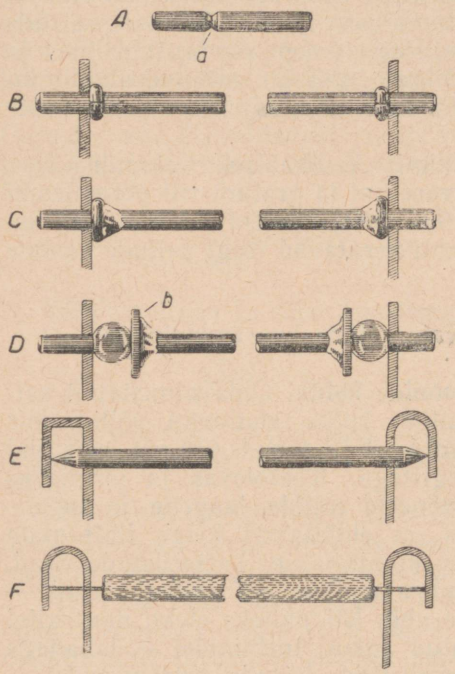
b) Võll peab pöörlema laagrites vähima hõõrdumisega (jagu 17).

c) Võll ei tohi nihkuda ei piki- (s. o. oma pöörlemistelge mööda) ega ristisuunas. Kuid konstruktsioonide ja peamiselt nende

[1] Kui võll valmistatakse naelast (mis peab olema tingimata uus), raiudes või lõigates tema pea maha, siis õgvendamist pole vaja.

valmistamise ebatäiuslikkuse tõttu tuleb enamikel juhtudel lubada suuremat lõtku kui vabrikus valmistatud katseriistadel.

II Horisontaalvõllid mudelitele. Horisontaalsed võllid mudelite jaoks kinnitatakse kõige sagedamini kahele nurgikule, milledesse on võlli pöörlemiseks puuritud augud (§ **13**, 8, V ja joon. 197). Et mitte võimaldada nihkumist piki telge, tuleb mingi lihtsaima võttega[1] võlli peale ehitada tugiseaded. Teritada aga võlli otsi nii (joon. 172), nagu seda tehakse vabrikus valmistatud katseriistadel, on keeruline töö, kui ei ole treipinki. Kui võll on küllalt jäme, siis on kõige lihtsam viilida kolmkantviiliga talle rõngakujuline õnar *a* (joon. 165 *A*) ja litsuda selle koha ümber traadist võruke, parem vasktraadist (joon. 165 *B*). Peenikesele võllile ei saa õnarat viilida ja niisugune võruke tuleb külge joota (§ **12**), kuid ainult ühelt poolt, mis on laagri vastas (joon. 165 *C*). Sedasama võtet on otstarbekohane kasutada ka jämedal võllil, kui jootmine on kergem õnara viilimisest. Kogemused näitavad, et tugesid võllile saab valmistada vasktraadist (d = 0,3 — — 0,8 *mm*) spiraaltraadi tiheda pealekerimise teel. Niisugune spiraal hoidub teinekord võllil kinni hõõrdumise tõttu, kuid parem on teda siiski ühest otsast võlli külge joota (joon. 166 *G*). Spiraaltraadi laagri poole pööratud ots tuleb viilida siledaks, selleks et ots mitte ainult ei kriimustaks tuge võlli augu ümber, vaid libiseks võimalikult väikese hõõrdumisega. Kui võll on peenike ja on olemas sobivaid klaashelmeid, siis tugi tehakse plekist kettakesest *b*, mis joodetakse võlli külge, klaashelmes aga asetatakse võllile vähima hõõrdumise saavutamiseks (joon. 165 *D*). Niisugust konstruktsiooni kasutatakse kõige sagedamini mudellennukite propelleri võllil (joon. 213 C_4). Kõige lihtsamaks võtteks on teritada nael mõlemast otsast kooniliseks ja tugi valmistada tagasipainutatuna, kusjuures nurgiku ülemised otsad hoiavad võlli ülal, nagu



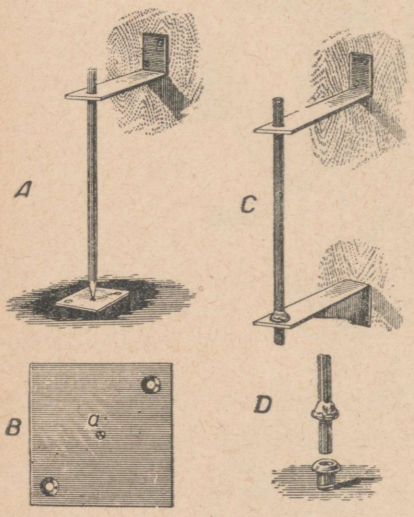
Joon. 165. Omavalmistatud katseriistade pöörlevate horisontaalvõllide (telgede) mitmesuguseid konstruktsioone.

[1] Komplektis «Konstruktor» on selleks otstarbeks seadevõrud.

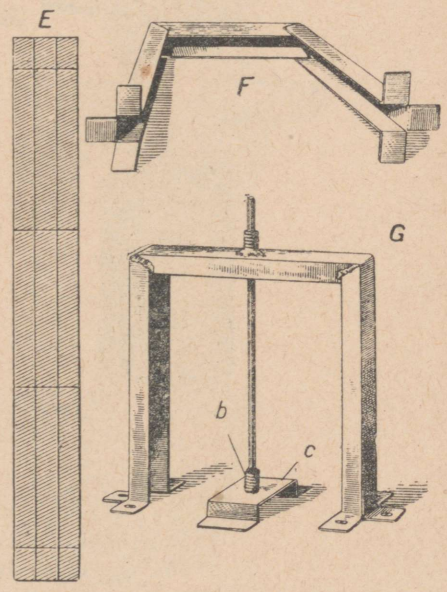
on näidatud joonisel 165 *E*. Võlli võib seejuures teha puupulgakesest (sulepea), mille otste tsentritesse on löödud kaks peenikest peata naela, nööpnõela või nõela (joon. 165 *F*). Kõige täiuslikumaks võtteks on lõpuks kuullaagri kasutamine, mille siserõngasse tihedalt asetatakse võll (joon. 169 *E*).

III Vertikaalvõllid mudelitele. Kui mudelil (segneri ratas, demonstratsioon-elektrimootor jm.) on vertikaalvõll, siis selle võlli alumise otsa toetamiseks tuleb ehitada tugilaager. Seejuures surub võll oma ja temale kinnitatud rootori raskusega kandepesale, soodustades sellega hõõrdumise suurenemist, mis sunnib kandepesa ehitusele pöörama erilist tähelepanu.

Kõige ratsionaalsem ja ühtlasi küllalt lihtne ehitada on järgmine vertikaalvõlli konstruktsioon. Võlli ühele otsale antakse viili abil koonuse kuju, teise otsa kuju on ükskõik milline, mistõttu võib võlliks võtta maharaiutud peaga naela (§ 8, 2, XI, ja joon. 43). Ülal hoitakse võll vertikaalasendis nurgiku abil, millesse on võlli läbiminekuks puuritud auk (joon. 166 *A*), või П-kujulise toe abil, mis on valmistatud kokkukeerutatud traadist või metallribakesest (joon. 166 *G*), või hoitakse mingil teisel viisil. Kooniline ots toetub laagrile, mis koosneb metallplaadikesest (augukestega tema kinnitamiseks lauakesele puukruvidega), millesse on kärniga löödud (jagu 9, III ja joon. 155 *A*) või puuri abil kergelt puuritud (jagu 9, IV ja joon. 137) kooniline süvend *a* (joon 166 *B*). Kande-



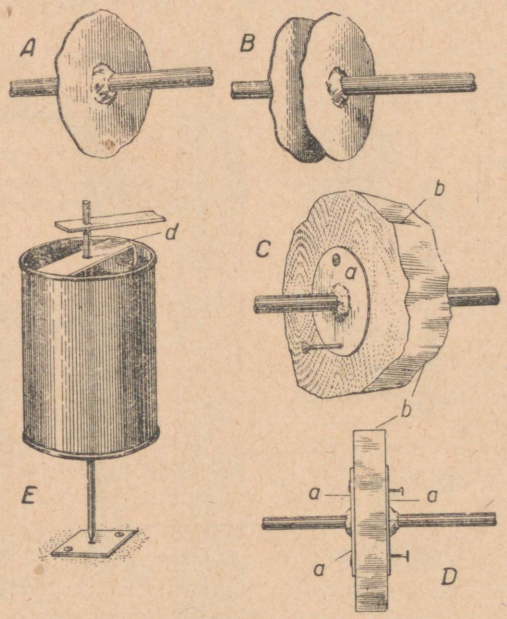
Joon. 166 *A—D*. Mitmesuguseid pöörlevate vertikaalvõllide (telgede) kinnitamise konstruktsioone omavalmistatud katseriistadele.



Joon. 166 *E—G*. П-kujulise toe valmistamine.

pesa võib valmistada kõige lihtsamal juhul isegi plekitükikesest, millesse on naaskliga sisse pressitud või naela otsaga löödud süvend. Niisugune võll hoidub kandepesas kinni enda ja samuti võllile kinnitatud rootori (ankru, ratta, anuma jms.) raskusega. Kirjeldatud konstruktsiooni väärtus on tema valmistamise erakordses lihtsuses ja samuti väikeses hõõrdumises, mis tekib võlli pöörlemisel. Konstruktsiooni puuduseks on see, et riista kallutamisel või teistel põhjustel võib võll võrdlemisi kergesti alumisest tugipesast välja tulla. Kindlamaks kinnitamiseks tuleb võlli ots varustada võrukesega (joon. 165 *A*, *B*, *C*) ja toetada sellesse puuritud auguga metallkonsoolile või plaadikesele (joon. 166 *C*), või lõpuks toetada puust alusele kinnitatud pistikupesa äärele (joon. 166 *D*). Kergetel ja peenikestel võllidel võib võrukese asemel tarvitada vasktraadist spiraali *b*, mis parem on külgejoodetuna kui hõõrdumisega seisvana, tugipesaks aga plekist ribakest *c*, mis on painutatud U-kujuliseks ja varustatud võlli läbiminekuks auguga (joon. 166 *G*). Puust alusele kinnitatakse niisugune tugipesa väikeste naelte või puukruvidega, metallalusele aga joodetakse (§ **12**). Kõige täiuslikumaks võtteks on tarvitada kuullaagreid (joon. 169 *E*).

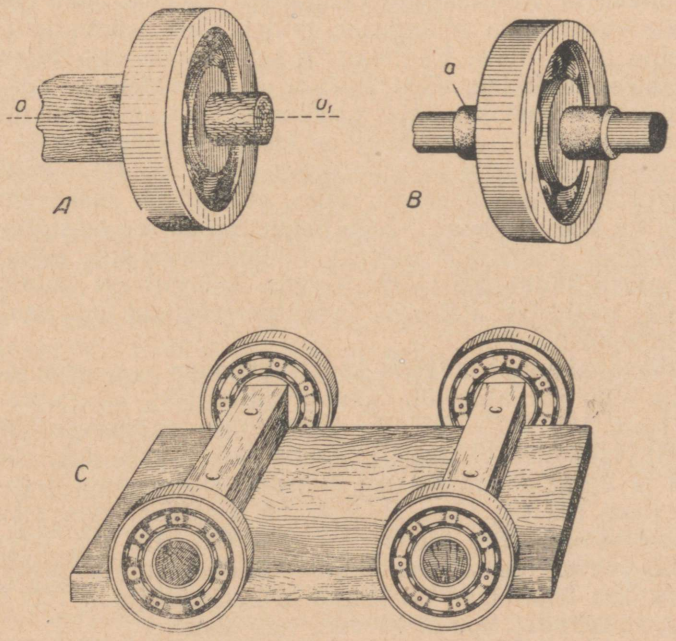
IV Rootorite ja rataste kinnitamine võllidele. Igale kettale (rattale), mis on asetatud pöörlevale võllile (välja arvatud erijuhud),



Joon. 167. Metallketaste (*A* ja *B*) ja puuketaste (*C* ja *D*) kinnitamine võllile. Pöörleva anuma tüüpiline kinnitamine vertikaalteljele (*E*).

esitatakse kaks põhinõuet: a) ketas peab olema ristі pöörlemisteljega ja b) kontsentriliselt sama teljega. Seepärast tuleb ketaste kinnitamisel võllidele nurgiku abil hoolikalt kontrollida ristiolekut (joon. 144 *D*). Teise nõude täitmiseks tuleb auk puurida täpselt ketta tsentrisse (jagu 9, III). Viimane nõue pole aga kohustuslik puust ketaste kohta, mida kinnitatakse allpoolkirjeldatud võtte abil. Ketta asetuse õigsust kontrollitakse lõplikult ketast mingisugustel tugedel pöörates ja jälgides kahes tasapinnas kauguste muutumist ketta servast kuni mingi liikumatult kinnitatud eseme servani.

Metallrootor turbiinidel, mis koosneb omavalmistatud lihtsaimatel katseriistadel ühest või kahest kettast, tuleb kinnitada võllile jootmise teel (§ **12**, 8) (joon. 167 *A* ja *B*), kuna teised võtted pole jõukohased, nõudes võrdlemisi keerukaid metallitöötlemise võtteid. Kõige kindlama kinnituse saamiseks ja samuti paremaks tsentreerimiseks on otstarbekohane kinnitada võllile puukettad *b* kahe plekist või paksemast lehtmetallist kettakese *a* või ruudu vahele, mis on joodetud võlli külge (joon. 167 *C*). Selleks et vältida puuketta pöördumist võllil, kinnitatakse ta juhtketaste külge väikeste naelte või puukruvidega (joon. 167 *D*). Pöörlevad anumad, mida harilikult kinnitatakse vertikaalteljele, tuleb samuti joota põhja keskpunktis võlli külge ja varustada ülal lahtises otsas ristiga või põik-



Joon. 168. Vankrikese ehitus kuullaagrite abil.

puuga *d* (joon. 167 *E*). Käru rattapaari, s. o. kahe rattaga varustatud võlli on kõige lihtsam valmistada jämedast traadist, asetades tema otstele puurosetid, mida tarvitatakse elektrimontaažitöödel (§ 15, 2, VII), ja jootes võllile eespoolkirjeldatud plekist kettakesed (joon. 167 *D*). Kõige tugevamad ja kõige lihtsamini valmistatavad on kuullaagrite abil koostatud rattapaarid (jagu 16, I). Peale selle on niisugune konstruktsioon kõige väiksema hõõrdumisega. Võll on kõige lihtsam teha puidust, kas ümmargune või kandiline; vajaliku läbimõõduga metallist võlli on aga harilikult raske leida. Võll asetatakse tihedalt kuullaagrite siserõngastesse, selle väldita-matu tingimusega, et kuullaagrite põhitasapinnad oleksid risti võlli telgjoonega 00_1 (joon. 168 *A*). Kuullaagrite otsapanemiseks tuleb nelikant-puuvõlli otsad teha ümmargusteks, just niisugused võllid on soovitavamad kui ümmargused, sest neid on lihtsam näiteks puukruvide abil kinnitada vankrikese platvormi külge. Niisugune vankrike on kummuli pööratuna kujutatud joonisel 168 *C*.

Vajalikest peenemaid metallvõlle saab küllalt kindlalt asetada kuullaagrisse, mähkides nende otste ümber võimalikult tihedalt lakiga või värnitsaga immutatud paberist linti, või mähkides otstele isoleerpaela (15, 2, VI), või pannes otstele kummitoru tükid *a* (joon. 168 *B*).

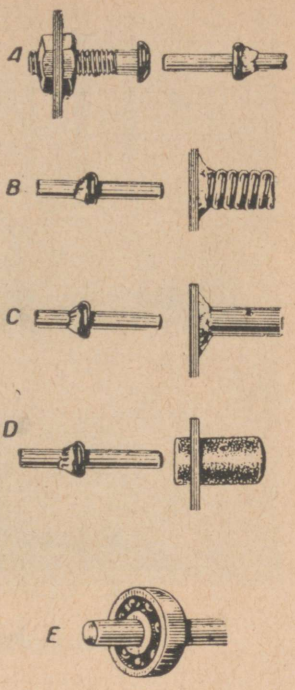
16. Laagrid.

I Kuullaagrid. Kuullaagrite kasutamise vajadus tekib peamiselt igasuguste vankrikeste ehitamisel, millel oleks võimalikult väike hõõrdumine (joon. 168). Kuullaagrite kasutamine aga niisugustes primitiivsetes turbiinide, elektrimootorite jt. mudelites, mis ainult ongi jõukohased harilikes kooli tingimustes, on küll võimalik, kuid pole otstarbekohane, kuna küllalt soodsaid tulemusi võib saavutada ka palju lihtsamate vahenditegagi (jagu 15, II). Põhiraskus kuullaagrite kasutamisel seisab selles, et neid on raske kinnitada tugedesse või konsoolidesse. Kõige lihtsamalt on see teostatav puidu korral, millesse puuritakse vastava läbimõõduga auk, kuhu asetatakse tihedasti kuullaagri väline rõngas. Müügil[1] on kuullaagreid igasugustes mõõdetes, alates nii miniatuursetest, et neid saab kasutada kellamehhanismides.

II Omavalmistatud laagrite konstruktsioone. Laagritena kõige lihtsamad teha ja kvaliteedilt rahuldavad on võlli tugedesse tehtud augud (joon. 165 *B-F*). Vähima hõõrdumise saamiseks on vaja, a) et võlli otsad oleksid rangelt silindrilised ja neil oleks sile lihvitud pind ja b) et augud oleksid puuritud silinderpuuridega (jagu 9, III ja joon. 137 *C*). Võru või spiraali *b* servad, mis takistavad võlli liikumist piki telge (joon. 165 *B* ja *C* ja 166 *G*), nagu juba osutasime, peavad olema tasandatud. Kui on kasutatud võlli konstruktsiooni, kus telje otsad on tehtud koonusteks (joon 165 *E*), siis on tähtis, et koonuse tipp oleks võlli telgjoonel.

[1] On müügil õmblusmasinate, kinoaparaatide ja jalgrataste kauplustes.

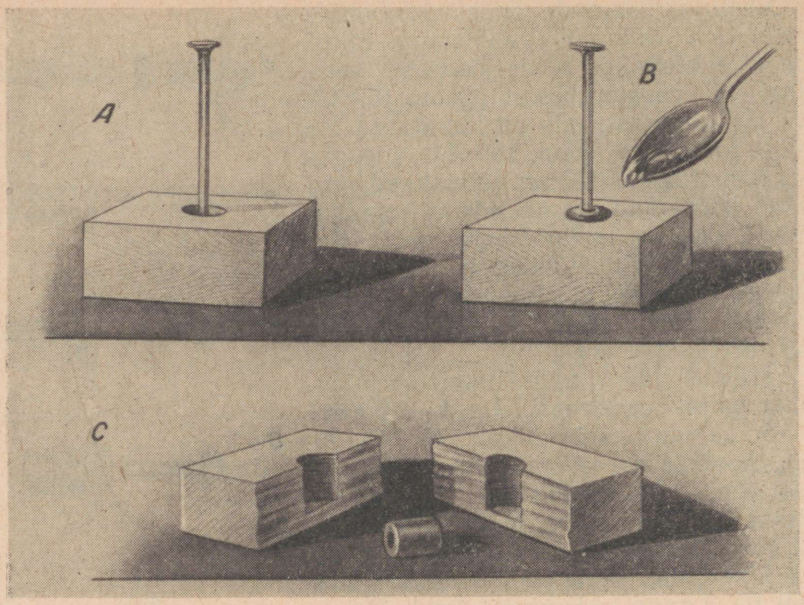
Vastutusrikkamate konstruktsioonide jaoks võib laagreid valmistada mitut moodi, näiteks toe külge joodetud messing- või vasktorukesest (joon. 169 *C*) või pistikupesast, mis on kinnitatud toe külge mutritega (joon. 169 *A*). Niisugused konstruktsioonid on võimalikud, kui läheb korda leida torukesele või pistikupesale vastava läbimõõduga võlli. Kui aga laagrid valmistatakse teatava jämedusega võlli jaoks, siis neid võib teha traadist (joon. 169 *B*) või vastav laager valada (joon. 169 *D*).



Joon. 169. Mitmesuguseid laagrite konstruktsioone.

Traadist laagri valmistamiseks mähitakse paljast vasktraati ($d = 1—2{,}5$ *mm*) 5—8 keerdu spiraaliks (§ **14**, 10, II), hoolitsedes, et mähkimisel keerud asetseksid tihedalt üksteise kõrval. Mähitakse samale võllile, mille jaoks laagrit valmistatakse. Spiraal joodetakse siis toe külge, mis peab võlli hoidma (joon. 169 *B*). Laagri valamine toimub üldiste näpunäidete järgi (vt. § **10**, 4, VII), kasutades vormiks lauatükki, millesse on puuritud süvend, ja asetades süvendi keskele tüki samast traadist või naelast, millest on tehtud võll (joon. 170 *A*). Seejuures on tähtis asetada see traat nii, et tema telg täpselt ühtiks valatava laagri teljega. Selleks on kõige parem puurida süvendi põhja keskkohta auk naela asetamiseks ja hoidmiseks. Tähtis on, et see traat või nael oleks kaetud oksüüdidega, milleks tuleb neid kuumendada leegis, sest muidu võivad nad sulandiga kokku jääda. Parimaks sulandiks laagri valamisel on babiit (§ **10**, 2, II), kuid sellist valandit võib saada ka trükitinast (§ **10**, 2, III) või jootetinast (§ **10**, 4, III). Pärast valamist (joon. 170 *B*) pööratakse naela või traati, mis on eelnevalt kõveraks painutatud, seni kui seda saab välja võtta (joon. 87 *E*). Siis lõhestatakse vorm noa või peitliga ja võetakse valu välja (joon. 170 *C*). Selle järel lihvitakse ta võllile sobivaks, samuti nagu eespool kirjeldatud traadist valmistatud laagergi. Laagri küljesse on kasulik puurida peenikese puuriga auk määrimise jaoks.

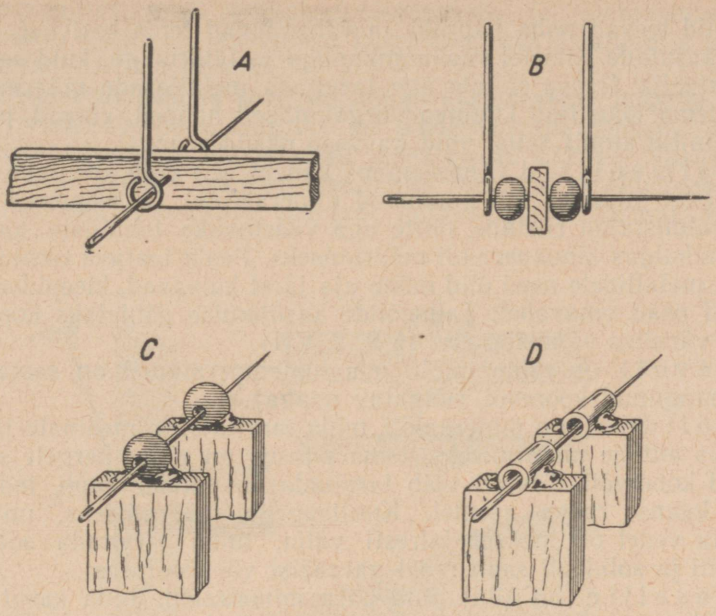
III Laagrite konstruktsioone osutitele. Omavalmistatud katseriistade konstrueerimisel tekib teinekord vajadus ehitada «tundlikke» osuteid (elektrostaatika, magnetism), mis võivad pöörelda vertikaal- või horisontaalteljel võimalikult väikese hõõrdumisega. Samad tingimused on tähtsad ka mitmesuguste virelite, kangkaalu jms. ehitamisel.



Joon. 170. Laagri valamine.

Teljed on kõige otstarbekohasem ehitada õmblusnõeltest või nööpnõeltest, tugiseadmed horisontaaltelgede jaoks aga traadist, mille otsad on keeratud aasadeks (§ **14**, 7, II ja joon. 214). Niiviisi konstrueeritakse kõige sagedamini näiteks kangkaalu riputamiskonksu (joon. 171 *A*), kusjuures on otstarbekohane asetada teljele kaks klaashelmest (joon. 171 *B*), selleks et vältida kaalukangi nihkumist kuni kokkupuutumiseni riputamiskonksuga. Väga väikese hõõrdumise saavutamise mõttes väärib suuremat tähelepanu õmblusnõelast telg, mis on läbi pistetud kahest klaashelmest või klaastorutükikesest, mis on tugiseadmele kinnitatud mendelejevi kitiga (§ **10**, 7, IV) või kirjalakiga (joon. 171 *C* ja *D*).

Osutite jaoks, mis võivad pöörelda vertikaaltelje ümber, saadakse väga väike hõõrdumine, kui kasutada otsast väljavenitatud klaastoru, mis toetub nõela või teravakstehtud traadi otsale (joon. 277 *C*). Kergete horisontaalsete metallist osutite ja paberist virelite toetamiseks kasutatakse samuti nõelu või traati. Osuti või vireli raskuskeskmesse surutakse süvend kärniga, kui ta on metallist, ja pliiatsi või teritatud pulgakese otsaga, kui nad on paberist. See süvend on osutile või virelile toetuspunktiks nende asetamisel teraviku otsa.



Joon. 171. Võlle osutitele ja teistele riistadele.

17. Määrimine.

I Määrimise otstarve. Õlidega määritakse teatavasti katseriistu, seadmeid ja mudeleid hõõrdumise vähendamiseks libisemisel ja veeremisel. Peale selle kasutatakse rasvasid ja teinekord isegi vett selleks, et teha õhukindlaks selliseid detaile, nagu vee- ja õhupumpade klapid ja kolvid, vaakuumriistade taldrikud ja kuplid jms. Määrimist praktiseeritakse ka teras- ja raudosade pikaajalisel säilitamisel, selleks et vältida nende roostetamist.

Määrimine vajab õli või rasva õiget valikut ja samuti mõningaid teadmisi, sest muidu võib rikkuda või paremal juhul kahjustada katseriista või aparaadi detaile. Eriti hoolsat määrimist nõuab kooli kinoaparaat ja umformer.

Määrdeõlidele esitatakse kaks põhinõuet: 1) hea kleepuvus, selleks et õli kleepuks kindlalt ja kataks hõõrduvad pinnad, ja 2) vajalik viskoossus (paksus), et ta surve all ei valguks hõõrduvatest osadest välja ja seda enam ei voolaks välja oma raskuse mõjul. Sisepõlemismootori määrdeaine kohta on erinõudeks, et õli ei sütiks kõrgetel temperatuuridel.

II Määrdeained. Loomset (veise-, lamba-, sea-) rasva kasutatakse pumpade nahast kolbide ja klappide määrimiseks, sest mine-

raalõlid teevad naha hapraks ja vähendavad tema kestvust. Rasva võib kasutada katsetel vaakuumkupliga ja taldrikuga, kuid see pole kohustuslik. Rasva ei tule aga tarvitada metallosade määrimiseks, sest tema koostisse kuuluvad orgaanilised happed võivad põhjustada mitte ainult raua, vaid ka vase oksüdeerumist.

T a i m e õ l i s i d (linaseemne-, kanepi- jt.) võib kasutada ainult äärmistel juhtudel, kui puuduvad mineraalõlid, ja seejuures ainult omavalmistatud riistade, mitte aga väärtuslike tehniliste mudelite ja sealhulgas kinoaparaadi määrimiseks. Peale teatava oksüdeeriva mõju metallidele need õlid mõne aja järel kuivavad, kleepides hõõrduvad osad omavahel. Taimeõlide kasutamise põhialaks koolis on neist värnitsa valmistamine (§ 9, 2, VII).

T a v o t t on mineraalõli, mis toatemperatuuril on sama paks kui hangunud koorevõi (lõigatav noaga).

S o l i d o o l on mineraalõli, mida tarvitatakse masinate ja sealhulgas autode määrimiseks, tema paksus on nagu kergelt soojendatud koorevõil. Tavotti võib tarvitada õhupumba kupli määrimiseks loomse rasva asemel. Kuullaagrite määrimiseks, milledest harilik vedel õli jookseb kiiresti välja, tuleb tarvitada solidooli. Tavotti ja solidooli saab igast garaažist või tööstusest.

V a s e l i i n on üldtuntud paks mineraalõli. Teda kasutatakse hea eduga samadel juhtudel kui solidooli ja tavottigi. Vaseliini saab apteegist; kosmeetiline vaseliin aga, sealhulgas ka boorvaseliin, on täiesti kõlbmatu. Lanoliin, mida müüakse apteekides (palju viskoossem kui vaseliin), on parimaks määrdeaineks õhupumpade kuplite, kraanide (joon. 296) ja lihvitud ühenduste jaoks.

M i n e r a a l õ l i d, mida toodetakse mitmesuguse paksuse ja omadustega sõltuvalt otstarbest, on tuntud mitmesuguste nimetuste ja markide all. Kõige levinenum on autool, mida tarvitatakse automootorite määrimiseks. Autooli on mitmesuguse viskoossusega, kõige vähem viskoosne on autool 6[1].

Kooli tingimustes vajatakse mineraalõli üsna suurel hulgal Komovski pumba ja hüdraulilise pressi täitmiseks (joon. 24 *A* ja 25). Niisugust õli[2] antakse harilikult kaasa nende riistade ostmisel, kui ta aga millegi pärast puudub või on teda vaja vahetada, siis võib tarvitada mistahes vedelat mineraalõli (mitte aga taimeõli), näiteks autoõli «autool 6». Enne täitmist tuleb tingimata kontrollida õli happelisust, kasutades selleks sinist lakmuspaberit. Ainult sel tingimusel, kui niisugune paber ei muuda oma värvust pärast niisutamist õliga, s. o. ei muutu roosaks, on õli kõlblik pumba täitmiseks.

Mineraalõli tarvitatakse mootor-generaatori kuullaagrite täitmiseks; kinoaparaadi või kellamehhanismide määrimiseks aga tuleb tarvitada puhtaimat õli, mida müüakse õmblusmasinate kauplustes.

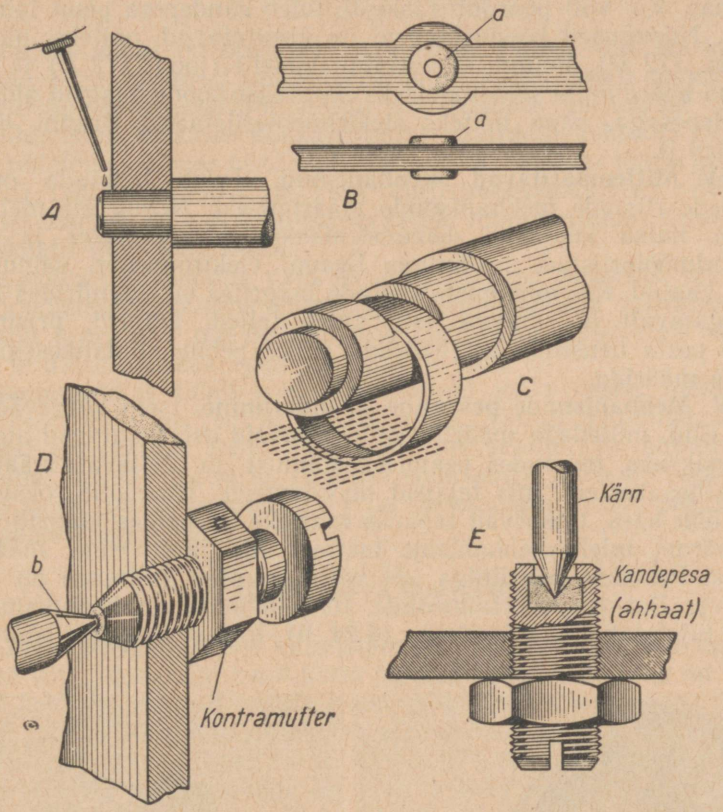
---

[1] Mida suurem on number, seda viskoossem on autool.

[2] Õppevahendite kauplus lisab pressile tavaliselt õli, mille viskoossus Engleri järgi on temperatuuril 50° 5 kuni 8, pumba jaoks aga turbiiniõli viskoossusega 3,0—3,2.

Kondiõli, mida müüakse kinotarvete ja õmblusmasinate kauplustes, on parim igasuguste kõige vastutusrikkamate ja kallite mehhanismide määrimiseks.

III Katseriistadel ja kooli masinatel kasutatavate laagrite liike. Kõige primitiivsemaks laagriks on hoideseadeldis temasse puuritud auguga teritatud otsaga võlli jaoks (joon. 172 *A*). Niisugused laagrid on näiteks magnetoelektrilisel masinal, elektrimootorite mudelitel, elektrostaatilisel masinal, mitmesuguste masinate mude-



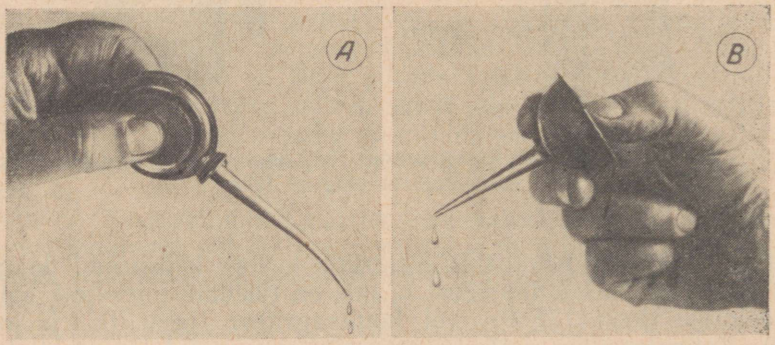
Joon. 172. Kooli katseriistadel ja aparaatidel kasutatavate mitmesuguste laagrite liike.

litel jt. Väikestes tehnilistes elektrimootorites koosnevad laagrid kas pronksist massiivtappidest *a*, mis on tihedalt pressitud hoideseadeldisse (joon. 172 *B*), või kuullaagritest (jagu 16, I ja joon. 168). Kolmefaasilise voolu mootor-generaatoritel ja mootoritel on kasutada mõnikord rõngasmäärijaga laagreid (joon. 172 *C*).

Pöörlevate võllidega koolimehhanismides, milledel peab olema võimalikult väike hõõrdumine, kasutatakse kõige sagedamini koonuslaagreid. Võlli koonilised otsad *b* toetuvad kandepesades väljatreitud sfäärilise või koonilise süvendi tippu (joon. 172 *D*). Kandepesad varustatakse harilikult kruvikeermestikuga, mis võimaldab kandepesal tema pööramisel nihkuda telje suunas, mida on vaja nii võlli väljavõtmiseks kui ka laagri reguleerimiseks. Pööramise jaoks on kandepesade pead tehtud tahulised või neisse on lõigatud lõhed kruvikeeraja jaoks. Kandepesad keeratakse sisse ainult nii kaugele, et võllil poleks võimalust nihkuda ei piki- ega ristisuunas. Kui võll pöördub raskesti, tuleb kandepesa pisut lahti keerata. Niisugused koonuslaagrid on kasutatavad näiteks plokkidel (joon. 172 *D*), Peltoni veeturbiini mudelil (joon. 172 *E*) jt. Väikseima hõõrdumise saavutamiseks ehitatakse koonuslaagrid ahhaadist kandepesaga, nagu näiteks elektrimõõteriistadel, Brauni elektromeetril jt.

IV Mittemääritavad mehhanismid. Tuleb hoiatada õpetajat mõnede riistade mehhanismide määrimisest. Niisuguste mehhanismide hulka kuuluvad demonstratsioon-galvanomeeter ja teised elektrimõõteriistad, sealhulgas Brauni elektromeeter, samuti igat liiki kaalud. Kui niisuguste riistade laagrites või šarniirides kasvab märgatavalt hõõrdumine, siis tuleb teljed, laagrid, prismad ja toed pesta bensiinis või hõõruda puhta pehme pintslikesega, kuid mitte määrida.

V Mehhanismide pesemine ja määrimine. Isegi kõrgeväärtuslikud õlid, milledega määritakse hõõrduvaid osi, muutuvad aja jooksul paksuks, mustudes peamiselt tolmust ja teataval määral ka metalliosakestest, mis tekivad hõõrdumisel. Taimeõlid, oksüdeerudes õhu käes, tihenevad tahkeks massiks, kleepides laagrid kokku. Seepärast tuleb mehhanisme teatava aja järel enne määrimist pesta. Pestakse bensiiniga või petrooleumiga (viimane on vähem sobiv). Paksenenud taimeõlide kõrvaldamine on keerukam, sest neid tuleb lahustada leelisega (§ 24, 9). Pärast pesemist hõõrutakse



Joon. 173. Õlikanne.

osad täiesti kuivaks ja määritakse seejärel kohe kondi- või paremat sorti mineraaliõliga. Õlitamise hõlbustamiseks on kasulik soetada kabinetti õlikann, mida tarvitatakse õmblusmasinate *B* või kinoaparaatide *A* õlitamiseks (joon. 173). Niisugustest õlikannudest surutakse õli välja vajutades karbi seintele või põhjale. Kuullaagrite määrimiseks tuleb kasutada vaseliini, solidooli, tavotti.

§ 12. JOOTMINE.

1. Jootmise otstarve.

Jootmise oskus on õpetajale erakordselt tähtis, sest see vabastab teda väga paljudest raskustest rikutud katseriistade remontimisel, eriti aga uute omavalmistatud katseriistade ehitamisel. Peale selle lihtsustub detailide kokkujootmisel paljudel juhtudel riistade konstruktsioon, säästes nende valmistamiseks kuluvat jõudu ja aega.

Eriti tähtis on jootmine reas elektrimontaažitöödes; mõnede elektriskeemide, näiteks raadioaparaatide monteerimine detailidest on võimatu ilma jootmiseta.

Järgnevalt kirjeldame vaid jootmist kergesti sulavate, nn. pehmete joodistega; jootmine kõvade joodistega (hõbeda sulandiga jt.) on palju keerukam, nõudes muuseas kõrge temperatuuriga soojendajat ja üldse on seda õpetajale vaevalt vaja.

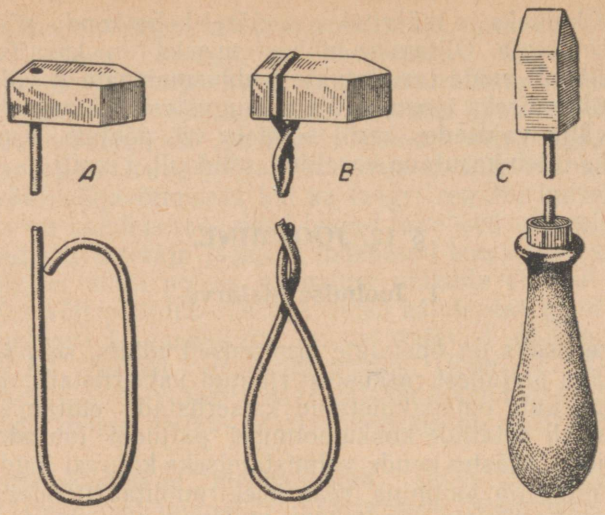
Koolipraktikas tuleb kõige sagedamini joota vaske, messingit, tinutatud plekki, harvemini musta rauda. Tsingi jootmine nõuab teatavat ettevaatust; palju keerukam on seatina ja alumiiniumi jootmine. Seatina jootmine (seatina enda abil), mida on vaja hapeakude jaoks, (§ 23 ja joon. 391) on teostamatu, kuna see nõuab paukgaasi leegi kasutamist[1].

2. Tööriistad ja materjalid.

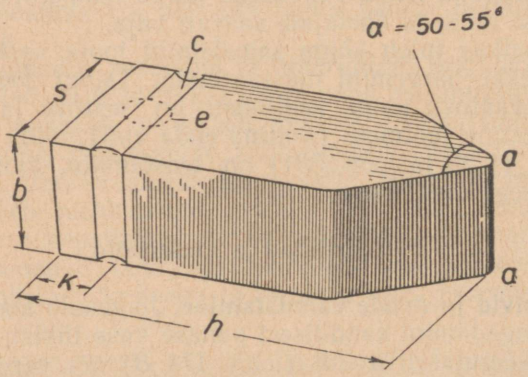
I Jootekolvid ja nende valmistamine. Jootekolb koosneb ümmargusest või sagedamini kandilisest punase vase tükist, mis on kinnitatud kokkukeerutatud traadi (joon. 174 *B*) või varda otsa (joon. 174 *A* ja *C*). Sõltuvalt jootekolvi pea, s. o. töötava keha kinnitusviisist, eristatakse tüüpe: vasar- (joon. 174 *A* ja *B*) ja otsjootekolb (joon. 174 *C*). Otsjootekolb on eriti hõlbus elektrimontaažitöödel (juhtmete jootmisel), samuti jootmiseks anumate sisepindadel.

Jootekolvi valmistamiseks on vaja just punast vaske, mitte aga mingit teist metalli, sest vask põleb kuumendamisel vähem välja kui teised metallid ja peale selle on tal hea soojusjuhtivus ning tunduv soojusmahtuvus. Mida massiivsemad on kokkujoodetavad osad, seda rohkem vajatakse soojust jootekoha kuumendamiseks ja seda suurema massiga tuleb võtta jootekolvi pea. Kooli jaoks

[1] Mõnedel juhtudel õnnestub suure vaevaga kokku joota pragu seatinas tugevasti ülekuumendatud jootekolviga.



Joon. 174. Vasar- (*A* ja *B*) ja otsjootekolb (*C*).

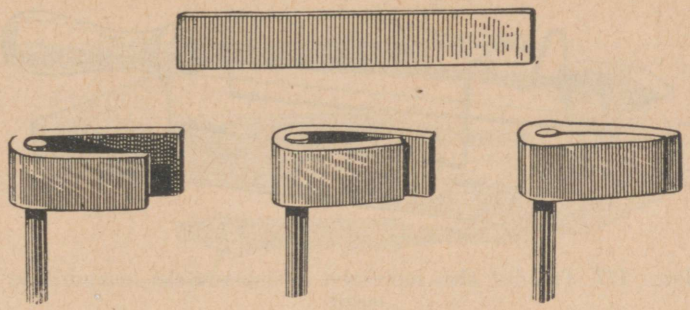


Joon. 175. Jootekolvi pea ehitus.

tuleb õpetajal soetada kaks jootekolbi: üks massiga 300—350 *g* ja teine peenikeste juhtmete jootmiseks mitmesuguste elektririistade monteerimisel, massiga 50—80 *g*.

Jootekolvi valmistamine ei tekita raskusi, kui õpetajal läheb korda saada tükk vaskprussi või vasklatti. Jootekolvi jaoks on otstarbekohane ohverdada vasksilinder võrdse ruumalaga kehade komplektist. Jootekolvi pea otsale tuleb anda kolmetahulise prisma kuju nurgaga umbes 50°. Punane vask on pärast kuumutamist (§ 11, 4) ahjus võrdlemisi kergesti sepistatav, eriti kui ta on kuu-

mendatud. Sepistamise asemel võib jootekolvi peale anda vajaliku kuju ka viilimise teel, mis võtab aga palju enam aega. Valmistades jootekolvi, sepistatakse harilikult vaske esmalt pea kuju järgi, ja siis viilitakse (§ **11**, 10). Jootekolvi pea töötava otsa kuju on näidatud joonisel 175. Tähtis on, et ots *aa* ei oleks täiesti terav ning kujutaks endast tasast tahku, laiusega ligikaudu 1—2 *mm*, mitte



Joon. 176. Jootekolvi valmistamine vasklatist.

aga kõverpinda. Pea teise otsa puuritakse ava *e*, millesse kinnitatakse jämedast traadist käepide, või viilitakse ümarviili abil (joon. 139) soon *c*, käepideme valmistamiseks kokkukeerutatud raudtraadist (joon. 174). Kui vasklatt pole küllalt paks, siis tuleb ta jootekolvi valmistamiseks painutada kahekorra (joon. 176). Alljärgnevas tabelikeses on toodud andmed kolme kaalult erineva jootekolvi kohta, kusjuures viimast liiki vajatakse väga massiivsete detailide jootmiseks. Kõik mõõted on antud millimeetrites.

Jootekolbide mõõted.

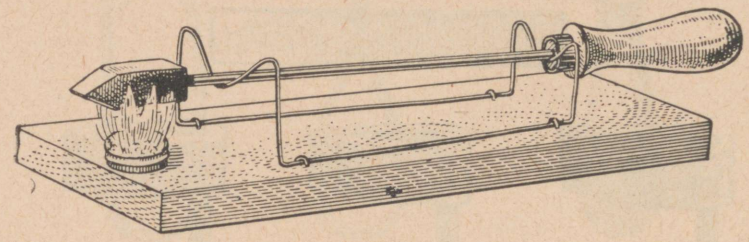
Tabel XI

Jrk. nr.	Vars (joon. 174 *C*)		Käepide (joon. 140 *B*)		Pea (joon. 175)				
	pikkus[1]	jämedus	pikkus	jämedus	*h*[2]	*b*	*s*	*k*	α
1	220	3,5—4	80	20	40	12	10	8	55°
2	270	5	100	20	45	18	16	10	55°
3	320	7	100	20	75	25	20	10	50°

[1] Varre pikkus vastab jootekolvi üldpikkusele, käepideme otsapanemisel tuleb seda vastavalt lühendada.

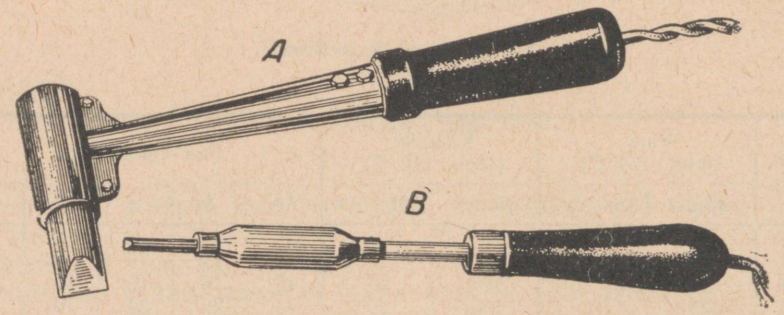
[2] Pea pikkus on võetud varuga, arvestades tema töötava otsa järkjärgulist lühenemist viilimisest tinutuste jaoks.

Jootekolbi kuumutatakse priimuse, gaasipõleti leegis või sūte peal ahjus või sõepannil. Jootekolvi kuumutamiseks on samuti hõlbus kasutada «kuivpiiritust», selleks otstarbeks on kohane valmistada traadist alus, nagu on näidatud joonisel 177. Kuivpiirituse tablette[1] tuleb põletada mingi plekk-karbi kaanes, pannes selle alla tükikese asbesti (§ 21, 2, IV).



Joon. 177. Traadist alus jootekolvi kuumutamiseks kuivpiirituse leegil.

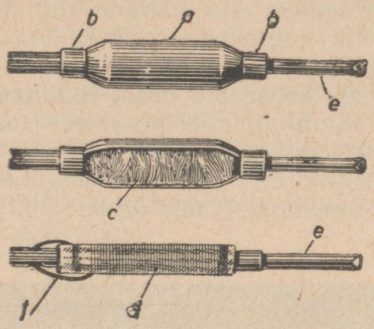
Palju mugavam on töötamisel kasutada elektrijootekolbi, mida leidub müügil (joon. 178). Vasarakujuline jootekolb on tarvilik omavalmistatud katseriistade mõnede detailide jootmiseks (joon. 178 *A*). Teda tuleb kasutada ka elektrimontaažil tarvitatavate traatide ning elektrivalgustuse juhtmete ja üldse võrdlemisi jämedate



Joon. 178. Elektrijootekolbe: vasarakujuline (*A*) ja otskolb elektrimontaažiks (*B*).

[1] Müüakse petrooleumi-, majapidamistarvete ja rohukauplustes.

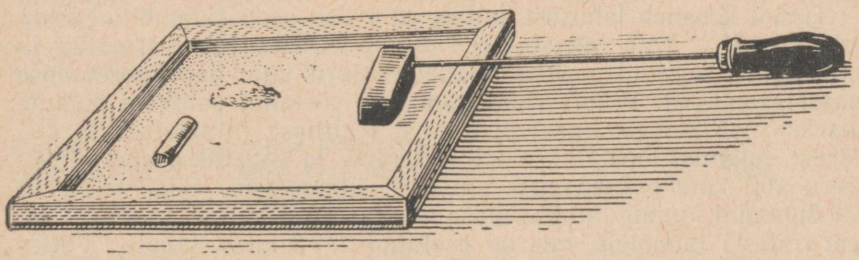
juhtmete jootmiseks. Raadiomontaažitöödel ja peenikeste mähisetraatide ПБО, ПБД, ПЭ jt. (joon. 239 ja 248) jootmiseks on erakordselt hõlbus väike elektriotsjootekolb, mis vajab võimsust 70—80 *W* (joon. 178 *B*). Niisuguse jootekolvi ehitus on näidatud joonisel 179. Kroomnikkeltraadist mähis *d* (§ **15**, 2, V) on asetatud vaskpulgale *e*, olles viimasest isoleeritud vilgulehekestega;



Joon. 179. Elektrijootekolvi ehitus.

mähiste otsad on ühendatud voolutoovate vaskjuhtmete *f* külge. Pealtpoolt on mähis kaitstud temale mähitud asbestnööriga *c* ja metallkattega *a*, mis koosneb kahest poolest ja mida kinnitatakse kahe võrukese *b* abil; viimased asetatakse katte äärte otsa.

Selleks et vältida laua pinna rikkumist jootmisel ja samuti töö hõlbustamiseks on väga tähtis teha kaks vineerist lauakest (20 — 25 *cm* × 15 — 20 *cm*), milledel on õhukesest liistust ääris (joon. 180). Lauakesed on soovitav katta asbestpapiga, kuid see pole kohustuslik (§ **21**, 2, IV). Lauakesi kasutatakse salmiaagi, tina paigutamiseks ja samuti kohana, kus tinutatakse jootekolbi ja toi-

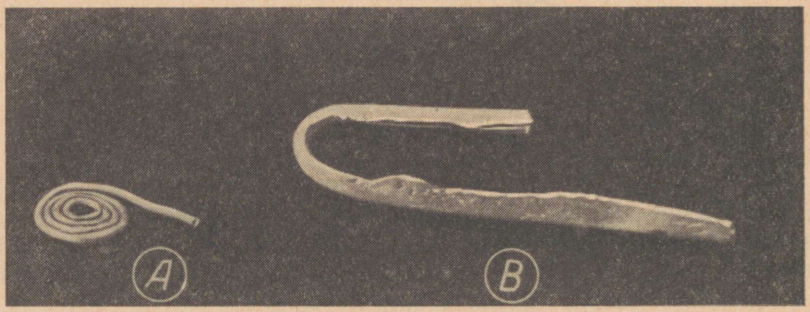


Joon. 180. Lauake jootekolvi tinutamiseks ja mõnedeks jootmisteks.

muvad mõned väikesed jootmised. Üks lauake on ette nähtud jootmiseks salmiaagi ja «happe» abil, teine — kampoli abil. Kuuma jootekolbi asetamiseks on väga kasulik ehitada samale või eri lauakesele traadist alus.

II Tina- ja seatinajoodis. Rauda, messingit, vaske ja tsinki joodetakse tina- ja seatinasulanditega. § **10**, 4, III ja V on näidatud niisuguste sulandite koostised, nende valmistamise viisid ja nendest pulgakeste valamine (joon. 118 ja 181 *B*). Tabelis (VIII) osutatud sulanditest on igaüks ette nähtud küll teatavate metallide jootmiseks, kuid kooli tingimustes võib kasutada sulandit 3 osast seatinast ja 2 osast tinast kui universaaljoodist, või müügil olevat kolmandiksulandit, mis koosneb 2 osast seatinast ja 1 osast tinast.

Sõjajärgsel ajal ilmus müügile peenikese toru kujuline joodis, mis on seest täidetud kampoliga (joon. 181 *A*). Joodis on ette nähtud peenikeste elektrijuhtmete ja raadiodetailide jootmiseks ning ei vaja «räbustaja» kasutamist, mis tublisti lihtsustab jootmist.



Joon. 181. Hariliku joodise pulgake (*B*) ja seest kampoliga täidetud torukujuline joodis (*A*).

III Tinool. Koolipraktikas on juhtmete jootmiseks väga kasulik eriline mass, mis kannab tinooli nimetust ja mida müüakse plekkkarbikestes tihedasti sulguvate kaantega. Tinooli kasutamisel pole vaja jootekolbi, nagu on kirjeldatud § **15**, 10, IV (joon. 249).

Tinool koosneb lahusest, milles on 1 osa peenekstambitud kampolit (§ **10**, 2, VII) lahustatud 4 osas piirituses (denaturaadis) ja millesse on segatud peenikest joodisepulbrit kuni hapukooretaolise massi saamiseni. Pulbri valmistamiseks võetakse sobivam suland, mis koosneb 2 osast tinast ja 3 osast seatinast, ja sulatatakse see. Pärast sulamist lõpetatakse soojendamine ja segatakse energiliselt peeru abil kuni paksenemise tunnuste ilmumiseni. Siis valatakse või õigemini kummutatakse mass viivitamatult riidest (parem linasest riidest) lappidele, mis on asetatud 2—3 kihis lauale. Võttes lappide ääred kokku nii, et tekib kotike, ja surudes nad tihedasti kokku, hakatakse joodist muljuma, lüües aeg-ajalt kotikesega vastu

lauaplaati. Niisugune operatsioon, kui seda teha kiiresti ja energiliselt, on täiesti ohutu, kuid seda peab tegema õpetaja ise, mitte aga õpilased. Tekkinud joodisepulbrit tuleb enne kampoli lahusega segamist sõeluda läbi sõela.

Tinooli tuleb tingimata hoida tihedasti suletavas nõus (näiteks emailvärvi karbikeses — joon. 102), sest muidu ta piirituse aurumise tõttu hangub. Liigselt paksenenud tinooli tuleb lahjendada denatureeritud piiritusega. Enne tarvitamist, s. o. enne asetamist joodetavatele juhtmetele, tuleb tinooli hoolega läbi segada.

IV Räbustajad. Nn. räbustaja otstarve on kaitsta (jootmisel) oksüüdidest puhastatud joodetavaid pindu. Räbustaja, millega on peitsitud jootekohta, sulab jootmisel ning katab jootekoha õhukindla kelmega, mis kaitseb kuumendatud joodetavat metalli ja joodist[1] õhuhapniku mõju eest. Mõned räbustajaist (salmiaak) soodustavad ka pinna lõplikku puhastamist sinna paratamatult püsima jäänud rasvast ja oksüüdidest.

Väga tähtis on pöörata tähelepanu räbustaja õigele valikule, sõltuvalt mitte ainult joodetavate metallide ainest, vaid ka tarvitatava räbustaja sulamistemperatuurist[2]. Viimane asjaolu on tähtis sellepärast, et räbustaja sulamistemperatuur peab olema madalam tarvitatava joodise sulamistemperatuurist. Alljärgnevas tabelis on toodud mõned andmed räbustajate kohta, mis on kõige vajalikumad koolipraktikas.

Räbustajad jootmiseks tina- ja seatinajoodistega.

Tabel XII

Räbustaja	Mille jootmiseks	Sulamistemperatuur t° C	Lahustaja
Kampol (§ 10, 2, VII)	Vask ja alumiiniumjuhtmete jootmiseks	60—120 (amorfne aine)	Piiritus (denaturaat)
Salmiaak ehk ammooniumkloriid (NH_4Cl)	Raua (musta ja tinutatud), vase ja messingi jootmiseks	—	Vesi
Tsinkkloriid ($ZnCl_2$)	Sama	263	Vesi
Tsinkammooniumkloriid (3 osa $ZnCl_2$ ja 1 osa NH_4Cl)	Sama	175	Vesi
Steariin	Seatina jootmiseks	69	—
Soolhape (HCl)	Tsingi jootmiseks	—	Vesi

[1] Kui räbustaja puudub, siis metalli kuumendamisel jootekolvi abil tekib oksüüdi kelme, mis takistab joodise ja metalli molekulaarset liitumist.

[2] Vaata tabel VIII.

Oksüüdide kõrvaldamiseks jootekolvi töötavalt otsalt pärast selle kuumutamist kasutatakse harilikult salmiaaki (ammooniumkloriidi NH_4Cl) (§ 24, 2, XIII), mida on kõige parem kasutada tüki- (kristalli-) kujulisena (joon. 183 *C*). Kasutada võib aga ka salmiaaki pulbri kujul, mida leidub müügil sagedamini.

Räbustajana kasutatakse jootmisel kõige sagedamini «söövitatud hapet» ehk tsinkkloriidi ($ZnCl_2$), mida saadakse soolhappe (HCl) (§ 24, 2, II) reageerimisel metalse tsingiga. Selleks valatakse klaas- või portselanpurki 10—20 cm^3 soolhapet (võib võtta tehnilist hapet) ja samapalju vett ning visatakse sinna sisse tsingitükikesi ja oodatakse, kuni ta lakkab «lahustumast» ning lõpeb vesiniku eraldumine[1]. Niiviisi saadud tsinkkloriidi lahus on kõlblik tarvitamiseks; säilitamiseks valatakse ta klaaspudelikesse, mis suletakse kummipunniga. Sobiv on pista läbi punni klaas- või puupulgake, mille otsaga võib peitsida jootekohta. Happe «söövitamise» asemel võib kasutada ka soola — tsinkkloriidi, lahustades 1 osa seda soola 3-s osas vees (§ 24, 6, I). Tsinkkloriidi kasutatakse raua (nii musta kui ka valge), terase, vase, messingi ja sulandite jootmisel, nagu see nähtub eespooltoodud tabelist. Selle räbustaja kasutamine aga on võimalik ainult tabelis VIII toodud joodiste nr. 1—5 jaoks, millede sulamistemperatuur on alla 260°. Seepärast kõige raskemini sulav tina- ja seatinajoodis (nr. 6), kasutades räbustajana tsinkkloriidi, joodab vaevalt ja halvasti. Niisuguste joodiste jaoks tuleb kasutada räbustajat, mille sulamistemperatuur on 175° ümber ja mille lahuseks on võetud 12 osa vee kohta 3 osa tsinkkloriidi ja 1 osa salmiaaki. See räbustaja on universaalsem tsinkkloriidist ja väärib kõige suuremat soovitust kooli tingimusteks.

Räbustajate: salmiaagi, tsinkkloriidi ja tsink-ammooniumkloriidi[2] väga suureks puuduseks on jootekoha kõige hoolikama pesemise vajadus, selleks et vältida metallide korrosiooni (vask ja messing muutuvad jootekoha ümbruses roheliseks, raud ja teras roostetavad). Seepärast tuleb elektrijuhtmete jootmisel kasutada räbustajana tingimata ainult kampolit[3], millega korrosiooni ei teki.

Jootmise kohta kampoli abil vt. § 15, 10.

3. Eseme ettevalmistamine jootmiseks.

Esimeseks põhipandiks «puhta» ja peaasi kindla joote saamiseks on tingimata joodetavate pindade kõige hoolikam puhastamine

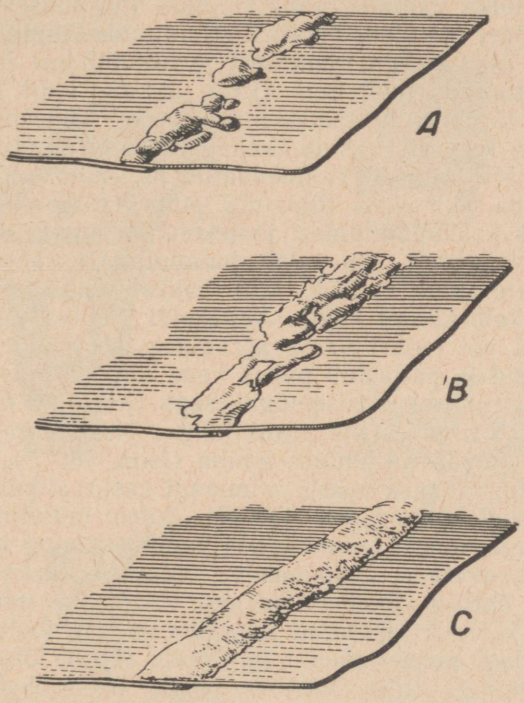
---

[1] Tsinki võetakse liiaga, selleks et pärast reaktsiooni ei jääks vaba soolhapet.

[2] Kokkujoodetud metall ja joodis moodustavad tsinkkloriidi või salmiaagi jäänuste juuresolekul galvaani paari ja seepärast läheb nende lagundumine väga kiiresti.

[3] Elektrimontaaži tehniliste reeglite järgi on keelatud tarvitada söövitatud hapet, salmiaaki jt.; nõutakse tingimata kampoli tarvitamist.

oksüüdidest ja mustusest, sealhulgas ka rasvast. Tinutatud plekk (näiteks konservikarpide oma) ja tinutatud traat, tingimusel, et tinutus pole kuskil läbi roostetanud, vajavad ainult rasva kõrvaldamist, mida tehakse pestes vees sooda või seebi abil ja hõõrudes lapiga. Vase, messingi ja raua pinnal on oksüüdide kiht, mis tuleb kõrvaldada. Need oksüüdid kõrvaldatakse mehhaanilisel teel, kasutades viili, nuga või smirgelpaberit (§ **11**, 14, 1). On väga tähtis,



Joon. 182. Jootmise näiteid: täiesti hooletul puhastamisel oksüüdidest ja mustusest (*A*), mitteküllaldasel puhastamisel (*B*) ja normaalsel puhastamisel (*C*).

et puhastamisest ei jääks pinnale väiksemaidki oksüüdide jäänuseid, mida on võrdlemisi kerge saavutada tasaste pindade puhul. Ei tohi lubada, et mustust ja oksüüde jääks kas või üksikute väga väikeste tähnidena, mis täidavad lohke või süvendeid. Mustus ja oksüüdid tuleb sealt kõrvaldada, koogitsedes või kratsides noa või naaskli otsaga. Kui seda mitte teha, siis joodis ei jää neis kohtades külge, mille tõttu joode saadakse räpase välimusega ja nõrk (joon. 182 *A* ja *B*). Arusaadavalt on niisugune puhastamine vaja-

lik ainult eseme neis kohtades, kuhu peab sattuma joodis. Pärast mehhaanilist puhastamist tuleb pesta veega.

Lõplikult tuleb puhastada, eriti rauda, otse enne jootmist, või kui see on millegipärast võimatu, siis tuleb tulevased jootekohad kohe tinutada s. o. katta õhukese joodise korraga (jagu 5).

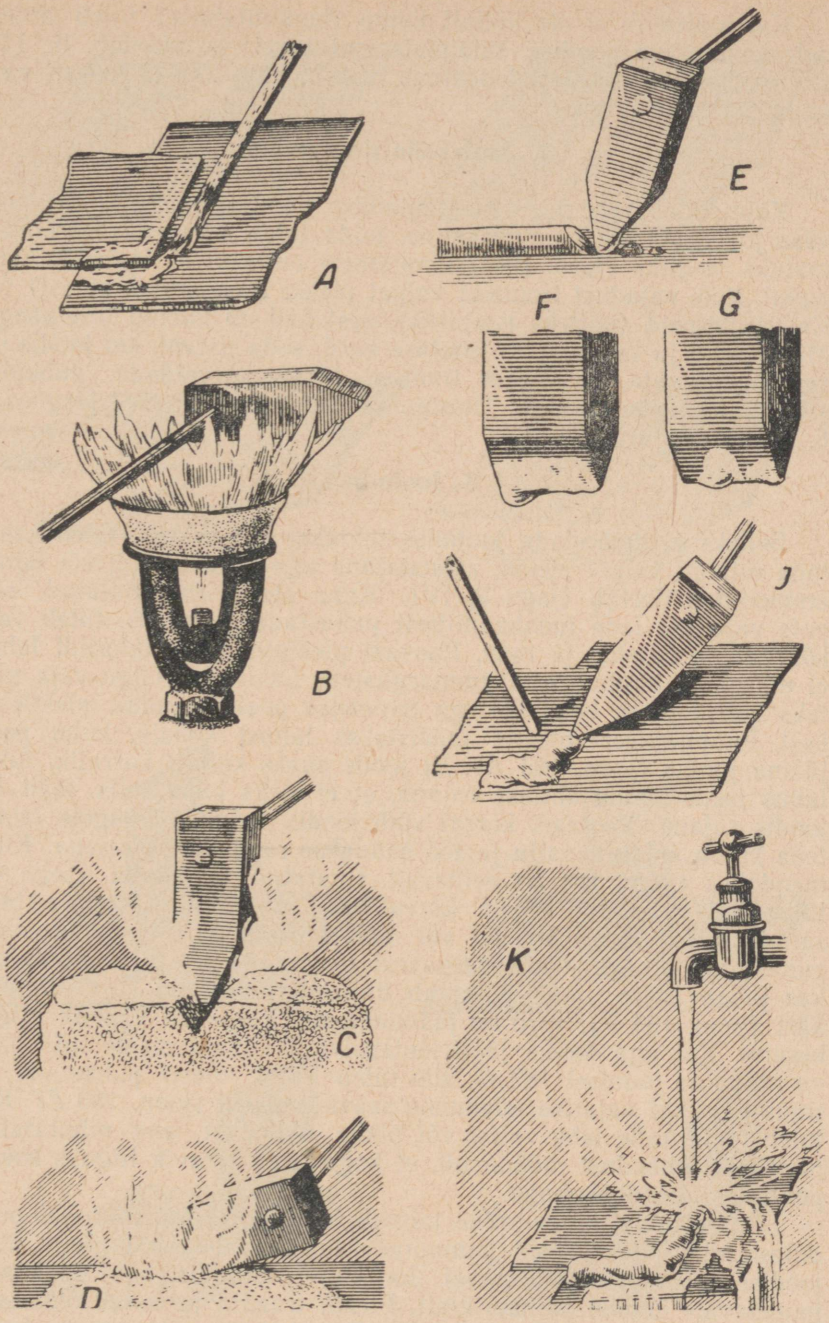
4. Jootekolvi ettevalmistamine.

Teiseks eduka jootmise välditamatuks tingimuseks on see, et jootekolvi töötav ots oleks hoolikalt tinutatud. Tinutamiseks puhastatakse seda otsa viiliga mustusest ja oksüüdidest ja siis kuumutatakse. Kuumutada tuleb seni (joon. 183 *B*), kuni leegi ülemine osa hakkab värvuma helesinakas-roheliseks. Vähekogenud töötaja võib aga siin kergesti eksida, sellepärast on kindlam otsustada mitte leegi värvuse, vaid kuumendatud jootekolvi mõju järgi salmiaagile, mida võib võtta tükis või pulbrina (joon. 183 *C* ja *D*). Kui salmiaak kokkupuutumisel jootekolviga sugugi ei «suitse» või suitseb ainult kergelt, siis tuleb kuumutamist jätkata. Kui aga salmiaak mitte ainult suitseb, vaid hakkab ka kergelt susisema, siis on jootekolb küllalt kuum. Jootekolvi töötava otsa hõõrumisel salmiaagitüki või pulbri vastu kõrvaldatakse kuumendamisel tekkinud oksüüdid ja paljastub puhas vase kiht. Puhastatud töötava otsa kokkupuutumisel joodisepulgakesega (joon. 183 *E*) sulab joodis kiiresti ja jääb tilgakestena pinna külge. Need tilgakesed lähevad kiiresti laiali ja jäävad ühtlase kihina (joon. 183 *F*), kui hõõruda jootekolvi töötavat otsa uuesti salmiaagi vastu. Juhul, kui joodis ei hakka igal pool külge (joon. 183 *G*), tuleb mittetinutunud kohti kraapida noaga, uuesti kuumendada jootekolbi ning korrata tinutamist. Tuleb saavutada, et jootekolvi töötav ots oleks kaetud mõlemalt poolt ühtlase joodise korraga, nagu on näidatud joonisel 183 *F*. Halvasti tinutatud jootekolviga on joota väga raske ega saa kuidagi puhast tööd. Jootekolbi ei tule üle kuumendada, sest siis tinutus tuleb kiiresti pealt ära, oksüdeerudes ja põledes kuumusest[1]. Seepärast on parem jootmisel vaheaja tekkimisel lasta jootekolvil jahtuda ja siis kuumendada uuesti, selle asemel et hoida teda kogu aeg leegis ja ära põletada tinutus.

Aja jooksul vask põleb välja ning jootekolvi töötaval otsal tekivad lohud ja seda kiiremini, mida hooletumalt teda käsitsetakse, ja peaasi — mida enam teda üle kuumutatakse. Kuni need lohud pole sügavad, saab neid tinutada kraapides eelnevalt noaga. Teatava aja järel aga, kui tinutamine osutub võimatuks, tuleb võtta abiks viil ja viilida jootekolvi töötavat otsa, kuni saadakse täiesti tasased töötavad pinnad (joon. 175), ja selle järel jootekolb tinutada.

---

[1] Üldiselt soovitatakse kuumutada ainult jootekolvi kanda.



Joon. 183. Jootmise võtete järjestikkus.

Kui jootekolb ei ole küllalt kuum (kuumutamisel tuleb arvestada kasutatava joodise sulamistemperatuuri — vt. tab. lk. 177, siis joodis jääb halvasti joodetava metalli külge, ta ei jookse, vaid nagu määrdub laiali.

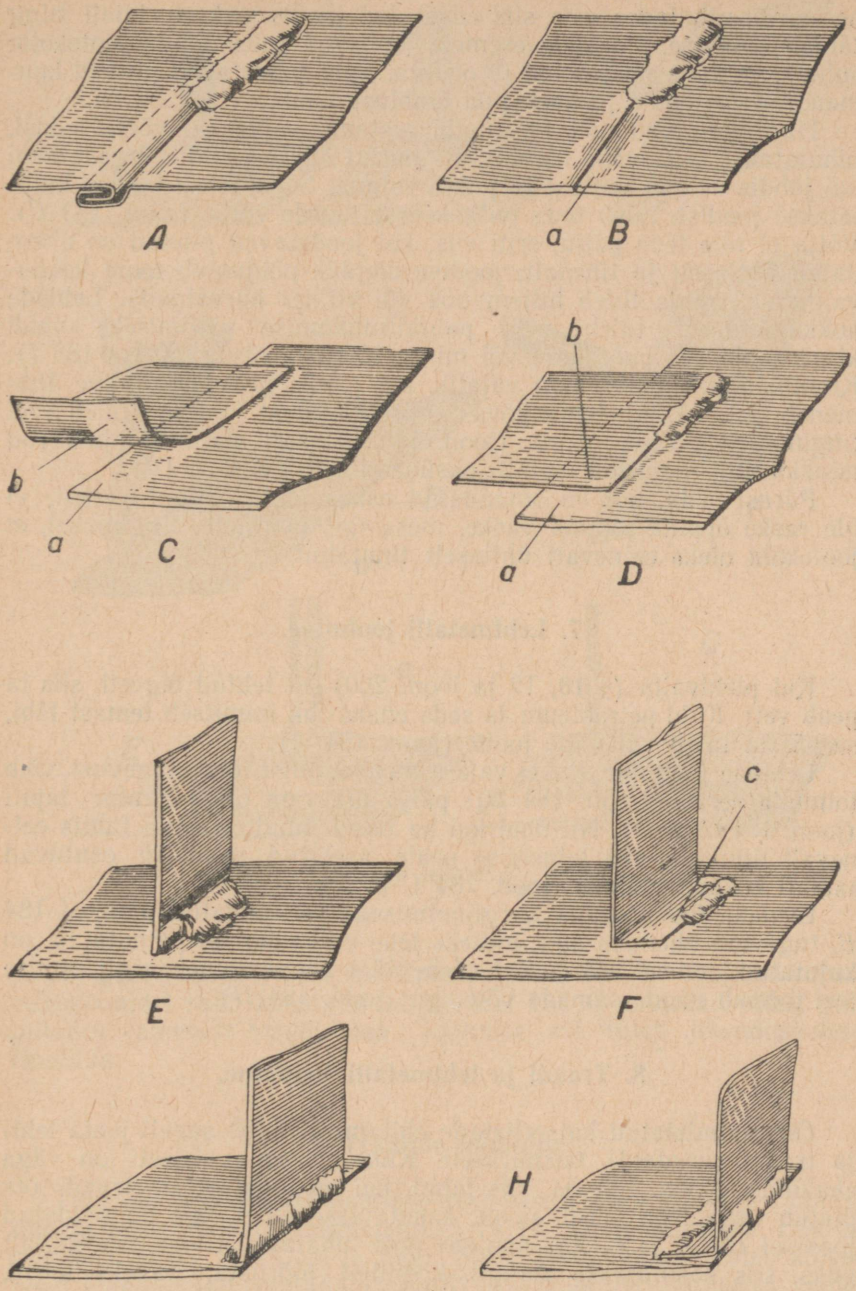
5. Jootekoha tinutamine.

Kolmandaks jootmise kergendamise põhitingimuseks on tulevase jootekoha eelnev tinutamine, mida tuleb teha endale väldita-matuks reegliks (joon. 184). Tinutamine on eriti tähtis musta raua puhul. Pole vajadust tinutada valget plekki (konservikarpidest) või elektrijuhtmeid (näiteks lisajuhet), sest nad on kaetud tinutusega. Mida õhem ja tasasem on tinutuse kord, seda parem, kui joodis on veel hangumata, on liigset tinutust kerge kõrvaldada, pühkides selle maha lapist tropiga. Tinutamise võtted on sarnased järgnevas 6. jaos kirjeldatutega.

6. Jootmine.

Selleks et omandada jootmise tehnikat või oskust, tuleb kasutada esialgu valget plekki, räbustajana aga tsinkkloriidi või tsink-ammooniumkloriidi (jagu 2, IV). Kuna plekk on tinutatud, siis pole vajadust teda mehhaaniliselt puhastada (jagu 3), tuleb vaid kõrvaldada mustus ja rasv. Rasvast plekipinda tsinkkloriidi lahus ei märga ja tõmbub seal ümmargusteks loikudeks. Olgu vaja näiteks kokku joota kaks äärtega teineteise peale pandud plekilehekest. Puupulgakese otsaga määritakse lahust kohale, kuhu peab jääma joodis (joon. 183 *A*). Et joode saaks küllalt korralik, tuleb lahus peale kanda ühtlase rajana, et ei oleks loike, siis jääb ka joodis rajana. Vastasel korral võib joodis valguda kaugele laiali, teda kulub asjatult palju ja töö saadakse räpase välimusega. Kuumendades (joon. 183 *B*) eelnevalt tinutatud jootekolbi (jagu 4), tuleb selle tinutatud otsalt kõrvaldada oksüüdid, hõõrudes teda salmiaagitüki (joon. 183 *C*) või -pulbri vastu. Edasi puudutatakse puhastatud otsaga joodisepulgakest (joon. 183 *E*) ja veendutakse, kas joodis mitte ainult et katab ühtlase ribakesena kolvi alumist äärt (joon. 183 *F*), vaid on jäänud tema külge ka väikese tilgakesena. Kui aga joodis jääb jootekolvi töötavale otsale nii, nagu on näidatud joonisel 183 *G*, siis tuleb kolbi uuesti puhastada ja tinutada, kuni vajalike tulemuste saavutamiseni (joon. 183 *F*). Kui tuleb joota kahe lehe valtsi või pikka ühendust, siis nihutatakse jootekolbi ühendust mööda nii, et kogu tema teravik liiguks kokku puutudes ühenduskohaga.

Ei tule loota, et jootmine toimub juba jootekolvi esimesel puudutamisel. Selleks tuleb kuumutada kokkujoodetavaid pindu kuni joodise sulamistemperatuurini. Jootekolvi kuumus aga ei kandu joodetavale kohale silmapilkselt. Plekk, traadid ja teised õhukesed osad kuumenevad küll võrdlemisi kiiresti, kuid mitte momentaanselt. Paksude materjalide kuumendamiseks kulub võrdlemisi palju



Joon. 184. Lehtmetalli jootmine: valtsiga, serviti, lapiti ja nurgi.

aega. Õhukeste osade jootmiseks tuleb jootekolbi vedada kaunis aeglaselt, nihutades teda siis edasi, kui joodis jookseb laiali ning täidab õmbluse. Paksude esemete jootmisel tuleb hoida jootekolbi suhteliselt kaua ühel kohal ja oodata, kuni joodetavad pinnad kuumenevad ja joodis jookseb piki õmblust laiali.

Harilikult, vedanud jootekolbi teatava vahemaa võrra edasi, nihutatakse teda vähe tagasi, siis uuesti edasi ja jälle tagasi, seni kui joodis valgub ühtlase ja puhta rajana. Sedamööda kuidas kulutatakse joodist, tuleb teda pulgakesest juurde võtta (joon. 183 *E*). Võtta ei tule teda palju, eriti siis, kui joodetavad pinnad on ühendatud ühtlaselt ja tihedalt; joodise ülejääk põhjustab tema kokkuvalgumist, mida tuleb hiljem noa või viiliga kõrvaldada. Lehtede kokkujootmisel tuleb neid paigaltnihkumise vältimiseks veidi kinni hoida kas pulgakese või mingi tööriista otsaga (joon 183 *J*). Kinnihoidmine pole enam vajalik, kui joodis pealtpoolt vähe tuhmeneb, mis osutab tema kõvastumisele. Pärast jootmist tuleb eset tingimata hästi vees pesta (joon. 183 *K*), sest muidu põhjustavad tsinkkloriidi jäänused metalli oksüdeerimist (jagu 2, IV).

Pärast seda, kui on omandatud oskus joota valget plekki, ei ole raske õppida jootma vaske, messingit ja rauda, tingimusel, et jootekoht oleks eelnevalt ühtlaselt tinutatud.

7. Lehtmetalli jootmine.

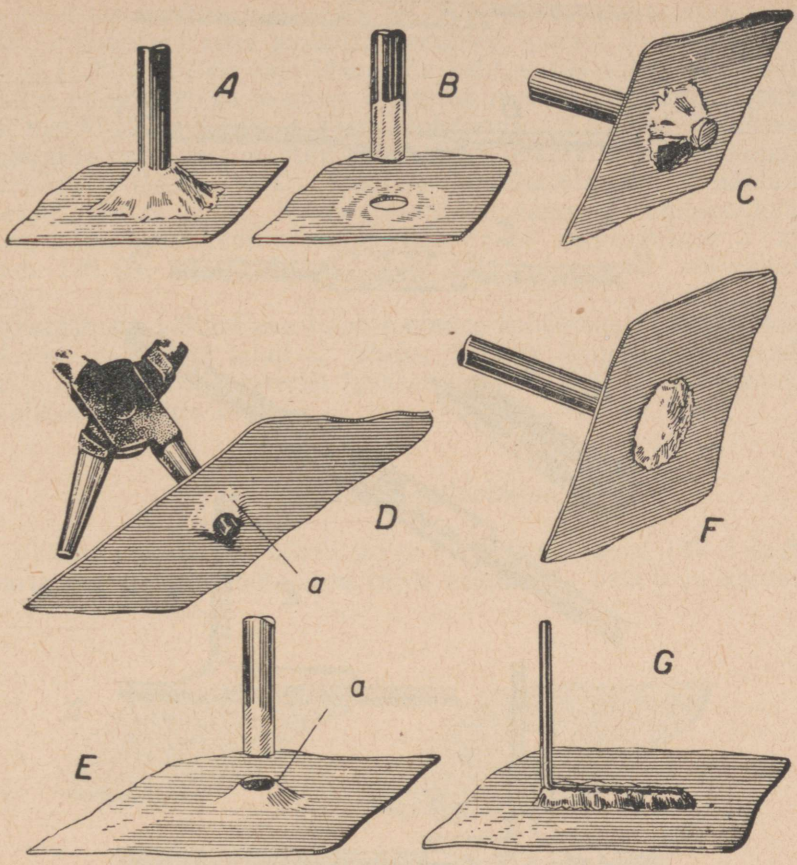
Kui plekivalts (§ 13, 12 ja joon. 200) on tehtud õigesti, siis ta peab vett. Kuid petrooleum ja seda enam õhk immitseb temast läbi, seepärast tuleb valts üle joota (joon. 184 *A*).

Lehtede jootmine, kui ei vajata mehhaanilist tõmbetugevust, võib toimuda serviti (joon. 184 *B*); palju tugevam on jootmine lapiti (joon. 184 *C* ja *D*). Nii ühel kui ka teisel juhul on väga tähtis eelnevalt tinutada, siis teineteise peale asetatud osad *ab* osutuvad samuti kokkujoodetuks (joon. 184 *C* ja *D*).

Lehtede ühendamine nurgijootmisega on näidatud joonisel 184 *E*, tugevam ühendus aga, milleks lehe *c* üks äär on painutatud, on kujutatud joonisel 184 *F*. Kahe lehe ääre ühendamine nurgijootmise teel toimub nende samade võtetega (joon. 184 *H*).

8. Traadi ja lehtmetalli jootmine.

Omavalmistatud katseriistade ehitamisel tuleb sageli joota lehti ja traate (vardaid) täisnurkselt. Kuna jootmine otseti on väga ebakindel (joon. 185 *A*), siis juhul, kui on lubatav, et traadi ots ulatub välja lehe teiselt poolt, kasutatakse võtet, mis on näidatud joonisel 185 *B* ja *C*. Kui aga see pole lubatav või leht pole küllalt paks, siis kasutatakse mingit koonilist tööriista, näiteks kärni, ümartangide otsa jms., pressitakse esialgu augu ümber tüvikoonusekujuline kõrgend *a* (joon. 185 *D*) ja joodetakse mitte ainult

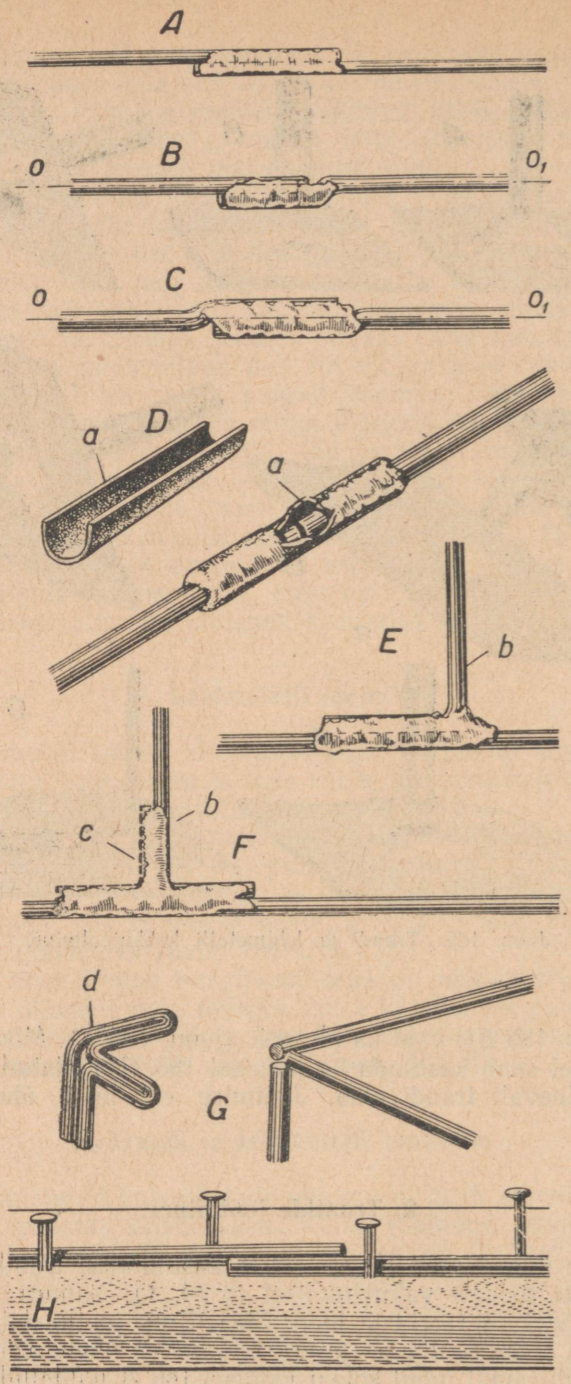


Joon. 185. Traadi ja lehtmetalli kokkujootmine.

pealt- (joon. 185 *E*), vaid ka altpoolt (joon. 185 *F*). Mõnedel konstruktsioonidel saab kasutada ka joonisel 185 *G* näidatud võtet, painutades eelnevalt traadi otsa. Jootmise eel tuleb ühenduskohad tinutada.

9. Traatide jootmine.

Traatide ühendamist jootmise teel kasutatakse traadist raamistike ja teiste toodete valmistamisel (§ **14**, 1), samuti ka raadiomontaažitöödel (§ **15**, 14 ja joon. 248). Enne jootmist tuleb kõigepealt traadi otsad tinutada (jagu 5). Traatide ühendamiseks joodetakse nad lihtsamal juhul kokku joonisel 186 *A* näidatud viisil, asetades traadi otsad (pealeti) teineteisele. Kui vajatakse, et kokku-



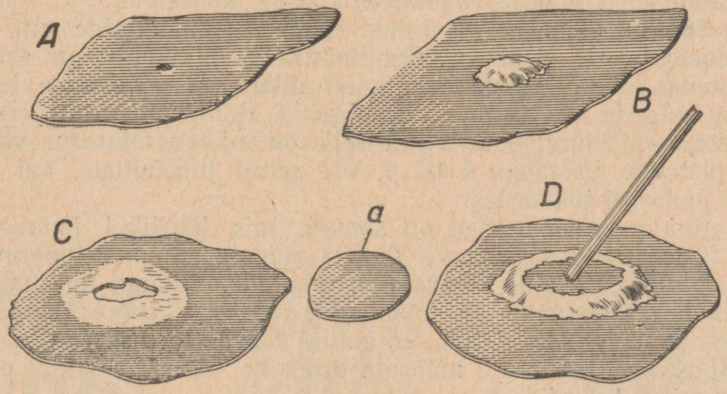
Joon. 186. Traatide jootmine.

joodetud otstel oleks ühine telg oo_1, siis traate painutatakse vastavalt — jämedaid enne jootmist, peenikesi pärast jootmist (joon. 186 *B* ja *C*). Kui on vaja ühendada kahe varda otsad, siis painutatakse mingist kõige õhemast tinutatud materjalist, näiteks õhukesest metall-lehest (§ 13, 2, VII), poolsilinder või künake *a*, millesse asetatakse varraste tinutatud otsad ja joodetakse nad hästi kuumutades kokku (joon. 186 *D*). Traatide nurgiühendamine on näidatud joonisel 186 *E* ja F^1. Kolme traadi ühendamine, näiteks kuubi tipus, toimub harilikult traadist valmistatud abinurgakese *d* abil (joon. 186 *G*), mis joodetakse raamistiku külge seest- või väljastpoolt.

Keerustuste vältimiseks tuleb jootmise koht enne jootmist kinnitada, nii et traadid laiali ei läheks. Selleks kinnitatakse traadid naelte abil ajutiselt vineerist lauakesele (joon. 186 *H*) või seotakse peenikese traadiga kokku.

10. Aukude kinnijootmine.

Väikest auku on harilikult kerge kinni joota (joon. 187 *A* ja *B*). Suurte aukude kinnijootmiseks tuleb valmistada paik *a* ja tinutada



Joon. 187. Aukude kinnijootmine.

see (joon. 187 *C*). Tinutatakse ka augu ümbrus, asetatakse siis paik tinutatud poolega augu peale ja kuumutatakse paika pealtpoolt jootekolvi abil, hoides pulgakesega paika kinni (joon. 187 *D*).

[1] Suurema tugevuse saamiseks on traadi *b* ots painutatud täisnurkselt (joon. 186 *E*), veel suuremat tugevust saavutatakse traadist abinurgakese *c* abil (joon. 186 *F*).

11. Tsingi, seatina ja alumiiniumi jootmise iseärasusi.

I Tsingi jootmine. Tsingi jootmisel on eelkõige see iseärasus, et räbustajaks tuleb võtta soolhapet (lahjendatud 2—3 osas vees), mitte aga tsinkkloriidi (jagu 2, IV). Teine iseärasus on tingitud tsingi võrdlemisi madalast sulamistemperatuurist, mistõttu õhukese tsinklehe puudutamisel võib ülekuumutatud jootekolb sulatada sellesse augu. Seepärast ei tule tsinkesemeid joota tugevasti kuumutatud jootekolviga ja osalt seepärast tuleb võtta kergestisulav joodis (vt. tabelit lk. 177). Massiivsemate tsinkosade jootmisel pole öeldul erilist tähtsust.

II Alumiiniumi jootmine. Alumiiniumi joodetakse samade võtetega, mida on kirjeldatud jagudes 3—6. Kõigepealt tuleb aga tingimata kõrvaldada noaga kaapides oksüüdid ja kasutada joodist, mis koosneb sulandist: inglistina (30%) ja tsinki (70%), sest inglis- ja seatinajoodis ei kõlba (jagu 2, II). Elektrijuhtmete jootmisel on räbustajana tarvilik kampol (§ **10**, 2, VII).

Alumiiniumi on palju raskem joota kui vaske, messingit ja rauda. Joodis hakkab halvasti külge nii jootekolvi tinutamisel temaga kui ka jootmisel endal. Peale selle joodis ei valgu, vaid pigemini tuleb teda laiali määrida. Jootekolbi tuleb kuumutada tugevamini kui harilikul jootmisel. Seepärast, kui konstruktsioon vajab ühendusteks jootmist ja alumiinium kui niisugune pole tingimata tarvilik, tuleb asendada teda teise metalliga.

III Seatina jootmine. Seatinast osade kokkujootmine on kooli tingimustes sama raske kui alumiiniumi jootminegi. Kuna seatina on teataval määral plastiline, siis on auku temas vajaduse korral kergem sulgeda kas seatinast neediga või «kinni pressida» vasarahoopidega kui kinni joota. Peale selle on näiteks lihtsam valada terve plaadike, vastavalt § **10**, 4, VII antud juhenditele, kui teda kokku joota eri tükikestest.

Seatina jootmise võtted on samad, mis harilikul jootmiselgi (jagu 3—6), kuid seatina võrdlemisi madala sulamistemperatuuri tõttu ei tule jootekolbi tugevasti kuumutada. Sulandi koostis seatina joodiseks on näidatud tabelis lk. 177. Parimaks räbustajaks on stearin, tarvitada võib ka sulatatud rasva (loomset) ja kampolit. Räbustaja tuleb peale määrida otsekohe pärast seatina pinna puhastamist oksüüdidest.

§ 13. LEHTMETALLI- (PLEKI-) TÖÖD.

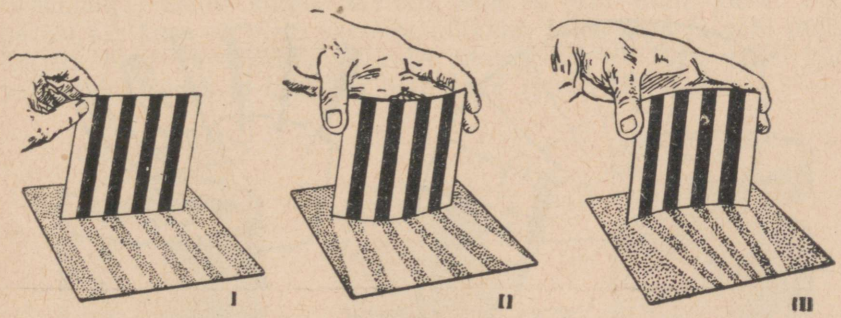
1. Tööde otstarve.

Paljude omavalmistatud katseriistade ehitamisel on plekist või mingist teisest lehtmetallist toodetel suur tähtsus. Kõige keerukamateks toodeteks on silindrid ühe (purk) või mõlema (katel) suletud põhjaga. Kuid niisuguste silindrite valmistamise vajadus langeb enamikul juhtudel ära, sest nii õpetaja kui ka õpilased võivad

kasutada plekist konservikarpe, mida on saada väga mitmesuguses vormis ja mõõdetega. Purgi valmistamine plekist ühes põhja panemisega, nagu see on kirjeldatud 14. jaos (joon. 202), nõuab aga kaugeltki mitte lihtsaid oskusi, mida saavutatakse ainult suure harjutamise või plekitöö erilise õppimisega. Füüsikakabinet aga vajab peale mitmesugustes variantides ümmarguste anumate veel neljakandilisi või künakujulisi madala äärega anumaid, selleks et sulatada plastilisi ja isoleerivaid aineid (joon. 199). Nende valmistamine plekist ei tekita erilisi raskusi (jagu 10).

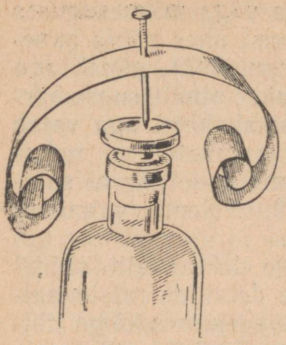
Eriti suur tähtsus on pleki- või mingi teise lehtmetalli töödel katseriistade eri osade valmistamisel. Mõnede detailide ratsionaalsed plekk-konstruktsioonid, mida valmistatakse seejuures kõige lihtsamate vahendite ja võtetega, võimaldavad sageli vältida töid, mis nõuavad võrdlemisi kõrget kvalifikatsiooni tisleri- ja lukksepatöös. Nii näiteks pleki kasutamine puust liistude nurgiühendamisel võimaldab saavutada mehhaanilist tugevust (§ 8, 14, III ja joon. 94), mis ei jää maha keerukatest tappühendustest (joon. 91). Nii näiteks koostatakse elektrimootorite konstrueerimisel ankrute ja väljamagnetite südamikud plekiribade pakkidest, mis vabastab keerulistest lukksepatöödest (joon. 259). Nii näiteks täisnurkselt või profiilraua kujuliselt painutatud plekiribad (joon. 166 *E* — *F* ja 197), mis mõnikord on tugevuse suurendamiseks pealegi varustatud veerangutega, võivad olla konsoolideks või teisteks toenditeks, muuseas ka neis pöörlevate võllide tugedena (jagu 8, V ja joon. 197). Töö lihtsustamine ning mõnede lihtsalt ja teravmeelselt teostatud plekist konstruktsioonide loomine (joon. 188 ja 189) moodustabki selle loomingulise akti, mida iseloomustas B. Franklin oma märkimisväärsete sõnadega (§ 1, 5)[1].

Kui teravmeelse ja lihtsa lahenduse näidet tuleb samuti nime-



Joon. 188. Plekiribast valmistatud katseriist kiirte peeglilt peegeldumise vaatlemiseks. Ribakesele on tõmmatud musta lakiga ribad. Ribakest valgustatakse paralleelkiirtega. I — peegeldumine tasapeeglilt. II — peegeldumine silindriliselt kumerpeeglilt. III — peegeldumine nõguspeeglilt.

[1] Vaata lk. 18.

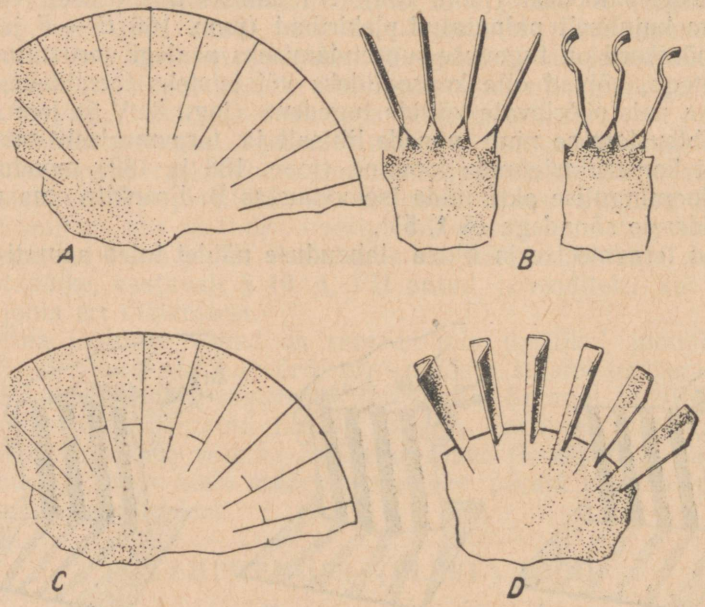


Joon. 189. Dubrovski riist tasakaalu liikide tundmaõppimiseks, mis koosneb naelast ja plekiribast.

tada aktiiv-auruturbiini (joon. 6 *A* ja 190) rootorite tüüpilist ehitust.

Suure tähtsusega on pleki kasutamine transformaatorite südamike valmistamisel, kuid see on palju vaeva nõudev töö, nii et seitsmeaastases koolis on ratsionaalsem konstrueerida traatsüdamikke (§ **15**, 16, VI ja joon. 261 ja 262) või muretseda vanadest drosselitest ja transformaatoritest valmissüdamikud.

Plekitööd nõuavad enamasti jootmise kasutamist, sest valts- ja neetühendused (jagu 12 ja joon. 200) teevad teinekord palju keerukamaks nii konstruktsiooni enda kui ka tema teostamise. Siit järeldub jootmise oskuse omandamise tähtsus, millele juba osutasime § **12**, 1.



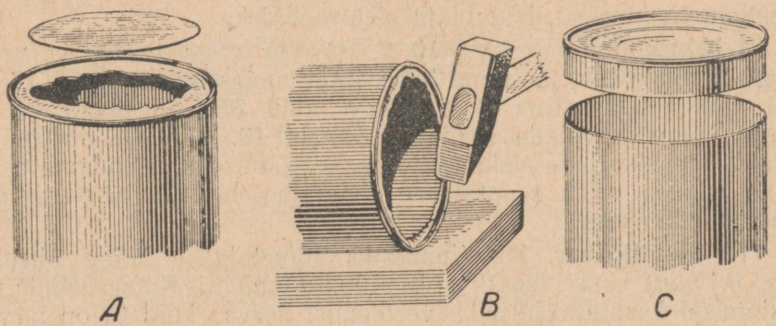
Joon. 190. Auruturbiini mudelite rootorite tüüpilisi konstruktsioone.

I Valgeplekk. Õhukesi rauast lehti ($b = 0{,}18 - 0{,}6$ *mm*), mis on mõlemalt poolt (kaitseks roostetamise vastu) kaetud õhukese tinutuse (inglistina) korraga, nimetatakse valgeplekiks. Valgepleki saamise põhiallikaks on igat liiki konservikarbid. Plekki on ka müügil väheldaste tahvlite kujul mõõtega 70 *cm* × 70 *cm*. Valgeplekk ei talu suurt kuumutamist, sest inglistina sulab ja osalt aurub, peamiselt aga põleb ära. Seepärast on valgeplekist anumad kõlblikud ainult vee keetmiseks neis, kuid ilma veeta ei talu nad otsest kuumutamist leegil ja kaotavad tinutuse.

Kuna valgeplekk on ilusa läikiva välimusega, kuivas kohas õhu käes ei roosteta, on kergelt lõigatav, painutatav ja joodetav, siis tuleb teda eelistada mustale plekile ja seda enam katuseplekile.

II Konservikarbid. Nagu juba nimetasime, on konservikarbid mõnedel juhtudel tähtsaimaks poolfabrikaadiks (anumad, katlad) (joon. 6) ja samuti valgepleki saamise allikaks. Konservikarpe tuleb koguda, seda enam et neid saab kohe ära kasutada kas või näiteks mitmesuguste peenmaterjalide hoidmiseks. Karp tuleb kõigepealt puhtaks pesta kuuma soodaveega, selleks et kõrvaldada temast toiduainete jäänused ja säilitada karpi ainult sel kujul.

Õpetajal, kes avab konservikarpe oma tarviduseks, tuleb silmas pidada karbi võimalikku rakendust. Nii näiteks kui karp on kõlblik kinnise anuma või katla ehitamiseks, tuleb kaant välja lõigates jätta ääred, mis võimaldaksid hiljem joota nende külge ketast, mis moodustaks kaane (joon. 191 *A*). Ümberpöördult, kui karpi kasutatakse lahtise anumana, siis tuleb kaas ära lõigata võimalikult tasaselt, jättes hästi väikesed servad, selleks et hiljem painutada need haamriga vastu anuma sisemisi seinu (joon 191 *B*). Enamikul konservikarpide tüüpidel on kaaned valtsitud (väga õhukese kummist vahekihiga) seinte külge, mistõttu neid ei saa lahti joota. Seepärast kui karp on pleki saamise allikaks, tuleb kaas ja põhi maha lõigata ning järelejäänud silinder moodustajat mööda valtsi kõrvalt lahti lõigata ja tasaseks painutada (joon. 191 *C*).



Joon. 191. Konservikarbi ettevalmistamine tema mitmesuguseks kasutamiseks.

III Katuseplekk. Seda üldtuntud materjali vajab kool vähe ja nimelt katseriistade nende detailide valmistamiseks, milledeks valgeplekk on liiga õhuke, teist metalli (messingit, alumiiniumi) aga pole olemas. Samuti on ratsionaalne kasutada katuseplekki panni valmistamiseks, mida vajame demonstratsioonidel vedelike (elavhõbe) lauale valamise vältimiseks. Katuseplekki kasutatakse kui kõige odavamat ja levinumat materjali elektroodideks soodaalaldajas ja vesireostaadis. Raua vastava erisordi puudumisel võib katuseplekki kasutada transformaatori südamike valmistamiseks (§ **15**, 16, VII). Sel juhul tuleb rauda lõõmutada (§ **11**, 4), selleks et anda talle «pehmust», mis on vajalik hüstereesikadude[1] vähendamiseks.

Katuseplekk on raskemini lõigatav ja painutatav kui valgeplekk; lõõmutatult on ta kergemini töödeldav. Roostetanud ja seda enam vana raud töötlemiseks ei kõlba. Uue katusepleki (parem tsingitud pleki) lõikmeid ei ole raske saada.

IV Lehtmessing ja -vask (vt. ka § **11**, 2, II—IV) on kergesti töödeldavad (lõigatavad, painutatavad, poleeritavad jne.), suurepäraselt joodetavad. Messing on parim materjal igat liiki detailide valmistamiseks, mitte ainult sellega, et teda on suhteliselt kerge töödelda, vaid ka tootele nägusa välimuse andmiseks lihtne viimistleda. Vask on vähem kõva ja elastne kui messing, mispärast tema kasutamise ala on piiratum. Messingi ja vase põhiväärtus seisab nende oksüdeerimatuses vee mõjul, mispärast need materjalid leiavad kõige laialdasemat kasutamist igasuguste veega kasutatavate anumate (kalorimeetrite, katelde jne.) valmistamiseks.

Vask on asendamatu elektroodide valmistamiseks elektrolüütilistes vannides (§ **25**, 2, III), mõnd tüüpi (Volta, Danielli) elementides ja katseriistades elektrolüüsinähtuste tundmaõppimiseks.

V Lehtalumiinium (vt. ka § **11**, 2, IV). Alumiiniumi põhipuuduseks on tema jootmise raskus, mis piirab tema kasutamist omavalmistatud katseriistade ehitamisel. Ta on töödeldav sama kergesti kui vask. Tunduvalt suurema tugevuse ja elastsusega on tema sulandid koltšugalumiinium ja duralumiinium. Alumiinium on asendamatu aine soodaalaldaja elektroodideks.

VI Lehtseatina (vt. ka § **10**, 2, II). On väga pehme ja veniv, kergesti töödeldav, jootmine kooli tingimustes on raske (§ **12**, 11, III). Saada lehtseatina ei ole kerge, kuid õhukesi plaadikesi on täiesti võimalik valada seatinautiilist (§ **10**, 4, VII). Seatina on vajalik happekindlate elektroodide valmistamiseks, asendamatu aga katseriistades, mida kasutatakse akumulaatori töötamise printsiibi tundmaõppimiseks.

VII Metallpaber. Metallpaberiks nimetatakse kõige õhemaid ($b < 0{,}1$ *mm*) vask-, messing- ja alumiiniumlehti. Katseriistade valmistamisel kasutatakse teda võrdlemisi harva, kuid ta on tarvilik

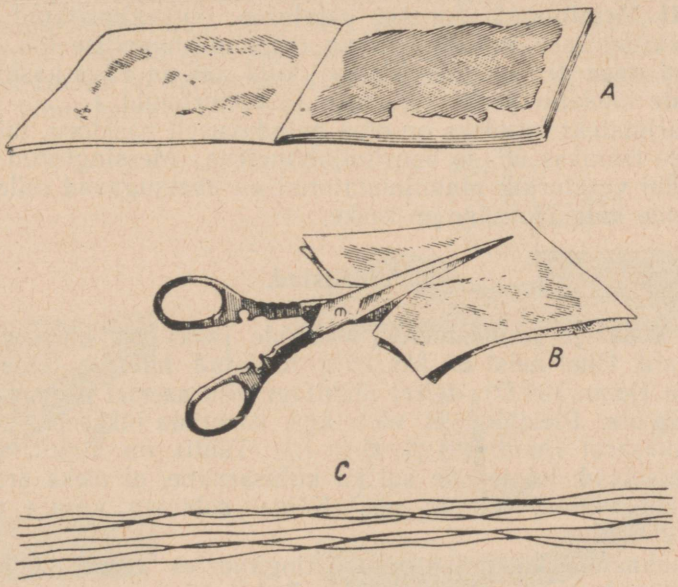
[1] Elektrienergia kaod südamiku ümbermagneetimiseks.

eri otstarveteks, näiteks kommutaatori lamellide valmistamiseks elektrimootoritel, elektrimõõteriistade osutiteks jms.

Metallpaber on lõigatav harilike kääridega peaaegu nagu paks paber, on painutatav kätega haamri abita (näiteks pliiatsil või mingil teisel šabloonil) ja on hästi joodetav (peale alumiiniumi). Seepärast on ta väga väärtuslik metalltorukeste valmistamiseks, eriti siis, kui neile on vaja teha väljavenitatud ots (jagu 15). Väikest kogust metallpaberit (mida ongi vaja koolis) võib saada vanadest bergmani torudest, mida kasutatakse elektrijuhtmete vedamiseks elektriarvestite juurde[1].

VIII Stanniol. Metallpaberi eriliik inglistinasulandist või alumiiniumist, mida kasutatakse muuseas tee, šokolaadi pakkimiseks ja mida nimetatakse «stanniioliks», on asendamatu kondensaatorite ehitamisel: leideni purgi, raadiovastuvõtjate jms. jaoks. Stannioli saamise allikaks võivad olla vanad kondensaatorid raadiovastuvõtjatest.

IX Lehtkuld. Kõige õhem metallpaber erisulandist, mis kannab «lehtkulla» nimetust ja mida kasutatakse harilikult puidu, kipsi jt.



Joon. 192. Lehtkuld (*A* ja *B*). Kard (*C*).

kuldamiseks, on parimaks tundlike elektroskoopide lehekeste valmistamise materjaliks. Taolist materjali (lehthõbe) on olemas ka alumiiniumist. Lehtkuld on ka füüsikaliselt huvitav, sest teda saab kasutada demonstratsioonideks, millega näidatakse valguse läbi-

[1] Vt. «Проводка» § 26.

tungimist väga õhukesest metallikihist. Lehtkuld ja -alumiinium on niivõrd õhukesed, et ei talu otsest kätega puudutamist ja tavaliselt kleepuvad sõrmede külge. Seepärast müüakse lehtkulda paberist raamatukestena, mille lehtede vahel on lehtkuld (joon. 192 *A*). Lõigatakse teda harilike kääridega, hoides lehtkulda tingimata kahe paberilehe vahel (joon. 192 *B*).

X «Kard». Õhuke metallpaber, mis on lõigatud väga kitsasteks ribadeks (joon. 192 *C*) ja on tuntud müügil «karra» ehk nääripuu «kuld- ja hõbevihma» nimetuse all, on tähtis painduvate juhtmete, elektrostaatilise masina harjade jms. valmistamiseks.

XI Metallvõrk. Metallvõrku[1] vajame kõigepealt mitut liiki ainete, näiteks kriidi (§ **10**, 7, III), liiva, rauaviilmete jms. sõelumiseks. Seda liiki sõelumiseks vajame kaht sõela: ühte, kõige peenemat — tolmu väljasõelumiseks, teist, jämedamat — liiga suurte osakeste eraldamiseks. Töö hõlbustamiseks on soovitav võrku painutada pannikujuliseks (joon. 199), mida on võimalik teha otse käte abil. Vaskvõrku kui asendamatut materjali vajatakse ainult Davy lambi ehitamiseks. Võrku saab lõigata kääridega. «Hargumiste» vältimiseks tuleb võrgu ääred käänata kahekorra või parem joota.

XII Metalltorud. Torusid vajatakse omavalmistatud katseriistade ehitamisel võrdlemisi harva (riist mehhaanilise töö soojuseks muundamise demonstreerimiseks), kuid nad on väga kasulikud niisuguste mudelite jaoks kui auru- ja veeturbiinid.

Parimateks torudeks on oma painduvuselt vasktoru, mida kasutatakse tehnikas õli- ja bensiinijuhtmetena. Messingtorud on kõvemad kui vasktorud; alumiiniumtorud on ebamugavad selle poolest, et nende külgejootmine on raske.

3. Tööriistad.

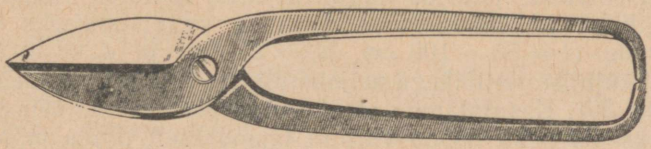
I Vasar ja puuhaamer. Plekitööde jaoks on olemas eritüüpi vasaraid. Ühel neist on üks külg teritatud kiiluna, teine aga on tasane (joon. 134 *D*); teisel tüübil on kiilu asemel poolkerakujuline ümarik ots. Plekitöödeks võib aga kasutada lukksepa- või isegi tislerivasarat (joon. 134 *A*, *B* ja *C*). Tähtis on ainult, et nende tagumisotsad, nii tasane kui ka kiilusarnane, ei oleks ära taotud, s. o. kõverdatud, täkitud jms. Kõige sobivam vasara mass on 200—250 *g*.

Puuhaamrit kasutatakse kooli tingimustes peamiselt plekitahvlite õgvendamiseks (joon. 62 *A*). Teda võib ise valmistada kasepakukesest ja varrest, mis on pandud pakukesse puuritud auku ja sinna kinni kiilutud (§ **11**, 3, III ja joon. 135). Puuhaamri raskuse suurendamiseks on kasulik valada tina tema külgedesse puuritud aukudesse.

II Käärid. Plekki saab lõigata harilike kääridega, kuid seejuures nad teataval määral nürinevad ja ilma teritamata hakkavad

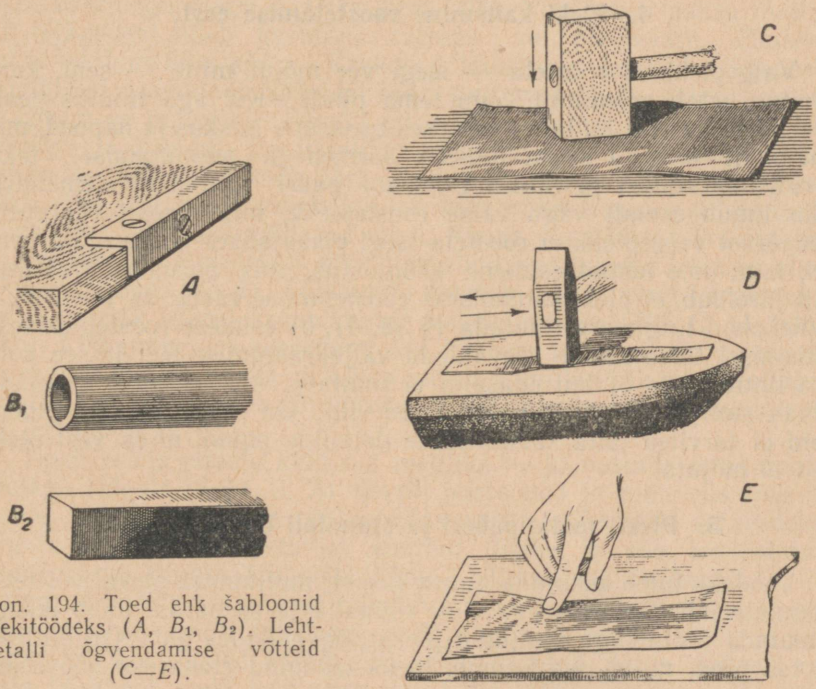
[1] Võrku võib saada ehitusmaterjalide kauplustes.

halvasti lõikama paberit. Ümmarguste aukude või väikeste kõverjooneliste kujundite väljalõikamiseks on väga tarvilikud kõverate teradega käärid, mida kasutatakse igapäevases elus küünte lõikamiseks. Kõige ratsionaalsem on muretseda nn. r ä t s e p a k ä ä r i d. Niisuguste kääridega on õpetajal hõlpsam ja kergem töötada kui eriliste plekikääridega (joon. 193). Plekikäärid on tarvilikud katusepleki lõikamiseks, sest ta on palju paksem kui valgeplekk.



Joon. 193. Plekikäärid.

Lõigata tuleb kääri terade nende osadega, mis on võimalikult lähedal pööramisteljele, mitte aga nende otstega. Kui käärid hakkavad lõikamisel muljuma pleki ühte äärt, siis see näitab, et terad ei ole surutud tihedalt teineteise vastu ja nende vahele tekib vaheruum. Vaheruumi kõrvaldamiseks tuleb kokku taguda needi (telje) otsad või kinni keerata teda asendav kruvi.



Joon. 194. Toed ehk šabloonid plekitöödeks (A, B_1, B_2). Lehtmetalli õgvendamise võtteid (C—E).

III Toetusseadmed. Mitmesuguse kujuga toetusseadmed on vajalikud pleki painutamisel, valtsiga ühendamisel (joon. 200), purgikeste (joon. 202), pannikeste (joon. 199) jms. valmistamisel. Väikeste tükkide täisnurksel painutamisel võib kasutada kruustange (joon. 130), triikrauda (joon. 133), alasit; suurte plekitahvlite painutamiseks aga tuleb lukksepa-töölauale kinnitada alatiseks «nurgik»-tükk ($l = 80 — 100$ *cm*) nurkrauda (joon. 194 *A*). Tema kinnitamiseks on kõige parem kasutada puukruve, milleks tuleb «nurgiku» otstesse puurida augud ja need süvitada (joon. 89).

Purgikeste ja ümmarguste detailide valmistamiseks on vaja gaasitorude ($l = 50 — 100$ *cm*, $d_1 = 25$ *mm* ja $d_2 = 50$ *mm*) ja ristkülikukujulise ristlõikega neljakandiliste raudlattide tükke (joon. 194 B_1 ja B_2). Kasutatavate torude pind peab olema täiesti sile ja nende üks ots peab olema viilitud täisnurkselt pinna moodustajatega ja omama võrdlemisi teravaid servi. Samale nõudele peavad vastama ka neljakandilised latid. Töö juures on väga hõlbus pigistada torud ja latid suurte lauakruustangide vahele (joon. 130). Kruustangide puudumisel tuleb nad tugevalt kinnitada raske puuhalutüki külge. Selleks lüüakse puuhalusse 3—4 võimalikult suurt naela, painutatakse nad vasarahoopidega lati ümber ja iga naela pea kinnitatakse klambritena painutatud ja sissetaotud väiksemate naeltega. Siis löökide puhul lati pihta suured naelad, mida peadpidi kinni hoiavad väikesed naelad, ei hakka painduma.

4. Pleki kaitsmine roostetamise eest.

Valgeplekk ei roosteta — isegi vee mõjul mitte — seni, kuni tinutus katab eranditult kogu tema pinda. Kui aga tinutus pealt ära läheb kas või kuitahes väikeses osas, siis niiskus ja happed, mis harilikult satuvad sinna näiteks sõrmedega puudutamisel, tekitavad inglistinast ja rauast galvaani paari (galvaani elemendi). Siin ilmub esmalt väga väike roosteplekk, mis kiiresti suureneb. Seepärast valgeplekk ei roosteta isegi pikaajalisel veega mõjutamisel, kuni pole tehtud esimene kriimustus, mis purustas tinutuse. Siit järeldub, et pleki kaitsmiseks roostetamise vastu: a) tuleb pleki lõikekohad tingimata tinutada (§ **12**, 4), b) esimese roosteplekikese ilmumisel tuleb rooste kõrvaldada väljakraapimise teel ja see koht ära tinutada ja c) kui edaspidi ei tinutata, siis ei tohi kasutada liiva-, smirgelpaberit ja veel vähem viili. On ilmne, et neid juhendeid ei tarvitse täita katseriistade detailide puhul, mida vesi otseselt ei mõjuta.

5. Pleki, metallpaberi ja stannioli õgvendamine.

Töödeks tuleb kasutada ainult tasast, muljumata plekki või teist lehtmaterjali. See pole aga alati võimalik ja seepärast tuleb ikkagi kasutada mitte väga muljutud plekki, õgvendades teda. On oluline, et toe pind, millel see toimub, oleks tasapind (tasaseks hööveldа-

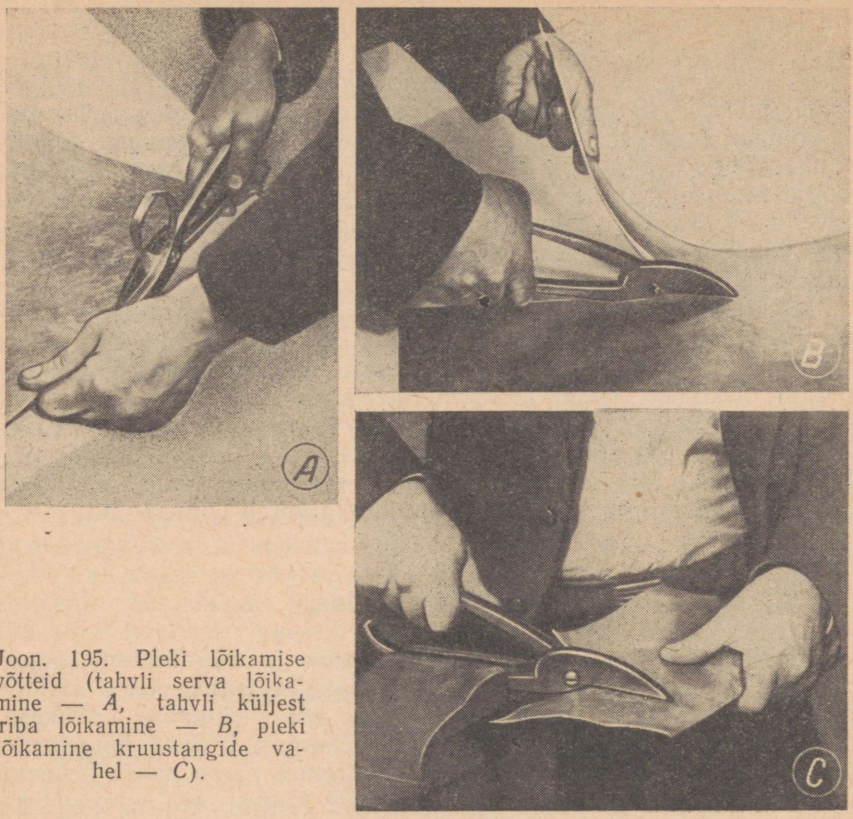
tud laud, triikraud, alasi jms.), sest muidu on raske plekki õgvendada. Raudvasarat võib kasutada ainult väikeste tükkide õgvendamisel; seejuures tuleb vältida vähegi tugevaid lööke, sest vastasel korral plekk, eriti aga vask ja alumiinium venivad neis kohtades ja võtavad lainelise kuju. Suuri tahvleid tuleb õgvendada ainult puuhaamriga (jagu 3, 1 ja joon 62 *A* ja 194 *C*). Isegi tugevad löögid puuhaamriga ei venita plekki välja. Muud lehtmaterjali õgvendatakse sama võttega nagu plekkigi. Kuna pleki õgvendamisega kaasneb tugev müra, siis on sellist tööd parem teha väljaspool füüsikakabinetti ja teisi kooliruume.

Metallpaberi tükikesi (jagu 2, VII) saab hästi õgvendada, pannes need väga siledale metallpinnale (triikraud) ja nihutades piki metallpaberit vasara laupa, s. o. nagu temaga triikides (joon. 194 *D*). Stannioli (jagu 2, VIII) õgvendatakse klaasi peal esmalt jämedalt sõrmega, siludes pinda keskelt äärte poole (joon. 194 *E*), ja siis teist korda puhtalt küüne pinnaga. Nii silutakse järk-järgult (mitte kõvasti rõhuda!) esmalt ühelt, siis teiselt poolt, pöörates vahel stannioli mitu korda, sest muidu ta võtab kumera kuju.

6. Pleki lõikamine.

Plekki, samuti ka lehtmessingit, vaske ja alumiiniumi lõigatakse kääridega (jagu 3, II ja joon. 193). Võrdlemisi paksu materjali lõikamisel tuleb kasutada rätsepa- või plekikääre, õhukese puhul — harilikke kääre. Raskused lõikamisel tekivad kõigepealt vajadusest rakendada kääridel seda suuremat jõudu, mida paksem ja kõvem on materjal. Teiseks on paberi küljest äralõigatav äär painduv ja kooldub ise vajalikul viisil ega sega lõikamist. Pleki lõikamisel aga tuleb seda äärt kõrvale painutada käega. Seepärast tuleb riba lõikamisel tahvli küljest teda vähe tagasi painutada ja hoida joonisel 195 *B* näidatud viisil. Ainult väga kitsas äralõigatav ribake paindub iseseisvalt kõrvalise abita ega takista kääride edasi liikumist (joon. 195 *A*). Lõikamine muutub märgatavalt kergemaks, kui pigistada käärid kruustangide vahele joonisel 195 *C* näidatud viisil. Lõikamine on keerukam, kui kääride terad ei ole needi või kruvi abil küllalt tihedasti kokku surutud, mille tõttu üks äralõigatavatest äärtest osutub muljutuks. Selle puuduse kõrvaldamisest oli juttu jaos 3, II.

Tuleb seada endale kindlaks reegliks — joonestada enne märknõelaga selgelt (§ 11, 3, X) detaili piirjooned ja alles siis lõigata nende järgi. Seejuures on soovitav, eriti väikesteks detailideks, lõigata plekitahvlist detailist suurem tükike ja siis joonestatud joonte järgi lõigata ära selle ääred. Nii näiteks on ketast palju parem välja lõigata suurest tahvlist kui väikesest, mispärast lõigatakse tahvlist esmalt ruut, mis on vähe suurem joonestatust, ja siis lõigatakse ära liigsed ääred juba sellelt ruudult. Mida väiksem on ketta läbimõõt, seda keerukam on tema väljalõikamine ja seda



Joon. 195. Pleki lõikamise võtteid (tahvli serva lõikamine — *A*, tahvli küljest riba lõikamine — *B*, pleki lõikamine kruustangide vahel — *C*).

enam vajatakse lõplikul lõikamisel (kui materjal ei ole paks) kõveraid kääre (küünekääre)[1].

Õpetaja peab ise silmas pidama ja hoiatama õpilasigi, et äralõigatud pleki servad on teravad nagu nuga ja lõikmete otsad nagu nõela ots, mis võivad väga tugevasti haavata käsi.

7. Aukude tegemine.

Väiksemaid auke ($d<1$ *cm*) on kõige parem puurida metallipuuridega trilli abil (§ **11**, 9, III ja joon. 155 *B*); neid võib samuti läbi lüüa vastavas läbimõõdus torniga (§ **11**, 9, I ja joon. 153), asetades läbilöödava lehe puuhalu otsale. Aukude läbitorkimisel naaskliga või naelaga läbilöömisel tekkinud kisud tuleb kõrvaldada võtetega, mida on kirjeldatud § **11**, 9, I (joon. 153).

[1] Müügil on erilisi kõveraid plekikääre.

Suuri auke (aknaid), ümmargused ja ristkülikukujulised, saab välja lõigata (kõverate kääridega) ainult õhukesest materjalist. Kui ei ole erilisi kõveraid kääre, siis torgatakse esmalt kääride jaoks auk, hoidudes joonestatud ringi piirist sissepoole. Edasi järgneb lõikamine, esmalt jämedalt, jättes ääred, ja lõpuks küüntekääridega puhtalt. Mõnedel juhtudel on töö lihtsustamiseks otstarbekohane lõigata leht pooleks, siis välja lõigata kummalgi poolel poolringid ja need lõpuks kokku joota kas serviti või lapiti (§ 12, 7 ja joon. 184).

Kui valmistatakse silindrit, kuupi jms., milledes peavad olema avaused, siis lõigatakse või puuritakse need enne valmistatavate kehade kokkukeeramist ja jootmist, sest valmisesemetesse on avauste tegemine palju raskem.

8. Pleki nurgipainutamine.

I Painutamise otstarve. Plekki või teist lehtmetalli tuleb katseriistade valmistamisel kõige sagedamini painutada täisnurkselt, näiteks kahetahulise ja kolmetahulise nurgiku (joon. 196), veerangutega tugede (joon. 197), klambrite (joon. 198), valtside (joon. 200), risttahuka-kujuliste anumate jms. valmistamisel. Veel vajatakse painutamist: silindripinnaks anumate (joon. 201) ja palju harvemini koonusepinnaks lehtrite tegemisel. Kuigi pleki painutamine on lihtne ja kergesti omandatav võte, on see siiski niivõrd tähtis, et tema omandamisele tuleb pöörata kõige tõsisemat tähelepanu. Vääriti või mitte küllalt korralikult tehtud painutused rikuvad harilikult mitte ainult valmistatava riista välimust, vaid teevad ta valmistamise sageli niivõrd keeruliseks, et vahel tuleb painutada uuesti ja võtta uus materjal.

Käesolevas me vaatleme vaid nurgipainutamise võtteid, mida kasutatakse katseriistadel sageli esinevate detailide valmistamisel. Pleki kokkukeeramist silindripinda mööda käsitleme 13. ja 15. jaos. Järgnevates alljaotustes kirjeldatud operatsioonid on rakendatavad mitte ainult pleki ja teiste lehtmetallide, vaid ka mittepaksude plaadikeste, näiteks vitsraua puhul, mis vajavad lukksepa töötlemist (§ 11, 2, I).

II Operatsioonide järjekord. Tuleb seada endale välditamatuks reegliks kanda märknõela abil plekile (§ 11, 3, X), vastavalt joonestisele, detaili piirid ja murdejooned, peale selle aga märkida kärniga (§ 11, 9, III ja joon. 155 *A*) sissepuuritavate aukude tsentrid. Pärast seda lõigatakse detail välja (jagu 6), puuritakse, lüüakse või lõigatakse augud (jagu 7) ja alles pärast seda painutatakse kuni detaili vajaliku kuju saamiseni.

III Kahetahuline nurgik. Plekist nurgik on väga kasulik kinnitatavate puuliistude ja ülesseatavate tugede mehhaanilise tugevuse tunduvaks suurendamiseks (nagu seda on kirjeldatud § 8, 14, III ja joon. 94). Nurgikuid kasutatakse samuti puuosade kinnitamisel metallosadega puukruvide või naelte abil. Täisnurkselt painutatud

ribake on samaaegselt nii toeks kui ka pöörlevate võllide laagriks (§ **11**, 15, II ja III ja joon. 165 ja 166).

Painutamisele asudes märgitakse ribale täpselt paindejoon, parem nii ühele kui ka teisele poole; painutada tuleb šabloonil või toetusseadmel, millel on täiesti õige täisnurkne äär. Niisugusteks šabloonideks võivad olla triikraua sirge äär (joon. 133), neljakandilise raudlati serv või nurkraud (jagu 3, III ja joon. 194). Kõige lihtsam ja hõlpsam aga on painutamiseks kasutada lauakruustange (joon. 130, 131 *A* ja 196 *D*), õhukeste ning väikeste detailide jaoks aga käsikruustange (joon. 131 *B*) või isegi lapiktange (joon. 206 *C* ja *D*). Suurima tugevuse saamiseks peab painutamisel saadav nurga serv tulema mitte ümar (joon. 196 *A*), vaid painutatud osade tasapindadest moodustatud sirgjoone kujul (joon. 196 *B*). Seda saavutatakse paindekoha vasaraga läbikoputamise teel, mida tuleb teha seda ettevaatlikumalt, mida õhem on materjal ja mida pehmem ta on (vask, alumiinium). Painutamisel raudlatil antakse vasaraga lööke painde ühele ja teisele küljele (joon. 196 *C*). Metallvasara asemel on parem kasutada puuvasarat, sest ettevaatamatu töö korral materjal venib ja paine võib tulla ebatasane. Samal viisil painutatakse katuseplekki, vitsrauda ja paksemat materjali, vajades ainult seda tugevamaid vasaralööke, mida paksem on materjal.

Pikka kitsast ribakest painutatakse nurgikuks, näiteks joodisepulgakeste valamiseks (§ **10**, 4, V), vähe laiali nihutatud pakkidega kruustangide vahel (joon. 118 *A*). Löögid antakse vasara kiilukujulise otsaga. Sellisel juhul tuleb paindekoht ümmargune.

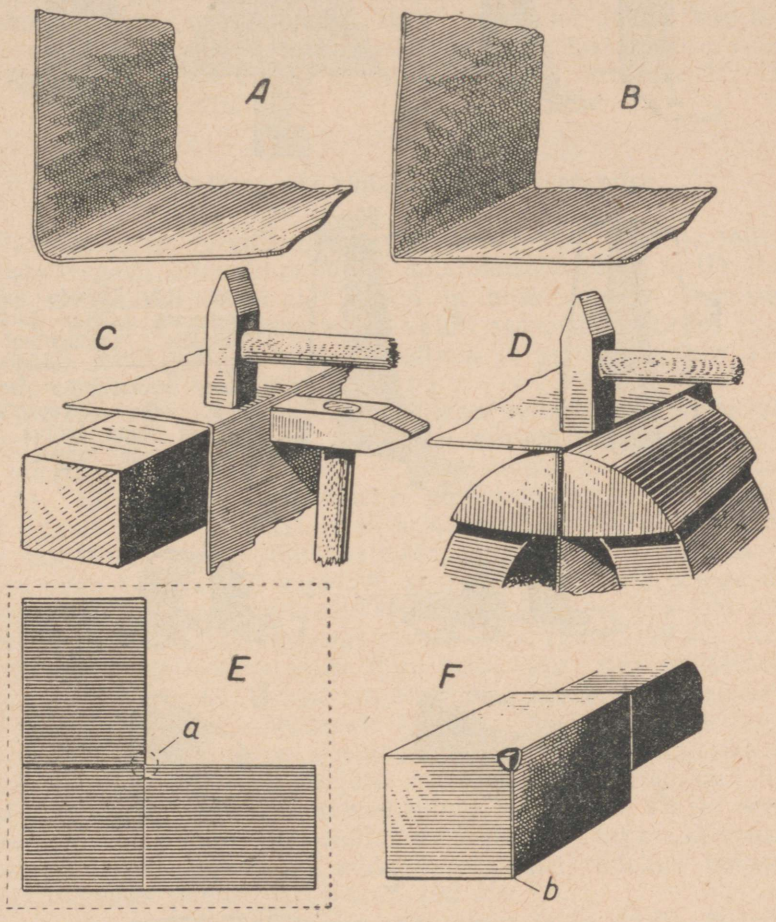
IV Kolmetahuline nurgik. Kolmetahulisi nurki tuleb painutada vastavalt tehtud laotusest (joon. 196 *E*), teinekord aga koostada eri lehtedest, jootes nad omavahel kokku. Painutamiseks on vajalik võimalikult tasaseks viilitud kolmetahulise nurgaga šabloon (joon. 196 *F*). Painutamise käik, mis nõuab vasara abi, selgub joonisest 196 *E*, kusjuures kõige raskem on nurga korrapärase tipu saamine. Painutamine lihtsustub, kui detaili laotusse puuritakse enne tema väljalõikamist auk *a* (joon. 196 *E*), mistõttu nurga tipp osutub tühjaks. Lehtede *b* ühenduskoht (joon. 196 *F*) ja auk *a* nurga tipul peavad olema joodetud (§ **12**, 7 ja joon. 184).

V П- ja Г-kujulised toed. Niisugused toed on tarvilikud neisse horisontaalsete ja vertikaalsete võllide kinnitamiseks (§ **11**, 15, II—III ja joon. 165, 166). Kõige lihtsam nurgikukujuline tugi painutatud lehtmetallist on näidatud joonisel 197 *A*. Veerangutega toed panevad hästi vastu piki pöörleva võlli telge suunatud jõududele. See on tähtis neil juhtudel, kui toed on võrdlemisi kõrged ja seejuures plekist või muust taolisest õhukesest materjalist. Ühekordsed veerangud võib kinnitada kolmnurkade jootmise teel nurgiku külge (joon. 197 *B*), kahekordseid on kõige lihtsam saada vastava laotuse painutuse teel (joon. 197 *C*—*F*).

Tugev П-kujuline tugi on plekist painutatav laotuse järgi, mis on näidatud joonisel 166 *E*—*G*. Suurima tugevuse saavutamiseks

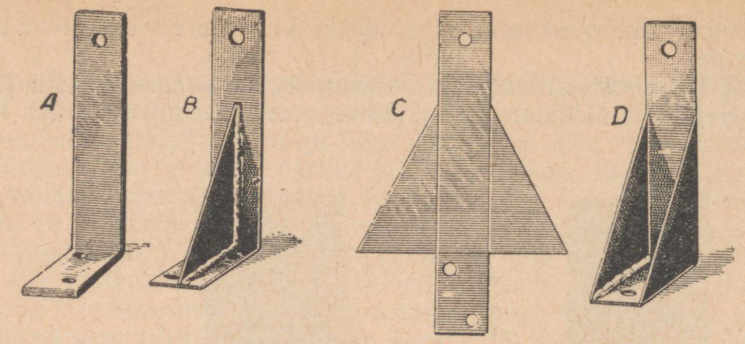
tuleb joota toe need osad, mis külgnevad otseti või asetsevad teineteise peal.

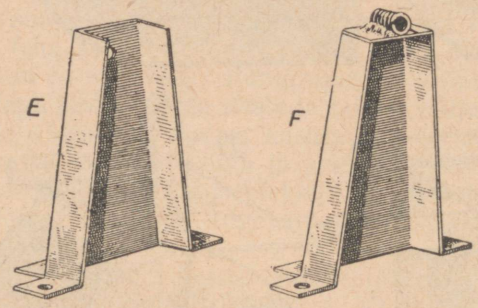
VI Klambrid. Klambreid on ümmargusi ja täisnurkseid (joon. 198 *A* ja *B*). Ümmarguste klambrite valmistamiseks tuleb kasu-



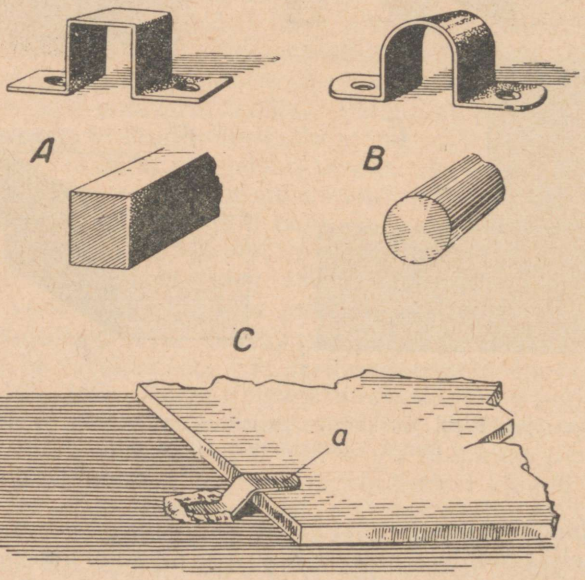
Joon. 196. Pleki täisnurkne painutamine (*A*—*D*). Kolmetahulise nurga valmistamine (*E* ja *F*).

tada šablooniks ümmargust ja neljakandilist, täisnurksete jaoks — ainult neljakandilist varrast. Klaaside kinnihoidmiseks kapslites ja kaitsevarjudes võivad olla plekist klambrid *a*, mida joodetakse külge, nagu on näidatud joonisel 198 *C*.





Joon. 197. Tugede liike pöörlevate võllide jaoks (lihtsaim horisontaalse võlli tugi — *A*, sissejoodetud veeranguga tugi — *B*, kahe veeranguga tugi ja tema laotus — *C*, *D*, muude tugede eri liike — *E*, *F*).



Joon. 198. Nelinurkne ja ümmargune klamber (*A*, *B*). Klaasi kinnitamine metallist klambrikesega (*C*).

9. Ääre tagasipainutamine ja tagasikeeramine.

Lehe äär keeratakse tagasi tugevuse andmiseks. Lehe äär (b = 3—5 *mm*) painutatakse esmalt nurgiku, triikraua jms. peal täisnurkselt 3—5 *mm* laiuselt ja siis keeratakse tagasi, mistõttu ta jääb kahekorra. Äärte tagasikeeramist on ratsionaalne kasutada näiteks pannikese valmistamisel, kuid ainult sel juhul, kui teda tehakse väga õhukesest materjalist. Ääre tagasikeeramise võtete kirjeldus, nii tasasel kui ka silindrilisel pinnal on antud 12.—14. jaos (joon. 200 ja 202).

10. Pannikese või künakese kokkukeeramine.

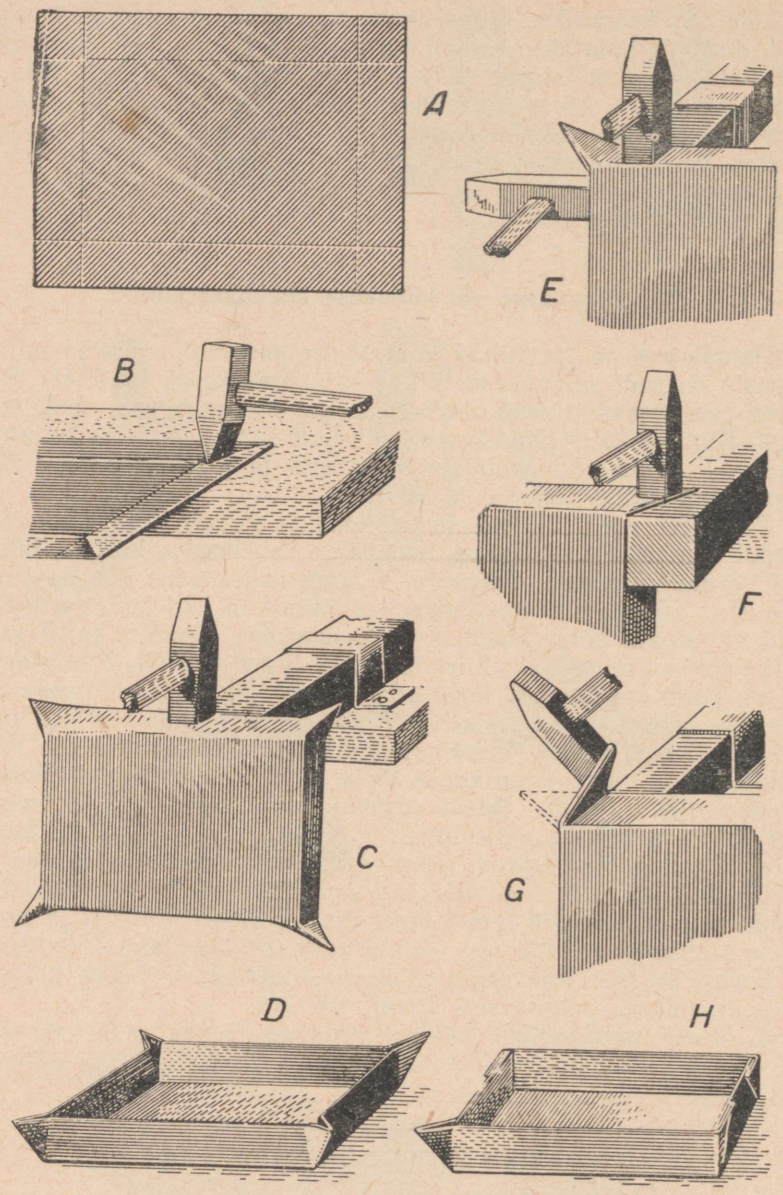
Pannikesed on tarvilikud anumatena parafiini, vaha ja mitmesuguste kergesti sulavate metallide sulatamiseks (§ **10**, 5, II). Pannikesi tarvitatakse töödel elavhõbeda ja mitmesuguste vedelikkudega. Künakesed ja pannikesed on kujult sarnased, erinedes ainult mõõdetelt. Neid võib valmistada valtsita ja jootmiseta lehe äärte tagasipainutamise teel (joon. 199).

Künakese või pannikese laotus tehakse ristkülikuna, mille laius võrdub künakese laiusega + tema ääre kahekordne kõrgus, pikkus aga võrdub künakese pikkusega + ääre kahekordne kõrgus (joon. 199 *A*). Künakese valmistamisel ei painutata ääri kuni servadeni, vaid väljumata põhjatahust, s. o. keskosades, mistõttu tuleb kasutada šabloonina neljakandilise lati äärt (joon. 199 *C*). Painutamise eel on väga kasulik läbi koputada vasara kiilukujulise otsaga diagonaalse painde osad nurkades (joon. 199 *B*), sest siis leht pisut paindub, kergendades järgnevat operatsiooni (joon. 199 *C*). Äärte järkjärgulise tagasipainutamise tõttu tekib kuju, mis on näidatud joonisel 199 *C* ja *D*. Edasi sirgendatakse ääred kuni ristseisuni põhjaga ning vasara vahelduvate löökidega pealt ja küljelt kujundatakse pannikese nurgad, kasutades toe kolmetahulist nurka kui šablooni (joon. 199 *E*). Seejärel lamestatakse kolmnurksed lisaosad, mis on tekkinud igal kolmel nurgal (joon. 199 *F*), ja keeratakse tagasi (joon. 199 *G*). Neljas nurk jäetakse tagasi keeramata ja temale antakse nibu kuju, mida kasutatakse vedeliku hõlpsaks väljavalamiseks pannikesest (joon. 199 *H*).

Laotuste orienteerivad mõõted pannikese jaoks on 60—80 *cm* × 35—55 *cm* ja künakese jaoks 30—40 *cm* × 25—35 *cm*, kui ääre kõrgus on 4—5 *cm*.

11. Lehtede ühendamine jootmise teel.

See võte seisab kahe plekktahvli servade kokkujootmises, mis on asetatud teineteise külge (serviti) või on pandud teineteise peale (lapiti). Näpunäiteid sellise töö sooritamise kohta vt. § **12**, 7 ja joon. 184.

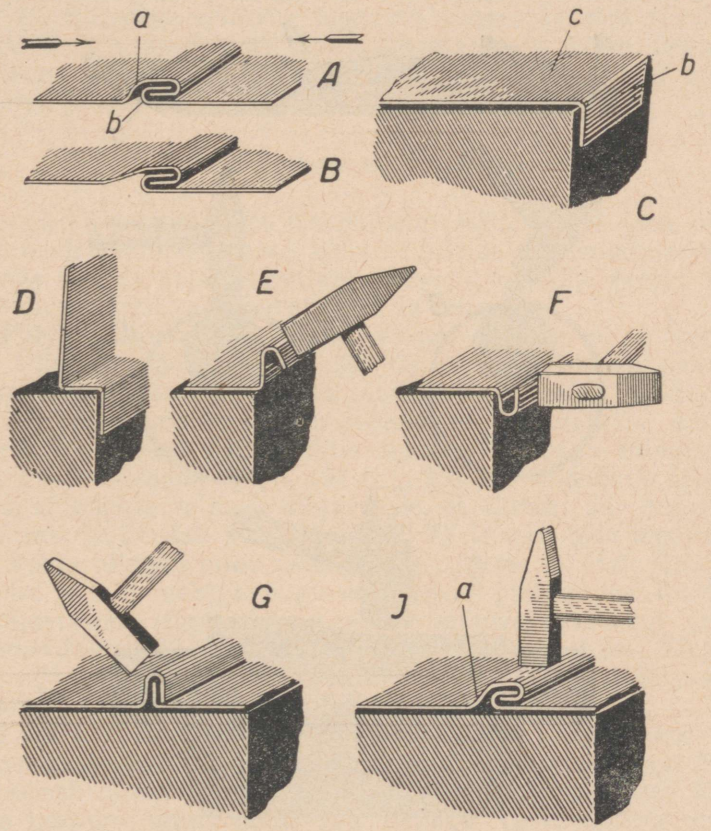


Joon. 199. Künakese või pannikese valmistamine.

12. Lehtede valtsiga ühendamine.

Valtsühendused ei nõua enamasti jootmist (et teha teda läbitungimatuks) ja on palju tugevamad kui ühendused serviti või lapiti jootmisega. Joonisel 200 *A* on näidatud valtsi abil ühendamine. Paine *a* tehakse selleks, et külgsurvete puhul, mis on näidatud nooltega, valts ei saaks laiali minna: paine *b* toetub seejuures paindesse *a*, mis kaitseb niiviisi valtsi laiali minemast, kui paine puudub või on mitteküllaldane, siis selliste survete puhul valts läheb laiali (joon. 200 *B*). Painde laius tehakse kolm, kuid mitte üle viie millimeetri. Lai valts ei ole ilus ega ole ka küllalt tugev.

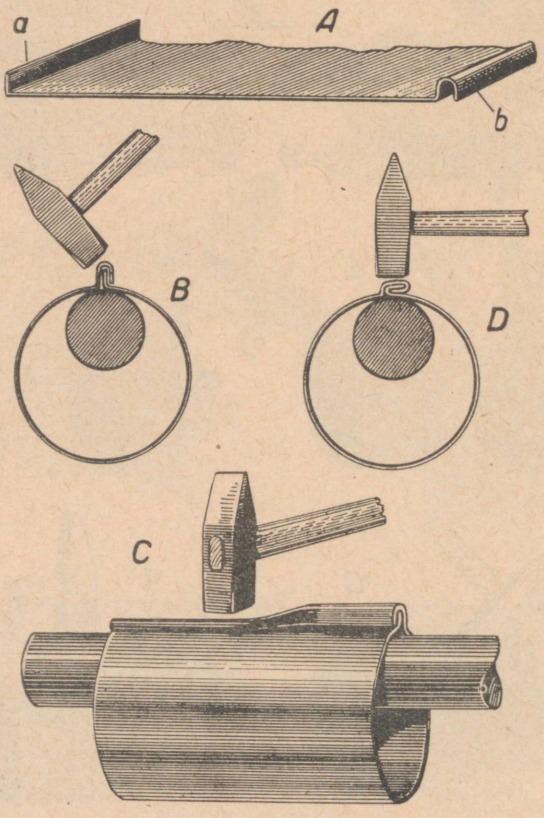
Valtsi paine tehakse järgmises korras: tahvli üks äär painutatakse täisnurkselt painde laiuselt *b* (joon. 200 *C*), milleks tahvel asetatakse neljakandilise lati, nurkraua või mingi taolise eseme servale. Tuleb silmas pidada, et painutamisel tahvli kaugem osa *c* vähe kerkib, mispärast vasaraga tuleb vaheldumisi lüüa kord *a*,



Joon. 200. Järkjärgulised operatsioonid valtsiga ühendamisel.

kord *c* pihta, kuni tekib ligikaudu täisnurk. Vasara löögid ei pea olema väga tugevad, sest tugevatest löökidest plekk neetub lahti ning töö tuleb ebapuhas ja mittetugev. Teise ääre paine tehakse võrdne esimese painde kahekordse laiusega, pluss lisa paindeks *a* (joon. 200 *A*), mis võrdub tahvli neljakordse paksusega. Olles teinud selle painde teise ääre pikkuse ulatusel, asetatakse tahvel vertikaalselt ja painutatakse uus väike paine valtsi laiuselt, nagu näha joonisel 200 *D*; siis asetades tahvli esmalt paindega allapoole ja pärast ülespoole, painutatakse teine paine vastu esimest nii, et nende vahele võib vabalt mahtuda tahvli paksus; selle töö käiku võib jälgida jooniste 200 *E* ja *F* järgi. Lõpetanud painded, asutakse ühendamisele. Esimene tahvel pannakse paindega ülespoole, tema peale asetatakse teine tahvel nii, et esimese tahvli paine läheks kahekordse painde vaheruumi ja kergete vasaralöökidega painutatakse vertikaalselt seisev valts esimese tahvli tasapinnani (joon. 200 *G* ja *J*).

Näpunäiteid valtsi jootmise kohta on antud § 12, 7 (joon. 184 *A*).



Joon. 201. Järkjärgulised operatsioonid õmblusega silindri valmistamisel.

13. Silindri valmistamine.

Kõigepealt joonestatakse plekitahvlile ristkülik, mille kõrgus võrdub silindri kõrgusega, alus aga antud diameetriga ringjoone pikkusega, pluss lisa kas seinte lapiti jootmiseks (joon. 184 *C*), või valtsi valmistamiseks (joon. 201 *A*). Pärast seda lõigatakse ristkülik kääridega välja ja tema ääred painutatakse eelmises 12. jaos antud juhiste järgi, pidades tingimata silmas, et väike paine *a* ja kahekordne paine *b* peavad olema pööratud ühele poole (joon. 201 *A*). Kinnitanud kruustangide vahele tükk raudtoru, keeratakse tahvel kätega silindriks, asetatakse väike paine kahekordse painde vaheruumi (joon. 201 *B*) ja painutatakse valts vasaralöökidega pinna vastu (joon. 201 *C* ja *D*). Silindri pinnal tema kokkukeeramisel tekkinud mõned ülespainutused ja ebakorrapärasused parandatakse kergete vasaralöökidega, pöörates silindrit seejuures toru pinnal. Kui silindril peavad olema avad, siis töö lihtsustamiseks tuleb neid läbi lüüa, puurida või välja lõigata juba pinnalaotuses (jagu 7). Silindrile suurema tugevuse andmiseks võib tema põhjale ääred ($b = 3—6$ *mm*) tagasi keerata; seda kõike tuleb teha pinnalaotusel enne ta kokkukeeramist, tehes samal ajal ka väljalõiked valtsi jaoks.

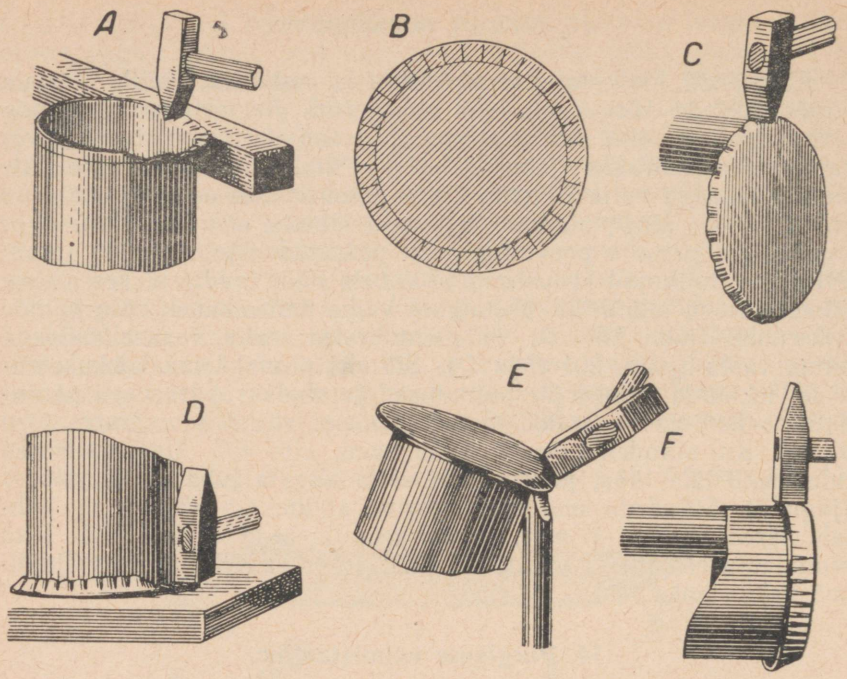
14. Purgikese valmistamine.

Purgikese valmistamine plekist, nagu näitasime 1. jaos, on suuremalt osalt ebaratsionaalne, kuna võib leida sobiva konservipurgi. Võib aga tekkida vajadus mitteroostetavast metallist (vask, alumiinium) purgi järele; sel korral tuleb ta teha.

I Põhja allajootmine. Teinud valmis seinad, s. o. keeranud kokku silindri (jagu 13) (joon. 201 *C*), on kõige lihtsam joota põhi alla, milleks lõigatakse vastava läbimõõduga ketas. Sirkliga joonestatakse pisut suurema ketta piirjoon ja paigutatakse äär täisnurkselt. Niisugune painutamine toimub vasaraga mingisugusel ümmargusel šabloonil (joon. 194 *B* ja 202 *C*). Niisugune ketas asetatakse silindrisse sellisele sügavusele, et silindri äär moodustaks äärise, mis kergendab jootmist (§ **12**, 7) ja teeb teda tugevamaks.

II Põhja allapanemine valtsiga. Kirjeldame lühidalt põhja allapanemise võtteid valtsiga, nagu seda teevad plekissepad. Kuid nagu juba nimetasime (jagu 1), see nõuab tunduvat vilumust ja selle puudumisel tuleb ese paremal juhul «kõver ja küürakas». Kirjelduse toome aga nende õpetajate-asjaarmastajate jaoks, kes leiavad selleks aega ja peaasi — kel on tahet meisterdamiseks.

Küllalt silutud ja ümardatud silindri äär painutatakse mingi raudeseme täisnurksel serval täisnurkselt väljapoole (joon. 202 *A*). Vahe seisab ainult selles, et sirge tahvli painutamisel lüüakse vasara laubaga; antud juhul aga pinniga (kiilukujulise otsaga), püüdes pinnida äärt radiaalsuunas veidi väljapoole. Seda tehakse selleks, et metall peab venima minnes sisemisest väiksemast üle



Joon. 202. Järkjärgulised operatsioonid purgile põhja allapanemisel.

välisele suuremale ringjoonele. Venitamine võib viia selleni, et metall katkeb, kui venitamist mitte aidata ääre kerge pinnimisega. Põhja jaoks joonestatakse ketas silindri painutatud ääre järgi, pannes silindri plekitahvlile ja tõmmates tema ümber märknõelaga ringjoone (joon. 202 *B*). Tuleb märkida, et äärte painutamisel silindri korrapärasus sagedasti kannatab. Seepärast tuleb töö puhtuse huvides enne silindri põhja joonestamist pinnida silindri painutatud äär võimalikult korrapäraseks ringiks. Veel parem on joonestada põhi sirkliga. Põhja äär painutatakse vasara pinniga sisemist ringjoont mööda täisnurkselt ümmarguse varda või toru otsal (joon. 202 *C*). Niiviisi ettevalmistatud põhi asetatakse silindrile nagu kaas ja näiteks neljas kohas painutatakse põhja paine vastu silindri painet, toetades põhja vasaku käega (joonisel 202 *D* mitte näidatuga); selle järel, kartmata juba, et põhi hüppab silindrilt ära, painutatakse äär kogu ringjoont mööda. Lõpetanud painutamise, asetatakse silinder vertikaalselt põhjaga allapoole (joon. 202 *D*) ja silutakse tekkinud voldid kergete vasaralöökidega. Sellega võib töö piirdudagi. Kui põhjalt nõutakse suuremat tugevust ja läbitungimatust, siis painutatakse valts vastu silindri pinda. See on palju keerukam ning nõuab töötajalt palju suuremaid kogemusi ja vilumust. Seda tehakse kahe võttega. Esmalt painutatakse valts kergelt kogu ringjoont

mööda vertikaalselt seisval teraval esemel (joon. 202 *E*) ja siis painutatakse lõplikult vastu silindrit, asetades viimase selleks horisontaalselt seisva ümmarguse pulga otsale (joon. 202 *F*). Vertikaalselt seisva teraviku võib valmistada kõige jämedamast naelast, raiudes temalt maha pea. Raiutud ots asetatakse alasile või kirve silmale ja taotakse labidakujuliseks (§ **11**, 5, II). Mustalt valmistehtud nael kinnitatakse kruustangide vahele või lüüakse osaliselt puuhalu sisse; ülemist labidakujuliseks taotud otsa kohendatakse viili abil, nii et tekib teravik, õigemini kiil, nurgaga umbes 40° kuni 60° ja kergelt ümardatud servaga.

15. Koonuse valmistamisest.

Koonuse kokkukeeramine on seda keerukam töö, mida väiksemad on tema mõõted ja mida paksem on materjal. Omavalmistatud katseriistade ehitamisel vajatakse koonust võrdlemisi harva; sellised abiriistad, nagu lehter, kann jms., on otstarbekam osta kui ise valmistada.

Kuna koonuse ühendamine valtsiga ja seda enam veel tema ühendamine samal viisil silindri külge — on keerukas toiming, mis on jõukohane vaid meistrile, siis piirdume siin vaid lihtsamate võtete juhenditega, kuidas koonust kinnitada kasutades jootmist. Koonus lõigatakse välja plekist samuti nagu paberist või papist, s. o. vastavalt § **20**, 5 ja joonisel 332 *G* antud näpunäidetele. Jootmiseks lapiti tuleb jätta ääred (lisa). Kuna kokkukeeramisel suuremaks raskuseks on korrapärase tipu saamine, siis on soovitav töö lihtsustamiseks teha tipu kohta väike ümmargune väljalõige. Siis pinnalaotus nagu vastaks tüvikoonusele ja pärast tema kokkukeeramist jääb väike auk, mida ei ole raske vajaduse korral kinni joota. Turbiinide düüside kooniliste otste valmistamiseks soovitatakse võtta tingimata võimalikult õhuke materjal, näiteks messing- või vaskpaber (jagu 2, VII). Nii väikest koonust, mida vajame düüsiks, tuleb painutada šabloonil, kasutades selleks sobivat detaili mingist füüsikakatseriistast, või kui niisugust ei leidu, siis tuleb valmistada šabloon kõvast puidust või metallvardast.

16. Metalltorude töötlemine.

I Torude lõikamine. Torusid on kõige parem lõigata jõhvsae abil metalli lõikamise saelehega (§ 8, 3, IV ja joon. 51). Võib kasutada ka metallisaage (§ **11**, 3, VIII ja joon. 151). Saagide puudumisel tuleb kasutada kolmkantviili, viilides temaga lõike kohal ringjoont mööda soone või süvendi, ja siis murda toru katki.

II Torude painutamine. Kõige kergemini painduvad vask- ja alumiiniumtorud, raskemini messingtorud (jagu 2, XII). Täisnurksel painutamisel toru harilikult läheb lossi, vahel ka murdub. Selle vältimiseks tuleb paine teha sujuvalt ringjoone kaart mööda, kasutades painutamiseks mingit silindrit või šablooni. Peale selle tuleb

painutatav toru täita tihedasti liivaga ja kindlalt sulgeda avad tema otstel puupunnidega või kokku muljudes ära neetida. Lõpuks on väga kasulik painde kohalt (liivaga) toru kuumutada priimuse leegil, mis on eriti tähtis messingtorude puhul, kuigi see teeb järgneva töö vähe keerukamaks, sest toru tuleb kätte võtta lappide abil. Kuna pikka toru on kergem painutada kui lühikest, siis tuleb esmalt toru painutada, kui see on võimalik, ja siis lõigata talt ära liigsed otsad.

III Toruotste töötlemine. Sagedasti tekib vajadus teha toru otsa väike ava, selleks et saada näiteks intensiivset auru- või veejuga. Selleks võib toru otsale joota metallpaberist koonuse (jagu 15) või kõige lihtsam —ots kokku muljuda. Kokkumuljumisel tuleb kasutada tingimata šablooni, näiteks naela, mille ristlõige on sama mõõtega kui vajalik avagi. Pannud toru otsa metallist toele, lüüakse ta vasaraga kõigepealt vähe kokku. Siis asetatakse pilusse nael ja vastavate löökidega taotakse toru ta ümber. Lõpuks tõmmatakse nael välja, vabastades tehtud augu. Väga kasulik on enne muljumist teha toru ots lõõmutamise teel pehmemaks (§ 11, 4).

Väikese läbimõõduga vasktorusid saab, asetades metallalusele ja pannes sisse teravakstehtud naela otsa, kokku suruda ja välja venitada vasara löökidega, mis õnnestub aga alles pärast teatavat praktikat.

IV Torude keeramine plekist. Torude keeramist lehtmetallist vajatakse vahel näiteks lühikeste torukeste saamiseks, mis on tarvilikud anuma kaelteks ja nimelt punnide kinnihoidmiseks. Mida väiksem on toru läbimõõt ja kõvem on võetud materjal, seda keerukam on toru valmistamine. Kõige peenemad torud (auru ja vee jaoks), kui neid ei lähe korda hankida valmitena, on kõige parem valmistada metallpaberist. Jämedamate torude jaoks on parimaks materjaliks vask ja ainult tema puudumisel võib võtta valgeplekki.

Torude keeramiseks on tarvilik silindriline šabloon (jäme nael, ümmargune pulk jms.), mille ümber painutatakse esmalt lapiktangide või parem universaaltangide ja siis vasara abil metallleht. Pinnalaotuse laiuse mõõtmisel arvestatakse jootmiseks ja pealepanemiseks minevat osa s. o. võetakse teatava liiaga. Lühikestele torudele (harutorudele), mis on ette nähtud sulgemiseks punnide abil, on kõige parem anda pisut kooniline kuju.

17. Stannioli kleepimine klaasile.

Stannioli tuleb kõige sagedamini kleepida tasakondensaatorite ja leideni purkide valmistamisel. Juhtub sageli, et tuleb kleepida äratulnud või harjade poolt mahakistud stannioliribasid elektrostaatilise masina ketastel. Klaas peab kleepimisel olema täiesti puhas, mistõttu teda kõigepealt pestakse ja kuivatatakse. Stanniol tehakse siledaks vastavalt 5. jaos antud näpunäidetele. «Liimiks» sobib kõige paremini munavalge või šellaki-piirituslakk (§ 9, 2, IX). Nad kõvastuvad küll võrdlemisi pika aja järel, kuid kõvastu-

des kleebivad tugevasti. Kondensaatoritele, mis ei ole arvestatud säilitamiseks, võib kleepida stannioli ka rasvaga ja vaseliiniga.

Klaasi määritakse munavalgega võimalikult ühtlaselt või lakiga mitu korda, mille järel pannakse peale stanniol, kasutades tingimata sama võtet, mis paberi pealekleepimiselgi (§ **20**, 12 ja joon. 333 *D—F*), surudes nõrgalt sõrmedega ja siludes keskelt äärte poole. Kui on tekkinud õhumull, siis tuleb mulli keskel stanniol nõelaga läbi torgata ja ainult siis siluda mulli äärtelt keskkoha poole. Rasv ja osalt ka vaseliin nõuavad klaasi eelnevat soojendamist.

§ 14. TRAADITÖÖD.

1. Tööde otstarve.

Traaditööde, samuti nagu paberi- ja papitööde tähtsust omavalmistatud katseriistade ehitamisel alahinnatakse enamikel juhtudel nii õpetaja enda kui ka õpilaste poolt. Traaditööd ei nõua küll kalleid tööriistu ega keerukaid võtteid, kuid vajavad suurt korralikkust ja kannatust. Paljud traaditöödest vajavad jootmist (§ **12**); isegi neil juhtudel, kui saab läbi hoopis ilma jootmiseta, lihtsustab selle kasutamine harilikult konstruktsiooni ja lühendab valmistamise aega.

Omavalmistatud katseriistade hulk, mida saab teha tervenisti traadist, ei ole suur. Seejuures enamik neist on abiriistad, näiteks mitut liiki toed, kolmjalad (joon. 216 *E*), riputuskonksud (joon. 213 *D*) jms., ja ainult väikest osa neist kasutatakse otseselt füüsikaliste nähtuste demonstreerimiseks, nagu näiteks raamid seebikelmete saamiseks, riist metallide soojusjuhtivuse võrdlemiseks jt.

Suure tähtsusega õpetamise tõhususe tõstmiseks on traadist mudelid, näiteks kuupdetsimeetri mudel, kristallide ruumvõrede mudelid, raamistik anuma põhjale vedelikusamba rõhu mõõtmise selgitamiseks (vt. k. I § **64**, 4 ja joon. 141), keerdude või kontuuride mudel elektrimootori ja dünamo ehituse selgitamiseks.

Väga suure tähtsusega on traadist vedrude valmistamine dünamomeetrite ehitamisel. Vedrud on samuti tarvilikud mõnedes katseriistades mehhanismidena, mis tekitavad tõmbe- ja survejõudu. Suurt tähelepanu väärib vedrude kasutamine ümarrihmade asemel liikumise edasiandmiseks ühtedelt rihmaratastelt teistele, mida praktiseeritakse näiteks mudelite koostamisel «konstruktori» detailidest ja kinoaparaatides (§ **22**, 11 ja 12 ja joon. 376). Vasktraadist silindriliste spiraalide kerimine on sageli esinev töö elektririistade, näiteks solenoidi valmistamisel magnetvälja demonstreerimiseks, pesade valmistamisel elektrilampidele, elektroodide ehitamisel elektrokeemilise ekvivalendi mõõtmiseks jms. Silindriliste spiraalide kujul mähitakse ka nikeliinist ja kroomniklist mitmesuguseid «elektritakistusi», näiteks reostaatide, elektripliitide ja mitmesuguste laboratoorsete riistade jaoks. Traadist tuleb samuti sageli valmis-

tada mitmesuguseid silmuseid, konksukesi, rõngakesi jms., mida vajab peaaegu iga katseriist.

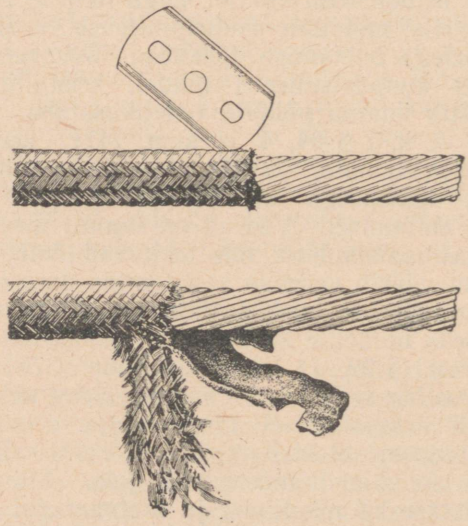
Lõpuks tuleb mainida samuti ka mõnede nuputamisvigurite valmistamist traadist, mis on kasulikud õpilaste taiplikkuse arendamiseks nende vabal ajal.

2. Materjalid.

Tööde materjalideks on mitmesuguse läbimõõduga traadid. Ainult vähestel juhtudel on ükskõik, missugusest metallist on traat, sagedamini aga sunnivad mehhaanilised või elektrilised nõuded kasutama rangelt kindlaid metalle. Nii näiteks ei saa vedru teha muust kui terastraadist, spiraali elektripliidi jaoks aga mingist muust sulandist peale kroomnikli või fekraali. Töödeks vajatakse peamiselt vask-, teras- ja erisulanditest kroomnikkel- ja nikeliintraati. Alumiiniumtraati vajatakse mõnikord alaldaja ehitamisel.

I Vasktraat. Vasktraat on eriti hea selle poolest, et ta on kergesti lõigatav, keerutatav ja joodetav, kuid ta on kõlbmatu neil juhtudel, kui on tarvis võrdlemisi suurt vastupanu paindele, väändele või venitusele. Õigemini, omavalmistatud katseriistade jaoks tuleks võtta palju jämedamat vasktraati kui messing- või seda enam terastraati.

Vasktraadi saamise põhiallikaks koolis võivad olla elektrijuhtmed. Harva läheb korda saada paljast traati, sagedamini satuvad õpetaja käsutusse isoleeritud juhtmed, mis on kaetud puuvilla (ПБО



Joon. 203 ja 204. Isolatsiooni kõrvaldamine mitmekiuliselt elektrijuhtmelt.

või ПБД) ja kummiisolatsiooniga (ПР) (§ **15**, 2, III ja joon. 230)[1]. Kuna kummiisolatsiooni kõrvaldamine ühekiuliselt juhtmelt ПР ei ole kerge, siis on sobivamad mitmekiulised juhtmed (joon. 203 ja 204) ehk, nagu neid vahel ebaõigesti nimetatakse, elektrikaablid suure ristlõikega — 35, 50 ja enam ruutmillimeetrit.

Isolatsioon, mis koosneb puuvillapunutisest ja kummikihist, kõrvaldatakse lõigates see noaga piki juhet katki (joon. 203) ja kistes see siis maha (joon. 204). Traadid, millede läbimõõt on harilikult 1 *mm*, harutatakse lahti ja õgvendatakse.

Puuvillaisolatsiooni juhtmetelt ПБО või ПБД, mis koosneb ühest või kahest lõngakihist, saab maha lõigata väga terava noaga või parem žiletiga (nihutades selle tera piki juhet), või maha kerida, mis aga on aegaviitvam (joon. 239 *E*). Niisugust võtet saab kasutada aga ainult võrdlemisi väikeste juhtmetükkide korral. Isolatsiooni kõrvaldamiseks suurelt juhtmete koguselt soovitatakse niisutada juhet seebikivilahusega (§ **24**, 3, VI) ja siis teisel päeval pesta leelise poolt lõhutud isolatsioon veega maha. Juhtmete põletamist isolatsiooni kõrvaldamiseks ei saa soovitada, eriti kummiga kaetute puhul, sest nende pind määrdub tugevasti, vask aga pehmeneb ja kaotab elastsuse.

II Raudtraat. Harilik raud sisaldab alati teataval hulgal süsinikku ja on seepärast õigupoolest teras. Raudtraat, mis harilikult satub kooli juhuslikest allikatest, on seepärast mitmesuguse elastsusega. Mida pehmem ta on, seda kergemini saab teda venitada, laiaks pressida, lõigata ja painutada. Traadile pehmuse andmiseks tuleb teda lõõmutada, juhindudes § **11**, 4 antud näpunäidetest. Raudtraat on võrdlemisi kergesti joodetav, kuid vajab enne jootmist vahel väsitavat tööd oksüüdide kõrvaldamiseks (§ **11**, 14). Väga sageli on raudtraat kaetud roostega, mis on niivõrd intensiivne, et pärast rooste kõrvaldamist jäävad pinnale õnarused, mis teeb tinutamiseks vajaliku puhastuse väga keerukaks.

Väiketoodeteks on kõige vajalikum telegraafi raudjuhe ja seda enam tsingitud juhe. Peale selle on transformaatorite raudsüdamike (§ **15**, 17, VI ja joon. 262), elektrimootorite ankrute ja mõnede väiketoodete jaoks väga kasulik põletatud traat ($d = 1—2$ *mm*), mida müüakse ehitusmaterjalide kauplustes nimetusega «ahjutraat»[2]. Elektritarvete kauplustes on saada peenikest tsingitud traati, mida kasutatakse harilikult juhtmestiku sidumiseks isoleerrullikeste külge. Niisugune traat on väga sobiv mõnedeks väikesteks detailideks.

III Terastraat. Terastraati, mida vajatakse vedrude valmistamiseks, on kauplustes raskem saada kui teistest metallidest traati. Teda tuleb seepärast tavaliselt hankida, pöördudes kooli šefiks oleva tööstusliku organisatsiooni, traktorijaama jms. poole. Vedru-

[1] Juhtmete tähistuste tähendused vt. § **15**, 2, III ja joon. 230.

[2] Kasutatakse pottsepatöödel.

deks ettenähtud traat kannab kaubamärki ПК; teda nimetatakse teinekord ka klaveritraadiks.

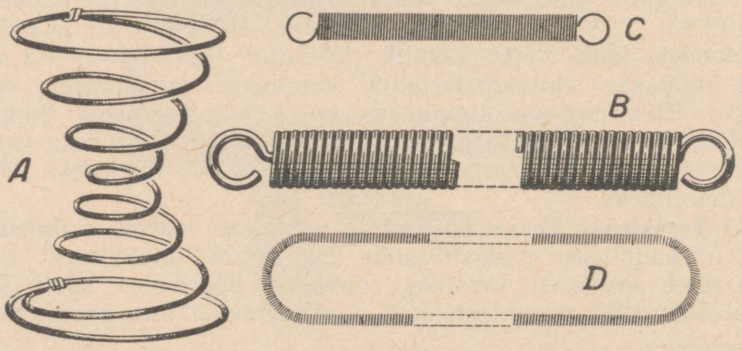
Muusikariistade kauplustes müüakse mitmesuguse jämedusega traate balalaika, klaveri jms. keelteks, mida saab kasutada kõrgeväärtuslike vedrude kerimiseks. Mõnedel juhtudel saab kasutada omavalmistatud katseriistade jaoks vedrusid, mida müüakse kui varuosi (alljaotus VII).

IV Alumiiniumtraat. Alumiiniumtraadi saamise ainsaks allikaks koolis saavad olla elektrijuhtmed. Kuna aga niisugune traat on esiteks pehme, hoopis väikese elastsusega ja teiseks ei ole hariliku joodisega joodetav, siis püütakse tema kasutamist omavalmistatud katseriistade ehitamisel vältida. Sooda-traatalaldajateks vajatakse alumiiniumtraati hoopis vähe, kusjuures traadi puudumisel saab teda kergesti asendada alumiiniumtahvli küljest lõigatud kitsa ribaga.

V Messingtraat. Messingtraat on elastsem kui vasktraat ja seda enam kui alumiiniumtraat, on kergesti töödeldav ja joodetav, mistõttu on parim traaditöödeks. Saada on aga teda raske, eriti väikeste ristlõigetega, seepärast tuleb koolis kasutada töödeks vask- ja raudtraati.

VI Nikeliin ja kroomnikkel. Suure eritakistusega eri sulandite koostisest ja nende elektrilistest omadustest vt. § **15**, 2, V. Siin mainime ainult, et kroomnikkel on võrdlemisi suure elastsusega, mistõttu elektripliidi spiraali osi saab kasutada omavalmistatud katseriistades vedrudena, kuid kvaliteedilt on nad halvemad terasspiraalidest. Pliidis töötanud ja läbipõlenud spiraali osad on tavaliselt rabedad ja seega mehhaaniliseks koormamiseks kõlbmatud.

VII Traatvedrud. Silindriliste vedrude (jagu 9) valmistamine koolis on täiesti võimalik. Mõnedel juhtudel on aga otstarbekam hankida sobivad õmblusmasina või kinoaparaadi valmisvedrud (joon. 205 *C*). Kasulikud on ka madratsi- või mööblivedrud, mis



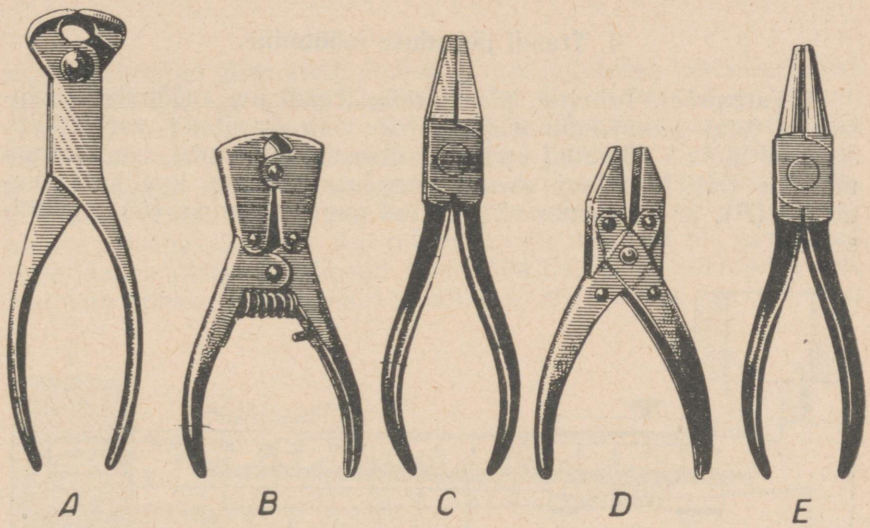
Joon. 205. Vedrusid: mööblivedru (*A*), kinoaparaadivedru (*C*) ja ukse sulgemise vedru (*B*). Veorihmana kasutatav vedru (*D*).

töötavad survele (joon. 205 *A*), ja uksevedrud, mis töötavad venitusele (joon. 205 *B*).

Suurt huvi pakuvad vedrud, mida kasutatakse kinoaparaatides veorihmade asemel (joon. 205 *D*) ja samuti kogumikku «konstruktor» kuuluvad vedrud (joon. 205 *D*). Niisuguse veorihma osi saab kasutada omavalmistatud konstruktsioonides peale otsese ülesande ka vedrudena.

3. Tööriistad.

Riistade komplekt traaditöödeks ei ole suur ega keerukas, koosnedes vasarast (§ 11, 3, III ja joon. 134), lõiketangidest (joon. 206 *A* ja *B*), lapiktangidest (joon. 206 *C* ja *D*) ja ümartangidest (joon. 206 *E*).



Joon. 206. Harilikud lõiketangid (*A*) ja mehhanismiga kahekordsete kangide kujul (*B*). Harilikud lapiktangid (*C*) ja paralleelselt laiali minevate mokkadega (*D*). Ümartangid (*E*).

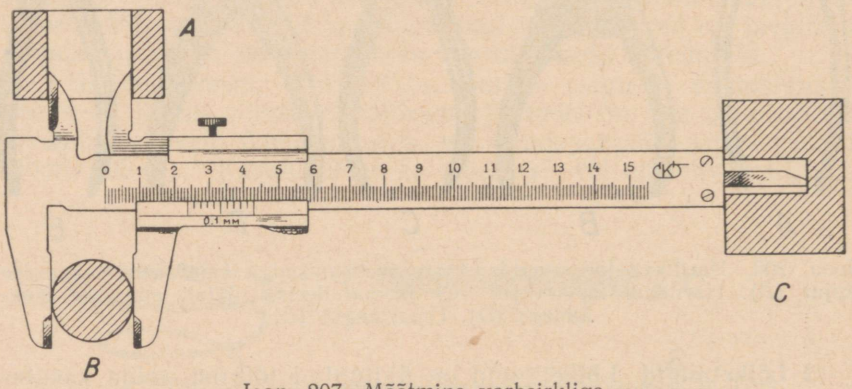
I Lõiketangid. Lõiketangid on üldtuntud tööriist, mida kasutatakse juhtmete ja traadi lõikamiseks (joon. 206 *A*). Tasased teravakstehtud «mokad» ehk servad peavad surudes tangide käepidemetele tihedasti (ilma piluta) kokku minema, sest vastasel korral nad ei lõika peenikest traati üldse, jämedat aga ei lõika lõpuni. Väga tähtis on lõikavate osade karastuse kvaliteet, sest mitteküllaldase kõvaduse puhul need osad terastraadi lõikamisel muljunduvad, liigse kõvaduse korral aga murduvad tükikestena välja. Seepärast on kasulikum osta paremat sorti lõiketangid, makstes kallimat hinda. On olemas lõiketange kahekordse kangiga, mis võimaldavad lõigata traati minimaalse pingutusega (joon. 206 *B*).

II Lapiktangid. Lapiktangid on traaditöödel kõige tarvilikum ja kõige sagedamini kasutatav tööriist ja teda tarvitatakse peamiselt traadi painutamiseks (joon. 206 *C*). Ostmisel tuleb tähele panna, et mokkadel oleks raie ja et surudes käepidemetele mokad läheksid tihedasti kokku. Lapiktange kasutatakse vahel ka väheldaste mutrite keeramiseks, kuid sel juhul on hõlpsam kasutada erilisi lapiktange, millede mokad laialiminekul jäävad teineteisega paralleelseks (joon. 206 *D*). Niisugused lapiktangid hoiavad mutrit paremini kinni ega riku teda (jättes jälgi) nii kui harilikud.

III Ümartangid. Ümartangid, s. o. vähe kooniliste mokkadega tangid, on koolides vähe levinud, kuid on tähtsaimaks tööriistaks traaditöödel ja elektrimontaažil (joon. 206 *E*). Neid kasutatakse peamiselt traadi rõngaks painutamisel, s. o. traadist toodetel ühe sageli esineva detaili valmistamiseks.

4. Traadi jämeduse mõõtmine.

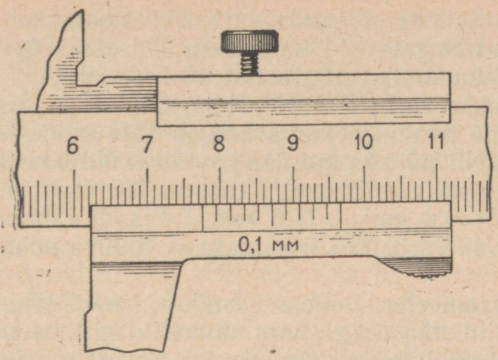
I Varbsirkel. Tahvlite, plaadikeste, traadi jne. mõõtmiseks täpsusega kuni kümnendik millimeetrit võib kasutada varbsirklit[1]. Joonisel 207 on näidatud varbsirkli otsest rakendamist, s. o. a) augu mõõdete (*A*), b) mingi eseme jämeduse, näiteks kuulikese diameetri (*B*), ja c) esemes väljatreitud augu sügavuse (*C*) mõõtmiseks.



Joon. 207. Mõõtmine varbsirkliga.

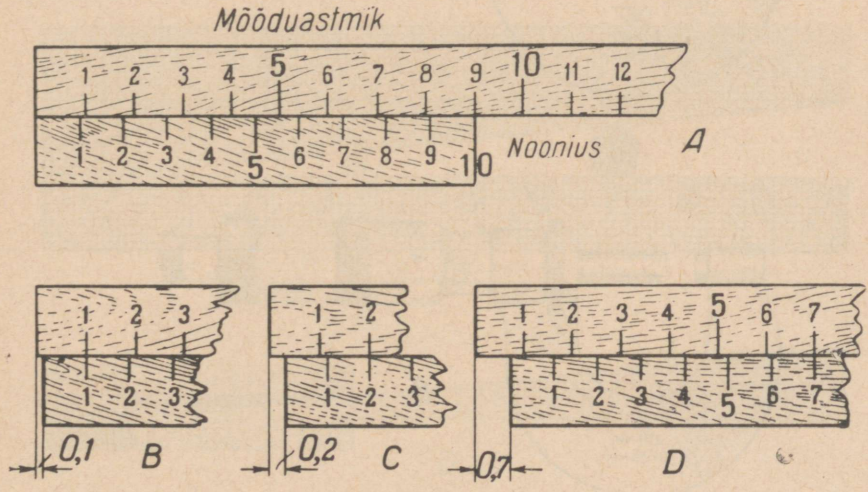
Mõõdetava suuruse täismillimeetrite arv loetakse varvale kantud millimeetrijaotustega skaalalt alates nullkriipsust kuni esimese kriipsuni liikuvat nokka kandval raamistikul. Nii näiteks on joonisel 208 näidatud mõõdetav pikkus 77 *mm* ja veel mingi osa millimeetrist. Milline millimeetri osa see on, võib leida liikuvale raamistikule tehtud teise skaala abil, mida nimetatakse nooniuseks ja

[1] On olemas varbsirkleid mõõtmise täpsusega kuni 0,02 *mm* ja 0,05 *mm*.



Joon. 208. Lugem 77,6 *mm* varbsirkli järgi.

mis on ehitatud järgmiselt. Pikkus 9 *mm* jagatakse kümneks osaks (joon. 209 *A*). Iga saadud jaotis võrdub siis 9 *mm* : 10 = 0,9 *mm*. Need jaotised ongi kantud nooniusele, mille tõttu iga tema jaotis on 0,1 *mm* võrra väiksem mõõtejoonlaua jaotisest. Kui noonius on nihutatud nii, et tema esimese jaotise kriips ühtub mõõduastmiku kriipsuga (joon. 209 *B*), siis on mõõtejoonlaua alguse ja nooniuse alguse vahemaa 0,1 *mm*. Kui nihutada veel nooniust nii, et ühtivad teise jaotise vastavad kriipsud (joon. 209 *C*), siis on pikkus 0,2 *mm*. Kui viia kohakuti seitsmendad jaotised, siis pikkus on 0,7 *mm*

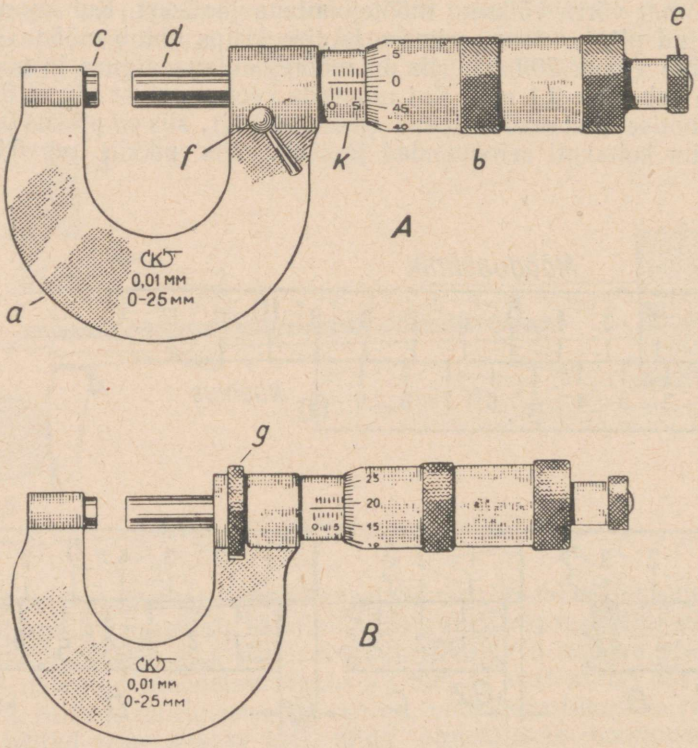


Joon. 209. Noonius.

(joon. 209 *D*). Selleks et saada varbsirkli nooniusel suuremaid ja järelikult enam märgatavaid ning loendamiseks hõlpsamaid jaotisi, jaotatakse mõõduastmiku 19 jaotist 10-ks osaks.

Esmalt leitakse varbsirklil täisarv millimeetreid, edasi aga otsitakse, missugune nooniuse jaotis langeb ühte mõne jaotisega varbsirkli astmikul. Nii näiteks kui üks jaotistest ühtib nooniuse kuuenda jaotisega, siis otsitav millimeetri osa on 0,6 *mm* ja eseme kogu pikkus 77 *mm* + 0,6 *mm* = 77,6 *mm*. Traadi läbimõõdu mõõtmiseks asetatakse ta varbsirkli liikumatu ja liikuva noka vahele (joon. 207 *B*).

II Kruvimikromeeter. Selleks et mõõta traadi läbimõõtu, metalltahvli paksust jm. täpsusega kuni sajandik millimeetrit, võib kasutada peale varbsirkli kruvimikromeetrit (joon. 210 *A* ja *B*). Ta koosneb tugevast terasklambrist *a* ja mikrokruvist (spindlist) *d*, millel on kruvikeermestik. Kaasaegsete mikromeetrite keermestik tehakse niisugune, et kruvi ühe täispöördega spindel liigub edasi $^1/_2$ *mm* võrra. Füüsikakabinettides ja töökodades võib aga leida mikromeetreid, mis on valmistatud enne revolutsiooni, milledel kruvi täispööre vastab spindli edasiliikumisele 1 *mm* võrra.



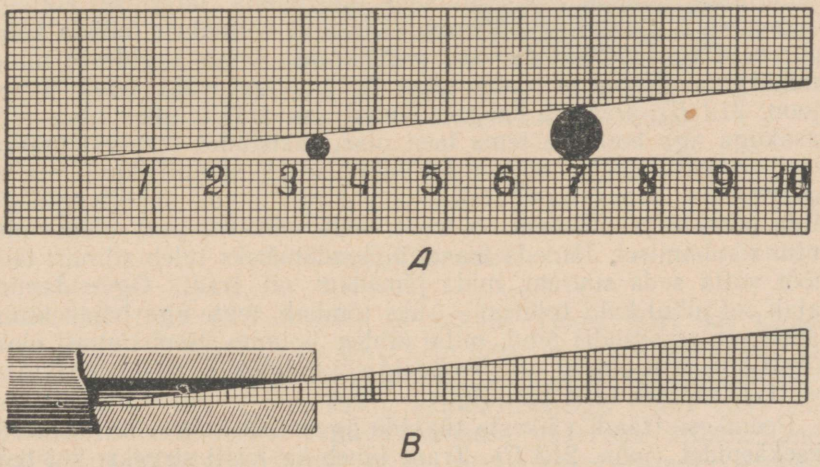
Joon. 210. Kruvimikromeetreid (*A* ja *B*).

Spindli ühe täispöördega edasiliikumise kaugust nimetatakse mikromeetri sammuks. Järelikult on kaasaegsete mikromeetrite samm $^1/_2$ *mm*. Spindel on varustatud peaga, mida nimetatakse nooniuse trumliks *b*, mille äär on jaotatud 50-ks osaks.

Need jaotised võimaldavad teada saada pöörde, millise osa võrra on kruvi pööratud. Nii näiteks kui varrele *k* tehtud kriipsu 0 vastas on jaotis 45, siis on kruvi järelikult teinud $^{45}/_{50}$ osa pöördest. Varrele *k* on samuti kantud jaotised, mis võimaldavad teada saada, mitu täispööret on teinud mikrokruvi. Jaotised varrel allpool pikijoont vastavad mikrokruvi kahele pöördele, mis $^1/_2$ *mm*-se sammu puhul vastab spindli edasinihkumisele 1 *mm* võrra. Jaotised pealpool seda joont märgivad alumiste jaotiste pooli ja võimaldavad järelikult mikrokruvi täispöörete paaritu arvu lugemist. Nii näiteks juhul, mis on kujutatud joonisel 210 *B*, lugem vastab 6,69 *mm*-le.

Kruvimikromeetriga mõõdetakse nii: mõõdetav ese asetatakse kanna *c* ja mikrokruvi otsa *d* vahele (joon. 210 *A*) ja keeratakse kruvi kuni lõpuni. Et mitte muljuda traati ja just sellega mõõta ekslikult, on mikromeetri spindli pea otsa tehtud käristi *e* (joon. 210 *A* ja *B*). Kruvi tuleb tingimata pöörata mitte peast, vaid käristist. Kui spindli kand *d* toetub materjalile, siis käristi pöördub «tühjalt», mitte nihutades spindlit edasi, mistõttu ei toimu materjali muljumist ja tagatakse tema mõõtmise momendil alati ühesugune rõhumine. Pärast seda keeratakse kinnituskruvi *f* (joon. 210 *A*) või kinnitusrõngast *g* (joon. 210 *B*), millega mikrokruvi kinnitub liikumatult ega saa pöörduda ettevaatamata liigutuse puhul.

Mikrokruvi seadmiseks enne lugemist vajaduse korral nullile on nooniusetrumlil seadmemutter *b*.



Joon. 211. Kiilusarnane väljalõige ja kiil väikeste paksuste ja avade mõõtmiseks.

III Kaudseid mõõtmise võtteid. Traadi jämeduse leidmise üldtuntud võte seisab tema keerdude pikkuse mõõtmises, mis on keritud mingisugusele silindrilisele šabloonile (nael, pliiats, joogiklaas), ja järgnevas arvutamises. Kerge on teha traadi jämeduse või plaadikese paksuse mõõtmiseks omavalmistatud mõõtja ruudulisest joonestuspaberiribakesest, kleepides selle õhukesele tihedale papile ja tehes temas žiletiga kiilusarnase väljalõike (joon. 211 *A*). Kui väljalõike alus on võetud 10 *mm*, siis väljalõikesse kuni toetumiseni paigutatud traatide läbimõõdud on vastavalt 3,2 *mm* ja 6,8 *mm*. Kui aga väljalõike alus oleks 5 *mm*, siis teistsuguste sama viisi väljalõikesse paigutatud traatide läbimõõdud oleksid vastavalt 1,6 *mm* ja 3,4 *mm*.

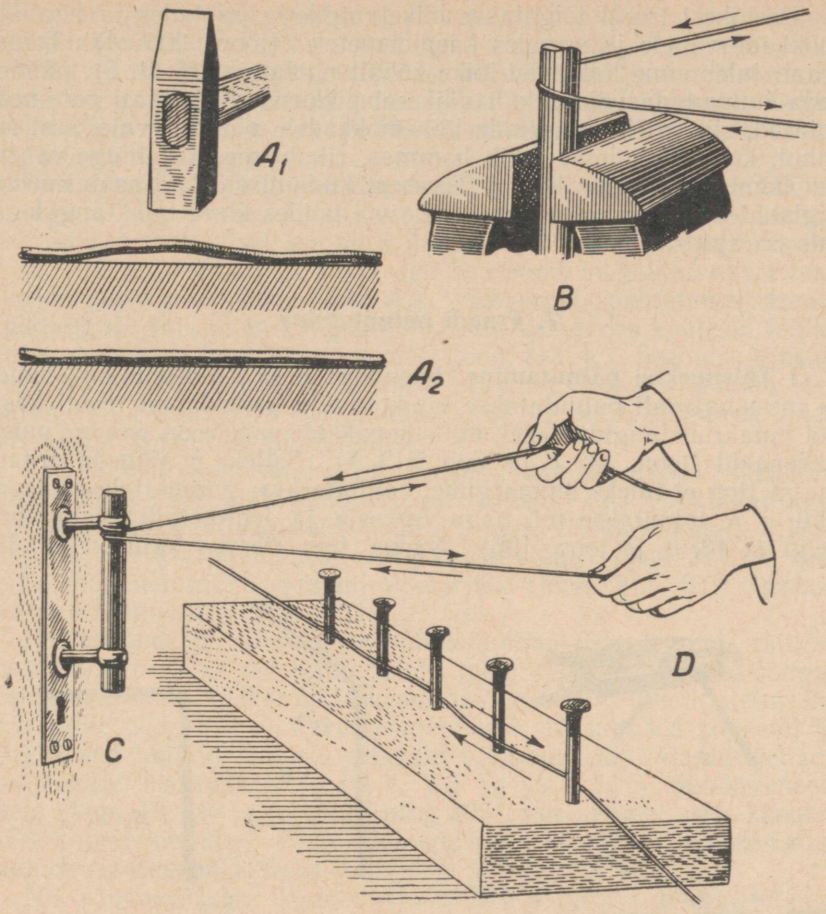
Kiilu, mis on valmistatud samasugusest paberist, võib kasutada avade läbimõõtude mõõtmiseks (joon. 211 *B*).

5. Traadi õgvendamine.

I Õgvendamine vasaraga. Väikesi traaditükke saab õgvendada, asetades nad laua või parem triikraua täiesti siledale ja tasasele pinnale. Pöörates traati, lüüakse vasaraga nende osade pihta, mis ei ühtu tasapinnaga, olles temast kõrgemal (joon. 212 A_1). Õgvendamise tulemusena peab traat tema pööramisel pikitelje ümber ühtuma toe tasapinnaga ilma vahedeta (joon. 212 A_2). Mida pehmem on metall ja mida peenem on traat, seda nõrgemad peavad olema vasaralöögid, et vältida laiaksmuljumist. Vask- ja eriti alumiiniumtraadi õgvendamiseks on parem kasutada puuvasarat (joon. 62).

II Õgvendamine tõmbamisega. Kägardatud pikka raud-, vask- ja alumiiniumtraati on kõige lihtsam õgvendada järgmise võttega. Kõigepealt õgvendatakse niisugusel traadil võimalust mööda kõige suuremad painded kätega. Siis pigistatakse kruustangidesse mingi ümmargune varras ja tõmmatakse õgvendatav traat tema ümber (joon. 212 *B*). Parema käega tõmmatakse traati ühte otsa pidi, vasakuga aga hoitakse tema teist otsa, takistades teataval määral traadi edasiliikumist. Suurema mugavuse ja samuti kuni otsteni õgvendamise jaoks soovitatakse otsi kinni hoida lapiktangidega. Mida peenem ja pehmem on traat, seda väiksem peab olema pingutus tõmbamisel. Jämeda traadi õgvendamiseks tuleb silindri läbimõõt võtta seda suurem, mida jämedam on traat. Õgvendamine vajab sel juhul kaht inimest — üks tõmbab, teine aga hoiab kinni. Tähtis on, et silindri pind, mille ümber toimub tõmbamine, oleks täiesti sile. Kui pinnal on süvendeid või mügaraid, siis nad rikuvad traati, kraapides talle pikijälgi.

Peenikese traadi väikeste tükkide õgvendamiseks võib kasutada uksekäepidet (joon. 212 *C*). Traat läheb ka hästi sirgeks, kui teda tõmmata läbi naelte vahelt, mis on löödud (seda lähedamale, mida peenem on traat) raske laua sisse (joon. 212 *D*).



Joon. 212. Mitmesuguseid traadi õgvendamise võtteid.

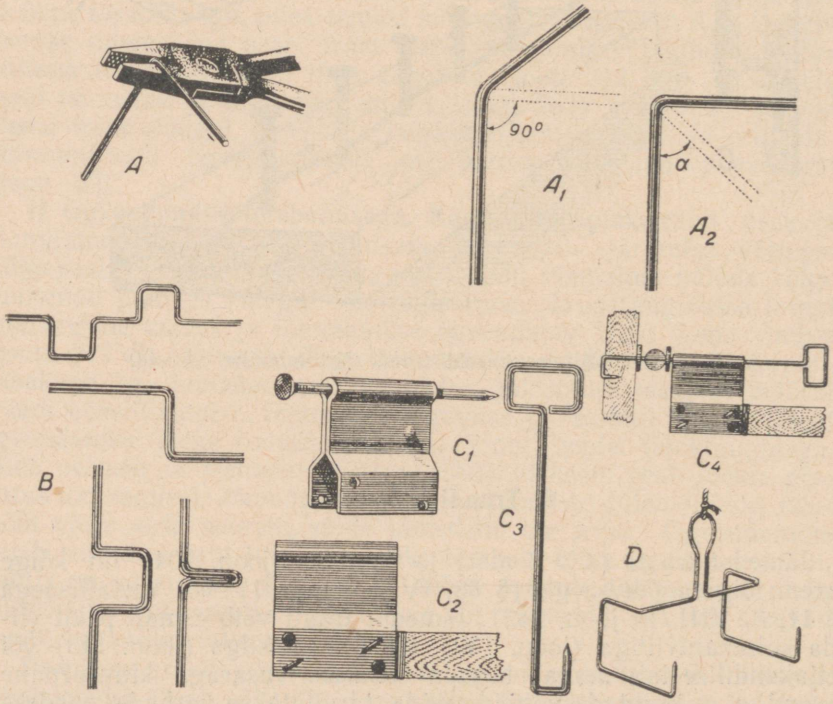
6. Traadi lõikamine.

Jämedat traati ($d > 3$ *mm*) ja kaablit (joon. 204) on kõige parem lõigata jõhvsaega (§ 83, IV ja joon. 51) või metallisaega (§ 11, 3, VIII ja joon. 142). Jämedat traati võib esmalt pealt viilida kolmkantviiliga (joon. 139), täkkida meisliga (joon. 143) või neljakandilise lati serval taguda teravasse vasaraga kiilusarnane süvend, s. o. kasutada võtteid, mida tarvitatakse varbade osadeks jaotamisel (§ 11, 7, I ja joon. 147). Siis on traati viilimise või raide kohalt kerge murda.

Peenikest traati lõigatakse lõiketangidega, asetades ta teravate mokkade vahele ja surudes käepidemetele (joon. 206 *A*). Terastraati tuleb enne lõikamist lõike kohalt noolutada (§ **11**, 5), püüdes teda kuumutada võimalikult väikesel pikkusel. Kui traati pole noolutatud, siis tuleb ta asetada lõikemokkadele päris servale, sest sel juhul, kui mokkadesse tekib hammas, rikub see lõiketange vähem kui hamba tekkimine keskel. Terasest kudumisvardaid saab murda, pigistades nad kruustangide vahele või hoides kinni lapiktangidega, mis on aga raskem.

7. Traadi painutamine.

I Täisnurkne painutamine. Peenikest vask-, alumiinium-, rauda messingtraati painutatakse lapiktangide, jämedamat traati käsivõi lauakruustangide vahel, millede pakkide vahele on pandud puust vahepakid (joon. 132 *B* ja joon. 213 *A*). Selleks et jämeda traadi nurga tipp ei tuleks ümmargune, vaid «terav», painutatakse vasara abil, s. o. toimitakse nii, nagu varraste ja lehtmetalli painutamiselgi (§ **13**, 8, ja joon. 196). Nurga tipu «terav» kuju on vajalik



Joon. 213. Traadi nurgipainutamine (*A*). Väntvõll (*B*). Propelleri kinnitamine võllil (C_1—C_4). Riputuskonks magnetite jaoks (*D*).

sellkes, et nurk osutuks suuremat vastupanu jõududele, mis püüavad teda laiali väänata. Õieti ei saagi iga terastraati painutada täisnurkselt — on terase sorte, milledest tehtud traat (kudumisvardad) niisugusel painutamisel murdub. Sellist traati tuleb esmalt leegis noolutada ja siis karastada (§ **11**, 5), et taastada kõvadus ja elastsus, kui seda vaja on.

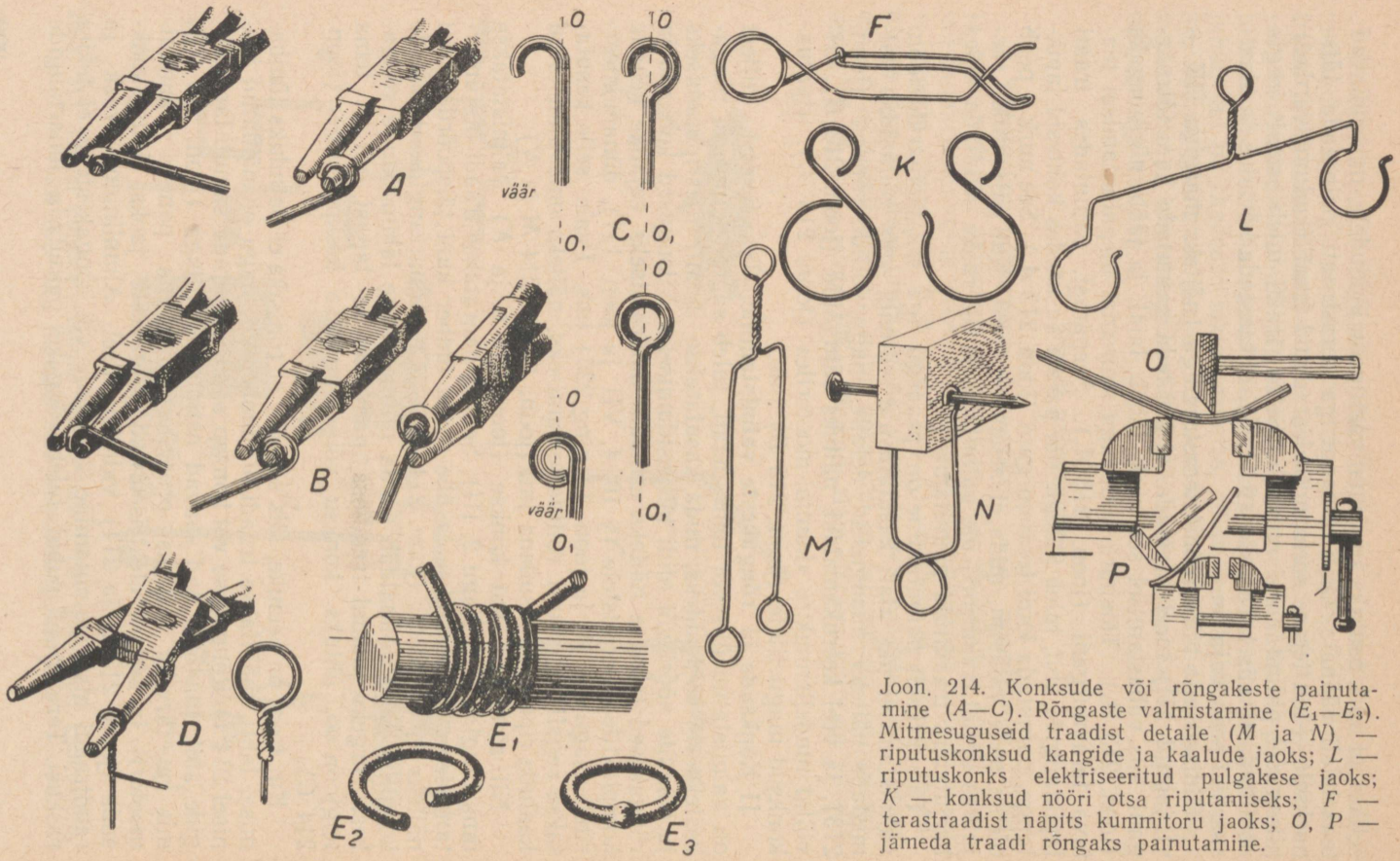
Üldiselt aga tuleb töödel terastraadiga (näiteks margiga ПК — vt. jagu 2, III) meeles pidada, et kui teda painutada kuni täisnurgani, siis vabastamisel see nurk läheb laiali ja jääb nürinurgaks (joon. 213 A_1). Täisnurk tekib aga suuremal ülepainutamisel teatava teravnurgani (joon. 213 A_2). Seepärast, painutades traati lapiktangide abil, tuleb kätega, või parem kasutades kahtesid lapiktange, painutada kuni teravnurgani (joon. 213 A_2). See nurk α peab olema seda väiksem, mida elastsem on traat. Kui palju tuleb seejuures antud traadisorti üle painutada, ei ole raske selgitada, olles harjutanud traaditüki painutamist.

Täisnurkselt painutamine on peaaegu iga traatkonstruktsiooni valmistamisel üks alati kasutatavaid võtteid, mis võimaldab valmistada näiteks niisuguseid detaile, nagu võllide vändad (joon. 213), ja veel keerukamaidki, näiteks väntvõllid (joon. 213 *B*), erivõllid mudellennukite «kummi-mootorile» (joon. 213 *C*), riputuskonksud magnetitele (joon. 213 *D*) jms.

II Konksude ja rõngakeste valmistamine. Traadi otsi, millest on valmistatud üks või teine detail, tuleb sageli painutada rõngakesteks või konksudeks, mida kasutatakse detaili ülesriputamiseks ja traadile nööri või niidi külgesidumiseks. Niisugused konksud ja rõngakesed tehakse näiteks erikaalu määramiseks vajalike kehade komplektile, koormistele (§ **10**, 4, VII ja joon. 111), dünamomeetritele (jagu 10, III ja joon. 13 ning 225) jms. Peale selle kasutatakse sageli rõngakesi võllide toetamiseks, näiteks omavalmistatud kaalude riputuskonksudena jm. (joon. 171 ja 214 *M* ja *N*).

Nii rõngakesi kui konkse (joon. 214 *C* ja *K*) valmistatakse ümartangide abil (jagu 2, III). Selleks haaratakse traadi ots ümartangidega ja keeratakse ta ühe moka ümber kuni täispöördeni või näiteks ¾ pöördeni (joon. 214 *A* — *C*). Ümartangide mokkade kooniline kuju võimaldab saada mitmesuguse läbimõõduga rõngakesi. Sirgeks jäänud traadiosa painutatakse tagasi, nii et tema telgjoon oo_1 ühtuks konksu või rõngakese keskpunktiga (joon. 214 *C*).

Kui traat on peenike, siis selleks, et rõngake ei painduks tõmbamisel lahti, mähitakse traadi ots ümber nii, nagu on näidatud joonisel 214 *D*. Rõngakese või konksu saab painutada samuti lapiktangide abil, mistõttu nad saavad nelinurkse kujuga (joon. 213 C_4), mis on tarvilik näiteks propelleri pöörlema paneva «kummimootori» ja samuti elektriseeritud pulgakeste jaoks riputuskonksude (joon. 213 *D* ja 214) valmistamisel. Alumiinium-, vask- ja raudtraadi otste painutamine konksude või rõngakestena ei tekita raskusi. Terastraadi puhul tuleb rõngake painutada ümartangide



Joon. 214. Konksude või rõngakeste painutamine (*A*—*C*). Rõngaste valmistamine (E_1—E_3). Mitmesuguseid traadist detaile (*M* ja *N*) — riputuskonksud kangide ja kaalude jaoks; *L* — riputuskonks elektriseeritud pulgakese jaoks; *K* — konksud nööri otsa riputamiseks; *F* — terastraadist näpits kummitoru jaoks; *O*, *P* — jämeda traadi rõngaks painutamine.

mokkade sellel osal, mille läbimõõt on umbes 1½ korda väiksem vajalikust. Muuseas saab terastraadist painutada näpitsa kummitorude jaoks (joon. 214 *F*), kuid niisugune töö muutub jõukohaseks alles pärast oskuste omandamist terastraadi painutamises.

III Suure läbimõõduga rõngaste painutamine. Võrdlemisi suured rõngad, läbimõõduga mõned sentimeetrid, on kasutatavad üksikute traatkonstruktsioonide detailideks, näiteks silindri või koonuse põhjadeks; neil võib olla aga ka iseseisev otstarve, nagu näiteks katseteks seebikelmetega. Enamikul juhtudel tuleb neid valmistada võrdlemisi peenikesest 0,5—2 *mm* jämedusest vask- või raudtraadist; jämedast traadist rõngaid vajatakse harvemini. Nii ühed kui ka teised vajavad painutamiseks silindrikujulist šablooni täpselt sama läbimõõduga, mis on vajalikul rõngal. Sellisteks šabloonideks pehme peenikese traadi jaoks võivad olla metallist, puidust või isegi klaasist silindrid (pudelid, purgid); jämeda traadi jaoks saab kasutada ainult metallist silindreid (torusid).

Jämedast traadist rõngaste valmistamisel tuleb esmalt lõigata vajaliku pikkusega traat ja siis, pannes selle laialikeeratud kruustangide pakkidele (joon. 214 *O*) või veel parem esipakil olevale alasile, vasaralöökidega painutada traati, nagu näidatud joonisel 214 *P*, kuni suletud rõnga saamiseni.

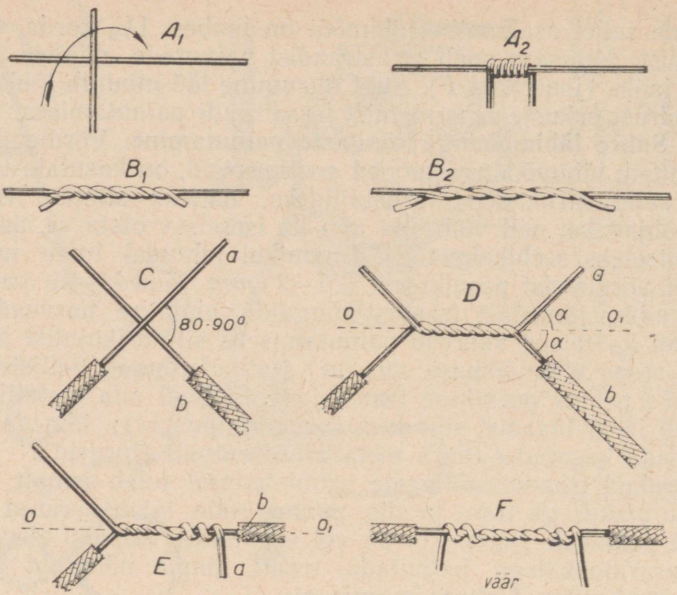
Kui rõngas ja seda enam veel mitu võrdlemisi jämedast traadist rõngast ei vaja käepidemeid või nibusid, siis valmistatakse neid kerides šabloonile spiraalina (jagu 9). Seejärel lõigatakse traat jõhvsae või metallisaega joonisel 214 E_1 näidatud kriipsjoont mööda katki. Spiraal on seega lõigatud rõngasteks, millede otsad surutakse vasaralöökidega otseti kokku (joon. 214 E_2) ja joodetakse kinni (joon. 214 E_3).

8. Traatide kokkukeerutamisest.

Kaks traati keerutatakse omavahel kokku kõige sagedamini selleks, et saavutada küllalt suurt tugevust ja kõvadust (joon. 216 *E*). Nii näiteks kahest kokku keerutamata traadist tugi on nõrgem kui kokkukeerutatud traatidest. Peale selle võimaldab kokkukeerutamine vältida traatkonstruktsioonides jootmist, kui on vaja traate ühendada või nende otsi kinnitada.

Tuleb eritleda ühe traadi mähkimist teise ümber (joon 215 A_1 ja A_2) nende kokkukeerutamisest omavahel (joon 215 B_1 ja B_2). Ümbermähkimisel jääb üks traat kogu operatsiooni ajaks liikumatuks, teist aga mähitakse ristiti keerd keeru kõrvale esimese ümber (joon. 215 A_2). Seejuures tuleb mähitavat traati võimalikult tugevasti pingutada, sest vastasel korral saadud mähis (eriti kui ta koosneb vähesest keerdude arvust) võib mitteküllaldase hõõrdumise tõttu sirgeksjäänud traati mööda libisema hakata. Niisugust mähkimist vajatakse näiteks elektrijuhtmete harunemisel (§ **15**, 9, III ja joon. 244), rõnga vaba otsa kinnitamisel (joon. 214 *D*) jms.

Juhtmete kokkukeerutamise õigete võtete omandamisele tuleb



Joon. 215. Traadi ümbermähkimine ja kokkukeerutamine.

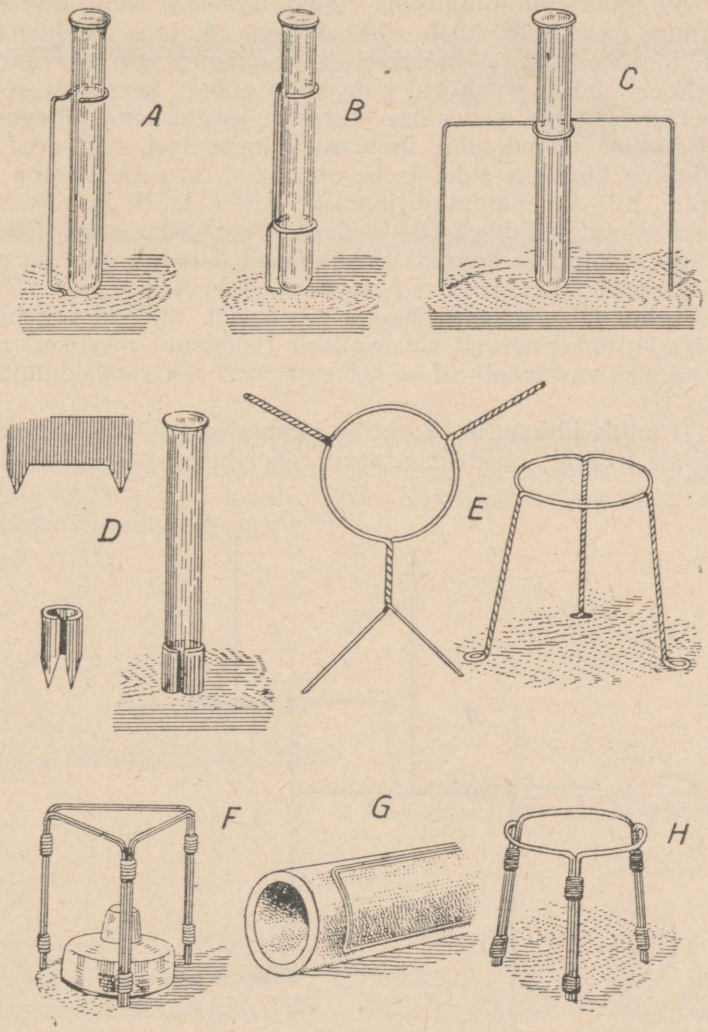
õpetajal pöörata kõige tõsisemat tähelepanu, kuna see on eriti tähtis traadi- ja elektrimontaažitöödel (§ **15**, 9, I ja II). Halvasti tehtud kokkukeerutus on peale korratu välimuse ka vähe vastupidav mehhaanilistele mõjudele ja läheb venitamisel harilikult lahti. Õige kokkukeerutuse saamiseks tuleb täita järgmisi juhiseid:

a) Jätkatavate traatide otsad peavad olema täiesti sirged ja neis ei tohi olla vähemaidki paindeid.

b) Otsad asetatakse (joon. 215 *C*) teineteise peale täisnurkselt, nii et nad ristuksid sümmeetriliselt. Haarates parema ja vasaku käe sõrmedega traatide ristumise lähedalt, pööratakse samaaegselt mõlemat kätt vastassuunas, tehes uue haaramiseta umbes pool pööret, mis tekitab väikese kokkukeerutuse. Pärast seda, haarates alustatud kokkukeerutusest endisel viisil, jäetakse ühe, näiteks vasaku käe sõrmed liikumatuks, parema käe sõrmedega aga jätkatakse keerutamist. Korrapärase kokkukeerutuse saamise kogu saladus seisab selles, et pöörlemise teljeks oleks joon oo_1, mille suhtes kokkukeerutatavad otsad *a* ja *b* peavad tingimata asetsema võrdsete nurkadega α, mis oleksid umbes 30° — 40° (joon. 215 *D*). Kõige levinum viga seisab selles, et juhe *b*, nihkudes ära, võtab pöörlemistelje suuna oo_1 ja tema ümber hakkab keerutama end juhe *a* (joon. 215 *E*). Kui seda lasti sündida, siis kokkukeerutus ei tule õige (joon. 215 *F*). Tuleb pöörata tähelepanu sellele, et juhe *b* püüab keerutamisel ära nihkuda telgjoonele oo_1, mistõttu keerutamisel tuleb aeg-ajalt parandada tema asetust.

c) Kokkukeerutatavate traatide ja pööramise telje oo_1 vaheliste nurkade α (mis on omavahel võrdsed) suurusest sõltub, kui keerd või laug tuleb kokkukeerutus (vrd. joon. 215 B_1 ja 215 B_2).

Kokkukeerutuse ratsionaalse kasutamise näideteks on vask- või raudtraadist kolmjala (joon. 216 *E*) ja raudtraadist jootekolvi käepideme (joon. 174 *B*) jm. valmistamine.



Joon. 216. Lihtsaimate katseriistade aluste ehitus (*A*—*D*). Kolmjalgade ehitus (*E*—*H*).

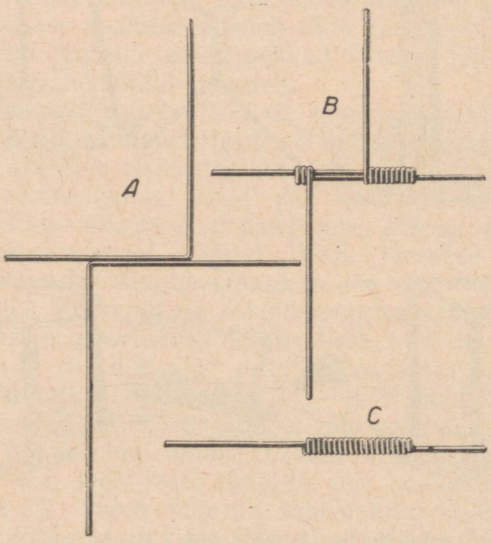
9. Sidumine.

Katseriistade või esemete mitmesuguste osade kokkusidumine traadiga on laialt tarvitatav võte omavalmistatud katseriistade ehitamisel ja samuti elektrimontaažitöödel. Vaatleme mõningaid sidumise tüüpilisi juhtumeid.

I Esemete sidumine traadiga. Üldtuntud on võte köita esemeid nööriga, sidudes ta otsad sõlme, või traadiga, keerutades selle otsad kokku. Sel juhul keerutatakse otsad kokku esmalt käega ja seejärel, traadi suuremaks pingutamiseks, lapiktangidega. Kuid kindla kokkukeerutuse saamiseks tuleb võtta arvesse 8. jaos öeldut (joon. 215 *C*). Lapiktangidega kokkukeerutamisel tuleb olla ettevaatlik ja teha nendega mitte enam kui kaks-kolm pööret, sest vastasel korral rebeneb keerutus oma aluse juures ja kaotab oma tugevuse.

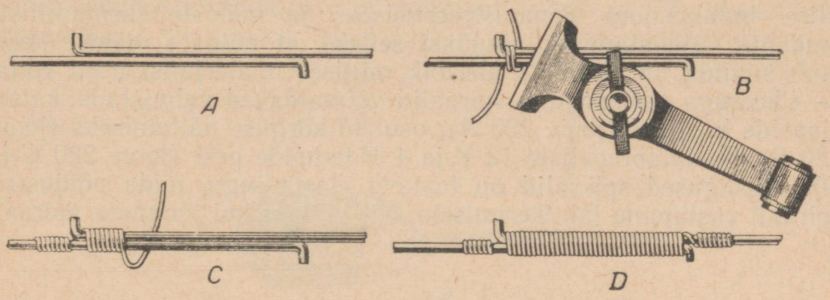
II Detailide ühendamine ümbermähkimise teel. Jämedast traadist detailide kindlaks sidumiseks omavahel on ratsionaalne kasutada võtet, mis on näidatud joonisel 216 *F* ja *H* ja mis seisab peenikese traadiga ümbermähkimises. Nii näiteks saab koostada väga tugeva kolmjala kolmest П-kujulisest detailist, mis on painutatud jämedast traadist ($d = 2—3$ *mm*) šabloonil (joon. 216 *G*). Need detailid ühendatakse tihedalt omavahel, mähkides kahekordsete jalgade ümber tervelt või osaliselt (vöödena) peenikest plankttraati, näiteks vasktraati ($d = 0{,}8 — 1$ *mm*) või raudsidumistraati (jagu 2, II).

III Traatide jätkamine. Traatide jätkamiseks võib kasutada ühejuhtmeliste traatide elektrimontaažil rakendatavat sidet: peenikeste



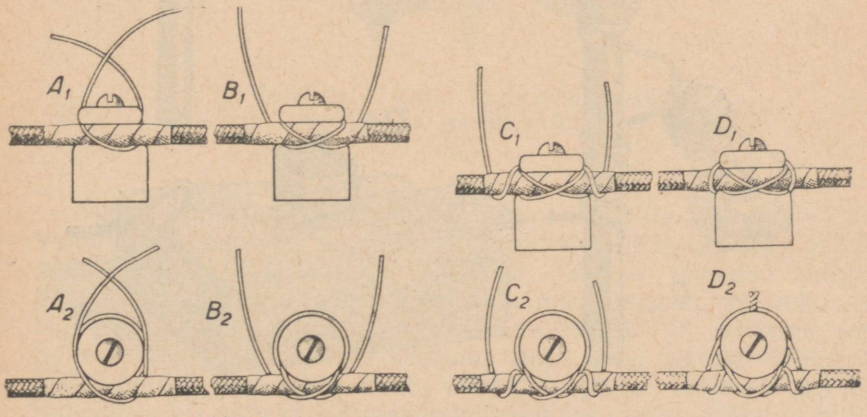
Joon. 217. Šoti side.

traatide jaoks šoti, jämedamatele aga inglise sidet. Šoti sideme puhul juhtmed esmalt painutatakse, nagu see on näidatud joonisel 217 *A*, ja siis keerutatakse nende otsad teineteise ümber (joon. 217 *B* ja *C*). Inglise sideme puhul painutatakse jätkatavate juhtmete otsad täisnurkselt ja siis, pärast liigsete osade maharaiumist, ühendatakse nad ümbermähkimise teel peenikese vask- või raudsidumistraadiga (joon. 218 *A* — *D*).



Joon. 218. Inglise side.

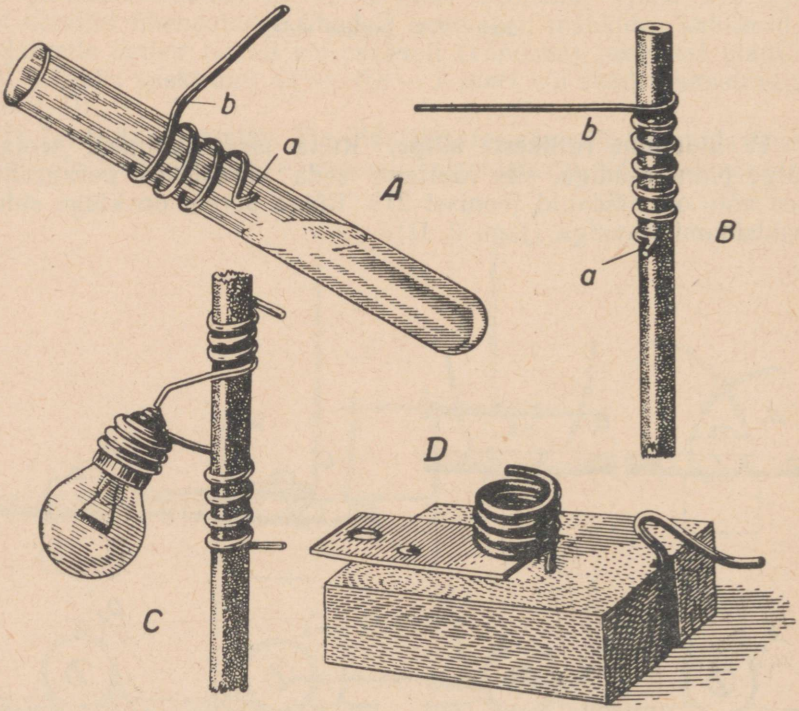
IV Sidumine rullikeste külge. Kuna elektrijuhtmeid seotakse külge planktraadiga, siis vaatleme seda käesolevas paragrahvis. See võte on näidatud joonisel 219. Kõige parem on külge siduda raudsidumistraadiga (jagu 2, II).



Joon. 219. Operatsioonide järjestus juhtme sidumisel rullikese külge.

10. Spiraalide ja spiraalvedrude valmistamine.

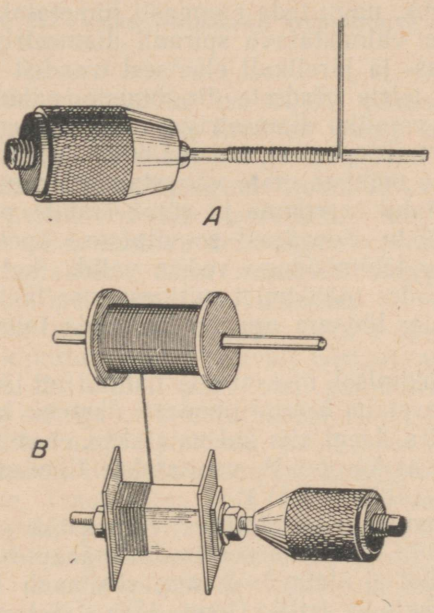
I Spiraalide ja vedrude otstarve. Traadist tuleb valmistada spiraale mitmesugusteks otstarveteks. Nii näiteks keritakse pikad juhtmed ruumi kokkuhoiuks spiraalikujuliselt: elektroodideks Bakušinski riistas, reostaatides, laboratoorsetes riistades Ohmi seaduse tundmaõppimiseks jms. Traadi materjal valitakse kõigil neil juhtudel vastavalt elektrilistele nõuetele (vask, nikeliin, kroomnikkel jms.). Teistel juhtudel, näiteks pooli valmistamisel elektromagnetilise induktsiooni demonstreerimiseks ja mähiste skemaatiliste mudelite valmistamisel, ainuüksi selleks, et näidata mähise keerdude suunda, on järelikult ükskõik, millisest materjalist traat võtta. 3—4 keeruga vasktraadist spiraalid võimaldavad valmistada: katseklaaside hoidjaid (joon. 220 *A*), osuteid kõrguse näitamiseks (joon. 220 *B*), madalapingeliste 12 *V* ja 4 *V* lampide pesi (joon. 220 *C* ja *D*). Niisugused spiraalid on teatava elastsusega, mida põhjustab spiraali vastupanu lahtikerimisele. Nii näiteks kui tõmmata spiraali



Joon. 220. Traadist spiraalide kasutamine katseklaasi hoidmiseks (*A*), kõrguse märkimiseks (*B*) ja madalapingeliste lampide (12 *V* ja 4 *V*) primitiivsete pesade valmistamiseks (*C* ja *D*).

otsad *a* ja *b* pisut laiemale, siis ta läbimõõt suureneb, pärast otste vabastamist aga haarab spiraal tugevasti temasse asetatud katseklaasi või toe. Spiraali hõlpsamaks kasutamiseks soovitatakse teha tema ots *a* painutatuna, nagu on näidatud joonisel 220 *A* ja *B*.

II Spiraalide mähkimine. Mõnikord kui on vaja mähkida spiraale niisugustest kõvadest ja elastsetest metallidest, nagu seda on nikeliin ja kroomnikkel (reostaatide ja elektripliitide spiraalid), tuleb rakendada samu mähkimise võtteid nagu vedrudegi mähkimisel (alljaotus III). Järgnevalt vaatleme aga spiraalide mähkimist pehmest traadist, s. o. alumiinium-, vask- ja lõõmutatud raudtraadist.



Joon. 221. Trilli kasutamine väikeste vedrude ja poolide mähkimisel.

Spiraale mähitakse silindrilisel šabloonil, mille läbimõõt võrdub valmistatava spiraali sisemise läbimõõduga. Niisugusteks šabloonideks võivad olla metallist silindrid, näiteks jämedad pulgad, gaasitorud (veetorud), kehad erikaalu määramiseks, paksude seintega veinipudelid, mitmesuguste riistade metall- ja puuosad jms. Selleks et mähitud spiraal säilitaks oma kuju pärast šabloonilt mahavõtmist, peab traat olema võrreldes spiraali läbimõõduga küllalt jäme. Nii näiteks 0,8 *mm*-se läbimõõduga traat, mähitud pliiatsile, säilitab spiraali kuju pärast pliiatsilt mahavõtmist, pudelile mähituna aga läheb ta mahavõtmisel laiali. Küsimuse otsustami-

seks, kas traat kõlbab etteantud läbimõõduga spiraali mähkimiseks, soovitatakse proovida, mähkides 2—3 keerdu šabloonile.

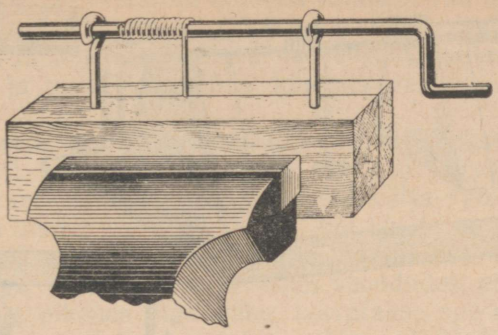
Mähitaval traadil ei tohi olla väiksemaidki paindeid, vastasel korral tuleb teda kõige hoolikamalt õgvendada (jagu 5, II). Šablooni võib hoida käes, parem aga on kinnitada ta liikumatult. Kui spiraali keerdude arv on suur, siis on otstarbekohasem teha pöörlev šabloon. Keerud asetatakse šabloonil tihedasti üksteise kõrvale, ilma pilude ja vaheruumideta; vajaduse korral võib spiraali pärast tema taastumist ühel või teisel määral välja venitada.

III Vedru mähkimine. Traadist vedrud kui ka spiraalid mähitakse silindrikujulisel šabloonil. Oluline vahe seisab aga selles, et pehmest traadist (vask, alumiinium) spiraalide mähkimisel võetakse šablooni ehk, nagu teda enamasti nimetatakse, torni läbimõõt harilikult võrdne valmistatava spiraali diameetriga. Spiraali mähkimisel aga teras- ja järelikult elastsest traadist valitakse ka torni läbimõõt (kõigi teiste võrdsete tingimuste puhul) seda väiksem, võrreldes vedru vajaliku diameetriga, mida suurema elastsusega on antud terase sort. Tõepoolest, kui mähkida vedru terastraadist mingile pulgale, siis mähiste otste vabastamisel osutub, et vedru hakkab pöörduma, lahti keerduma ja võtab endale pulga läbimõõdust suurema läbimõõdu. Seepärast soovitatakse õpetajale, kes tahab mähkida teatava läbimõõduga vedru, valida katselisel teel torni läbimõõt, katsetades mähkimist mitmesuguse läbimõõduga ümmargustele varbadele; lihtsam aga on kasutada tabelis jagu 11, III toodud andmeid.

Vedrude mähkimisel, mis on ette nähtud nii tõmbele kui ka survele, on parem asetada keerud tihedasti üksteise kõrvale ilma vähemagi vaheruumita. Isegi siis kui vajatakse, et vedru keerud oleksid üksteisest teataval kaugusel[1], venitatakse tihedasti mähitud vedru hiljem laiemale (alljaotus IV).

Töö kergendamiseks on tähtis, et torn saaks pöörelda oma telje ümber, sest muidu on raske sooritada mähkimist isegi kahekesi. Kui torni läbimõõt ei ületa 7—8 *mm*, siis saab lühikeste vedrude mähkimiseks kasutada trilli (joon. 137). Sel juhul pigistatakse trilli kere kruustangide vahele või kinnitatakse kõvasti mingil teisel viisil ja mähitakse puuri asemele asetatud tornile (vardale), nagu on näidatud joonisel 221 *A*. Seejuures on tingimata tarvilik, vastavalt allpool antud juhenditele, et mähitav traat oleks tugevasti pingutatud. Kõige ratsionaalsem on kasutada vedru mähkimiseks kruustange (joon. 130 ja 131), pigistades pakkide vahele puust pakukese ja lauakese (joon. 222). Vajaliku läbimõõduga (vt. tabelit jaos 11, III) jämeda traadi või varda otsa painutatakse vänt. Sel viisil valmistatud keripulk asetatakse aasadesse, mis on tugevasti kinnitatud pakukesse, traat aga juhitakse lauakese ja pakukese vahele soonde, mis on sinna kraabitud naaskliga või saetud saega, nii et traat läbi pääseks, kuid üsna tunduva hõõrdumi-

[1] Keerdude mähkimisel on raske neid asetada üksteisest samale kaugusele.



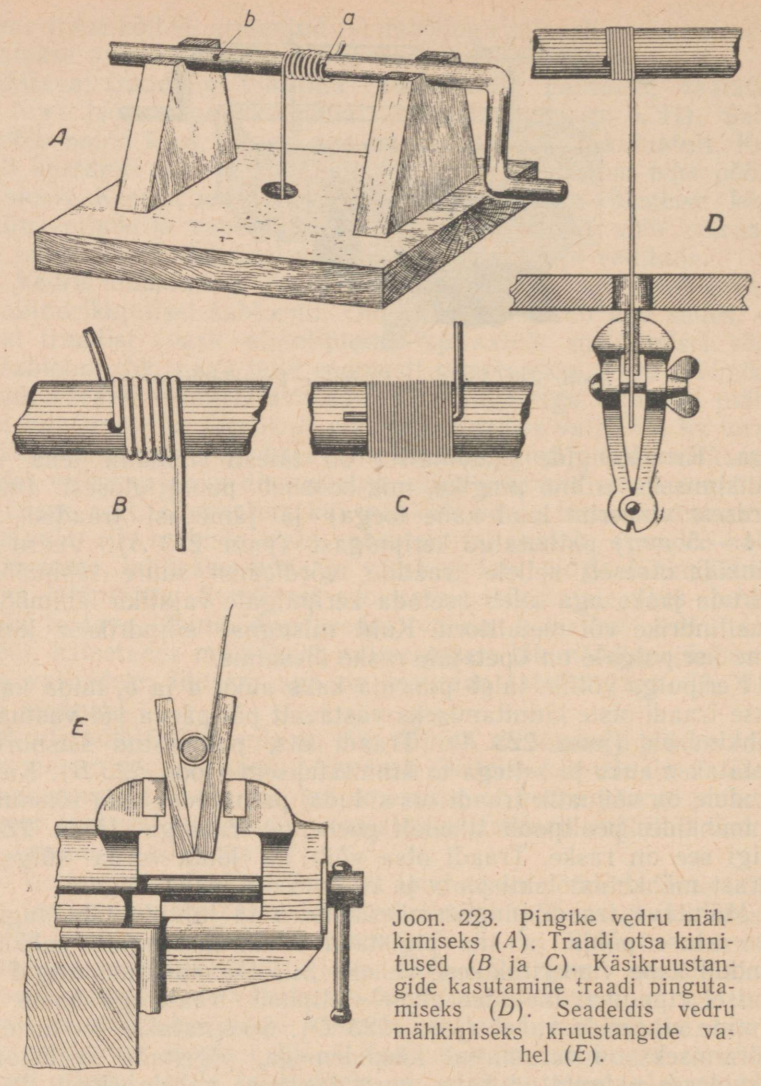
Joon. 222. Vedru mähkimine kruustangide abil.

sega. Kruustangide puudumisel on täiesti võimalik teha vedru mähkimiseks eriline pingike, mis koosneb puust alusest (mitmekordsest vineerist laud kahe toega) ja jämedast traadist ($d = 4 - 5$ *mm*) painutatud keripulgast (joon. 223 *A*). Vedru võib mähkida otseselt sellele traadile, võrdlemisi suure läbimõõduga vedrude jaoks aga tuleb asetada keripulgale vajaliku läbimõõduga puusilindrike või metalltoru. Kuid niisuguse silindrikese kinnitamine keripulgale on õpetajale raske ülesanne.

Keripulga võllile tuleb puurida kaks auku *a* ja *b*, mida kasutatakse traadi otste kinnitamiseks vastavalt päripäeva või vastupäeva mähkimisele (joon. 223 *A*). Traadi ots, painutatud täisnurkselt, asetatakse auku ja sellega ta kinnitataksegi (joon. 223 *B*). Kui auk puudub, on võimalik traadi ots siduda, painutades teda täisnurkselt ja mähkides pealtpoolt tihedalt peenema traadiga (joon. 223 *C*), kuigi see on raske. Traadi otsa võib ka joota varda külge, see pärast mähkimist lahti joota ja rikutud ots maha lõigata.

Mähitava traadi pingutamiseks tuleb ta juhtida läbi augu või prao aluse põhja ja siis pigistada käsikruustangide pakkidesse pandud kahe vineeritükikese vahele. Siis jäävad kruustangid mähkimisel rippuma, toetudes alusele altpoolt, traati aga hoiab hõõrdumine vineeride vahel (joon. 223 *D*). Soovitatakse ka torni, mis pööramiseks on varustatud käepidemega, pigistada kruustangide pakkidesse paigutatud kahe puust lauakese vahele (joon. 223 *E*). Siis pole vaja pealemähitavat traati pingutada. Lõpuks on võimalik mähkida ka kahekesi, kusjuures üks pöörab keripulka, teine aga annab traati kruustangide asemel läbi riidelapi või kokkupandud lauakeste lastes sellele vajalikku pingsust.

Kinnitanud traadi otsa täiesti kindlalt, alatakse mähkimist, pöörates aeglaselt keripulka. Seejuures on väga tähtis, nagu juba osutasime, saavutada traadi küllaldast pingsust, nii et keerud asetuksid väga tihedasti tornile, jäädes seejuures tihedalt üksteise kõrvale. Viimast saavutatakse harilikult automaatselt, sest keripulk ise nihkub vajalikul määral piki oma telge.



Joon. 223. Pingike vedru mähkimiseks (*A*). Traadi otsa kinnitused (*B* ja *C*). Käsikruustangide kasutamine traadi pingutamiseks (*D*). Seadeldis vedru mähkimiseks kruustangide vahel (*E*).

Mähkimisel ei tohi keripulka käest silmapilgukski vabastada, sest muidu ta teeb mitu pööret tagasi ja alustatud mähis läheb lahti.

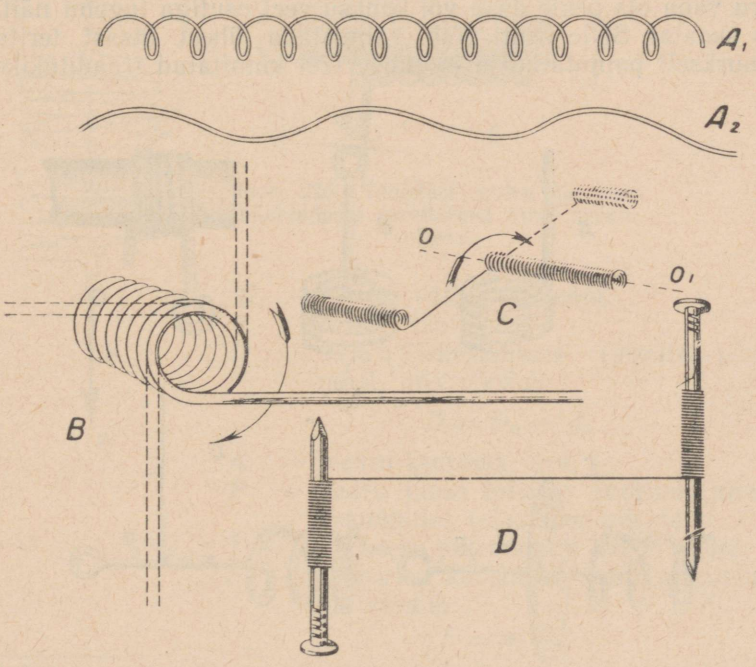
Mähkida võib vastupäeva (vastu kella osuti liikumise suunda) või päripäeva (kella osuti liikumise suunas), mis sõltub keripulga pöördumise suunast. Pikkade spiraalide mähkimiseks kroomniklist ja nikeliinist elektripliitide ja reostaatide jaoks, tuleb kasutada samu abivahendeid, painutades keripulga pikkusega 40—50 *cm* raudtraadist. Samal viisil mähitakse ka vedrusid, mida kasutatakse veorihmadena kooli kinoaparaatides (joon. 205 *D*).

Järgnevas 11. jaos esitatud andmed võimaldavad õpetajale vedru arvutamist, lähtudes koormuse (jõu) ja venituse suuruse etteantud piirväärtustest, ja lahendada traadi ja vedru vajalike läbimõõtude, keerdude arvu ja torni läbimõõdu küsimus vastava tabeli põhjal (jagu 11, III).

IV Vedru keeru sammu muutmine. Vedru mähitakse harilikult nii, et tema keerud asetseksid tihedasti üksteise kõrvale, mispärast tuleb teda pärast valmistamist mõnikord välja venitada. Selleks võetakse vedru otstest kas otse kätega, või kui ta on elastne, lapiktangide või käsikruustangidega kinni ja venitatakse, ületades elastsuse piiri esialgu võrdlemisi vähe. Alles veendudes, et vedru pärast oma vabanemist pikenes liiga vähe, korratakse operatsiooni, venitades teda tugevamalt kuni vajaliku pikkuseni. Vedru venitamisel mitte tervikuna, vaid osade kaupa, mida mõnikord praktiseeritakse, on raske saada ühesuguseid keerdudevahelisi kaugusi.

V Spiraalide ja vedrude sirgestamine. Kooli tingimustes tekib mõnikord vajadus sirgestada spiraali või vedru, selleks et kasutada temast saadud sirget traati. Samuti tuleb toimida vedru otste töötlemisel.

Laialt levinud võte, mis seisab vedru väljavenitamises, on täiesti väär (vt. § 15, 4) (joon. 224 A_1 ja A_2). Kui sel viisil õnnestubki vedru sirgeks tõmmata, siis ainult peenikest traati kõige pehmematest



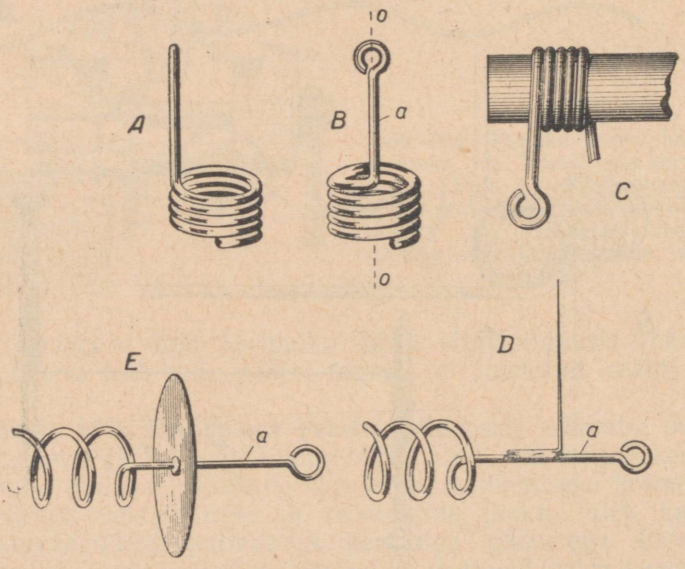
Joon. 224. Spiraali lahtikerimise võtteid.

metallidest, nagu vask ja alumiinium, kusjuures traat pärast «lainete» õgvendamist jääb ikkagi pikisuunas väänatuks. Elastsemaid metalle ja jämedamat traati ei saa sirgestada väljavenitamise teel. Õige võtte puhul pööratakse spiraali otsa nii, et toimub kerimisele vastupidine operatsioon (joon. 224 *B*). Kui on vaja lahti kerida mitte otsa juurest, vaid kustki spiraali keskelt, siis üks pooltest keritakse lahti, pannes teda pöörduma oma pikitelje oo_1 ümber (joon. 224 *C*). Samuti võib kummagi poole panna pulgale, hoida neid käes ja tõmmata laiali (joon. 224 *D*), lastes spiraali pooltel pöörelda pulkadel nagu telgedel.

VI Vedru otste töötlemine ja osutite valmistamine. Kõige sagedamini antakse vedru otstele aasade või konksude kuju, kas ülesriputamiseks või seostamiseks teiste riistadega. Surve jaoks ettenähtud vedrudel lõigatakse liigsed otsad lõiketangidega ära.

Ülesriputamiseks või seostamiseks antakse vedru otstele ümar- või lapiktangide abil (joon. 213 ja 214) kuju, mis on näidatud joonisel 225 *A*, või mis on õigem, tehakse paine, et sirged otsad *a* asuksid vedru telgjoonel oo_1 (joon. 225 *B*, jagu 7). Vedrudel, mida kasutatakse piduritena või liikumapaneva jõuallikana, töödeldakse üks ots aasaks puukruvi või poldi pea kinnihoidmiseks (joon. 225 *C*).

Vedrudel, mida kasutatakse absoluutseteks (dünamomeeter) või suhtelisteks mõõtmisteks (Arhimedese ämbrike), varustatakse vedru vaba ots peale aasa või konksu veel osutiga lugemi näitamiseks skaalal. Selle osuti võib valmistada ühest otsast teritatud, täisnurkselt painutatud ja jootmise teel kinnitatud traaditükikesest



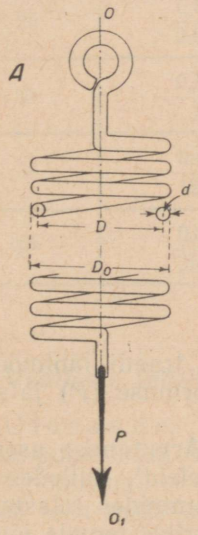
Joon. 225. Vedru otste töötlemine (*A*—*C*).

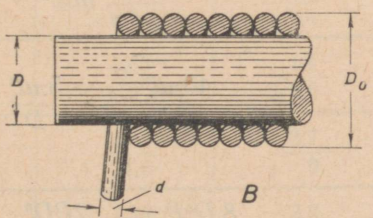
(§ 12, 4), nagu on näidatud joonisel 225 *D*. Kuna vedru venitamisel tema vaba ots pöördub pikitelje ümber, siis järelikult ühes temaga hakkab pöörlema ka näitaja, lähenedes skaalale või eemaldudes sellest, siis kasutatakse mõnikord ketasnäitajaid. Ketasnäitaja koosneb plekk-kettast, mis on asetatud vedru otsa (enne aasa painutamist) ja joodetud tema külge (joon. 225 *E*).

11. Ümmarguse ristlõikega traadist silindervedrude arvutamine.

I Põhivalemid vedru arvutamiseks. Joonisel 226 *A* näidatud vedru, mis on valmistatud terastraadist mähkimise teel silindrilisele tornile (joon. 226 *B*), nimetatakse silindervedruks. Niisugune vedru, kui talle mõjub telgjoonel oo_1 jõud *P*, pikeneb või lüheneb sõltuvalt jõu *P* suunast. Pikenemine või lühenemine toimub kauguste muutumise arvel üksikute keerdude vahel. Ei ole raske taibata, et keerde moodustavat traati väänatakse. Selles on kerge veenduda katse teel, pöörates paberiribast spiraali ja venitades või ümberpöördult — lühendades teda. Siis saab selgeks, et ribakest väänatakse seda enam, mida suurem on vedru pikenemine. Põhideformatsiooniks[1] silindervedru töötamisel on seega vääne.

Võtame tarvitusele järgmised tähistused (joon. 226 *A*):





Joon. 226. Tähistusi vedru ja tema mähkimiseks tarvitatava torni arvutamiseks.

D_0 — vedru väline läbimõõt;
d — traadi läbimõõt;
D — vedru «keskmine» (arvutus-) läbimõõt, mis võrdub

$$D = D_0 - d;$$

n — vedru keerdude arv;
P — vedru jaoks lubatav koormus kilogrammides (elastsuse piirides);
f — ühe keeru pikenemine jõu P mõjul;
F — n keerust koosneva vedru pikenemine, mis võrdub

$$F = nf.$$

[1] Traadi venimine on niivõrd väike võrreldes väände deformatsiooniga, et teda pole vaja arvutustel arvestada.

Siis, nagu näitab teooria, on arvutamise valemiteks:

$$P = \frac{\pi d^3 R^2_{(v)}}{8D}$$

ja

$$f = \frac{8D^3P}{d^4G},$$

kus $R_{(v)}$ on lubatav pinge väändel ja G nihkemoodul.

Võttes terastraadi jaoks, mida nimetatakse vedru- või klaveritraadiks (mark ПК),

$$R_{(v)} = 40\ \frac{kG}{mm^2}$$

ja

$$G = 7500\ \frac{kG}{mm^2},$$

saame seosed:

$$P = \frac{40\pi d^3}{8D} = \frac{5\pi d^3}{D}$$

ja

$$f = \frac{8D^3P}{7500d^4} = \frac{2PD^3}{1875d^4},$$

mida kasutatakse arvutamiseks.

Need valemid võimaldavad arvutada antud traadi läbimõõdu (d) ja vedru läbimõõdu (D) puhul lubatava koormuse (P) ja seejuures saadava pikenemise (f) (alljaotus IV).

II Vedru andmete määramine tabeli järgi. Arvutamise asemel valemite järgi võib kasutada allpooltoodud tabeleid[1], milledes on näidatud suurused: P — lubatav koormus kilogrammides (elastsuse piirides) ja f — ühe keeru pikenemine millimeetrites temale jõu P mõjumisel traadi (margiga ПК) mitmesuguste läbimõõtude (d) (mm) ja vedru läbimõõdu D_0 (mm) jaoks.

Üks tabelitest võimaldab leida otsitavad suurused võrdlemisi jämedate traatide jaoks läbimõõduga 1; 1,5; 2 ja 2,5 mm, teine — läbimõõtude jaoks 0,1—0,9 mm.

[1] Üks tabel (traatide jaoks $d = 1 - 2{,}5$ mm) on võetud raamatust «Справочник металлиста» m. I, 7. trükk, 1937., lk. 668—669, teise on koostanud A. G. Dubov (ИМО АПН).

Tabel XIII

Vedru väline läbimõõt D_0 (*mm*)	Traadi läbimõõt d (*mm*)			
	1	1,5	2	2,5
	$\frac{P}{f}$ = lubatav koormus (*kG*) / vedru ühe keeru pikenemine (*mm*) jõu P mõjul			
10	1,570 / 1,36	6,200 / 0,8	15,2 / 0,35	32 / 0,38
12	1,400 / 2,02	5,00 / 1,22	12,2 / 0,85	25 / 0,6
15	1,100 / 3,3	39,9 / 2,05	9,5 / 1,4	19 / 1,05
20	0,830 / 6	2,8 / 3,8	6,8 / 2,7	14 / 2,1
25	0,630 / 9,6	2,25 / 6,2	5,3 / 4,4	10 / 3,5
30	0,540 / 14	1,85 / 9	4,4 / 6,6	8,5 / 5
35	0,460 / 19,5	1,55 / 11,6	3,7 / 9	7,5 / 7
40	0,400 / 25,5	1,35 / 16,5	3,2 / 12	6,5 / 9,5

Vaatleme tabeli kasutamise näidet.

Ülesanne. Tarvis on arvutada dünamomeetri vedru, koormise puhul kuni 1 *kG*. Missuguse läbimõõduga traati ПК tuleb võtta, missugune läbimõõt D tuleb anda vedrule, mitmest keerust tuleb teda mähkida, et saada pikenemist[1] mitte alla 10 *cm* jõu puhul 1 *kG*?

[1] Vedru pikenemise suurus tehakse kindlaks õpetaja poolt enne arvutamist, lähtudes dünamomeetri otstarbest. Nii näiteks võimaldaks niisugune dünamomeeter ehitada skaala, mille iga jaotise minimaalne väärtus võrduks $100 : 50 = 20$ *G*, mis vastaks jaotise suurusele 2 *mm* (jaotisi, mis on väiksemad kui 2 *mm*, on esiteks raske ja teiseks ka mõttetu peale kanda vigade tõttu, mis tekivad parallaksist). Kui õpetaja vajab lugemeid kuni 10 *G* jõu $P_{max} = 1$ *kG* puhul, siis tuleb võtta pikenemine, mis on vähemalt 2 korda suurem, s. o. 20 *cm*.

Traadist ПК silindervedrud.

Tabel XIV

Vedru väline läbimõõt D_0 (*mm*)	Traadi läbimõõt d (*mm*)								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	$\frac{P}{f}$ = lubatav koormus (*kG*) / vedru ühe keeru pikenemine (*mm*) jõu P mõjul								
4	0,004 / 2,53	0,035 / 1,26	0,14 / 0,77	0,28 / 0,53	0,57 / 0,42	0,99 / 0,32	1,62 / 0,26		
5		0,003 / 2,12	0,09 / 1,25	0,22 / 0,89	0,43 / 0,68	0,77 / 0,54	1,22 / 0,43	1,92 / 0,37	
6			0,074 / 1,73	0,17 / 1,30	0,35 / 1,00	0,63 / 0,82	1,02 / 0,67	1,55 / 0,57	2,24 / 0,49
8				0,13 / 2,41	0,28 / 1,84	0,42 / 1,39	0,74 / 1,28	1,11 / 1,08	1,61 / 0,79
10					0,21 / 3,02	0,36 / 2,47	0,58 / 2,08	0,87 / 1,77	1,26 / 1,55
12						0,32 / 3,72	0,47 / 3,00	0,72 / 2,63	1,03 / 2,30
15						0,25 / 6,08	0,37 / 4,77	0,57 / 4,22	0,81 / 3,69
18									0,67 / 5,43

L a h e n d u s. Oletame, et õpetajal on olemas traati jämedusega ainult 1 *mm* ja 1,5 *mm*. Siis leiame tabelist, et suurima saamiseks võimalikest pikenemistest, elastsuse piiri ületamata, võib võtta:

esiteks $d' = 1$ *mm*; $D'_0 = 15$ *mm* pikenemise $f' = 3{,}3$ *mm* ($P = 1{,}1$ *kG*) puhul;

teiseks $d'' = 1{,}5$ *mm*, $D''_0 = 40$ *mm* pikenemise $f'' = 16{,}5$ *mm* ($P = 1{,}35$ *kG*) puhul.

Ülesanne on traadi läbimõõdu ja vedru läbimõõdu valiku kohta seega lahendatud.

Jääb veel selgitada vajalike keerdude arv (n), nii et vastavalt ülesandele jõu $P = 1$ *kG* puhul pikenemine ei oleks alla $F = 100$ *mm*. Arvutame pikenemised Hook'i seaduse põhjal 1 *kG*-se jõu kohta.

Vedrude jaoks saame:

$$\text{esiteks } f' = \frac{3{,}3 \cdot 1}{1{,}1} = 3 \text{ mm};$$

$$\text{teiseks } f'' = \frac{16{,}5 \cdot 1}{1{,}35} = 12{,}2 \text{ mm}.$$

Siit määrame otsitavad keerdude arvud:

$$n' = \frac{F}{f'} = \frac{100}{3} \approx 34 \text{ keerdu};$$

$$n'' = \frac{F}{f''} = \frac{100}{12{,}2} \approx 8 \text{ keerdu}.$$

Seega leidsime kaks lahendust dünamomeetri jaoks, millel koormusele 1 *kG* vastab pikenemine mitte alla 10 *cm*:

$$d' = 1 \text{ mm}; \; D'_0 = 15 \text{ mm}; \; n' = 34 \text{ keerdu};$$
$$d'' = 1{,}5 \text{ mm}; \; D''_0 = 40 \text{ mm}; \; n'' = 8 \text{ keerdu}.$$

On ilmne, et on võimalikud veel ülesande teised lahendused 1 *mm*-se ja 1,5 *mm*-se traadi jaoks, kuid nad oleksid materjali ärakasutamise mõttes vähem ratsionaalsed.

Kui õpetaja kasutada on peenemad traadid kui 1 *mm*, siis tal tuleb pöörduda teise tabeli poole ja määrata vedru andmed eespool kirjeldatud viisil.

III Tornid silindervedrude kerimiseks. Selgitame nüüd küsimuse, millise läbimõõduga tuleb valida torn, et temale keritud terastraat (ПК) moodustaks vajaliku läbimõõduga, arvutuse järgi nõutava vedru. Niisugused andmed on empiirilised, s. o. selgitatud katsete põhjal; nad on toodud alljärgnevas tabelis.

Tornid silindervedrude kerimiseks traadist ПК.

Tabel XV

d	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,5	2	2,5
D_0	Torni läbimõõt D (*mm*)									
4	3,2	3,1	2,8	2,5	2,3					
5	4,0	4,0	3,8	3,5	3,2	2,7				
6		5,0	4,8	4,5	4,2	3,6	2,9			
8			6,7	6,4	6,1	5,5	4,8			
10				8,7	8,1	7,7	6,7	5,5		
12					10,0	9,3	8,5	7,3	5,1	4,8
15					12,8	12,1	11,7	10,2	9,0	7,6
18							14,3	13,1	11,9	10,4
20							16,2	15,0	13,8	12,2
22								16,9	15,6	14,1
25								19,7	18,5	17,0
30									23,5	22,9
35									28,7	26,9

N ä i d e. Selgitada tornide läbimõõtude suurus, mida on vaja kahe vedru kerimiseks; ühte traadist $d' = 1$ *mm* läbimõõduga $D'_0 = 15$ *mm* ja teist traadist $d'' = 1{,}5$ *mm* läbimõõduga 40 *mm* (vt. ülesanne II alljaotuses).

L a h e n d u s. Tabelist näeme, et esimese vedru jaoks ($d' = 1$ *mm* ja $D'_0 = 15$ *mm*) tuleb võtta torn läbimõõduga 11,4 *mm*. Teise vedru jaoks tabelis andmeid ei ole sel põhjusel, et tehnikas harilikult ei kasutata niisuguste andmetega vedrut. Torni läbimõõdu valiku küsimus tuleb õpetajal lahendada sel juhul katseliselt, proovides näiteks torni, mille läbimõõt on 30 *mm*.

IV Arvutamine valemite järgi. Tabelites toodud andmed on täiesti küllaldased koolis vajalikeks osutuvate vedrude arvutamiseks. Mõningatel juhtudel aga, kui on näiteks terastraati läbimõõduga, mille kohta andmeid tabelites ei ole, tuleb arvutada valemite järgi (alljaotus I ja joon. 226):

$$D = D_0 - d;$$

$$P = \frac{5\pi d^3}{D} \qquad (1)$$

$$f = \frac{2 \cdot P \cdot D^3}{1875 \cdot d^4} \qquad (2)$$

$$F = nf \qquad (3)$$

Olgu õpetajal näiteks terastraati (ПК) jämedusega 0,4 *mm*, kuid andmeid tema jaoks tabelis ei ole. Õpetajal tuleb selgitada, missuguseid dünamomeetreid saab sellest traadist valmistada.

Pöördudes kõigepealt tornide tabeli poole, leiame, et traadist jämedusega 0,4 *mm* on otstarbekohane kerida vedrusid, millede läbimõõt on 4 kuni 8 *mm*. Valemist (1) nähtub, et lubatava koormuse P suurus on pöördvõrdeline vedru läbimõõduga D. Siit ei ole raske järeldada, et läbimõõdu puhul $D'_0 = 8$ *mm* dünamomeeter ühe või n keeruga on väiksema lubatava koormusega kui dünamomeeter sama keerdude arvuga ja vedru läbimõõduga $D_0'' = 4$ *mm*. Valemist (2) nähtub, et esimene dünamomeeter ($d' = 8$ *mm*) hakkab kõigi ülejäänud võrdsete tingimuste puhul andma suuremat pikenemist kui teine ($d'' = 4$ *mm*). Olgu meil metoodilistel või teistel kaalutlustel soov ehitada võimalikult suure lubatava koormusega dünamomeeter. Siis tuleb peatuda vedru diameetril 4 *mm*. Kaalutlused aga, et niisugune dünamomeeter tuleks väiksema tundlikkusega kui samast traadist, kuid vedru suurema läbimõõduga dünamomeeter, ei ole olulised, sest tema tundlikkust saab tõsta mistahes määrani, kerides suurema arvu keerde (vt. valemit 3).

Arvutame valemi (1) järgi lubatava koormuse suuruse meie poolt valitud andmete jaoks:

$$D_0 = 4\ mm \quad \text{ja} \quad d = 0{,}4\ mm;$$

$$D = D_0 - d = 4 - 0{,}4 = 3{,}6\ mm;$$

$$P = \frac{5\pi d^3}{D} = \frac{15{,}7(0{,}4)^3}{3{,}6} = 0{,}279\ kG.$$

Seega on projekteeritud dünamomeeter kõlblik jõudude mõõtmiseks mitte üle 280 G.

Määrame nüüd valemi (2) järgi ühe keeru pikenemise täiskoormusel, s. o. 279 G-l:

$$f = \frac{2PD^3}{1875d^4} = \frac{2 \cdot 0{,}279 \cdot (3{,}6)^3}{1875 \cdot (0{,}4)^4} = \frac{2 \cdot 0{,}279 \cdot 46{,}656}{1875 \cdot 0{,}0256} = 0{,}53\ mm.$$

Leides ühe keeru pikenemise täiskoormusel, ei ole raske määrata vajalike keerdude arvu, juhindudes metoodiliste kaalutlustega. Olgu näiteks niisugune dünamomeeter tarvilik laboratoorses töös jaotise väärtusega 10 G. Arvestades, et jaotise suurus peab olema võetud mitte alla 2 mm, saame, et skaala täispikkus ja järelikult ka vedru vajalik pikenemine peavad olema:

$$F = \frac{279 \cdot 2}{10} = 55{,}8\ mm.$$

Lõpuks leiame, et vedru tuleb kerida keerdude arvuga

$$n = \frac{F}{f} = \frac{55{,}8}{0{,}53} = 105 \text{ keerdu.}$$

Tegelikult tuleb aga kerida suurem arv keerde (3—4 keeru võrra)[1], selleks et katsemõõtmistel nende põhjal reguleerida vedru, vastavalt meie poolt valitud skaalale ja jaotise väärtusele. Selleks tuleb suurendada või vähendada keerdude arvu, võrreldes nende arvutatud hulgaga. Vedru valmistamiseks vajaliku torni läbimõõt leitakse tornide tabelist ja see on 0,8 mm.

Kui metoodilistel kaalutlustel osutuks võimalikuks rahulduda lubatava koormatusega, mis on alla 280 G, siis arvutustega, mis on sarnased eespooltoodutega, saaksime vedru läbimõõdu $D =$ 8 mm jaoks:

$$P = 0{,}13\ kG; \qquad f = 2{,}41\ mm.$$

[1] Tuleb jätta vedru kummalgi äärel otsad, mis on küllaldased vedru kinnitamiseks (joon. 225 B).

Niisuguse vedru keerdude arv skaalale jaotise väärtusega 10 *G* ja selle lineaarmõõdete puhul 2 *mm* oleks arvutuse järgi:

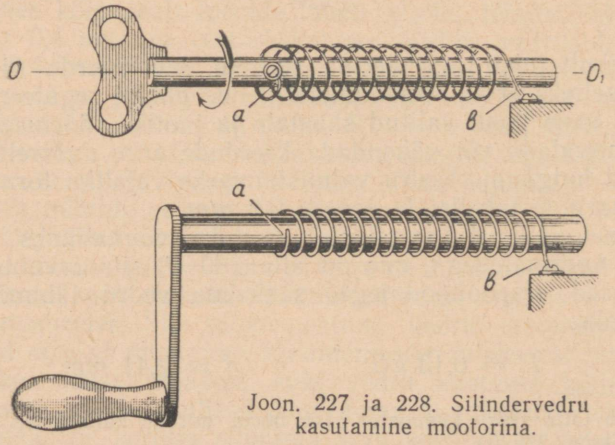
$$n = \frac{130 \cdot 2}{10} = 26 \text{ keerdu.}$$

Mähkimiseks vajaliku torni läbimõõt on tabeli järgi 6,7 *mm*.

12. Vedru mootorina ja pidurina.

Vedrut saab väga lihtsal viisil ära kasutada mootorina võlli pööramiseks. Olgu meil näiteks kahe rattaga võll, mis saab pöörelda telje OO_1 ümber laagrites, mida pole joonistel 227 ja 228 näidatud. Võllile asetatakse spiraalne vedru, mille läbimõõt ületab võlli läbimõõtu $1\frac{1}{2}$—2 korda. Vedru kinnitatakse üht otsa *b* pidi liikumatult mingi välise toe külge, teist — *a* pidi aga võlli külge. Kui nüüd pöörata võlli näiteks vastu kellaosuti liikumise suunda, siis vedru hakkab kokku keerduma ja ühtlasi läbimõõdult vähenema. Käepideme vabastamisel hakkavad võll ja rattad elastse deformatsiooni energia arvel pöörlema kellaosuti liikumise suunas. On ilmne, et mida suurem on vedru keerdude arv, seda suurema arvu pöördeid teeb võll vedru lahtikerimisel.

Võllile asetatud vedru, mis liibub temale teatava hõõrdumisega, võib olla mingile poole tema pöörlemise kitsendajaks (joon. 228). Selleks jäetakse vedru üks ots *a* vabaks, teine ots *b* kinnitatakse liikumatule toele. Siis võlli pööramisel vastu kellaosuti liikumise suunda hakkab temaga kerge hõõrdumisega seostatud vedru kokku keerduma ja tihedamini liibuma võlli külge, mistõttu hõõrdumine hakkab suurenema. Peagi ta saab niivõrd suureks, et võlli pole võimalik pöörata. Teisele poole aga võlli pöörata, s. o. kellaosuti liikumise suunas, saab täiesti vabalt.



Joon. 227 ja 228. Silindervedru kasutamine mootorina.

On ilmne, et vastu kellaosuti liikumise suunda mähitud vedru osutub piduriks pööramisele vastu kellaosuti liikumise suunda. Kellaosuti liikumise suunas mähitud vedru aga hakkab takistama pööramist samas suunas.

§ 15. ELEKTRIMONTAAŽ.

1. Tööde otstarve.

Suurimat huvi füüsika õpetamisel, nagu näitab koolitöö praktika, äratab õpetus elektrivoolust. See huvi ei piirdu ainult vastavate küsimuste küllusega, millega pöördutakse õpetaja poole ning populaarteaduslike raamatute ja ajakirjade lugemisega, vaid harilikult tuleb eredalt esile katselistes töödes elektrivooluga, mida õpilased teevad omal algatusel kodus. Harilikult ehitavad õpilased galvaani elemente, seavad sisse patareide abil elektrivalgustust, mähivad elektromagneteid, ehitavad elektrimootorite mudeleid, valmistavad raadiovastuvõtjaid jm. Kui aga kodus on olemas elektrivalgustus, siis kasutatakse katseteks sageli ka seda voolu. Õpetaja asi on ära kasutada seda õpilaste sihiteadlikkust pedagoogilistel eesmärkidel, organiseerida seda harmooniliseks süsteemiks, pidades silmas nii füüsika-alaste teadmiste süvendamist ja laiendamist kui ka mõnede kõige tähtsamate võtete õpetamist elektrimontaaži alalt. Ei ole juhuslik, et koolides on kõige enam levinud ringid, kus õpilised tutvuvad valgustusvõrgu ja mitmesuguste riistade elektrimontaažiga. Niisugused ringid tekivad harilikult õpilaste endi algatusel ja soodustavad seepärast metoodiliselt õigel korraldamisel peale tegelikult tähtsate oskuste omandamise ka füüsikaliste nähtuste süvendatud tundmaõppimist.

Oskus ühendada elektrijuhtmeid, neid kindlalt isoleerida, ühendada valgustusseadme armatuuri (lambipesa, lüliti, kahvel, pendlikarp) juhtmetega ning järelikult teostada elektrivalgustuse pisiremonti — on tähtsamaid polütehnilist laadi oskusi, mis on suure tegeliku tähtsusega. Niisugustel oskustel on peale isikulise tähtsuse iga õpilase jaoks veel ühiskondlik tähtsus, kui õpilased eriti maakohtades, seavad üles raadiovastuvõtjaid, remondivad jõukohaselt elektrivalgustust, elektrifitseerivad näärikuuski jm. mitte ainult oma kodus, vaid ka naabritel ja ühiskondliku tähtsusega kohtades. Peale kasutamise igapäevases elus on elektrimontaaži-alased oskused tähtsad kõigile õpilastele nende elektrialastel töödel kooli laboratooriumis. Eriti tähtsad on nad aga kooli «laborantidele», kes valmistavad ette katseid tundideks ja kes elektrifitseerivad ka füüsikakabinetti.

Elektrimontaaži-alaste lihtsaimate oskuste õpetamine on meie arvates üks füüsikaõpetaja ülesandeid seitsmeaastases koolis nii linnas kui ka maal ja eriti elektrofitseeritud maakoolis. Kui niisugune nõue on tähtis juba õpilaste suhtes, siis sellest järeldub, et õpetajal endal kui laste kasvatajal on elektrimontaaži lihtsaimate

oskuste omandamine täiesti tarvilik. Elektrimontaaži tuleb õpetada, täites vastavaid tehnilisi reegleid ja võtteid, või vastasel korral üldse mitte asuda õpetama. Ei tohi minutikski unustada, et **elekter on hirmus jõud, mis võib põhjustada tema oskamatul või hooletul käsitsemisel mitte ainult riistade hävimist, vaid ka tulekahju tekkimist ja halvemal juhul inimese vigastamist või surma.** Kui õpetaja pöördub erikirjanduse poole (§ 6, 1) ja harjutab juhtmete tükkidega, siis ei ole sugugi raske ega võta palju aega omandada tarvilikke montaaživõtteid, seda enam, et tööd vajavad vaid kõige lihtsamaid tööriistu, nagu nuga, kruvikeeraja, lapiktangid, lõiketangid või käärid.

Juhime tähelepanu sellele, et elektrimontaaži õige teostamise nõuet ei saa piirata ainult elektrivalgustuse sisseseadega (120 *V* ja 220 *V*); ka madalpingeliste riistade iga elektrimontaaž peab toimuma samuti rangelt reeglite järgi. Sellega lõpevad voolu katkemised vooluringis halbade kontaktide tõttu ja viiakse miinimumini lühiühenduste võimalus vooluringis, mis rikuvad vooluallikaid ja vastuvõtjaid. Igasuguse elektrimontaaži hoolikas ja tehniliselt õige teostamine on õpetaja «laboratoorse kultuuri» näitaja.

Käesolevas paragrahvis esitatakse tähtsaimad andmed elektrijuhtmete kohta; elektrimontaaži-alastest töödest vaadeldakse peamiselt neid, mis on vajalikud füüsikakabineti tingimustes omavalmistatud katseriistade ehitamisel ja seadmete koostamisel demonstratsioonilaual.

2. Materjalid.

I Elektrijuhtmete konstruktsiooni tähistused OCT — 7885 järgi. Füüsikaõpetajad kasutavad suuremalt osalt juhtmete ehituse tähistamiseks ebaõiget terminoloogiat.

Kõige õigem ja elektrotehnikas vastuvõetud (OCT — 7885) on juhtmete mitmesuguse konstruktsiooni tähistamiseks järgmine terminoloogia:

S o o n — üks või mitu omavahel kokkukeerutatud kiudu, mida kasutatakse elektrivoolu juhiks.

J u h e — paljas või isoleeritud ühe- või mitmekiuline soon, mida kasutatakse elektrienergia edasiandmiseks ja jaotamiseks ning mis ei ole kaetud raske metallist või kummist kaitsekattega.

N ö ö r j u h e — süsteem kahest või mitmest ühendatud kokkukeerutatud isoleeritud painduvast soonest (joon. 230).

K a a b e l — süsteem ühest või mitmest isoleeritud soonest, mis on suletud metallist või kummist kaitsekattesse (joon. 230).

II Elektrijuhtmete ristlõiked. Juhtmed, mida kasutatakse elektri valgustusvoolu jaotamiseks, on kas paljasjuhtmed välisinstallatsiooniks või isoleeritud juhtmed siseinstallatsiooniks. Juhe võib koosneda või olla punutud kokku mitmest traadist. Nii paljas- kui ka isoleeritud juhtmed ristlõikepindalaga 16 mm^2 valmistatakse harilikult ühesoonelistena, ristlõikepindalaga üle 16 mm^2 mitmesoonelistena.

Läbimõõduga 0,05 kuni 5,00 *mm* vasktraadi jämedus, ristlõikepindala, kaal ja takistus 15° C juures.

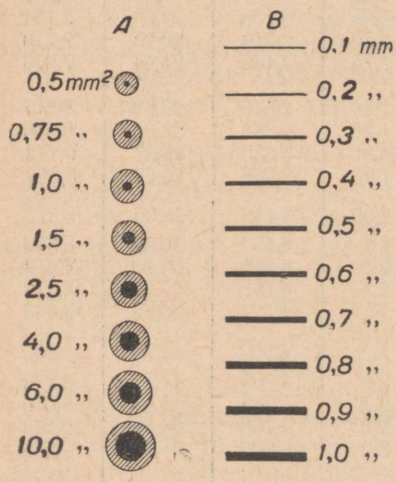
Tabel XVI

Traadi läbimõõt (*mm*)	Ristlõikepindala (mm^2)	1 *km* kaal (*kG*)	1 *km* takistus (oomi)	Traadi läbimõõt (*mm*)	Ristlõikepindala (mm^2)	1 *km* kaal (*kG*)	1 *km* takistus (oomi)
0,05	0,00196	0,0175	8913	0,90	0,6362	5,670	27,51
0,06	0,00283	0,0252	6189	0,92	0,6648	5,925	26,33
0,07	0,00385	0,0343	4547	0,94	0,6940	6,185	25,22
0,08	0,00503	0,0448	3482				
0,09	0,00636	0,0567	2751	0,95	0,7088	6,317	24,69
				0,96	0,7238	6,451	24,18
0,10	0,00785	0,0700	2228	0,98	0,7543	6,723	23,20
0,12	0,0113	0,1008	1547,3				
0,14	0,0154	0,1372	1136,8	1,00	0,7854	7,000	22,28
				1,05	0,8659	7,717	20,210
0,15	0,0177	0,1575	990,3	1,10	0,9503	8,470	18,415
0,16	0,0201	0,1792	870,4	1,15	1,0387	9,257	16,848
0,18	0,0254	0,2268	687,7				
				1,20	1,1310	10,080	15,475
0,20	0,0314	0,2800	557,0	1,25	1,2272	10,937	14,260
0,22	0,0380	0,3388	460,4	1,30	1,3273	11,830	13,185
0,24	0,0452	0,4032	386,8	1,35	1,4314	12,757	12,226
0,25	0,0491	0,4375	356,5	1,40	1,5394	13,720	11,368
0,26	0,0531	0,4732	329,6	1,45	1,6513	14,717	10,598
0,28	0,0616	0,5488	284,2	1,50	1,7671	15,750	9,903
				1,55	1,8869	16,817	9,275
0,30	0,0707	0,6300	247,6				
0,32	0,0804	0,7168	217,6	1,60	2,0106	17,92	8,704
0,34	0,0908	0,8092	192,75	1,65	2,138	19,06	8,184
				1,70	2,270	20,23	7,710
0,35	0,0962	0,8575	181,89	1,75	2,405	21,44	7,276
0,36	0,1018	0,9072	171,92				
0,38	0,1134	1,0108	154,31	1,80	2,545	22,68	6,877
				1,85	2,688	23,96	6,510
0,40	0,1257	1,1200	139,26	1,90	2,835	25,27	6,172
0,42	0,1385	1,2348	126,32	1,95	2,986	26,62	5,860
0,44	0,1521	1,3552	115,10				
				2,00	3,142	28,00	5,570
0,45	0,1590	1,4175	110,04	2,1	3,464	30,87	5,053
0,46	0,1662	1,4812	105,30	2,2	3,801	33,88	4,604
0,48	0,1810	1,6128	96,71	2,3	4,155	37,08	4,212
				2,4	4,524	40,32	3,868
0,50	0,1963	1,7500	89,13				
0,52	0,2124	1,893	82,40	2,5	4,909	43,75	3,565
0,54	0,2290	2,041	76,41	2,6	5,309	47,32	3,296
				2,7	5,726	51,03	3,056
0,55	0,2376	2,118	73,66	2,8	6,158	54,88	2,842
0,56	0,2463	2,195	71,05	2,9	6,605	58,87	2,649
0,58	0,2642	2,355	66,24				
				3,0	7,069	63,0	2,476
0,60	0,2827	2,520	61,89	3,1	7,548	67,27	2,319
0,62	0,3019	2,691	57,96	3,2	8,042	71,68	2,176
0,64	0,3217	2,867	54,40	3,3	8,553	76,23	2,046
				3,4	9,079	80,92	1,9275

Tabel XVI (järg)

Traadi läbimõõt (*mm*)	Ristlõikepindala (*mm²*)	1 *km* kaal (*kG*)	1 *km* takistus (oomi)	Traadi läbimõõt (*mm*)	Ristlõikepindala (*mm²*)	1 *km* kaal (*kG*)	1 *km* takistus (oomi)
0,65	0,3318	2,957	52,74	3,5	9,621	85,75	1,8189
0,66	0,3421	3,049	51,15	3,6	10,179	90,72	1,7192
0,68	0,3632	3,237	48,19	3,7	10,752	95,83	1,6276
				3,8	11,341	101,08	1,5431
0,70	0,3848	3.430	45,47	3,9	11,946	106,47	1,4649
0,72	0,4072	3,629	42,98				
0,74	0,4301	3,833	40,69	4,0	12,566	112,00	1,3926
				4,1	13,203	117,67	1,3254
0,75	0,4418	3,937	39,61	4,2	13,854	123,48	1,2632
0,76	0,4536	4,043	38,58	4,3	14,522	129,43	1,2051
0,78	0,4778	4,259	36,62	4,4	15,205	135,52	1,1510
0,80	0,5027	4,480	34,82	4,5	15,904	141,75	1,1004
0,82	0,5281	4,707	33,14	4,6	16,619	148,12	1,0530
0,84	0,5542	4,939	31,58	4,7	17,349	154,63	1,0089
				4,8	18,096	161,28	0,9671
0,85	0,5675	5,057	30,84	4,9	18,857	168,07	0,9280
0,86	0,5809	5,177	30,13	5,0	19,635	175,00	0,8913
0,88	0,6082	5,421	28,77				

Valgustuse otstarveteks valmistatakse isoleeritud juhtmeid järgmiste ristlõikepindaladega *mm²*-tes:



Joon. 229. Elektrivalgustuse sisseseadmiseks kasutatavate isoleeritud juhtmete ristlõiked (*A*) ja mähkimisjuhtmete jämedus, mõlemad loomulikus suuruses (*B*).

0,75	2,5	16	70
1,0	4	25	95
1,5	6	35	120
	10	50	150

Joonisel 229 *A* on näidatud loomulikus suuruses ühesooneliste juhtmete ristlõikepindalad 0,5 kuni 10 *mm²*. Viirutatud osa vastab juhtme isolatsioonile. Niisugune tabel võib kasulik olla orienteerimiseks olemasolevate juhtmete ristlõikepindalades.

Andmed mitmest traadist kokkupunutud paljasjuhtmete kohta on toodud alljärgnevas tabelis. Isoleeritud juhtmetel ristlõikepindalaga üle 16 *mm²* on mitmekiuline vasest soon, mis on samasuguse ehitusega nagu paljasjuhtmeilgi.

III Madala ja kõrge isolatsiooniga juhtmete margid. Isolatsiooni astme järgi eritletakse madala ja kõrge isolatsiooniga juhtmeid. Kõrge isolatsiooniga juhtmeid kasutatakse ruumide sees valgustusvoolu (120 *V* ja 220 *V*) sisseseadmiseks. Niisugustele juhtmetele on iseloomulik paksust vulkaniseeritud kautšuki kihist isolatsioon, mis kaitseks harilikult on kaetud puuvillast punutisega (joon. 230). Madala isolatsiooniga juhtmeid kasutatakse peamiselt elektromagnetite ja transformaatorite poolide ning elektrimootorite ankrute igat liiki mähisteks. Neid valmistatakse harilikult vasest ühesoonelistena ja kaetakse isolatsiooniks ühe või kahe puuvillaniidi- (-kedruse) kihiga või emaillakiga.

Niisuguste juhtmete markideks on:

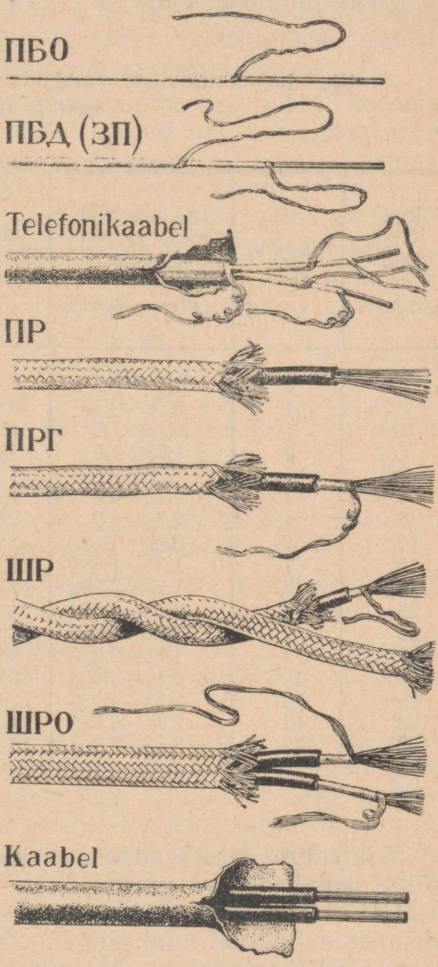
ПБО — ühekihilise puuvillast isolatsiooniga juhe niidi ühe kihiga.

ПБД — kahekihilise puuvillast isolatsiooniga juhe kahe kihiga.

ПЭ — emailisolatsiooniga juhe.

Neid juhtmeid, erinevalt valgustusjuhtmetest, on hakatud iseloomustama mitte ristlõikepindala suurusega, vaid jämedusega, s. o. läbimõõdu suurusega. Niisuguseid juhtmeid valmistatakse jämedusega alates umbes 0,05 *mm* kuni mitme millimeetrini. Joonisel 229 *B* on näidatud loomulikus suuruses nende juhtmete (vask-) jämedus alates 0,1 *mm* kuni 1 *mm*, mis osutub vahel kasulikuks, selleks et selgitada olemasolevate juhtmete jämedust «silma järgi» ilma mõõtmiseta.

Kõige tarvilikum on koolis juhe ПБД jämedusega 0,3; 0,5 ja 0,8 *mm*. Üldiselt on olemas suur hulk eri liiki madala isolatsiooniga juhtmeid, mis erinevad ehituselt,



Joon. 230. Madala ja kõrge isolatsiooniga mitmesuguste juhtmete ehitus.

kiudude arvult soones ja isolatsiooni astmelt (plastmass, siid jt.). Andmeid juhtmete kohta, mida kasutatakse kooli tingimustes, on toodud ainult eri juhtudel vastavate riistade kirjeldamisel, kus mingi erijuhtmete tarvitamine on vajalik. Siin aga mainime veel väga kasulikku telefonikaablit, mis koosneb tinakestast, millesse on asetatud kaks puuvillaniidi-isolatsiooniga kaetud soont (joon. 230). Õpetaja peab samuti teadma marki 3П, mis vastab elektrikõlisti juhtmele; see koosneb ühekiulisest, kõige sagedamini vask-, vahel aga vasetatud raudsoonest ($d = 0{,}8$ *mm*) ja on kaetud kahekihilise puuvillaniidist parafiiniga immutatud mähisega.

Alljärgnevas tabelis on toodud andmed mitmesuguse jämedusega vaskjuhtmete kohta.

Ühe- ja mitmekiuliste vaskjuhtmete ristlõikepindala, jämedus, kaal ja takistus.

Tabel XVII

Ristlõikepindala (mm^2)	Kiudude arv	Iga kiu läbimõõt ja ristlõikepindala (mm — mm^2)	Väline läbimõõt (mm)	Elekt. takistus **1 *km* kohta 15°C** juures (oomi)	1000 *m* ligikaudne kaal (kG)	100 kG ligikaudne pikkus (m)
0,5	1	0,8 —0,5	0,8	34,8	4,48	22 326
0,75	1	0,98—0,75	0,98	22,2	6,72	14 399
1,0	1	1,13—1,0	1,13	17,4	8,94	11 212
1,5	1	1,38—1,5	1,38	11,6	13,3	7 464
2,5	1	1,78—2,5	1,78	6,97	22,2	4 487
4	1	2,25—4,0	2,25	4,35	35,4	2 826
6	1	2,76—6,0	2,76	2,9	53,3	2 308
10	1	3,56—10,0	3,56	1,74	88,7	1 123
10	7	1,35—1,431	5,05	1,75	89,2	1 123
16	7	1,71—2,296	5,15	1,09	142,7	700
25	7	2,13—3,563	6,40	0,697	223,0	448
35	7	2,52—4,988	7,55	0,498	312,2	321
50	19	1,83—2,630	9,15	0,348	446,0	224
70	19	2,17—3,698	10,90	0,249	624,4	160
95	19	2,52—4,988	12,60	0,183	847,4	118
120	19	2,84—6,355	14,20	0,145	1070,4	93
150	19	3,17—7,892	15,90	0,116	1338,0	75

Valgustuse sisseseadmiseks kasutatakse järgmiste markidega kõrge isolatsiooniga juhtmeid:

ПР — kummist isolatsiooniga juhe, mida kasutatakse installatsiooniks rullikestel kuni pingeni 220 *V* (joon. 230). Teda valmistatakse ristlõikepindalaga 0,5 mm^2 kuni 16 mm^2. Juhe ПР koosneb sagedamini ühest, vahel aga ka mitmest omavahel kokku keerutatud peenikesest tinutatud kiust, mis on kaetud vulkaniseeritud kaut-

šukist kestaga, mille peal on puuvillast punutis. Punutis on immutatud isoleeriva koostisega.

ПРГ — (painduv) on sama, mis ПР, kuid soon koosneb suuremast hulgast peenikestest kiududest, selleks et anda juhtmele suuremat painduvust.

АР — (armatuur-juhe) on kasutatav valgustusarmatuuride juhtmetena. Isoleeritud on samuti nagu ПР. Valmistatakse ainult ristlõikepindalaga 0,75 mm^2.

ШР — (kummist isolatsiooniga nöörjuhe) koosneb kahest soonest, mis on isoleeritud vulkaniseeritud kautšukiga ja kaetud punutisega (joon. 230). Sooned koosnevad vaskkiududest, millede arv, sõltuvalt ristlõikepindalast, on 24 kuni 84. Valmistatakse ristlõikepindalaga $2 \times 0{,}75$ mm^2 kuni 2×6 mm^2 [1]. Kasutatakse elektrivalgustuse sisseseadmiseks rullikestel kuivades ruumides.

ПРД — (kahesooneline kummi-isolatsiooniga juhe) koosneb kahest soonest; ehituse ja isolatsiooni poolest on ta sarnane nöörjuhtmega ШР (joon. 230). Tema sooned koosnevad aga väiksemast arvust kiududest kui nöörjuhe (kuni ristlõikepindalani 1,5 mm^2 — 7 kiudu, üle 1,5 mm^2 — 19 kiudu), mistõttu on vähem painduv kui ШР.

ШРО — (ühises punutises) on sarnane ШР-ga, kuid selle vahega, et sooned on asetatud ühte ühisesse punutisse (joon. 230). Valmistatakse ristlõikepindalaga 0,75, 1 ja 1,5 mm^2, kasutatakse elektripliitide, triikraudade, laualampide jms. jaoks.

ШРП — (pendelnöör) koosneb kahest painduvast soonest, mis on isoleeritud samuti nagu ШР ning paigutatud koos kandenööriga ühisesse läikniidist sukkpunutisse. ШРП kasutatakse plokiga lampide jaoks. Tema ristlõikepindala on $2 \times 0{,}75$ mm^2.

Kasulikuks osutub tinakaabel, mis koosneb kahest vulkaniseeritud kautšukiga isoleeritud vasksoonest (joon. 230). Seda ei asetata elektrivalgustuse sisseseadmisel isoleerrullidele.

Juhtmeid ПР ja ШР on saada elektritarvete kauplustes, juhtmeid ПБ ja ПЭ aga raadioärides.

IV Lubatav koormus ja sulamisvool. Elektrivalgustuse siseinstalleerimisel kasutatakse isoleeritud juhtmete lubatava koormuse määramiseks tabelit XVIII.

Antud koormuse (voolu tugevuse) jaoks tarvilik juhtme ristlõikepindala määratakse selle tabeli järgi. Nii näiteks kui vajatakse, et juhe kannataks välja voolu tugevusega kuni 22 *A* mitte kuumenedes üle tehniliste reeglitega ettenähtud normi, siis selle juhtme ristlõikepindala tuleb võtta mitte väiksemana kui 2,5 mm^2. Juhtmete valikul kaarleegi ja teiste võrdlemisi võimsate seadmete jaoks demonstratsioonilaual tuleb samuti juhinduda selles tabelis toodud andmetest.

---

[1] Esimene number (2) tähendab soonte arvu, teine — ühe soone ristlõikepindala.

Kestvalt lubatud koormus normaalse kummiisolatsiooniga vaskjuhtmetele, mis kannatavad voolukandvate soonte soojenemist kuni 30°-ni ümbritseva keskkonna temperatuuri puhul +25°C.

Tabel XVIII

Voolu juhtiva soone ristlõikepindala (mm^2)	Isoleeritud tugedele lahtiselt asetatud juhtmete ШР, ПР ja ПРГ koormus (A)	Voolu juhtiva soone ristlõikepindala (mm^2)	Isoleeritud tugedele lahtiselt asetatud juhtmete ШР, ПР ja ПРГ koormus (A)
0,5	10	6	46
0,75	13	10	68
1,0	15	16	92
1,5	20	25	123
2,5	27	35	152
4,0	36	50	192

Juhtmete sulamiseks vajaliku voolu tugevuse leidmiseks (selleks võib tekkida vajadus näiteks mõnedel demonstratsioonidel), võib kasutada alljärgnevat tabelit.

Mitmesuguste juhtmete sulamisvool.

Tabel XIX

Sulamisvool (A)	Juhtmete läbimõõt (mm)				
	Vask	Alumiinium	Nikeliin	Raud	Seatina
1	0,053	0,066	0,084	0,118	0,210
2	0,086	0,104	0,135	0,189	0,325
3	0,203	0,137	0,177	0,245	0,425
5	0,157	0,193	0,25	0,345	0,60
7	0,203	0,250	0,32	0,45	0,78
10	0,250	0,305	0,39	0,55	0,95
15	0,32	0,40	0,52	0,72	1,25
20	0,39	0,485	0,62	0,87	1,52
25	0,46	0,56	0,73	1,0	1,75
30	0,52	0,64	0,81	1,15	1,98

V Nikeliin ja kroomnikkel. Takistuskastide ja takistuspoolide mähkimiseks kasutatakse kõige sagedamini konstantaani, mis on saanud niisuguse nimetuse (konstantne) sellepärast, et tema takistuse termiline koefitsient on suhteliselt kõige väiksem (Vt. F. E., k. III § **14**, 1). Niisuguste mähiste jaoks kasutatakse ka uushõbedat ja manganiini. Nikeliini kasutatakse reostaatide mähkimiseks, milleks vabrikutoodetes tarvitatakse ka manganiini. Punaselt hõõgumist need sulandid ei talu, hävivad kiiresti oksüdeerumisest ja põlevad läbi, mistõttu neid ei tule kasutada elektripliitides. Mitmesuguse ristlõikepindalaga nikeliini müüakse raadiotarvete kauplustes.

Kroomnikkel on ette nähtud eriliselt takistus-elektriahjude ja sealhulgas elektripliitide jaoks, sest ta talub väga kaua (mitusada tundi) hävinemata kollaselt ja seda enam punaselt hõõgumise temperatuuri. On müügil majandustarvete kauplustes nimetusega spiraalid (peenemad) elektripliitide ja (jämedamad) elektriahjude jaoks. Samaks otstarbeks on ka fekraal, mis lubab kasutada madalamat hõõgumistemperatuuri.

Nendest sulanditest valmistatud traadil on tunduv elastsus, seepärast tuleb reostaatide spiraale mähkida samade võtetega (kuid väiksema jõukulutusega) nagu terastraadist spiraalegi (§ **14**, 2, VI ja § **14**, 10, III).

Alljärgnevas tabelis on toodud andmed antud sulandite keemilisest koostisest. Teistes tabelites on esitatud andmed traatide kohta, mis lihtsustavad reostaatide arvutamist.

Suure eritakistusega sulandite keemiline koostis ja põhiandmed.

Tabel XX

Sulandi nimetus ja mark	Keemiline koostis %						Eritakistus 20°C juures $\left(\frac{oom \cdot mm^2}{m}\right)$	Maksimaalne töötemperatuur (°C)
	nikkel	tsink	mangaan	raud	kroom	vask		
Konstantaan K—60—40	40		1,2			58,8	0,44—0,50	500
Uushõbe H_3—65—15—20	15	20				65	0,26—0,35	15 —200
Manganiin M_H 85—3—12	3	—	12	—	—	85	0,42—0,5	100
Nikeliin							0,40—0,45	150—200
Kroomnikkel H_x—67,5—15—16—1,5	67,5	—	1,5	16	15	—	1,0 —1,1	1000
Fekraal[1]			1	79	14	1	1,1 —1,3	900—950

Nikeliintraadi läbimõõdu valik (reostaatidele) sõltuvalt koormusest.

Tabel XXI

Läbimõõt (*mm*)	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Vool (*A*)	2	3	4	4,5	6	7	10	12	13	15	18	20

[1] Fekraali koostisse kuulub peale nimetatud metallide veel 5% alumiiniumi.

Nikeliintraadi jämedus, ristlõikepindala, kaal ja takistus $\left(\text{erikaal } 8{,}8\ \frac{G}{cm^3}\text{, eritakistus } 0{,}4\ \frac{oom \cdot mm^2}{m}\right)$.

Tabel XXII

Läbimõõt (*mm*)	Ristlõikepindala (mm^2)	1 m takistus (*oomi*)	100 *m* kaal (*G*)	1 *kG* pikkus (*m*)	1 *kG* traadi takistus (*oomi*)
0,20	0,0314	12,7	27,6	3 620	45 900
0,30	0,0707	5,66	63,2	1 610	9 100
0,40	0,126	3,18	111,0	901	2 780
0,50	0,196	2,04	173	578	1 180
0,60	0,238	1,37	249	402	551
0,70	0,380	1,04	339	295	307
0,80	0,503	0,795	443	226	180
0,90	0,636	0,629	560	179	113
1,00	0,785	0,510	691	145	74

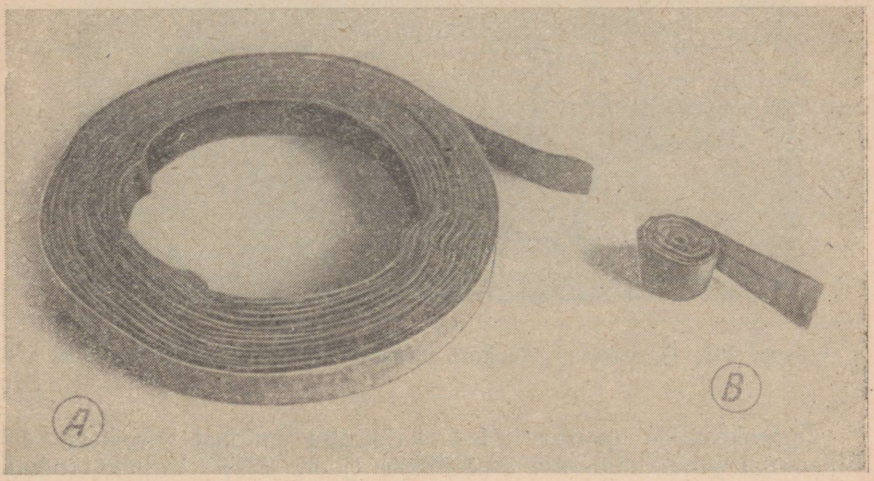
Kroomnikkeltraadi jämedus, ristlõikepindala, kaal ja takistus $\left(\text{erikaal } 8{,}2\ \frac{G}{cm^3}\text{, eritakistus } 1{,}08\ \frac{oom \cdot mm^2}{m}\right)$.

Tabel XXIII

Läbimõõt (*mm*)	Ristlõikepindala (mm^2)	1 *m* takistus (*oomi*)	1 *km* kaal (*kG*)	1 *kG* takistus (*oomi*)
0,20	0,3142	34,4	0,258	134 000
0,30	0,0707	15,3	0,580	26 400
0,40	0,1257	8,58	1,030	8 330
0,50	0,1963	5,51	1,610	3 420
0,60	0,2827	3,82	2,318	1 650
0,70	0,3848	2,81	3,156	885
0,80	0,5026	2,15	4,122	522
0,90	0,6362	1,70	5,217	326
1,00	0,7854	1,38	6,440	214

VI Isoleerpael. Isoleerpaela on müügil rõngakujuliselt mähituna (joon. 231 *A*); ta on valmistatud puuvillariidest, mis on immutatud isoleeriva ainega, mille koostisse kuulub kautšuk või pigi (asfalt). On olemas kahte sorti paela: musta ja valget; must läheb mustade juhtmete mähkimiseks, valget aga kasutatakse nöörjuhtmete jaoks. Kauasel hoidmisel kuivas kohas isoleerpael kuivab, kaotab kleepuvuse ja muutub tarvitamiskõlbmatuks. Selleks, et väl-

tida kuivamist, tuleb isoleerpaela hoida kahekordse põhjaga plekkkarbis. Ülemine põhi tehakse aukudega ja valatakse tema alla pisut vett. Kuivanud isoleerpaela saab teataval määral taastada, niisutades vajalikku tükikest bensiiniga (kautšukist isolatsioon)



Joon. 231. Isoleerpael.

või tärpentiniga (pigist isolatsioon). Veel parem on tarvitamisel määrida kummeeritud paela kummiliimiga (§ 17, 17). Mõnel juhul kuivanud paela kleepuvus taastub, kui teda ettevaatlikult soojendada.

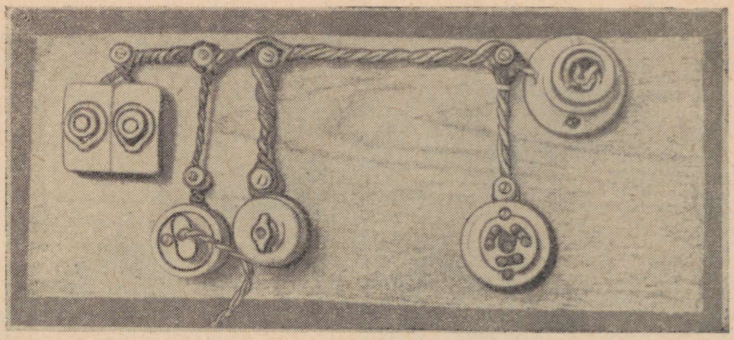
Isoleerpaela lõikamine ei vaja nuga või kääre. Teda on kerge rebida vajalikeks tükkideks, võttes näppude (küünte) vahele ja tingimata suunates seejuures rebiva jõu risti paelaga. Isoleerimisest paela abil vt. allpool 11. jagu.

VII Montaažiarmatuur. Igat liiki armatuuride (pesad, lülitid, pistiku karbid jms.) ja teiste montaažiseadiste (isoleerrullid, piibud, lehtrid jms.) üksikasjaliku ehituse kohta vt. Горячкин, Проводка; üldised andmed nende ehituse kohta on üldtuntud (vt. näiteks füüsika õpik 6. ja 7. klassile. Õpetajal tuleb eriti silmas pidada puidust installatsioonirosette, mis on väga kasulikud igat liiki väikesteks tugedeks (joon. 220 *B*), samuti ka mootorikeste, lambipesade jm. alusteks.

Rosette on olemas mitmesuguses läbimõõdus ja nad maksavad ainult kopikaid.

Suurt kasutamist leiavad katseriistade valmistamisel klemmid ja samuti ka pistikupuksid (joon. 252). Osta saab neid raadiotar-

vete kauplustest. Puukruve vajatakse kahte tüüpi — väikesi koonilise peaga ja pikki (isoleerrullikeste kinnitamiseks) poolümmarguse peaga.



Joon. 232. Õppeskeemi tüüpiline montaaž kooli elektrotehnikaringis.

Õppeskeemide monteerimisel vajatakse puidust kilbikesi või lihtsaimal juhul laua- või sindlitükke (joon. 232). Allpool toodud tabelid on kasulikud igasugustel elektrivalgustuse installeerimise töödel.

Puidust rosetid ja puukruvid valgustusarmatuuride ja riistade kinnitamiseks.

Tabel XXIV

Valgustusarmatuuride ja riistade nimetus	Puidust rosettide läbimõõt (*mm*)	Kruvid puidust rosettide kinnitamiseks					Kruvid valgustusarmatuuride ja riistade kinnitamiseks roseti külge		
		Kruvide läbimõõt (*mm*)	Kruvi pikkus (*mm*)			Kruvide hulk ühe roseti kohta	Kruvide läbimõõt (*mm*)	Kruvi pikkus (*mm*)	Kruvide arv ühe armatuuri kohta
			Krohvimata puit	Krohvitud puit	Tellis või betoon				
Portselanist pendlikarp .	70	4,5	40	50	50	1	4	25	2
Lae- või seinapesa . .	75	4,5	40	50	50	1	3,5	25	2
Lülitid, ümberlülitid, pistikupesad	55	4,5	40	50	50	1	3,5	25	2
Lambi seinaarmatuur . .	110	4,5	50	60	60	2	4	25	3
Plafoon ühele lambile. .	200	4,5	50	60	60	2	4,5	25	3
Plafoon kahele lambile .	360	4,5	50	60	60	2	4,5	25	3

Installatsioonimaterjalide sortiment nöörjuhtmele margiga ШР ja juhtmele margiga ПРД.

Tabel XXV

Juhtmete ristlõikepindala (mm^2)	Portselanist isoleerrullid OCT-4045 järgi	Poolümmarguse peaga kruvid läbimõõduga 3,5—4 *mm* rullidele kinnitamiseks; pikkus (*mm*)			Portselanist lehtrid ГЭТ kataloogi järgi, tüüp	Kummitorud läbimõõduga OCT-376 järgi (*mm*)	Bergmanni torud (puuvillaisolatsiooniga seespool) sisemine läbimõõt (*mm*)	Portselanist puksid OCT-4048 järgi, tüüp
		Krohvimata puidul	Krohvitud puidul	Tellisel või betoonil				
0,75-st kuni 2,5-ni	P—25	34—45	60—70	50	B—16 B—36	9 11	9 11	BB— 9 BB—11
4-st kuni 6-ni	P—32	50—60	70—85	60—70	B—35	13,5	13	BB—13,5

Installatsioonimaterjalide sortiment margiga ПР juhtmetele.

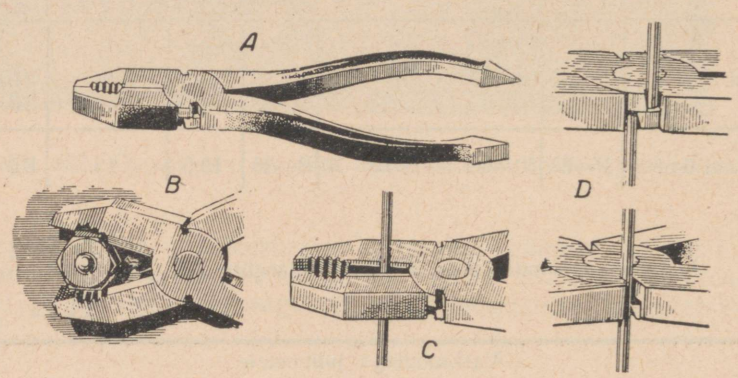
Tabel XXVI

Vaskjuhtmete ristlõikepindala (mm^2)	Kummitorud OCT-376 järgi Siseläbimõõt (*mm*)	Portselanrullikesed OCT-4045 järgi, tüüp	Portselanpuksid OCT-4048 järgi, tüüp	Portselanlehtrid ГЭТ kataloogi järgi, tüüp	Puukruvid OCT-138		Sidumistraat OCT-519 läbimõõt (*mm*)	Kummitorud, OCT-376 järgi, siseläbimõõt (*mm*)
					Läbimõõt (*mm*)	Pikkus (*mm*)		
		Vasksoontega juhtmetele						
1	7	P—25	BB— 9	B— 6	3,5	40	0,7	7
1,5	7	P—25	BB—11	B—10	3,5	40	0,7	7
2,5	7	P—25	BB—11	B—10	3,5	40	0,7	9
4	7	P—25	BB—11	B—10	3,5	40	0,7	9
6	9	P—32	BB—13,5	B—16	4,5	45	1,0	9
10	9	P—32	BB—13,5	B—16	4,5	45	1,0	11
16	11	P—36	BB—16	B—35	6	60	1,0	13,5
25	13,5	P—36	BB—23	B—70	6	60	1,4	16
35	16	P—40	BB—23	B—95	8	70	1,4	16
50	16	P—40	BB—23	B—95	8	70	1,4	18

Märkus. Puukruvide pikkus on antud isoleerrullikeste kinnitamiseks krohvimata puidu külge. Krohvitud puidu puhul tuleb kruvide pikkust krohvi paksuse võrra suurendada.

3. Tööriistad.

Montaažitöödel vajatakse kaht kruvikeerajat: ühte puukruvide (joon. 59 *A*), teist armatuuridel väikeste kruvide keeramiseks (joon. 59 *D*). Isolatsiooni puhastamiseks vajatakse nahanoa või kartonnaažinoa tüüpi nuga (joon. 323) või taskunuga. Juhtmeid lõigatakse lõiketangidega (joon. 206 *A*); painutamiseks ja kokkukeerutamiseks kasutatakse lapiktange (joon. 206 *C*); aasade tegemiseks on tarvilikud ümartangid (joon. 206 *E*). Väga kasulikud on töödel universaaltangid. Selle universaalse tööriista kasutamine ja otstarve on näidatud joonisel 233. Juhtmete jootmiseks on tarvis jootekolbi, jootetina ja kampolit (§ **12**, 2 ja joon. 174, 178 ja 180).



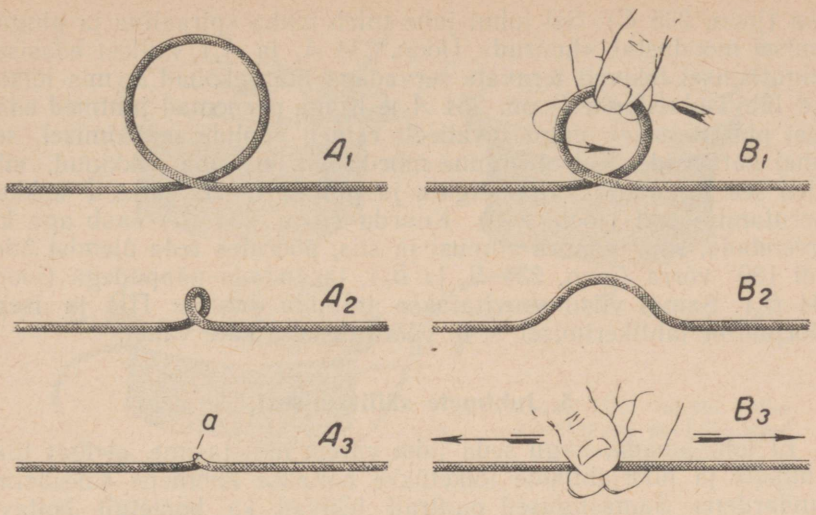
Joon. 233. Universaaltangid (*A*) ja nende kasutamine. (*B* — mutrite lahtikeeramine. *C* ja *D* juhtmete lõikamine.)

Nuga peab olema küllalt terav, kuid mitte sellisel määral, nagu seda vajame paberi lõikamisel. Lõiketange tuleb hoida, mitte lubades nendega lõigata kõva traati, näiteks terastraati või väga jämedat raudtraati, millest lõiketangid kiiresti nürinevad või mis veel halvem, kohati murduvad välja.

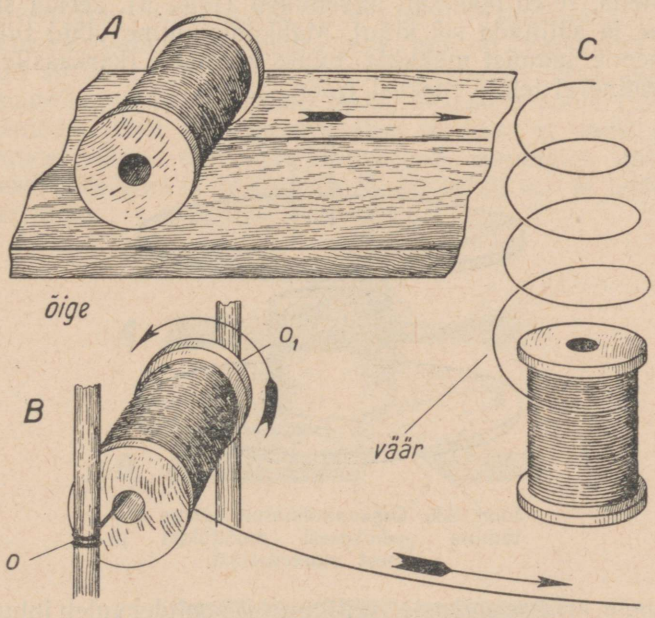
Elektrimontaaži eriliste tööriistade (kivipuur, Bergmanni toru tangid jms.) kohta vt. vajaduse korral raamatust «Проводка».

4. «Kuurud».

Töötamisel mähkimisjuhtmetega, eriti peenikestega ($d < 0{,}5$ *mm*) ei tohi mingil juhul lubada neil «kuurdude» tekkimist (joon. 234 *A*). Nende tekkimise vältimiseks tuleb juhe kerida poolilt maha nii, et pool veereks lauda mööda (joon. 235 *A*) või pöörleks teljel 00_1 (joon. 235 *B*), kuid mitte kasutada harilikku juhtme mahakerimise võtet, kus juhe keritakse üle lauale pandud pooli ühe



Joon. 234. «Kuurd» ja tema kõrvaldamine.



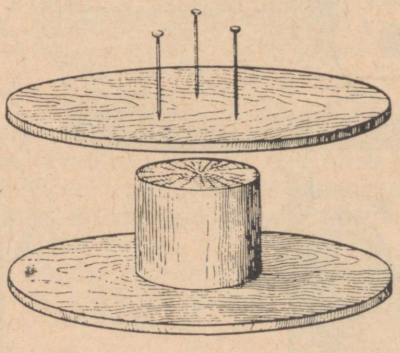
Joon. 235. Juhtme õige ja väär mahakerimine poolilt.

otsa (joon. 235 *C*). Sel juhul juhe tuleb maha spiraalina ja pingutamisel moodustab «kuurud» (joon. 234 A_1 ja A_2), millest edasisel pingutamisel tekivad teravate servadega murdekohad *a*, mis lõikavad läbi isolatsiooni (joon. 234 A_3). Kõige peenemad juhtmed edasisel pingutamisel, nagu tavaliselt esineb poolide mähkimisel, sel kohal katkevad. Kui niisugune murdekoht on juba tekkinud, siis tuleb see tingimata välja lõigata ja juhtme otsad jätkata kokkukeerutamise teel (joon. 249). Kuurdu (joon. 234 A_1) saab aga ka õgvendada, suurendades silmust ja siis, pöörates teda ülemist äärt pidi 180° võrra (joon. 234 B_1 ja B_2), tasandada näppudega (joon. 234 B_3). Samal viisil soovitatakse toimida juhtme ПР ja isegi nöörjuhtme lahtikerimisel, s. o. pöörates kera käte vahel.

5. Juhtmete säilitamisest.

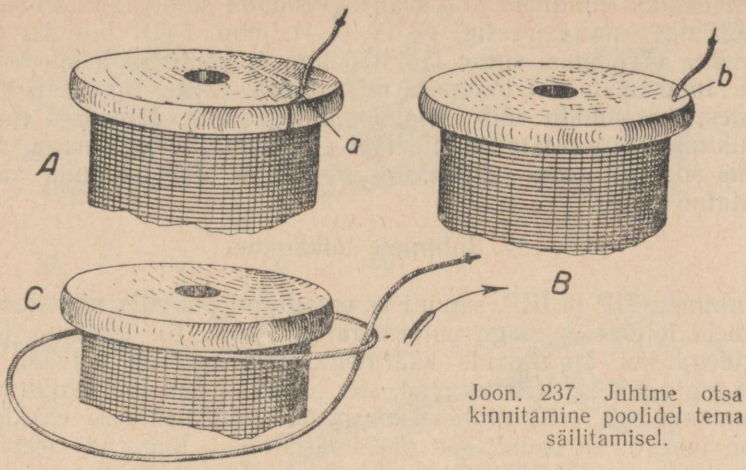
Ei tohi lubada, nagu seda juba varem nimetasime, et igat liiki juhtmete ja nöörjuhtmete lõiketükke hoitakse kabinetis sassiaetud pundardena. Samasugused puntrad tekivad ka hooletult hoitava mähkimisjuhtme keradest. «Kaotanud» juhtme otsa, tõmbavad õpilased sageli osa juhet kõrvalt välja, lõikavad sellest tarviliku pikkusega tükke, rikkudes ülejäänud juhtme ja ajades ta sassi.

Juhtme ja nöörjuhtme kõik tükid, mida õpetaja saab vahel mitte uutena, tuleb hoolikalt õgvendada (jagu 6), kerida siis kätel vihtidesse ja säilitada sel kujul. Mähkimisjuhtme vihid tuleb kohe pärast nende saamist mähkida puust värtnale (karkassile), mille valmistamine ei tekita raskusi (joon. 236).



Joon. 236. Omavalmistatud värtna ehitamine peenikesest pakutükist ja kahest vineerkettast.

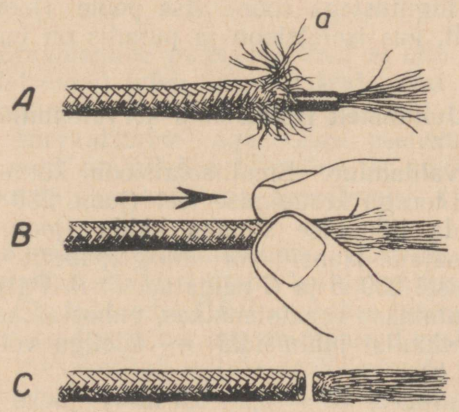
Juhtmete, eriti peenikeste, säilitamisel poolidel tuleb juhtme vaba ots kinnitada, pistes selle pooli äärele tehtud lõhesse või praosse *a* (joon. 237 *A*). Jämedate juhtmete puhul ($d > 0{,}3$ *mm*) on kindlam pista juhtme ots pooli äärele tehtud auku (joon. 237 *B*) või kinnitada silmusena (joon. 237 *C*).



Joon. 237. Juhtme otsa kinnitamine poolidel tema säilitamisel.

6. Juhtmete õgvendamine.

Nöörjuhtme õgvendamiseks, kui tal on tekkinud kõverdused ja silmused, tuleb ta lahti harutada üksikuteks soonteks ja igaühte neist õgvendada, mille järel nad uuesti palmitsetakse nööriks. Õgvendamine toimub käe liigutustega, mis on riidelapiga tihedasti haaranud soone, ja seejuures tingimata keskelt otsa poole, sest muidu puuvillapunutis *a* nihkub otsast keskkoha poole (joon. 238). Pikka jämedat juhet ПР õgvendatakse sel teel, et teda põrandal kaks inimest kätega tugevasti pingutavad, tõmmates mitu korda tema keskkohta üles ja lastes siis käest lahti, nii et tekiks vastu põrandat plõks.



Joon. 238. Nöörjuhtme soone otsa mahalõikamine.

Peenemaid juhtmeid ПР saab õgvendada sama lahtitõmbamise võttega nagu paljastraatigi (§ 14, 5, II, joon. 212). Silinder tuleb aga võtta võrdlemisi suure läbimõõduga ja võimalikult sileda pinnaga. Juhe tuleb läbi tõmmata mitu korda, mitte tugevasti peale surudes, sest muidu võib isolatsiooni vigastada. Jämedaid mähkimisjuhtmeid õgvendatakse riidelapi abil sama võttega nagu nöörjuhtme soonigi, peeni juhtmeid — tõmmates läbi näppude vahele pigistatud paberi.

7. Juhtmete lõikamine.

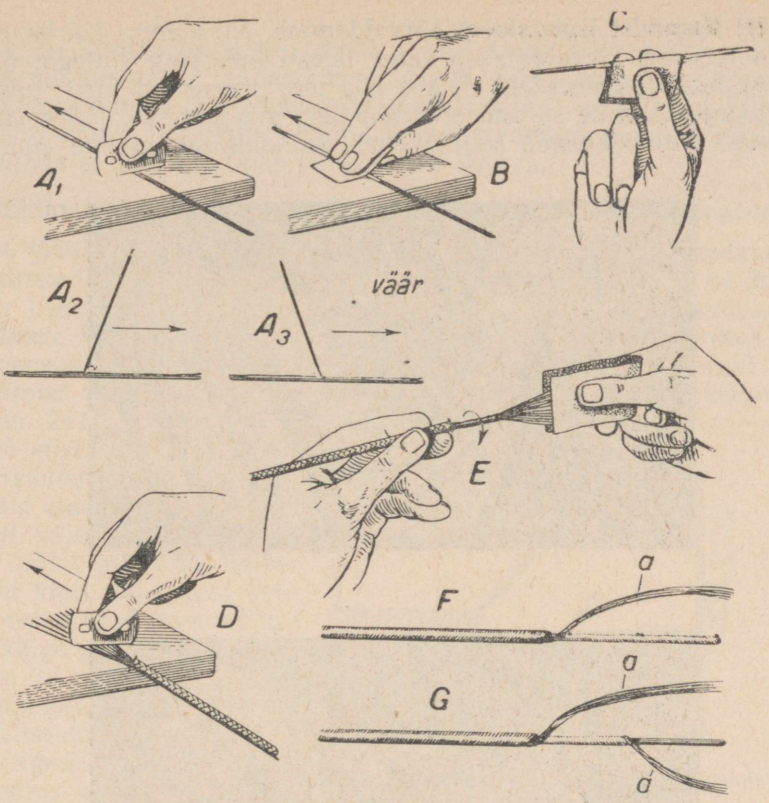
Juhtmete ПР ja ШР, samuti ka email- või puuvillaisolatsiooniga juhtmeid lõigatakse nagu paljastraatigi (§ 14, 6) teravate lõiketangidega või harilikkude kääridega, mis aga on halvem. Kui lõiketangid pole küllalt teravad, siis lõikavad nad läbi ainult vase, isolatsiooni aga, eriti niitidest koosneva, ainult osaliselt, ehkki tähtis on just, et ka isolatsioon oleks täiesti läbi lõigatud. Seepärast kui isolatsioon jääb läbi lõikamata, tuleb võtta abiks nuga või käärid, mitte aga püüda katki rebida otsa, sest harilikult põhjustab see mitte niitide katkemist, vaid nende lahtikerimist juhtmetelt ПБ ja punutise rikkumist nöörjuhtmetel.

Kui juhtmete otsad on rikutud nende eelnevatel kasutamistel, siis tuleb rikutud otsad kõrvaldada. Eriti suur tähtsus on sel nöörjuhtmete korral, milledel (isegi uutel juhtmetel nende hooletul hoidmisel) puuvillapunutis nihkub ära ja hargneb üksikuteks niitideks. Korrapäraseks jätkamiseks (kokkukeerutamiseks) aga (joon. 242—246), ja eriti juhtme otste töötlemiseks aasana või pistikuna (joon. 252), on tarvis lahtihargnemata punutist, mis on varem lõigatud ülejäänud juhtme lõikeäärega tasa. Lahtihargnenud punutise kõrvaldamiseks toimitakse nii. Nöörjuhe punutakse pisut lahti ja igal tema soonel nihutatakse paigaltnihkunud punutis *a* näppude kergete korduvate liigutustega soone otsa poole (joon. 238 *B*). Siis lõigatakse kohalt, kus isolatsioon ja punutis on terved (joon. 238 *B* ja *C*).

8. Juhtmetelt isolatsiooni kõrvaldamine.

I Emaili kõrvaldamine. Emailisolatsiooni kõrvaldatakse terava noaga või žileti teraga kraapimise teel (joon. 239 A_1). Tera tuleb seejuures asetada liikumise suunas kaldu (joon. 239 A_2 ja A_3). Samuti võib kasutada klaasi- või smirgelpaberit (§ 8, 2, XII ja § 11, 3, X) joonisel 239 *B* ja *C* näidatud viisil. Paljukiulisi erijuhtmeid, mida kasutatakse raadiotehnikas, puhastatakse isolatsioonist samuti nagu ühekiulisi juhtmeidki — žiletiga või klaasipaberiga (joon. 239 *D* ja *E*).

Peenikeste juhtmete ($d = 0{,}2—0{,}5$ *mm*) jaoks tuleb tarvitada kõige peenemat smirgelpaberit. Tähtis on, et pärast puhastamist oleks email kõrvaldatud juhtme kogu pinnalt, sest muidu kannatab kokkukeerutise juhtivus ja peaasi — muutub raskemaks tema joot-



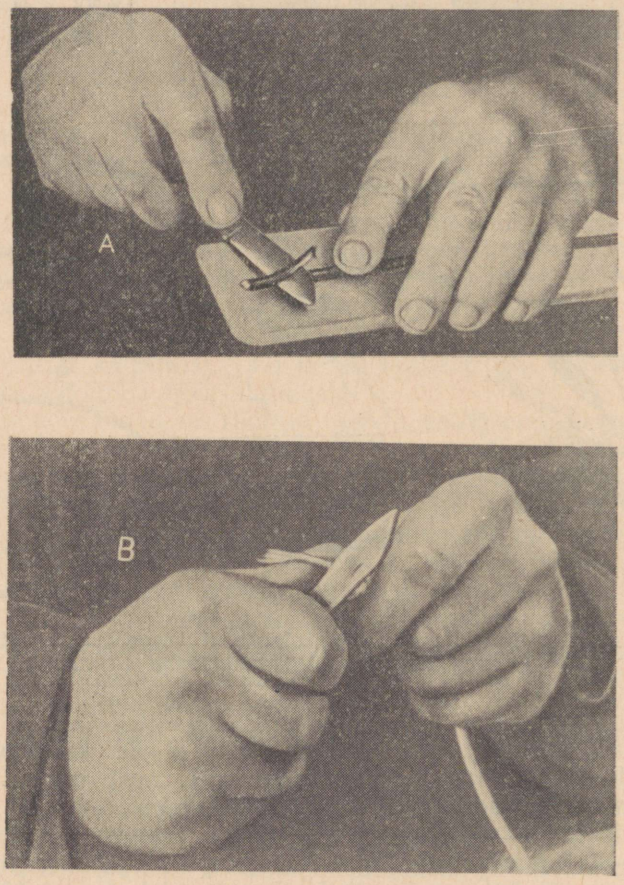
Joon. 239. Mitmesuguseid emailisolatsiooni kõrvaldamise võtteid (*A*—*E*). Puuvillisolatsiooni kõrvaldamine (*F*—*G*).

mine. Emaili kõrvaldamine põletades tulel ei ole soovitav (kuigi pärast põletamist email tuleb kergesti ära), sest põletatud vask kaotab oma elastsuse ja muutub liiga pehmeks.

Isolatsiooni kõrvaldamine aga kõige peenematelt juhtmetelt ($d = 0{,}05$—$0{,}1$ *mm*) on niivõrd keeruline, et kokkukeerutise jootmise asemel soovitatakse kasutada keevitamist (jagu 10, III ja joon. 247).

II Puuvillisolatsiooni kõrvaldamine. Puuvilla niidid *a* tuleb juhtmelt ПБ vajalikul ulatusel maha kerida, mitte aga maha lõigata (joon. 239 *F*). Juhtmetel ПБД keritakse maha esmalt esimene pealmine kiht ja seejärel teine, mis on mähitud vastassuunas (joon. 239 *G*). Enne mahakeritud niitide äralõikamist juhtmetelt ПБД tuleb nad edasise lahtihargnemise vältimiseks siduda sõlme. Tuleb silmas pidada, et mähkimisjuhtmed kaetakse vahel paremaks isoleerimiseks peale niitide ka emailiga. Seepärast tuleb, kerinud maha niidid, kõrvaldada email I alljaotuses kirjeldatud võttega.

III Kummist isolatsiooni kõrvaldamine. Nii kumm- kui ka puuvillisolatsioon kõrvaldatakse vahel täiesti lubamatu võttega, mida on näidatud joonisel 240 *A*, kus noa tera asend on risti juhtme telgjoonega. Noale surumisel lõikub tera siis vasesse, jättes sinna täkkeid, mis põhjustab selles kohas paindumisel juhtme murdu-



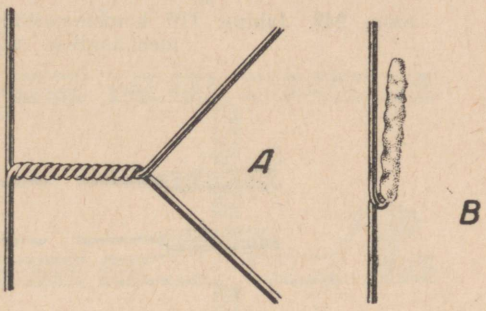
Joon. 240. Kummist isolatsiooni väär ja õige kõrvaldamine.

mist. Paremal juhul on juhe pärast noa liikumist vähendatud läbimõõduga. Selle võtte kasutamisel nöörjuhtmel osa tema kiude lõigatakse sagedasti hoopis ära. Kummist isolatsiooni lõikamisel tuleb nuga asetada nii, et ta tera oleks peaaegu paralleelne juhtme teljega (joon. 240 *B*); seejuures surve noale peab olema niisugune, et läbi lõigataks ainult isolatsioon. Niisuguse võttega nuga nagu hööveldab maha kummi.

Väga oluline on enne juhtme puhastamist isolatsioonist nihutada punutis temal puhastamise kohast vähe kaugemale ja mitte kiskuda punutise otsi lõikamisel narmendama. Juhtmetel ПР on puuvillpunutis harilikult liimitud kokku kummiga ja kuna teda ära nihutada ei saa, siis tuleb punutis ära lõigata.

9. Juhtmete ja nöörjuhtmete jätkamine ja haruühenduste tegemine.

I Mähkimisjuhtmete jätkamine. Enne jätkamist kõrvaldatakse juhtmetelt isolatsioon (jagu 8, I ja II). Joonisel 241 *A* on näidatud väär kokkukeerutus, mida vahel kasutavad õpetajad peenikeste juhtmete ПЭ või ПБД jätkamisel. Niisugune kokkukeerutus on kõigepealt mehhaaniliselt ebatugev ja muudab juhtme pärast isoleerimist paksuks, mis on eriti ebasoovitav poolide mähkimisel (joon. 241 *B*). Kuid teda tuleb siiski kasutada poolide remontimisel, s. o. katkenud traadi ühendamisel pooli välises kihis, selleks et mitte mähkida ümber kogu kihti. Niisugust kokkukeerutamist kasutatakse ka kõige peenemate juhtmete ($d = 0{,}05—0{,}1$ *mm*) jätkamisel, mille järel ots keevitatakse (joon. 247).

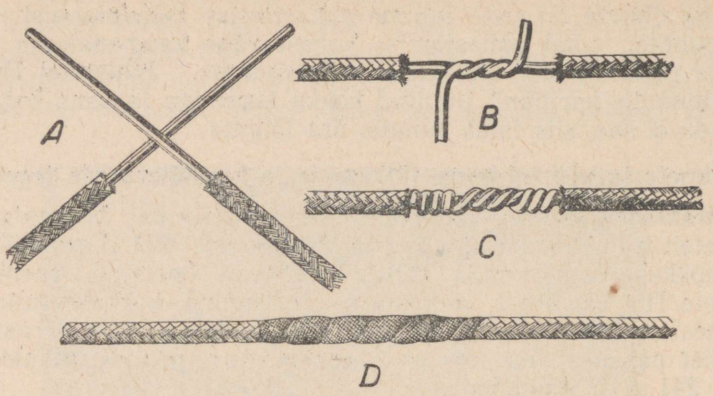


Joon. 241. Juhtmete väär kokkukeerutamine.

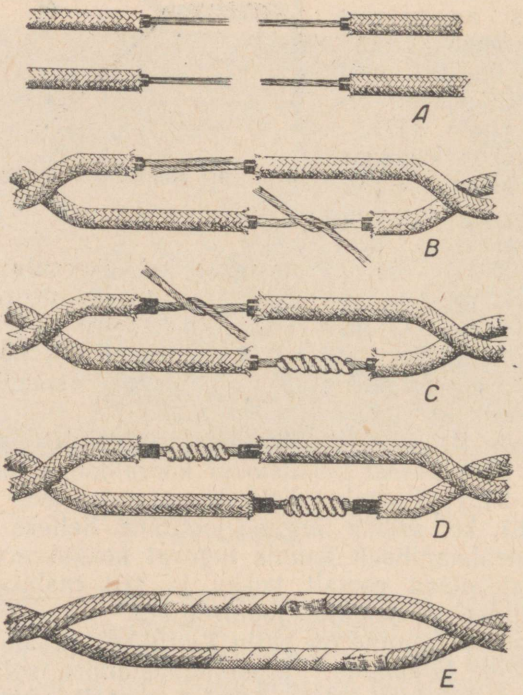
Õigesti tehtud kokkukeerutus on kujutatud joonisel 215 B_1; teda võib lihtsustada, asetades keerud vähem tihedalt, kui kavatsetakse kokkukeerutus joota (joon. 215 B_2). Niisuguse kokkukeerutuse saamiseks on tähtis alatiseks omandada õige võte (joon. 215 *C*, *D* ja *E*), sest muidu tuleb kokkukeerutus kujult ebakorrapärane ja mehhaaniliselt nõrk (joon. 215 *F*). Korrapärase kokkukeerutuse valmistamise «saladust» on üksikasjaliselt käsitletud § **14**, 8.

II Juhtmete ПР ja ШР jätkamine. Ühekiulisi juhtmeid ПР ja ПРГ (joon. 230) pärast isolatsiooni kõrvaldamist otstelt (jagu 8, III ja joon. 240) jätkatakse kokkukeerutamise teel (joon. 215 B_1, B_2) (§ **14**, 8), kui sellele järgneb jootmine. Selleks et saada ilma jootmiseta mehhaaniliselt kaunis tugevat kokkukeerutust, keerutatakse juhtmete otsad esmalt kokku ja siis mähitakse teineteise ümber, nagu see on näidatud joonisel 242.

Nöörjuhtme jätkamine on palju keerukam ülesanne kui ühesooneliste juhtmete jätkamine. Pärast puhastamist isolatsioonist soovitatakse kiud tihedalt kokku keerata esmalt sõrmedega ja siis (otsa pidi) lapiktangidega. Nöörjuhtme jätkamine tema järkjärgulistes staadiumides on näidatud joonisel 243 *A*—*E*. Paljusooneliste juhtmete jätkamisest vt. Горячкин, Проводка

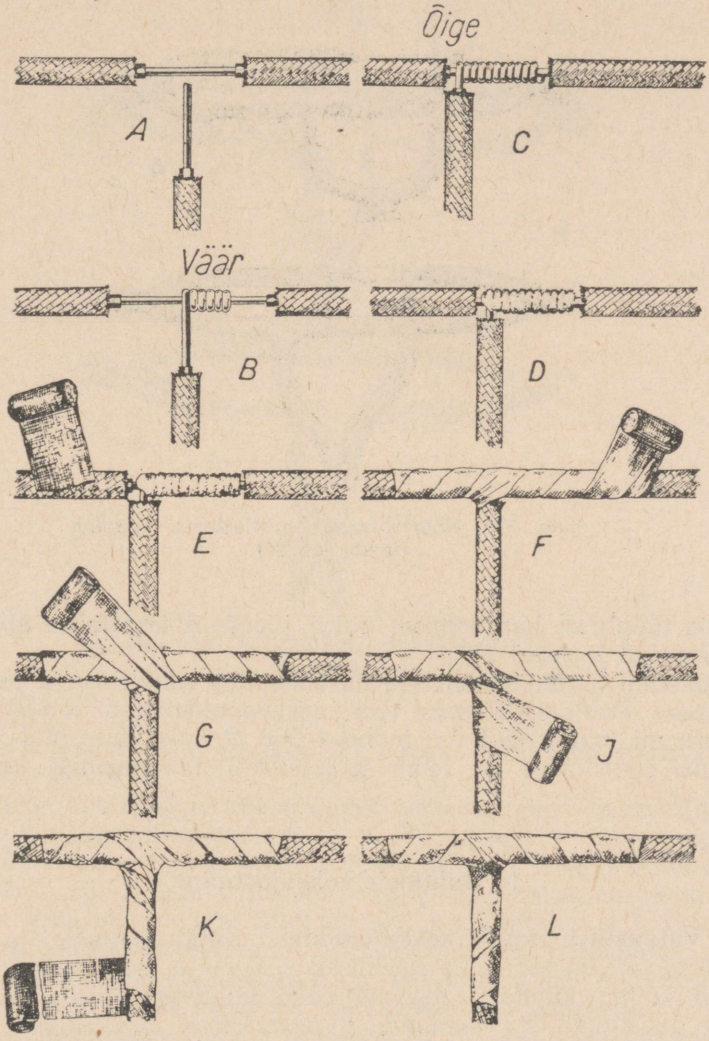


Joon. 242. Juhtme ПР kombineeritud kokkukeerutus, mis annab mehhaanilise tugevuse.

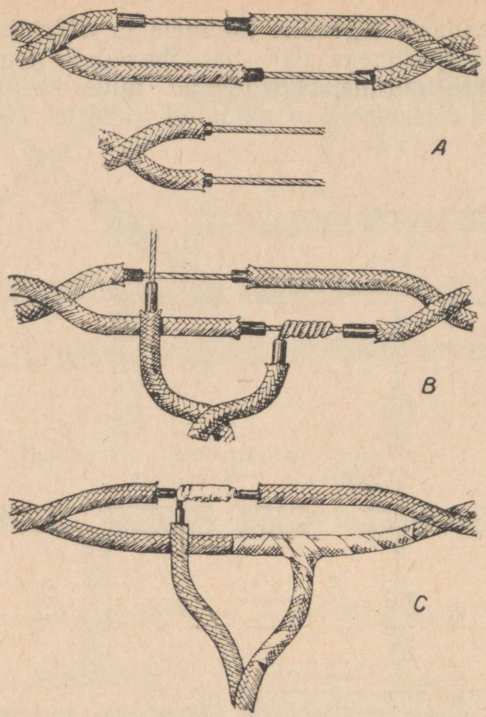


Joon. 243. Nöörjuhtme jätkamine.

III Haruühenduste tegemine juhtmete ja nöörjuhtmetega. Juhtmega ПР ja nöörjuhtmega ШР haruühenduste tegemise võtted, s. o. teise juhtme nurkne ühendamine, mida kasutatakse sageli valgustuse installeerimisel, on näidatud joonistel 244 ja 245. Ühe



Joon. 244. Juhtmega haruühenduse tegemine (*A*—*C*). Haruühenduse isoleerimine (*D*—*L*).



Joon. 245. Nöörjuhtmest paralleelharu võtmine (lambi juurde).

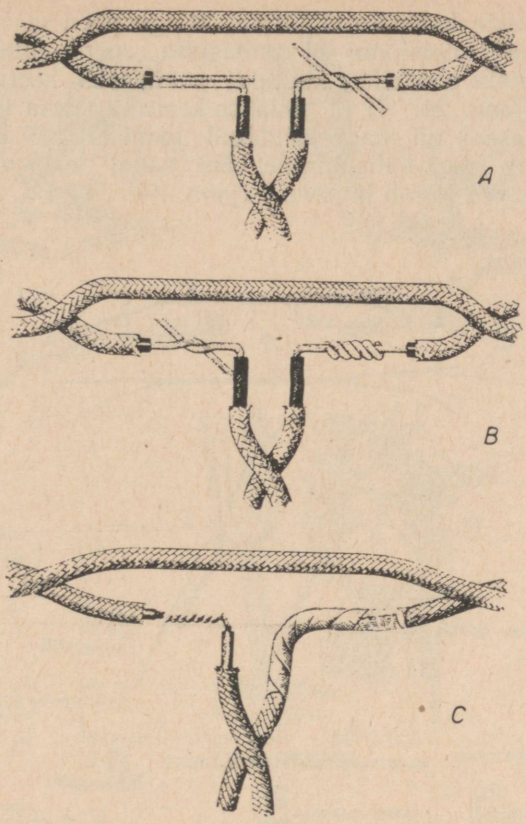
juhtme tüüpilisel hargnemisel lüliti[1] juurde ühendatakse nii, nagu on näidatud joonisel 246.

Mähkimisjuhtmetel tehakse haruühendus samuti nagu juhtmete ПР jaoks. Pooli mähkimisel tema sektsioonide osade *a* väljavõtted tehakse nii, nagu näidatud joonisel 268 *D*, mis võimaldab vältida jootmisi pooli sees ja tema isolatsiooni nõrgenemist keerdude vahel.

10. Juhtmete kokkujootmine.

I Valgustusjuhtmete kokkujootmine. Kuigi juhtmete ja nöörjuhtmete jätkamised ja hargnemised (jagu 9 ja joon. 242—246) on tehtud küllalt kindlalt, peavad nad valgustuse installeerimisel olema joodetud. Õppeskeemide monteerimisel paneelidele (joon.

[1] On lubatud ainult kui lisa olemasolevale valgustusvõrgu sisseseadele. Uutes installatsioonides hargnemist (joon. 246) ei praktiseerita. Hargnemisel lüliti juurde harutatakse asetatav nöörjuhe kuni tarviliku kohani lahti, üks soon jäetakse silmusena ja järgnevalt punutakse kokku.



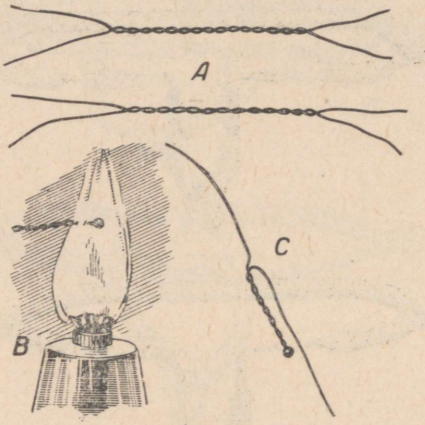
Joon. 246. Nöörjuhtme hargnemine lüliti juurde.

232) pole vajadust joota, muidugi kui õpetaja ei kasuta jootmist eri ülesandena õpilastele.

Juhtmete jootmisel on täiesti kohustuslik kasutada kampolit salmiaagi ja tsinkkloriidi asemel (§ **12**, 2, IV), selleks et vältida jootekoha oksüdeerumist ja hävimist korrosiooni tõttu. Leegis kuumutatud jootekolb (§ **12**, 3 ja 4 ja joon. 174) puhastatakse oksüüdidest, kraapides tema otsa noaga; tinutamiseks puudutatakse selle otsaga esmalt kampolitükikest ja pärast inglistinajoodist. Jootekohad juhtmetel riputatakse üle kampolipulbriga, määritakse kampolilahusega piirituses või kaetakse eelnevalt sulakampoliga, sulatades jootekolviga tükikese kampolit (vt. alljaotus III ja joon. 248). Jootmine on tublisti kergem, kui tarvitatavad juhtmed on tinutatud. Pärast jootmist pesta vees pole vajalik.

Jootmisel kampoliga peab olema teine montaažilauake, mitte aga see, mida kasutatakse jootmisel «happega» (joon. 180).

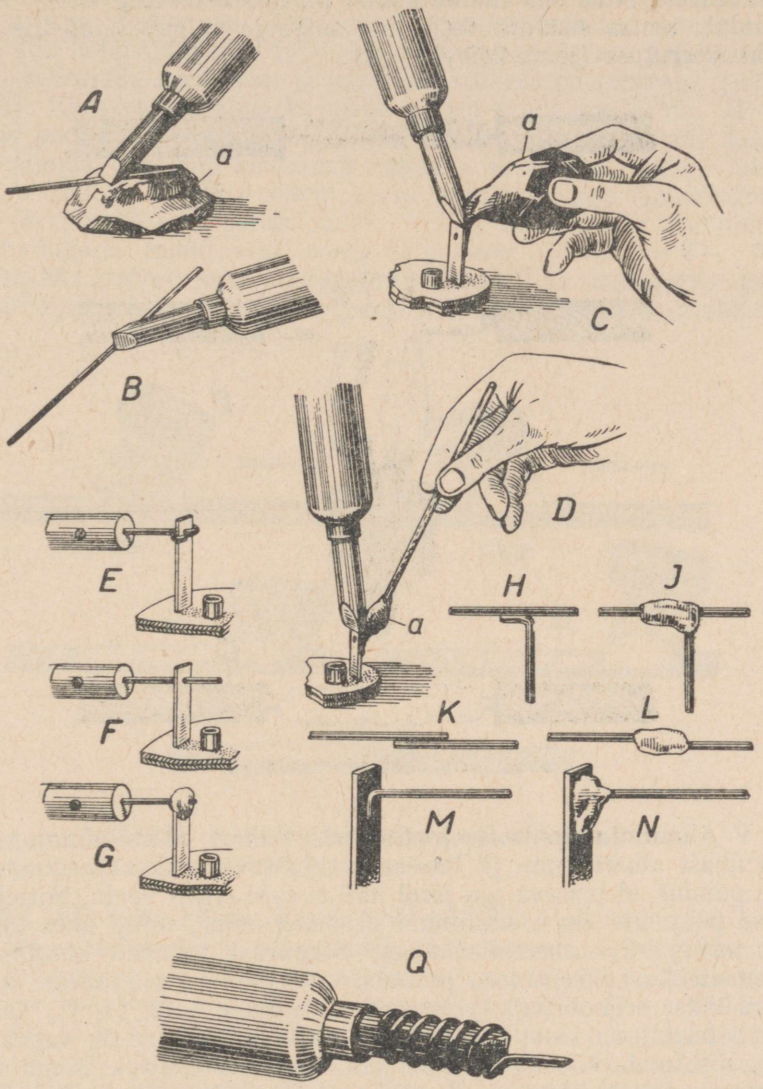
II Keerutuste kokkukeevitamine. Kõige peenematelt juhtmetelt harilikult emailisolatsiooni ei puhastata, nagu juba nimetasime jaos 8, I. Kindla elektrilise kontakti saamiseks keerutatakse juhtmed kokku (joon. 247 *A*) ja hoitakse keerutuse otsa leegis (võimalikult väheldases) nii, nagu näidatud joonisel 247 *B*, paigutades keerutuse otsa leegi välispinnale. Sel kohal tekib vase sulamise tõttu kuulike, mis tagab juhtivust (joon. 247 *C*).



Joon. 247. Peenikeste juhtmete kokkukeevitamine.

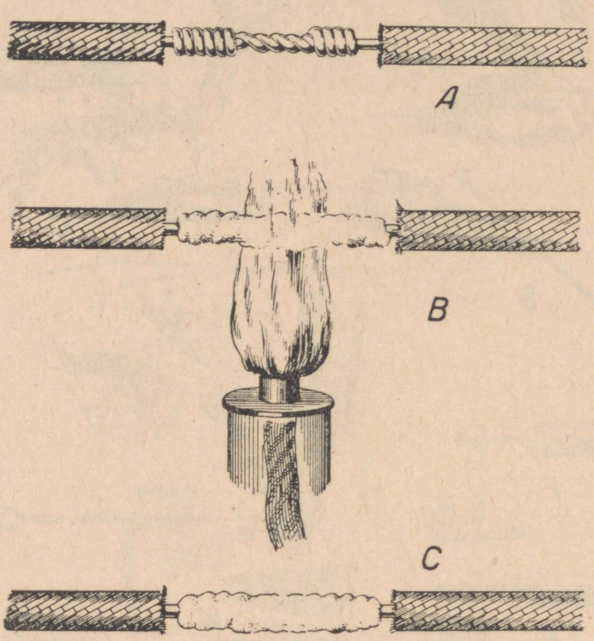
III Mähkimis- ja montaažijuhtmete jootmine. Mähkimisjuhtmete (ПЭ, ПБО ja ПБД) (joon. 230) kõik keerutused peavad olema joodetud inglistinajoodisega, kasutades räbustajaks kampolit (§ **12**, 2, IV), kuid ei mingil tingimusel tsinkkloriidi. Joota on kõige hõlpsam elektrilise otskolvi abil, mida harilikult kasutavad raadioamatöörid (joon. 178 *B* ja 179). Tinutanud kolvi, asetatakse tinutatav keerutus või montaažijuhtme ots kampolitükikesele ja puudutatakse jootekolviga (joon. 248 *A*). Keerutus kattub sulakampoliga ja seejärel joodetakse ta rippuvas olekus (joon. 248 *B*) või montaažilauakesel (joon. 180), tõmmates jootekolvi otsaga, millel on sinna külgejäänud joodist. Montaažijuhtmete otsa (joon 248 *B*) tinutamisel tuleb teda pöörata, nii et ta kattuks igalt poolt tinutisega. Montaažijuhtmete jootmise tüüpilisi võtteid on näidatud joonisel 248 *E* — *N*. Kõige peenemate juhtmete ja väikeste detailide jootmiseks kasutavad raadioamatöörid vaskjuhtme ($d = 2$—3 *mm*) mähkimist jootekolvile, nagu on näidatud joonisel 248 *Q*.

IV Jootmine tinooliga. Kooli tingimustes tuleb soovitada kokkukeerutuste jootmiseks tinooli (§ **12**, 2, III) kasutamist, nii valgustus- kui ka mähkimisjuhtmete korral. Tinooli määritakse kokku-



Joon. 248. Raadiodetailide ja montaažijuhtmete jootmine elektrijootekolvi abil. Tinutatava juhtme ja raadiodetailide (*A*, *C* ja *D*) katmine kampoliga *a*. Juhtme tinutamine (*B*). Juhtme ühendamine detaili külge ilma jootmiseta (*E*) ja jootmisega (*F* ja *G*). Montaažijuhtmega haruühenduse tegemine (*H* ja *J*), jätkamine (*K* ja *L*) ja ühendamine plaadikese külge (*M* ja *N*).

keerutusele, mida siis kuumutatakse piirituslambi leegi otsal. Tinool pundub, temas sisalduv inglistina sulab ja valgub laiali üle kogu kokkukeerutuse (joon. 249 *A* — *C*).



Joon. 249. Jootmine tinooliga.

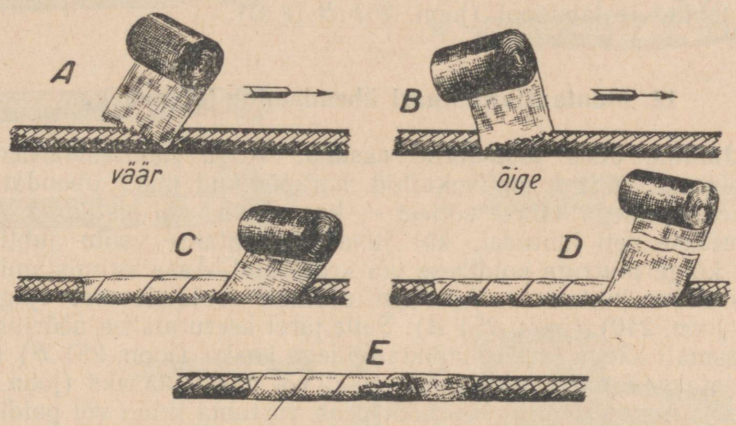
V Alumiiniumjuhtmete jootmisest. Kahest alumiiniumjuhtmest või ühest alumiinium- ja teisest vaskjuhtmest kokkukeerutustel on see puudus, et teatava aja järel nad ei juhi enam voolu. Mittejuhtivuse põhjuseks on alumiiniumi oksüdeerumine, mille tõttu ta kattub mittejuhtiva oksüüdikelmega. Seepärast vajavad alumiiniumjuhtmete kokkukeerutused jootmist enam kui vaskjuhtmete omad[1]. Joodetakse erijoodisega, vastavalt juhenditele § 12, 11, II, kasutades räbustajana kampolit. Kuna niisugune jootmine on vaevarikas töö, siis tuleb kooli valgustusinstallatsioonis vältida alumiiniumjuhtmete tarvitamist.

11. Juhtmete isoleerimine.

I Sidemealuse juhtme mähkimine paelaga. Juhtmed ПР, mida seotakse traadiga isoleerrullikeste külge (§ 14, 9, IV) (joon. 219), vajavad oma pinna kaitsmist vigastuste vastu sidumistraadi poolt,

[1] Alumiiniumjuhtmete installeerimisel montöörid kasutavad kokkukeerutuste keevitamist.

mis võib tugeval pingutamisel isolatsiooni läbi lõigata. Seepärast peab juhtme vastav osa olema enne sidumist mähitud isoleerpaelaga. Töö hõlbustamiseks tuleb kerida suurest kerast vajalik osa paela, keerutada see kokku ja kasutada väikese paelakerana (joon. 231 *B*). Kera valmistades on kõige parem seada paela nii, et ta kleepiv pool jääks väljapoole. Mähkida tuleb siis kellaosuti liikumise suunas, pael aga kerib end näppude survel ise keralt lahti. Joonisel 250 on näidatud sidemealuse juhtme paelaga ümbermähkimise järkjärgulised operatsioonid. Alates mähkimist, asetatakse pael kallakuga mähitavast osast väljapoole (joon. 250 *B*). Nii tehakse üks pööre[1], siis muudetakse kallakut ja mähitakse pael spiraalikujuliselt noole suunas (joon. 250 *C*). On täiesti küllaldane,



Joon. 250. Juhtme ümbermähkimine isoleerpaelaga.

kui pael jääb kahe kihina, kattes ühel pöördel poole eelmisest keerust. Isoleerimisel tuleb paela võrdlemisi tugevasti pingutada, et mitte põhjustada voltide tekkimist. Isoleerinud niiviisi vajaliku osa, rebitakse pael katki niisugusel kaugusel juhtmest (joon. 250 *D*), et sellest jätkuks «tagasipöördumiseks» mähitava osa keskkohani (joon. 250 *E*). Siis jääb paela ots mitte rulli ääre, vaid kaela juurde, kus ta kinnitataksegi traadiga. Kirjeldatud võttele on iseloomulik, et kuigi pael ei hoiduks kinni tema kleepuvuse tõttu, oleks ta ikkagi hästi kinnitatud ega saaks end lahti kerida.

II Juhtmete ПР kokkukeerutuste isoleerimine. Nöörjuhtmetel tõmmatakse enne tema isoleerimist puuvillapunutis ühelt ja teiselt poolt võimalikult kaugele kokkukeerutuse peale (joon. 238 *B*). Paela esimene pööre tehakse tervel kohal (joon. 250 *A*), edasi aga

[1] Kallaku tõttu (joon. 250 *B*) on paela ots kõige kindlamini kaetud ega saa end hiljem kuidagi lahti kerida.

toimub mähkimine nii, nagu on kirjeldatud alljaotuses I (joon. 250 *C* ja *D*).

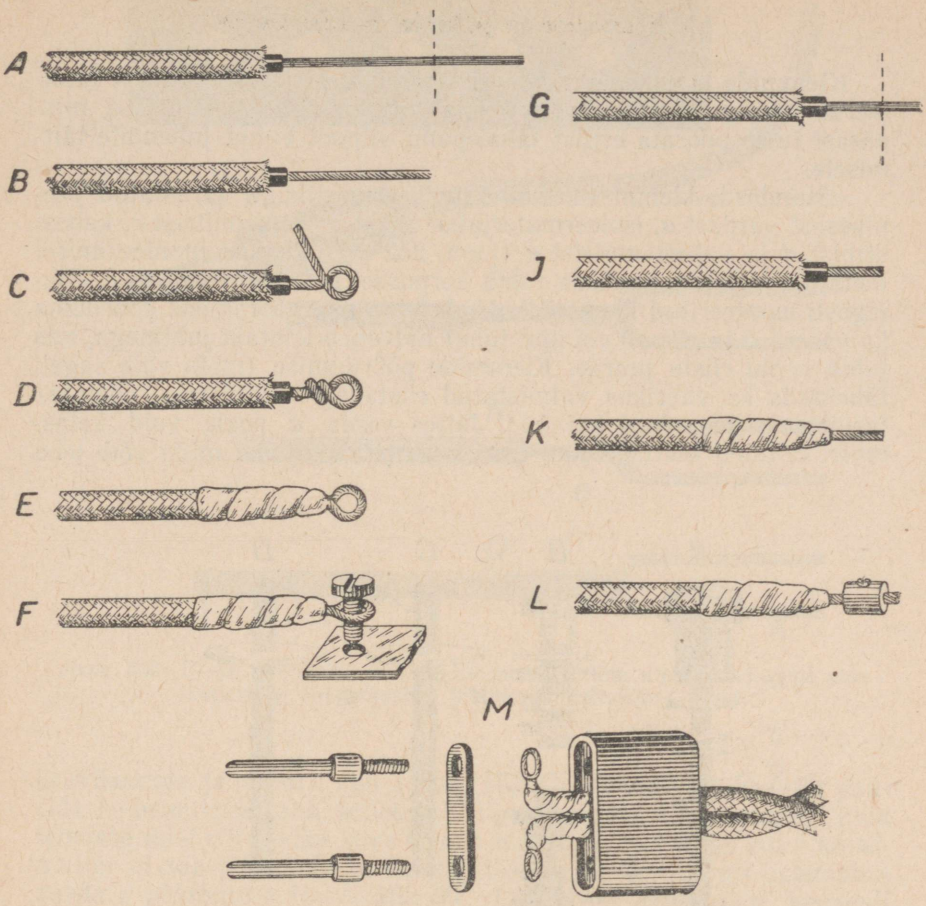
Õigesti tehtud isoleeritud kokkukeerutus peab olema ainult pisut jämedam terve juhtme naaberosadest ja küllaldaselt tihe. Juhtmete hargmiku isoleerimise järkjärgulised operatsioonid on näidatud joonisel 244 (*E* — *L*).

III Mähkimisjuhtmete isoleerimine. Kokkukeerutused isoleeritakse jämedatel juhtmetel ПЭ ja ПБД (joon. 230) samuti nagu juhtmetel ПР ja ШР-gi. Peenikestel juhtmetel seisab paelast mähis halvasti ja peaasi — ta tuleb jäme. Seepärast on parem kokkukeerutuse koht mähkida kedrusega ja kinnitada immutades šellaklakiga (§ 9, 2, IX). Poolide mähkimisel asetatakse kokkukeerutuse ümber kahekorra kokkupandud tükike vahatatud paberit; naaberkeerud pigistavad edasisel mähkimisel kokku ja hoiavad paigal sel viisil tehtud isolatsiooni (joon. 267 *B* ja *C*).

12. Montaažiarmatuuri ühendamine juhtmetega.

I Juhtme otste töötlemine aasana. Kogu montaažiarmatuur (lambipesad, lülitid, pistikukarbid, harkpistikud jms.) ühendatakse juhtmetega ühega kahest võttest — kas aasana või pistikuna. Aasa tarvitatakse neil juhtudel, kui juhe ühendatakse voolu juhtivate osade külge mutriga poldikese või kruvi abil. Aasa valmistamiseks puhastatakse juhtme ots 3—4 *cm* ulatusel isolatsioonist (jagu 8, III ja joon. 240) (joon. 251 *A*). Selle järel keerutatakse nöörjuhtme kiud esmalt käega ja siis lapiktangidega kokku (joon. 251 *B*) ning painutatakse ümartangide moka otsal või naelal aasaks (joon. 251 *C* ja *D*). Aasa sisemine läbimõõt peab vastama kruvi või poldikese jämedusele (joon. 251 *E*). Juhtme liigne ots lõigatakse pärast tema keerutamist ära ja kiudude otsad painutatakse lapiktangidega juhtme ligi. Lõpuks isoleeritakse kokkukeerutuse koht isoleerpaelaga, nagu on näidatud joonisel 251 *E*. Aasa ei tule joota, sest kasulik on, et kruvi pea muljuks pärast kinnikeeramist aasa pisut kokku, mis soodustab juhtivuse suurenemist ja tagab kruvi lahtikeerdumise eest. Nöörjuhtme otste töötlemine ühendamiseks harkpistikuga ja ühepooluselise pistikuga on näidatud joonisel 251 *M* ja 252 *K*.

II Juhtme otste töötlemine pistikuna. Juhtme otste töötlemist pistikuna esineb palju harvemini kui töötlemist aasana. Seda võtet kasutatakse neil juhtudel, kui juhtme ots asetatakse vaskpuksi ja kinnitatakse seal kruvikese abil. Pistiku valmistamiseks juhtme ots puhastatakse umbes 2 *cm* ulatusel isolatsioonist (joon. 251 *G*). Pärast nöörjuhtme kiudude kokkukeerutamist (joon 251 *J*) toimub isoleerimine (joon. 251 *K*). Seejärel asetatakse juhtme ots silindrilisse kontakti ja kinnitatakse seal kruviga (joon. 251 *L*). Kirjeldatud viisil tehtud lüliti ühendamine juhtmega on näidatud I k., joonisel 206.



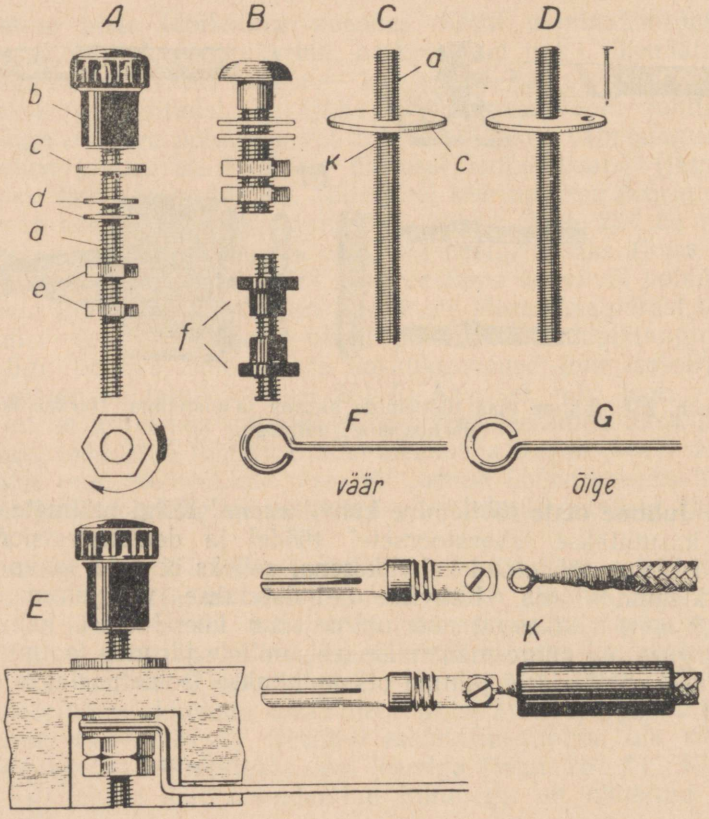
Joon. 251. Juhtme otsa töötlemine aasana ja pistikuna. Harkpistiku ühendamine juhtmega.

III Juhtme otste töötlemine kahvlikesena. Kõigi juhtmete otsad, mida kasutatakse laboratoorsetel töödel ja demonstratsioonidel, peavad olema töödeldud kahvlikesena, selleks et neid saaks pigistada klemmide alla. Kahvlike valmistatakse vaskjuhtme ($d = 1 - 1{,}5$ *mm*) tükikesest; nöörjuhtme soon ühendatakse kahvlikese ümmarguse osa külge mähkimise teel, millele järgneb jootmine osa *o* ulatusel. Selle järel juhtme ots mähitakse isoleerpaelaga (joon. 252 *M* — *O*).

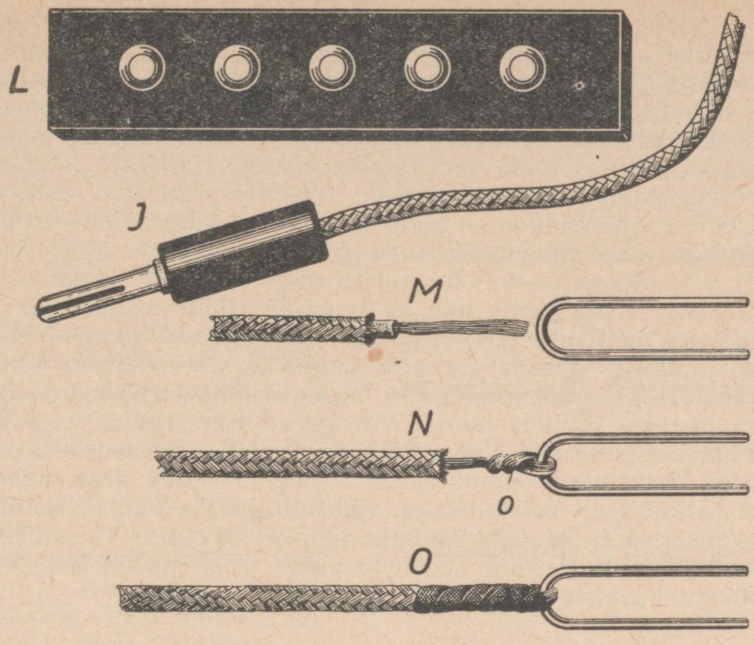
13. Klemmide ja pukside monteerimine.

Klemmide ja pukside monteerimine on elektrialaste riistade monteerimisel üks kõige sagedamaid ja võrdlemisi keerukaid töid, mispärast tuleb pöörata erilist tähelepanu allpool antud juhendite täitmisele.

«Standard»-klemm koosneb kruvikeermestikuga varustatud peenikesest vardast *a*, isoleermaterjalist peast *b*, ketasmutrist *c*, kahest seibist *d* ja kahest mutrist *e* (joon. 252 *A*). Klemmi monteerimisel metallile isoleeritakse teda riista korpusest isoleeriva seibiga *f*. Ebaõigesti monteeritud klemmil hakkab tema pea pööramisel pöörduma ka varras *a* ja rikneb või igal juhul halveneb kontakt juhtmega, mis juhib voolu riista juurde. Klemmide pöördumise (mida võib sageli täheldada ka vabrikus valmistatud riistadel) vältimiseks, võetakse tarvitusele järgmised abinõud. Jättes varda *a* peale vaid ketasmutri *c*, tuleb keermestikku osas *k* kergelt muljuda, mida võib teha



Joon. 252. A—K.



Joon. 252. L—O. Klemmide ja pukside monteerimine ning nöörjuhtme otsa töötlemine ühepooluslise pistiku ja kahvlikese jaoks.

kruvikeeraja ja vasara abil (joon. 252 *C*). Samuti on kasulik puurida ketasmutrisse auk, selleks et hiljem puidule monteerimisel lüüa temasse nael või tükike kõva traati; siis libisedes mööda puud ketasmutter ei saa pöörduda ja hakkab takistama ka temaga ühendatud varda *a* pöörlemist (joon. 252 *D*). Lauakesse puuritakse aegsasti auk (§ 8, 9 ja joon. 57), mille läbimõõt võrdub varda *a* läbimõõduga, ja seejärel altpoolt kuni laua poole paksuseni teine suurema läbimõõduga auk mutrite *e* paigutamiseks (joon. 252 *E*). Selle augu läbimõõt nähakse ette niisugusena, et oleks võimalik lapiktangide otstega vabalt mutreid kinni keerata.

Juhtmed katseriista juurest ühendamiseks klemmidega peavad olema küllalt jämedast traadist. Kui aga mingisugusel põhjusel on juhe peenike ($d = 0{,}2 — 0{,}5$ *mm*), siis on parem joota tema ots ühe seibi külge. Normaalse jämedusega juhtme ($d = 0{,}8 — 1$ *mm*) (nöörjuhtme soon, juhe ПР, raadiomontaaži-traat) ots tuleb töödelda aasana (joon. 214) ja siis vasara löögiga vähe lamestada (joon. 252 *F*). Aas tuleb asetada klemmi varrele nii, et mutrite kinnikeeramisel ta tõmbuks kinni, mitte aga ei keerduks lahti (joon. 252 *F* ja *G*). Samuti tuleb ka aas panna seibide vahele ja alles pärast seda keerata kõvasti kinni üks mutter ja siis teine kontramutter, ilma milleta klemm hakkab varem või hiljem lahti keer-

duma. Teatava aja pärast, kui puit on rohkem kuivanud ja kokku läinud, tuleb mutreid järele pingutada. Klemme tuleb kinnitada sõna otseses mõttes igal omavalmistatud elektrialasel katseriistal. Kõige tüüpilisemateks klemmide tarvitamise näideteks on paneelid ühendusklemmidega, montaažiarmatuuriga, samuti paneelid laboratoorsete riistadega, mida tarvitatakse Ohmi, Faraday' ja Joule-Lents'i seaduste tundmaõppimiseks.

Pukside monteerimine on palju lihtsam kui klemmidel, sest pole tarvidust kasutada abinõusid nende pöörlemise takistamiseks (joon. 252 *B*). Paneel puuritakse läbi samuti nagu klemmigi jaoks (joon. 252 *E* ja *L*); voolu juhtiv juhe asetatakse seibide vahele. Müügil on peale harkpistikute veel ühepooluselisi pistikuid (joon. 252 *J*), millede juhtmega ühendamise võte selgub joonisest 252 *K*. Üheks eriti tähtsaks pukside rakenduseks on ümberlülitite ehitamine võrdlemisi tugevate voolude jaoks. Niisugused ümberlülitid seatakse üles transformaatoritele (joon. 262) või traadist reostaatidele käepidemega varustatud kommutaatori asemel. Pukside paar, mis on lülitud paralleelselt katseriistaga, võib olla harkpistikutele monteeritud vahetatavate šuntide kindlaks lülimisvahendiks. Takistuskastide ehitamisel on kasulik tarvitada pukse ja seestpoolt lühistatud harkpistikuid takistuspoolide väljalülimiseks.

14. Raadiomontaažist.

Lampvastuvõtjad monteeritakse hõbetatud paljasjuhtmega või sagedamini kummiga või kloorvinüüliga isoleeritud juhtmega ($d = 0{,}6 - 0{,}8$ *mm*). Nurkseks painutatakse ta lapiktangide abil (joon. 213), aasad tehakse (klemmide alla panemiseks) ümartangide abil (§ **14**, 7, I ja II) (joon. 214 ja 252). Ühendustel tavaliselt kokkukeerutusi ei tehta, vaid seatakse traatide otsad nii, et nad läheksid teineteise peale ja joodetakse kinni (jagu 10, II) (joon. 248 *K* ja *L*). Nurkse ühenduse ehitus on näidatud joonisel 248 *H* ja *J*. Raadiovastuvõtja kõik detailid, nagu takistused, poolid, paneelid jms., lõpevad plaadikesekujuliste kontaktidega, millede külge joodetakse otseselt montaažijuhe (joon. 248 *C*, *D*, *F* ja *G*)[1]; teinekord tehakse seda keerates enne juhtme otsa plaadikese ümber (joon. 248 *E*). Raadiomontaaži-alast kirjandust vt. § **6**.

15. Isoleerrullikeste ülesseadmine.

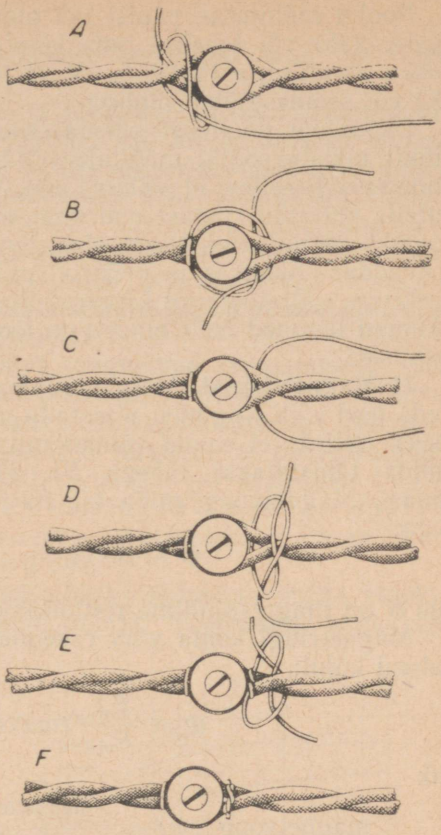
Isoleerrullikeste kinnitamine puidu külge puukruvide abil (§ 8, 11, II ja joon. 42 *B*) on niivõrd lihtne võte, et seda kirjeldada pole vaja. Tuleb ainult märkida, et kasutada tuleks ümmarguse peaga puukruve (§ 8, 2, X), selleks et vältida rulli pea lõhenemist

[1] Ühendused lampvastuvõtjates, mis ei ole elektriliselt küllalt kindlad, põhjustavad paremal juhul raginaid, halvemal aga vastuvõtja töötamise perioodilist lakkamist.

hariliku puukruvi liiga tugeval kinnikeeramisel (joon. 42 *A*). Juhul, kui kasutatakse kruvide asemel naelu, mis üldiselt pole lubatav, tuleb tingimata asetada naela pea alla tükike kummi (talla-, kustutuskummi jms.), sest muidu lüüakse naela sisselöömisel rull vasara viimaste löökidega lõhki.

Juhe ПР seotakse rullide külge, vastavalt § **14**, 9, IV ja joon. 219 antud juhenditele, erilise sidumistraadi abil (pehme rauast tinutatud traat $d = 0{,}7—1$ *mm*), mille puudumisel võib tarvitada paljast vasktraati. Juhtme ПР osa, kus tehakse side, mähitakse eelnevalt ümber isoleerpaelaga (jagu 11, I, ja joon. 250).

Nöörjuhtme sidumiseks lõpurullikestel õppeskeemide monteerimisel tuleb võtta nöörjuhtmelt harutatud punutist või tugevat jämedat niiti. Nöörjuhtme rullikese külge sidumise käik on näidatud joonisel 253.



Joon. 253. Operatsioonide järjestus nöörjuhtme isoleerrulli külge sidumisel.

16. Magnetojuhtmete ja mähiste arvutamisest.

I Mähiste otstarve. Rõhuva enamiku omavalmistatud elektrialaste katseriistade ehitamisel esineb kõige sagedamini poolide mähkimist raudsüdamikele, milledel on kõige mitmekesisem kuju. Selliselt ehitatakse näiteks igat liiki elektromagneteid, elektrimootorite mudeleid, transformaatoreid jms. Mõned eriotstarbega poolid mähitakse ilma raudsüdamikuta. Niisuguste poolide hulka kuuluvad raadiovastuvõtjate võnkeringide poolid, poolid takistuse etaloonideks, mähised voolu magnetväljade demonstreerimiseks, mähised raamikese pöörlemise tundmaõppimiseks magnetväljas, mähised elektromagnetilise induktsiooni tundmaõppimiseks jms.

Poolid mähitakse papist või puust poolikeredele (karkassidele) (joon. 335) või tehakse ilma kereta, kusjuures keerud kleebitakse kokku parafiiniga (§ 10, 5, IV ja joon. 121), šellaklakiga (§ 9, 2, IX) või seotakse ühte niidiga.

Enamikku poolidest kasutatakse magnetväljade saamiseks ja ainult takistuspoolid mähitakse induktsioonivabalt. Õpetaja ülesanne seisab selles, et vähima aja, vaeva ja materjali kuluga saavutada ehitatud riistast suurimat efekti, kulutades seejuures toitevooluks minimaalse hulga elektrienergiat. See nõuab mõningaid eriteadmisi füüsikas ja elektrotehnikas, samuti tutvumist mõnede praktikas väljatöötatud konstruktiivsete iseärasustega. Kõige tarvilikumad teatmed neilt aladelt on toodud järgnevates jagudes ja alljaotustes.

II Magnetringist. Magnetjõujoonte tee on alati suletud joon. Seda teed võib tingimisi nimetada magnetringiks ehk magnetojuhtmeks. Selleks et saada võimalikult suurt magnetilist induktsiooni[1] (mida tähistatakse tähega B), tehakse magnetojuhe tavaliselt rauast. Magnetvoog, mida tähistatakse tähega Φ, väljendub seosega:

$$\Phi = B \cdot S, \tag{1}$$

kus S on magnetojuhtme ristlõikepindala.

Magnetringi kohta võib rakendada Ohmi seadust Hopkinsoni valemi kujul:

$$\Phi = \frac{E_m}{R_m} \text{ (maksvelli)} \tag{2}$$

ehk

$$\text{magnetvoog } (\Phi) = \frac{\text{magnetomotoorne jõud } (E_m)}{\text{magnetiline takistus } (R_m)}$$

Magnetomotoorne jõud määratakse nn. amperkeerdude arvuga jõujoonte tee pikkuse 1 *cm* kohta:

$$E_m = 0{,}4\ \pi IN, \tag{3}$$

kus N on magnetvälja tekitava pooli keerdude arv ja I amprite arv, mis vastab pooli läbiva elektrivoolu tugevusele.

Magnetilist takistust võib esitada järgmiselt:

$$R_m = \frac{l}{\mu S}, \tag{4}$$

kus l on magnetjõujoonte tee keskmine pikkus, S — magnetojuhtme ristlõikepindala *cm*-tes ja μ — magnetilise läbitavuse (juh-

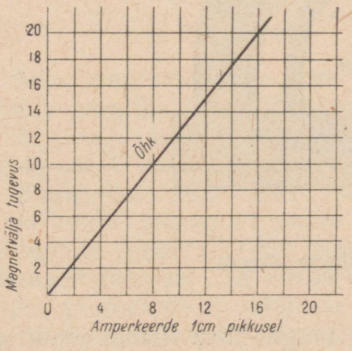
[1] Magnetilist induktsiooni iseloomustab magnetjõujoonte arv magnetvoo ristlõikepindala 1 cm^2 kohta. Üldine sõltuvus magnetilise induktsiooni (B), väljatugevuse (H) ja magnetilise läbitavuse μ vahel väljendub seosega: $B = \mu H$ (Gs).

tivuse) suurus, mis sõltub kõigepealt tarvitatud raua või terase sordist.[1]

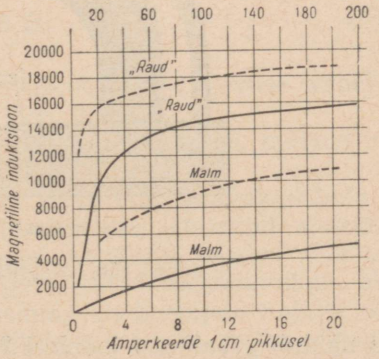
Elektromagnetite, dünamote ja elektrimootorite väljamagnetite poolide mähkimisel tuleb nii juhtme kui ka toitmiseks mineva elektrienergia kokkuhoiu mõttes püüda amperkeerdude arvu vähendada. Selleks aga tuleb võtta tarvitusele kõik võimalikud abinõud magnetilise takistuse vähendamiseks. Siit saame tähtsaima järelduse, et **niisuguste riistade, nagu elektrimootorite, dünamote, transformaatorite jt. konstrueerimisel tuleb pöörata kõige tõsisemat tähelepanu magnetojuhtmete ehitamisele, millel on võimalikult väike magnetiline takistus** (vt. alljaotus III).

III Rauast magnetojuhet läbiva magnetvoo arvutamisest. Saanud kindla järelduse Hopkinsoni valemist, vaatleme, kuidas lahendada tegelikult rauast võimalikult väikese takistusega magnetojuhtme saamise ülesanne. Seosest (4) järeldub, et peale vajaduse tarvitada suurima magnetilise läbitavusega (μ) «rauda», tuleb püüda magnetojuhtme loomise poole, millel on lühim magnetjõujoonte tee pikkus ja millel on suurim ristlõikepindala.

Magnetvoo suurus arvutatakse elektrotehnikas mitte Hopkinsoni valemi järgi, vaid graafikute põhjal. Tõepoolest, amperkeer-



Joon. 254. Magnetilise induktsiooni sõltuvus (õhu jaoks) amperkeerdude arvust (tee pikkuse 1 *cm* kohta).



Joon. 255. Magnetilise induktsiooni sõltuvus (raual ja malmil) amperkeerdude arvust (tee pikkuse 1 *cm* kohta).

dude arvu arvutamine esitatud valemite järgi poolide jaoks rauast tehtud suletud[2] magnetojuhtmega, on kaunis keerukas asi, sest magnetilise läbitavuse μ suurus on muutuv isegi ühe teatava rauasordi piirides, sõltudes selles materjalis saadavast magnetilise

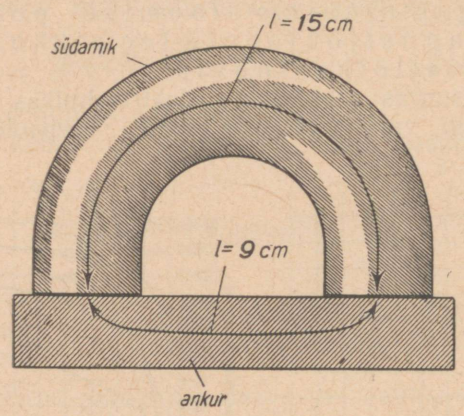
[1] Vt. viidet lk. 194.

[2] Lihtsuse mõttes vaatleme esmalt rauast tehtud suletud magnetojuhet, s. o. niisugust juhet, mis ei sisalda õhupilusid (katkemisi).

induktsiooni suurusest. Seepärast tuleb amperkeerdude arvu leidmiseks magnetjõujoonte tee pikkuse 1 *cm* ehk teiste sõnadega magnetojuhtme üldise pikkuse 1 *cm* kohta kasutada joonisel 255 näidatud graafikut. Katkematuile kõveratele vastavad graafiku all, kriipsjoonelistele kõveratele — graafiku peal näidatud amperkeerud[1].

Vaadeldes raua magneetumiskõverat, tuleb pöörata tähelepanu sellele, et magnetiline induktsioon on kõige kasulikum piirides 10 000 kuni 14 000 jõujoont 1 cm^2 kohta, mis vastab 2 kuni 7 keerule 1 *cm* kohta. Amperkeerdude arvu edasine suurendamine põhjustab kõvera võrdlemisi aeglast tõusu. Järelikult poolide mähkimiseks võimalikult väikese amperkeerdude arvuga ja võimalikult nõrga voolu tarvitusega tuleb arvutustel orienteeruda magnetilise induktsiooni suurusest 10 000 kuni 14 000 jõujoont 1 cm^2 kohta.

N ä i d e 1. Oletame, et südamik ja ankur on võetud joonisel 256 näidatud kujuga. Raud olgu kõige madalama kvaliteediga. Siis,



Joon. 256. Magnetojuhtme skeem.

nagu nähtub graafikust joonisel 255, magnetilise induktsiooni saamiseks 10 000 jõujoonega 1 cm^2 kohta vajame 2 amperkeerdu 1 *cm* pikkuse kohta. Kui magnetojuhtme pikkus on $l_1 + l_2 = 15 + 9 = 24$ *cm*, siis peab olema

$$n \cdot I = 2 \cdot 24 = 48 \text{ amperkeerdu.}$$

Kui meie poolt kasutatav südamik ja ankur oleksid malmist, siis magnetilise induktsiooni tekitamiseks suurusega 10 000 jõujoont tuleks tee pikkuse 1 *cm* kohta võtta 14 amperkeerdu, tee pikkuse 24 *cm* kohta aga $14 \cdot 24 = 336$ amperkeerdu, mis näitab harilikku malmi magnetojuhtmeteks tarvitamise ebakasulikkust.

[1] Graafik on ehitatud magnetiliselt kõige madalama kvaliteediga «raua» (näiteks katusepleki) ja malmi kui materjalide jaoks, mida õpetajal harilikult on kasutada.

Magnetvoo suurus aga sõltub magnetojuhtme ristlõikepindalast. Kui südamiku läbimõõt on 3 *cm*, siis ta ristlõikepindala on: $S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 3^2}{4} \approx 7{,}1$ *cm*² ja magnetvoog, tekitatud raua jaoks arvutatud mähise poolt suurusega 48 amperkeerdu, on

$$\Phi = B \cdot S = 10\,000 \cdot 7{,}1 = 71\,000 \text{ jõujoont.}$$

IV Magnetvoo suurus rauavabade mähiste jaoks. Raudsüdamikuta poolide jaoks magnetvoog võrdub:

$$\Phi = H \cdot S,$$

kus H on magnetvälja tugevus ja S pooli südamiku ristlõikepindala; pindala suuruse võime valida oma äranägemise järgi. Teooria annab solenoidide jaoks järgmise seose magnetvälja tugevuse ja amperkeerdude vahel tee pikkuse 1 *cm* kohta:

$$H = 0{,}4\,\pi \frac{In}{cm} = 1{,}26 \frac{In}{cm}$$

ehk

$$\frac{In}{cm} = 0{,}8\,H \qquad (5).$$

Seos amperkeerdude arvu ja magnetvälja tugevuse vahel väljendub graafiliselt sirgjoonega (joon. 254).

See seos jääb praktiliselt kehtima poolide jaoks, millede pikkus ületab üle 5 korra nende läbimõõtu.

Kasutades seda seost, saame arvutada amperkeerdude arvu 1 *cm* kohta, selleks et saada väljatugevuse etteantud suurust või lahendada ümberpöördud ülesannet. Arvutuste asemel võib samuti kasutada joonisel 254 näidatud graafikut. Raudsüdamikuta poolide jaoks magnetvoo arvutamise küsimus on õpetajale vajalik amperkeerdude arvutamisel õhuvahekihtide olemasolu puhul südamikkudes.

N ä i d e 2. Leida vajalik amperkeerdude arv, selleks et hoida kahes õhuvahekihis (kumbki pikkusega 1 mm) elektromagneti ankru ja südamiku vahel (joon. 256) magnetvälja tugevust 10 000 örstedi.

Kasutades valemit (5), leiame:

$$\frac{In}{cm} = 0{,}8\,H = 0{,}8 \cdot 10\,000 = 8\,000 \text{ amperkeerdu 1 } cm \text{ kohta.}$$

Kuna jõujoonte tee pikkus (õhus) on $1 + 1 = 2$ *mm*, siis otsitav arv võrdub $0{,}2 \cdot 8\,000 = 1\,600$ amperkeerdu.

Seega tuleb mähisele, mis on arvutatud III alljaotuses toodud arutluste põhjal ja mis tekitab mootori rauast magnetojuhtmes

magnetilise induktsiooni 10 000 jõujoont, lisada veel 1600 amperkeerdu takistuse ületamiseks, mida põhjustab õhuvahekiht üldpikkusega 2 *mm*.

Esitatud kaalutlused lubavad teha väga tähtsa järelduse:

Kui magnetojuhtmes on olemas õhuvahekiht, siis amperkeerdude arv kasvab väga tugevasti, selleks et saada suuruselt samasugust magnetvoogu kui pidevas magnetojuhtmeski (võrdle 1. ja 2. näite arvutuse tulemust). Järelikult selleks et saada suurimat magnetvoogu, kasutades vähimat arvu amperkeerde, tuleb **õhuvahekihid teha minimaalseteks.** Samal otstarbel pannakse transformaatorite südamikke moodustavad plekid harilikult kokku mitte serviti, vaid lapiti teineteist kattes (jagu 17, VII ja joon. 264 *B* ja *C*). Samal otstarbel tsentreeritakse hoolikalt elektrimootorite ankrut ja sobitatakse ta võimalikult lähedale pooluse kingadele (joon. 257 *G* ja *H*).

V Elektromagneti tõstejõu arvutamine. Elektromagneti tõstejõu arvutamine saab anda ainult ligikaudseid tulemusi, sest üks põhisõltuvustest, nimelt seos magnetilise induktsiooni ja amperkeerdude arvu vahel tee pikkuse 1 *cm* kohta õpetaja poolt võetud «rauasordi» jaoks, jääb tundmatuks. Kui aga kasutada joonisel 255 näidatud graafikut, siis ei ole elektromagneti tõstejõu suurus pidevate (kuid mitte liitehitusega) südamikkude jaoks harilikult mitte väiksem kui arvutatu. Selleks et saada võimalikult suurt tõstejõudu tuleb elektromagneti ehitamisel üldiselt täita järgmisi tingimusi:

a) Magnetojuhe (südamik ja ankur) peab kujutama endast suletud ja seejuures jõujoontele kõige lühemat teed. Seda tingimust rahuldab kõige paremini Joule'i elektromagneti (joon. 257 *A* ja 259 *D* ja *E*) või tõstekraana magneti kuju (joon. 257 *D*).

b) Tõstejõud on võrdeline ankru ja südamiku kokkupuutepindala suurusega. Siit järeldub, et südamik tuleb võtta võimalikult suure ristlõikepindalaga ja ankru ristlõikepindala tuleb teha mitte väiksem südamiku ristlõikepindalast. Kasulik on võtta ankur pisut laiem elektromagneti pooluse kingadest.

c) Eriti tähtis on pöörata tähelepanu ankru sobitamisele pooluse kingadega. Isegi kõige väiksemad õhuvahekihid põhjustavad tõstejõu tugevat vähenemist.

Elektromagneti tõstejõud avaldub valemiga:

$$p = \left(\frac{B}{5000}\right)^2 \cdot S,$$

kus B on magnetiline induktsioon ja S — elektromagneti pooluse ristlõikepindala.

Kui valime magnetilise induktsiooni oletatavaks suuruseks 10 000 jõujoont 1 cm^2 kohta, magnetojuhtme aga mõõdetega, mis on esitatud III alljaotuses läbiarutatud näites 1, ning elektromag-

neti pooluse ristlõikepindala oleks 7,1 cm^2, siis kahepooluselise elektromagneti tõstejõud oleks:

$$p = \left(\frac{B}{5000}\right)^2 \cdot S = \left(\frac{10\,000}{5\,000}\right)^2 \cdot 2 \cdot 7{,}1 \approx 56{,}8\ kG.$$

Meenutame, et vastavalt arvutusele magnetilise induktsiooni tekitamiseks suurusega 10 000 jõujoont 1 cm^2 kohta südamikus, millel on joonisel 256 näidatud mõõted, vajame kõigest 48 amperkeerdu[1].

Elektromagneti tõstejõu arvutamise ülesanne võib kooli tingimustes muutuda spetsiifiliseks, sest õpetaja kasutab mingit olemasolevat raudsüdamikku või valmistab selle sobivatest raud-, või, mis on aga halvem, malmesemetest või masinaosadest. Märgime, et niisugusel valikul tuleb täielikult juhinduda eespool punktides a), b) ja c) toodud kaalutlustest. Selle järel õpetaja otsib küllaldase jämedusega ankru ja luues seega suletud magnetojuhtme, mõõdab jõujoonte tee pikkuse magnetojuhtmes ja tema ristlõikepindala suuruse (joon. 256) ning võttes magnetiliseks induktsiooniks raua jaoks 8000 — 10 000 jõujoont, malmi jaoks aga 2000 — 4000 jõujoont 1 cm^2 kohta (joon. 255), arvutab tarviliku amperkeerdude arvu. Edasi järgneb vastavalt järgnevas alljaotuses antud juhenditele pooli või mähise ja samuti tema toitmiseks tarvilike elektriliste andmete arvutamine.

VI Elektromagneti pooli arvutamine. Arvutame pooli, meie poolt näitena vaadeldud elektromagneti jaoks, tõstejõuga umbes 56,8 kG. Amperkeerdude tarvilik arv on 48. See tähendab, et võib mistahes viisil varieerida pooli toitva voolu tugevust ja keerdude arvu, nii aga et nende suuruste korrutis jääks võrdseks 48-ga. Nii näiteks võib neid suurusi võtta vastavalt: 2 A ja 24 keerdu, 1 A ja 48 keerdu, 0,25 A ja 192 keerdu jne.

Seega, et saada elektromagnetit tõstejõuga 56,8 kG, võib tema südamikule, millel on joonisel 256 näidatud mõõted, mähkida 24, 48 või 192 keerdu, kuid tagades mähise toitmist vooluga, mille suurus on vastavalt 2 A, 1 A või 0,25 A.

Pooli kõigil edasistel arvutustel võib, sõltuvalt kooli tingimustest, valida kahest teest mistahes ühe. Võib lähtuda koolis olemasoleva vooluallika elektrilistest andmetest, s. o. arvestada niisuguse pooliga, mis tema toitmisel sellest kindlast vooluallikast tagaks tarvilikku efekti (tõstejõudu).

Niisuguse arvutuse teel määratakse kindlaks juhtme ristlõikepindala, mida on vaja pooli mähkimiseks, selgub aga ka keerdude arv võimalike variatsioonide mitmesugusest arvust. Teisel juhul võib arvutamisel orienteeruda õpetaja käsutuses olevatest juhtmetest, määrates kindlaks tarvismineva vooluallika andmed, s. o. näiteks mitu elementi või akumulaatorit tuleb võtta pooli toitmiseks.

---

[1] On kehtiv ainult õhuvahekihi täielikul puudumisel ankru ja südamiku vahel (vt. alljaotus IV).

Harilikult aga orienteerutakse arvutustel nii juhtmetest kui ka vooluallikast.

Juhtme valiku kõigil tingimustel tuleb aga kõigepealt otsida niisugune tema ristlõikepindala, mille puhul ei toimuks juhtme ülekuumutamist voolu poolt. Kooli tingimustes koormamine vooluga ei ole kauakestev[1], s. o. elektromagnetid lülitakse voolu alla vaid mõneks minutiks, siis võib juhtmetele läbimõõduga 0,2—1 *mm* võtta normiks 5 A/mm^2, mis on võrreldes tehniliste normidega kõrgendatud. Seega peavad meie poolt vaadeldud näites (voolu tugevusteks 2 *A*, 1 *A* ja 0,25 *A*) juhtmete ristlõikepindalad olema mitte väiksemad kui vastavalt 0,4 mm^2, 0,2 mm^2 ja 0,05 mm^2. Kasutades tabelit XVI, leiame, et juhtmete jämedused nende ristlõikepindalade jaoks on vastavalt 0,7 *mm*, 0,5 *mm* ja 0,2 *mm*. Need meie poolt saadud andmed näitavad juhtmete minimaalset jämedust voolutugevustel 2 *A*, 1 *A* ja 0,25 *A*.

Oletame, et õpetajal oli juhtmeid jämedusega 0,8 *mm*, 0,5 *mm* ja 0,2 *mm*, mis rahuldavad normi kuumenemise poolest. Missugusega neist juhtmeist tuleb mähkida? Nagu juba nimetasime, otsustab selle küsimuse lahenduse harilikult vooluallika pinge. Küsimuse selgitamiseks leiame arvutuse teel, missugune pinge peab meil olema elektromagneti (56,8 *kG*) toitmiseks, mille mähis on tehtud 0,8 *mm*, 0,5 *mm* ja 0,2 *mm* jämeduste juhtmetega. Kooskõlas kõigi meie poolt saadud andmetega tuleb juhtme jaoks jämedusega 0,8 *mm* ja voolu puhul 2 *A* võtta 24 keerdu. Juhtmete kahe teise liigi jaoks on vastavad andmed:

0,5 *mm* — 1 *A* — 48 keerdu
0,2 *mm* — 0,24 *A* — 192 keerdu.

Määrame nüüd kindlaks traadi pikkuse ja tema takistuse, oletades, et mähis mahtus meil ühte kihti.

Ühe keeru pikkuse väsitava arvutamise asemel vastavate valemite järgi on kooli tingimustes ratsionaalsem mähkida südamikule 10 keerdu juhet ja, kerides nad uuesti lahti, mõõta ära pikkus. Olgu ühe keeru pikkus 100 mm^2, siis mähised 24, 48 ja 192 keeruga on pikkusega 240 *cm*, 480 *cm* ja 1920 *cm*. Nende mähiste takistused (vt. tabelit XVI) on siis $34{,}82 \cdot 0{,}0024 \approx 0{,}1$ oomi, $89{,}13 \cdot 0{,}0048 \approx$ $\approx 0{,}4$ oomi ja $557 \cdot 0{,}0192 \approx 10{,}7$ oomi.

Kasutades Ohmi seadust, ei ole raske arvutada, et voolude tekitamiseks tugevusega 2 *A*, 1 *A* ja 0,25 *A* on mähistes tarvilikud pinged vastavalt ligikaudu 0,2 *V*, 0,4 *V* ja 2,5 *V*. Seega kõlbab kahe esimese mähise toitmiseks nii kuivelement (1,2 *V*)[3] kui ka aku

[1] Transformaatorite mähiste normide kohta, kui nad on ette nähtud kestvaks tööks vt. jagu 18.

[2] Siin me ei võtame 100 *mm* tingimisi — järgnevate arvutuste lihtsustamiseks, mille eesmärgiks on tutvustada arvutamise meetodit, mis aga ei pretendeeri konkreetsetele andmetele.

[3] Tuleb tähele panna, et mõned kuivelementide tüübid (§ 23, 9) ei anna voolu tugevusega 2 *A*, või niisugune vool mõjub neile kahjulikult.

(1,3 — 1,8 *V*). Selleks et vältida seejuures voolu, mis on tugevam vajalikust, s. o. 2 *A* ja 1 *A*, tuleb vooluringi lülida reostaadid. Kolmanda mähise toitmiseks aga tuleks võtta kaks elementi või leelisakut, ühendades nad järjestikku. Kuna 192 keerust 0,8 *mm* jämedusega traadist tehtud mähise toitmisel puuduvad elektrienergia ebaproduktiivsed kulutused, siis järelikult mähis on kõige kasulikum. Sääraseid eelarvutusi kasutades tuleb neid täpsustamise mõttes korrata, sest mähis võib mitte mahtuda ühte kihti ja siis on juhtme pikkus[1] ja tema takistus teistsugused.

Ümberarvutus on vajalik ka ühest elemendist toitmise jaoks, et mitte lülida reostaati elektromagneti vooluringi ega kulutada elektrienergiat ebaproduktiivselt. Lähtudes arvutuste andmetest: 1 *A* — 48 keerdu ja 0,2 mm^2 — 0,4 *V*, ei ole raske taibata orienteerivalt, et pinge puhul 1,2 *V* võib võtta voolutugevuse ja järelikult ka juhtme ristlõikepindala väiksemana, keerdude arvu aga suuremana. Nii näiteks andes ette voolutugevuseks 0,5 *A*, leiame, et keerdude arv on 6, juhtme minimaalne lubatav jämedus 0,4 *mm* (0,36 *mm*), 96 keeru takistus 139,26 · 0,0096 = 1,3 oomi ja tarviliku pinge suurus 0,65 *V*.

Seega leiame voolu jaoks tugevusega 0,4 *A*: keerdude arvuks 192, vähimaks lubatavaks ristlõikepindalaks 0,08 mm^2, juhtme jämeduseks 0,35 *mm* (0,32 *mm*), 96 keeru takistuseks 132,26 · 192 = = 3,5 oomi ja tarvilikuks pingeks 1,4 *V*. Aga et see pinge on suurem kui elemendi pinge, siis järelikult tuleb sooritada veel lõplik ümberarvutus jämedama juhtme, näiteks 0,4 *mm* jaoks.

Kõik nimetatud arvutused viivad küllalt lähedale ülesande praktilisele lahendusele; tulemust aga kontrollitakse katselisel teel.

17. Südamikkude valmistamine.

I Südamikkude materjal. Elektromagnetite ja seda enam transformaatorite ja elektrimootorite südamikkude valmistamine on kõige rohkem vaeva nõudev ja keerukam osa tööst ning eriti siis, kui õpetajal tuleb kasutada ainult temal käepärast olevat materjali. Sellisteks materjalideks on: katuseplekk ja konservikarpidest saadud plekk (§ 13, 1—3), samuti ka telegraafi- ning «ahjutraat» (§ 14, 2, II). Raudesemetest, mida võib mõnedel juhtudel tarvitada kui südamikke, tuleb silmas pidada mutriteta polte, gaasi- ja veevärgitorude tükke, naelu ning puukruvisid. Väga kasulik on, peamiselt elektromagnetite ehitamiseks, sordiraud (ümmargune või lapik) (joon. 129), sealhulgas vardad, mida tarvitatakse raudbetoonitöödel.

Tehnikas tarvitatakse transformaatorite südamikkude ja teiste vastutusrikaste magnetojuhtmete valmistamiseks raua või õigemini terase erisorte.

---

[1] Arvutamisel mitmekihiliste poolide jaoks võetakse keskmise keeru pikkus.

II Raua lõõmutamise tähtsus. Enne töötlemist tuleb harilikult rauda lõõmutada (§ 11, 4), ja seda peamiselt koertsitiivjõu (säilitava jõu) hävitamiseks ehk teiste sõnadega — rauale erisuguse «pehmuse» andmiseks.

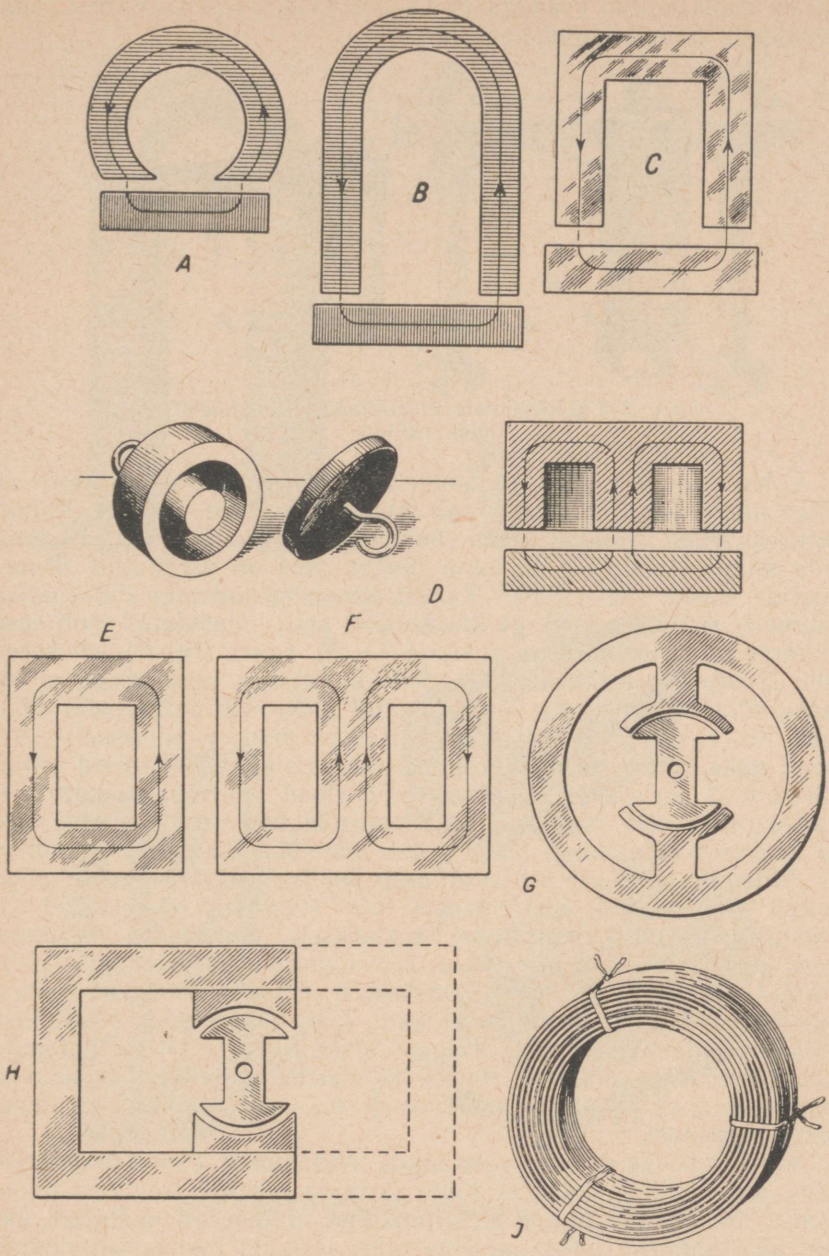
Kui aga valmistada elektromagneti südamik lõõmutamata rauast, siis hästi sobitatud ankur ei lange pärast mähise toitevoolu katkestamist maha, mis pole küll alati tähtis tehnika, kuid on lubamatu metoodiliselt vaatekohalt. Mõnedel juhtudel aga hakkab niisugune mitteäralangemine takistama riista töötamist (telegraaf, elektrikõlisti, relee).

III Vahelduvvooluriistade südamikkude iseärasusi. Eriti tähtis on südamiku lõõmutamine siis, kui riist on ette nähtud toitmiseks vahelduvvooluga, sest seejuures vähenevad tublisti energiakaod rauas ümbermagneetimisel (hüstereesile). Vahelduvvoolu jaoks tarvitatavate südamikkude konstruktsiooni tingimata tarvilikuks iseärasuseks on see, et neid tuleb valmistada üksteisest isoleeritud õhukestest raudplekkidest või peenikestest traatidest. Massiivsest rauast südamik hakkab vahelduvvooluringis tugevate keerisvoolude mõjul soojenema, mis põhjustab ka elektrienergia ebaproduktiivset kadu ja riista kasuteguri vähenemist.

IV Südamikkude põhikujud. Õpetajal tuleb peale sirgete elektromagnetite, millede südamikud on silindri- või risttahuka-kujulised, valmistada U-kujulisi elektromagneteid. Vastavalt nõudele saada vähimat magnetilist takistust on südamiku kõige ratsionaalsemaks kujuks ringjoon (joon. 257 *A*). Kuna aga niisugune kuju on ebamugav keerdude suure arvuga mähise paigutamiseks, siis antakse südamikule U- (joon. 257 *B*) või П-kujuline (joon. 257 *C*) välimus. On loomulik, et П-kujulisel vormil on pisut suurem magnetiline takistus, mida muuhulgas põhjustab magnetvoo hajumine täisnurksete painutuste kohtades. П-kujulise teisendiks on elektromagneti südamik, mida tarvitatakse magnetilise kraana demonstreerimiseks (joon. 257 *D*).

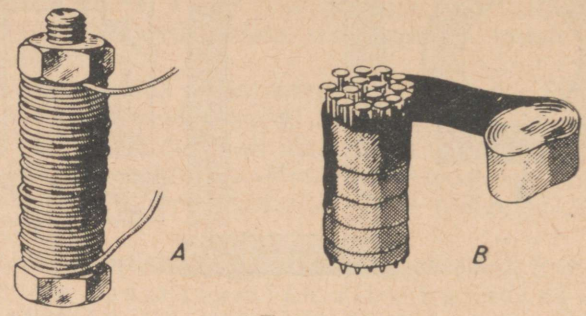
Transformaatorites on kõige kasulikumaks südamiku kujuks rõngas (joon. 257 *J*), kuid praktikas tarvitatakse aga П-kujulist (südamikutüüpi) (joon. 257 *E*) või Ш-kujulist (mantlitüüpi) (joon. 257 *F*) südamikku. Elektrimootorite mudelite magnetojuhtmetele antakse harilikult kuju, mis on näidatud joonisel 257 *G* ja *H*.

V Elektromagnetite südamikkude ehitus. Metoodiliselt väärtuslik on valmistada elektromagnet õpetaja poolt otse katsete demonstreerimisel õpilaste silme all, või õpilaste endi poolt laboratoorses töös. Väga sobivaks südamikuks niisugusteks katseteks on lõõmutatud (alljaotus II) raudpolt ühes mutriga, millele on küllaldane mähkida 30—40 keerdu juhet ПБД või ЗП (jagu 2, III) (joon. 258 *A*). Mida lühem ja jämedam on polt, seda suurem tuleb (voolu sama tugevuse puhul) magnetvoog ja elektromagneti tõstejõud (jagu 15, II). Sirgete elektromagnetite südamikkudeks võib olla tükk ümarrauda (joon. 123), kimp traate või naelu (joon. 258 *B*),



Joon. 257. Magnetojuhtmete iseloomulikke kujusid. Elektromagnetite (*A*—*D*) ja transformaatorite (*E*—*F*) jaoks. Elektrimootorite ankrute ja väljamagnetite iseloomulikke kujusid (*G* ja *H*). Rõngakujuline magnetojuhe transformaatori jaoks (*J*).

parem maharaiutud peadega (§ 11, 7 ja joon. 147), tükk seest raudtraatidega täidetud gaasitoru jms.



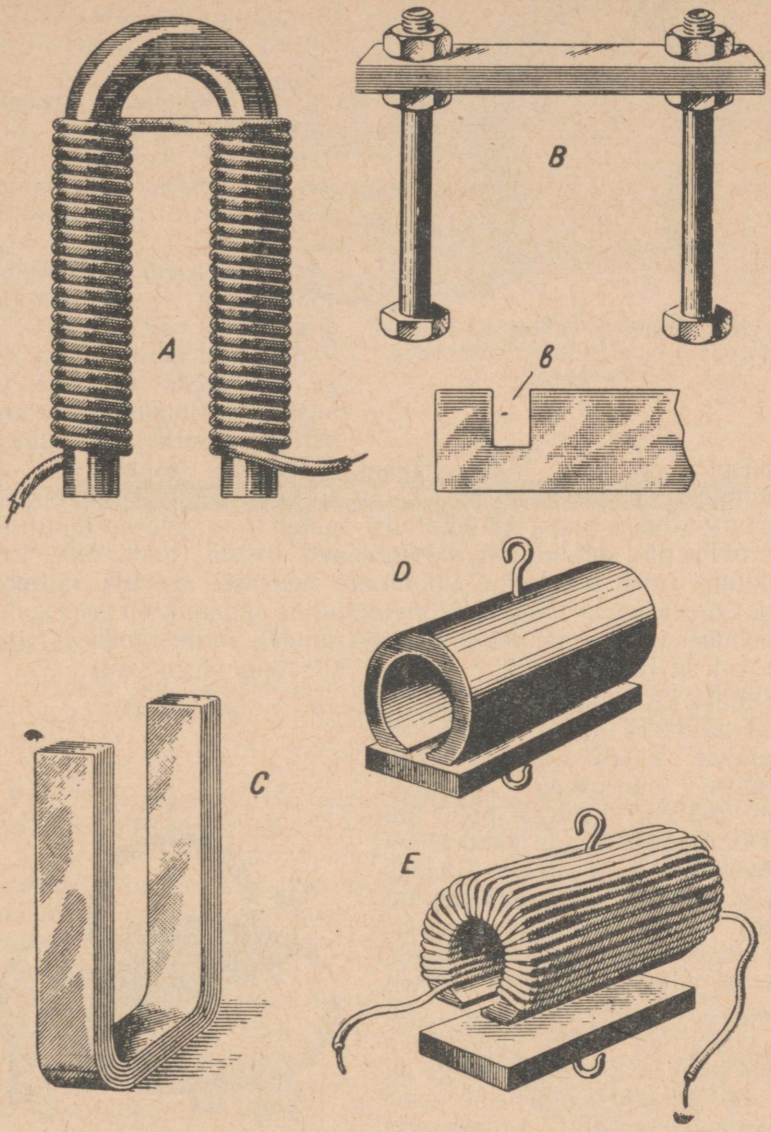
Joon. 258. Lihtsaimate elektromagnetite südamikkude ehitus.

U-kujulise demonstratsioon-elektromagneti valmistamiseks on kõige parem kasutada ümar- või lapikrauda (joon. 259 *A*). Painutamiseks tuleb vastavat kohta raual tugevasti kuumutada ja painutada mingi silindrilise šablooni ümber, mis on pigistatud kruustangide vahele (joon. 203)[1]. Kahest omavahel lattraua abil (parem suurema ristlõikepindalaga kui kumbki polt) ühendatud poltidest, millesse on puuritud kaks auku (§ 11, 9) (joon. 259 *B*), on kerge teha П-kujuline elektromagnet. Sobiva lattraua puudumisel ei ole raske sillust valmistada pakiks laotud pleki- või katusepleki ribadest. Kui ei ole võimalust puurida (suure puuri puudumisel) ribadesse auke, siis võib nende otstele teha ristküliku-kujulised väljalõiked *b* ja koostades sillust asetada ribad lapiti üksteisikku. Seda ribade pakki võib tugevasti kokku suruda teiste mutrite abil, mis on keeratud kummalegi poldile, mis vähendab jõujoonte hajumist.

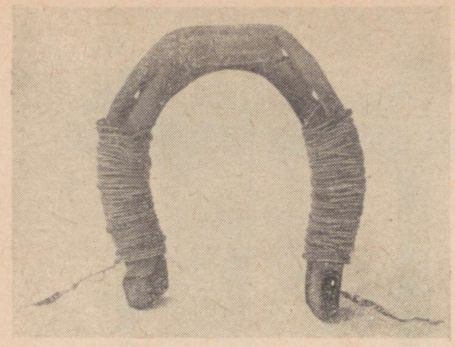
Südamiku võib samuti valmistada hoolikalt üksteise peale pakki laotud õgvendatud plekiribadest või traatidest (joon. 259 *C*). Ribade pakki tuleb painutada täisnurkselt, painutades seejuures kogu pakki, mis on pigistatud kruustangide vahele (joon. 196). Traatide kimp tuleb enne painutamist traadiga mitmest kohast tugevasti siduda ja painutada kogu kimp üheaegselt silindrilise šablooni ümber (joon. 203). Liigsed otsad tuleb pärast painutamist metallisaega ära saagida. Plekist ja traadist südamikkude valmistamine, vaatamata näilisele lihtsusele, on vaevarikas töö ja nõuab suurt kannatust.

Võrdlemisi kerge on valmistada südamikku elektromagnetile, mida esmakordselt kasutas Joule ja mida tehakse raudtoru tükist (joon. 259 *D*). Niisugune elektromagnet, millele on mähitud üks kiht nöörjuhtmest harutatud ühte juhet ja mida toidetakse vooluga 2—3 *A*, kannab ülal kümneid kilogramme (joon. 259 *E*).

[1] Mida pikem on võetud raud, seda kergemini läheb see korda, liigsed otsad lõigatakse pärast painutamist metallisaega ära (§ 11 ja joon. 151 *B*).



Joon. 259. U-kujuliste elektromagnetite ehitus.

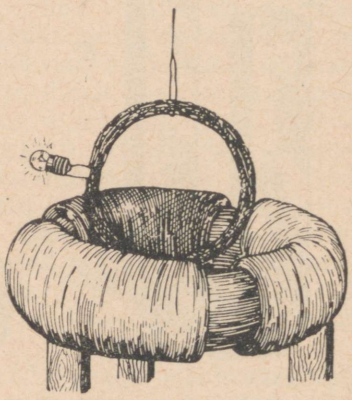


Joon. 260. Õpilaste poolt kodustel füüsikakatsetel hobuserauast valmistatud elektromagnet.

Elektromagneti valmistamine hobuserauast on kohane ainult koduste füüsikakatsete korraldamisel (joon. 260).

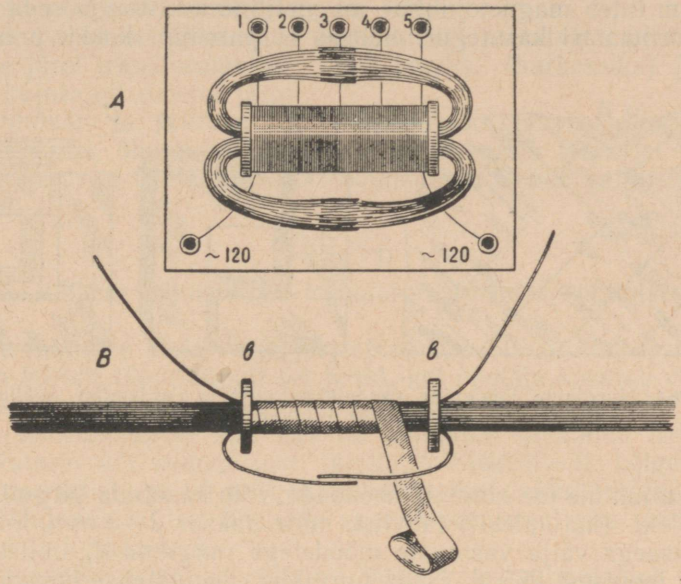
VI Lihtsaimad transformaatorite südamikud. Kooli tingimustes on kõige lihtsam ja jõukohasem valmistada transformaatorite südamikke ahjutraadist (raud) (§ **14**, 2, II). Niisuguseid südamikke on kahte tüüpi — rõngakujulisi (joon. 261) või joonisel 262 *A* näidatud välimusega. Rõnga väärtuseks on tema valmistamise lihtsus ja hea magnetiline juhtivus, suureks puuduseks on aga talle mähise keeruline asetamine, sest niisugune südamik ei ole lahtivõetav. Rõngassüdamiku valmistamiseks tarvitatakse puust kettakujulist šablooni, millele on kinnitatud puukruvide abil puidust või parem rauast liistud (joon. 263). Enne mähkimist tuleb südamiku sidumiseks aegsasti asetada mitmesse kohta tugeva paela tükke *a*. Rõngakujuline südamik on eriti kohane kolmefaasise voolu asünkroonmootori mudeli valmistamiseks (joon. 261) (vt. F. E., k. V, § **9**, 8 ja joon. 219 ning järgnevad).

Selleks et valmistada joonisel 262 *A* näidatud tüüpi südamikku, lõigatakse lõõmutatud raudtraat niisuguse suurusega tükkideks (joon. 262 *B*), et pärast pooli ümber painutamist traadi otsad läheksid üksteisest 3—4 *cm* üle. Tihedasti seotud (vajaliku ristlõikepindalaga) traadikimbule asetatakse kaks vineerist ketast *b* ja mõnedel traatidel painutatakse ketastest väljaulatavad otsad väljapoole, selleks et vältida nende paigalt nihkumist pooli mähkimisel. Kõige parem on ketaste vahelisele osale mähkida 2—3 kihti isoleerpaela, mille peale mähitakse pool, vastavalt arvutuse teel saadud andmetele (jagu 16). Pärast mähkimise lõpetamist painutatakse traadid kahele poole, nagu on näidatud joonisel 262 *B*. Painutatud traatide otsad



Joon. 261. Rõngakujuline südamik transformaatori mähkimiseks või kolmefaasise voolu asünkroonmootori mudeli valmistamiseks, (niidi otsa riputatud traadiviht, millesse on lülitud süttiv lambike, pöörleb).

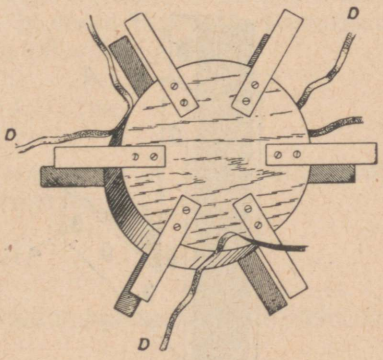
tuleb tihedasti omavahel kinni siduda (§ 24, 4, I ja joon. 343) nööriga, mitte aga traadiga, sest traat moodustab transformaatori lühistatud parasiitmähise.



Joon. 262. Raudtraadist südamikuga lihtsaima transformaatori konstruktsioon (1—5 väljavõtted mähise sektsioonidest).

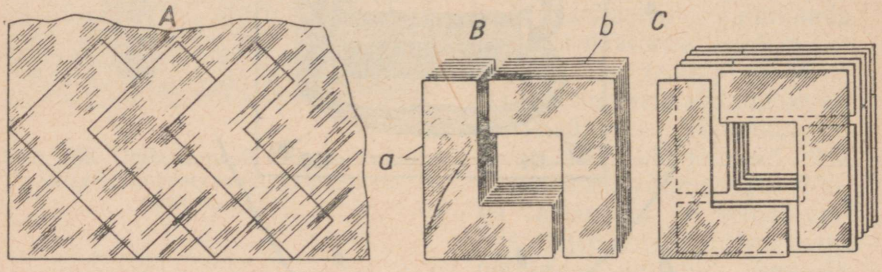
VII Transformaatorite normaalsüdamikud. Transformaatori südamiku valmistamine plekist või katuseplekist on ebaratsionaalne — nagu juba nimetasime, suure töövaeva tõttu. Esitame aga siiski tähtsamad juhendid niisuguse südamikutüüpi magnetojuhtme valmistamiseks.

Raud lõigatakse tahvlist nurgiku kujul, nagu on näidatud joonisel 264 *A*. Mida korralikum oli lõikamine, seda vähem vaeva tuleb hiljem näha südamiku külgede viilimisega nende õgvendamisel. Magnetojuhet võib kokku panna kahe võttega: otseti (joon. 264 *B*) ja lapiti ülestikku (joon. 264 *C*). Otseti kokkupanemisel magnetojuhe koostatakse eri osadest *a* ja *b* (joon. 264 *B*). Südamiku mõõted sõltuvad



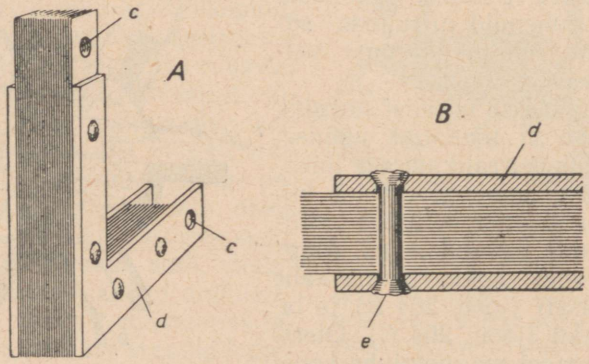
Joon. 263. Raudtraadist rõngakujulise südamiku mähkimise šabloon.

ehitatava transformaatori võimsusest (jagu 18, III). Vaadeldava võtte kasutamisel asetatakse üks nurgik teise peale, pannes nende vahele õhukesest maispaberist vahekihi, mis on immutatud asfalt- või šellaklakiga. Mida paremini on plaadid kokku pressitud, seda väiksem tuleb magnetojuhtme magnetiline takistus ja seda kõrgem transformaatori kasutegur. Selleks et paremini kokku pressida ja



Joon. 264. Nurgikute lõikamine raudplekitahvlist ja südamiku kokkupanemise kaks võtet: otseti (*B*) ja lapiti ülestikku (*C*).

magnetojuhtme osi kindlalt ühendada, võib kasutada järgmist võtet. Raudpleki- (katlapleki-) tahvlist, mille paksus 2—3 *mm*, lõigatakse metallisaega välja vastavate mõõdetega nurgikud *d*, millede kuju selgub joonisest 265 *A*. Need nurgikud ühendatakse omavahel otstest laiaks needitud pulkadega *e* (joon. 265 *B*). Needitakse ühetasa plaatide *d* pinnaga, mistõttu augud pulkadele tuleb süvitada. Pulkade *e* läbipanemiseks puuritakse plaatidesse augud. Augud *c* (joon. 265 *A*) tehakse poltide läbipanemiseks, mis kinnitavad südamiku pooled teineteisega. Kirjeldatud tüüpi magnetojuhet on kerge tarviduse korral kaheks pooleks lahutada ning poolid järelevaatuseks



Joon. 265. Lahtivõetava transformaatori südamiku üks pooltest.

ja remondiks maha võtta. Magnetilise takistuse vähendamiseks tuleb kõige hoolikamalt viilida magnetojuhtme otste kokkutulevate osade tasapindu, nii et nad tihedalt külgneksid kogu pinnaga. Isegi väike õhuvahekiht selles kohas võib avalduda transformaatori töös kõige ebasoodsamal viisil (jagu 15, IV).

Kokkupanemise teise võtte kasutamisel asetatakse plaadikesed üksteise järel transformaatori pooli kereks (karkassiks) joonisel 264 *C* kujutatud skeemi järgi.

Sekundaar- ja primaarpooli mähkimiseks tehakse kered (karkassid) papist, õhukesest puidust või õhukesest vineerist. Nende mõõted sõltuvad transformaatori võimsusest. Nende valmistamisest vt. § 20, 13.

18. Väikese võimsusega transformaatorite arvutamisest.

I Arvutamise otstarve ja järjestus. Allpool esitatud arvutamise võte on küllalt täpne ainult sel juhul, kui õpetaja kasutab vabrikus valmistatud südamikku, mis on saadud mingist kõlbmatuks muutunud transformaatorist. Kui aga ta valmistab südamiku ise (harilikult katuse- või valgeplekist, järelikult elektriliselt kõige halvemast materjalist) ja tal pole vastavaid oskusi lukksepatöös, selleks et teha südamik küllalt tihe, siis saavad arvutused olla vaid orienteerivad ja ligikaudsed.

Lihtsustatud arvutus, esitatud järgnevates alljaotustes II—IV, koosneb mitmest järgust: a) võimsuse määramine, b) raudsüdamiku arvutamine ja c) transformaatori mähiste arvutamine. Allpool toodud arvutus on kehtiv jõutransformaatoritele võimsusega mitte üle 1000 *W*.

II Võimsuse arvutamine. Transformaatori võimsus, mis saadakse ühelt või mitmelt (raadiolampide ja kenotroni küte, anoodi toitevool) sekundaarmähiselt, määratakse kindlaks kui sekundaarmähiste võimsuste summa nende täiskoormusel. Üksikute sekundaarmähiste võimsus arvutatakse nende pingete ja voolu tugevuste korrutisena. Seega on transformaatori koormuse täisvõimsus P_2:

$$P_2 = I_1U_1 + I_2U_2 \text{ jne.}$$

Kõige sagedamini ehitatakse transformaator ühe sekundaarmähisega. Siis on tema sekundaarne võimsus:

$$P_2 = IU.$$

N ä i d e. 1. Arvutada transformaator kinolambi toitmiseks vooluga 5 *A* ja pingega 12 *V*.

L a h e n d u s. Sekundaarmähise võimsus võrdub:

$$P'_2 = I'_2U'_2 = 5 \cdot 12 = 60 \text{ } W.$$

Näide 2. Arvutada transformaator kaarleegi toitmiseks vooluga 12 *A* pinge jaoks 60 *V*.

Lahendus. $P''_2 = I''_2 U''_2 = 12 \cdot 60 = 720$ *W*.

Väikese võimsusega transformaatorite kasutegur kõigub harilikult 70 kuni 90%. Transformaatoritel kuni 1000 *W* on ta keskmiselt 75%. Seepärast on primaarvõimsus, mida võetakse valgustusvõrgust, 25% võrra suurem kasulikust sekundaarvõimsusest P_2. See primaarvõimsus leitakse valemi järgi: $P_1 = 1{,}25\ P_2$.

Seega meie poolt vaadeldud näidete jaoks primaarmähise toitmiseks vajalikud võimsused:

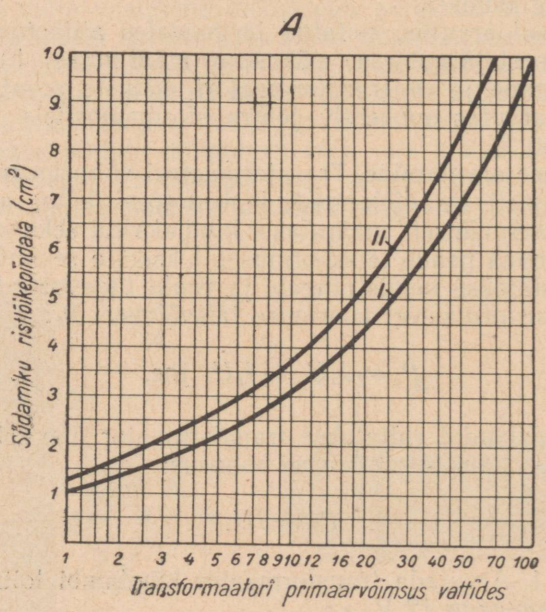
$P'_1 = 1{,}25 \cdot P_2 = 1{,}25 \cdot 60 = 75W$;

$P''_1 = 1{,}25 \cdot P_2 = 1{,}25 \cdot 720 = 900$ *W*.

III Raudsüdamiku arvutamine. Raudsüdamiku ristlõikepindala suurus (S) määratakse ainult primaarvõimsusega P valemite järgi:

$S = \sqrt{P_1}$ (transformaatoripleki paremate sortide jaoks) ja

$S = 1{,}2\sqrt{P_1}$ (halvema kvaliteediga raua jaoks).



Joon. 266 *A*. Graafik transformaatori südamiku ristlõikepindala suuruse valikuks sõltuvalt tema võimsusest (kuni 1000 *W*).

Võimsus P peab olema väljendatud vattides, siis ristlõikepindala määratakse cm^2-tes. Transformaatoritele võimsusega alla 100 W saab südamiku ristlõikepindala määrata graafiku järgi (joon. 266 A). Selles graafikus kõver I vastab parema kvaliteediga rauale, II aga raua halvematele sortidele.

Leiame südamikkude ristlõikepindalad meie poolt vaadeldud näidetele:

$$S' = 1{,}2\sqrt{75} \approx 10{,}3\ cm^2.$$

$$S'' = 1{,}2\sqrt{900} = 36\ cm^2.$$

Seega ei saa meie poolt arvutatavate transformaatorite ristlõikepindalasid võtta arvutatud suurustest väiksematena. Südamiku võib teha ümmargusena, ruudu- või ristküliku-kujulisena.

Südamiku pikkuse ja laiuse, samuti tema ristlõike mõõted võib valida täiesti meelevaldselt, kui aga südamiku ristlõikepindala suurus on jääv ja magnetojuhtme (jõujoonte tee) pikkus lühim.

Mõnedel juhtudel on õpetajal praktiliselt tähtis lahendada ümberpöördud ülesanne, s. o. määrata kindlaks transformaatori võimsuste võimalused kabinetis oleva südamiku jaoks. Nii näiteks kui südamiku ristlõikepindala on 20 cm^2, siis temast saab teha transformaatori, mille primaarvõimsus võrdub:

$$P_1 = \frac{S^2}{1{,}4} = \frac{20^2}{1{,}4} \approx 285\ W.$$

IV Mähiste arvutamine. Keerdude arv 1 V-se pinge (N_0) kohta on seotud südamiku ristlõikepindalaga (S) väga lihtsa sõltuvusega: N_0S on suurus, mis muutub 40-st kuni 80-ni. Harilikult võetakse keskmine väärtus:

$$N_0S = 60.$$

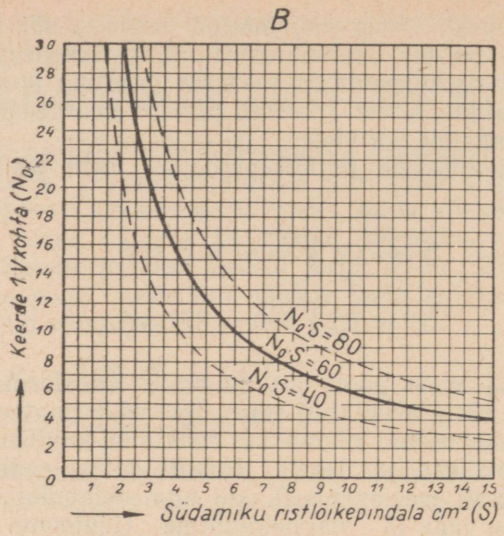
Keerdude arvu 1 V-se pinge kohta võib teada saada ka graafikust joonisel 266 B, kus kõver $N_0S = 40$ vastab parematele rauasortidele, kõver $N_0S = 80$ — halvematele ja kõver $N_0S = 60$ — keskmistele sortidele.

Leiame meie poolt vaadeldavate näidete jaoks graafiku järgi keerdude arvu 1 V-se pinge kohta, arvestades raua kõige halvema kvaliteediga:

$$N_0' = 7{,}8 \text{ keerdu 1 } V \text{ kohta;}$$

$$N_0'' = \frac{80}{S''} = \frac{80}{36} \approx 2{,}2 \text{ keerdu 1 } V \text{ kohta.}$$

Mistahes mähise, nii primaar- kui ka sekundaarmähise keerdude



Joon. 266 *B*. Graafik keerdude arvu määramiseks transformaatori mistahes mähise 1 *V*-se pinge kohta, sõltuvalt südamiku ristlõikepindalast. Rasvane joon on keskmise kvaliteediga plaatide jaoks; kõver $N_0S = 40$ — paremat sorti plaatide jaoks või intensiivse jahutamise puhul; kõver $N_0S = 80$ — halvemat sorti plaatide jaoks.

arv määratakse tarvisminevate voltide arvu lihtsal korrutamisel N_0-ga. Leiame meie poolt arvutatavate transformaatorite jaoks keerdude arvud ja saame:

$N'_1 = 120 \cdot N'_0 = 120 \cdot 7{,}8 \approx 936$ keerdu ja
$N'_2 = 12 \cdot 7{,}8 \approx 94$ keerdu;
$N''_1 = 120 \cdot 2{,}2 = 264$ keerdu ja
$N''_2 = 60 \cdot 2{,}2 = 132$ keerdu.

Juhtme läbimõõt valitakse mistahes mähise jaoks järgmiste kaalutluste põhjal: voolu tihedus[1] võetakse harilikult mistahes mähise jaoks ühesugune; selle suuruse määrab ainult transformaatori võimsus.

Transformaatorite jaoks:
võimsusega kuni 75 *W* võetakse tihedus 2 A/mm^2;
võimsusega 75 kuni 300 *W* — 1,6 A/mm^2 ja
võimsusega 300-st kuni 1000 *W* — 1,3 A/mm^2.

[1] Voolu tiheduseks nimetatakse voolu tugevust, mis tuleb juhi ristlõikepindala 1 mm^2 kohta.

Kooskõlas voolu nende tihedustega saab arvutada mistahes mähise juhtme läbimõõtu, sõltuvalt seda mähist läbiva voolu tugevusest, valemite järgi

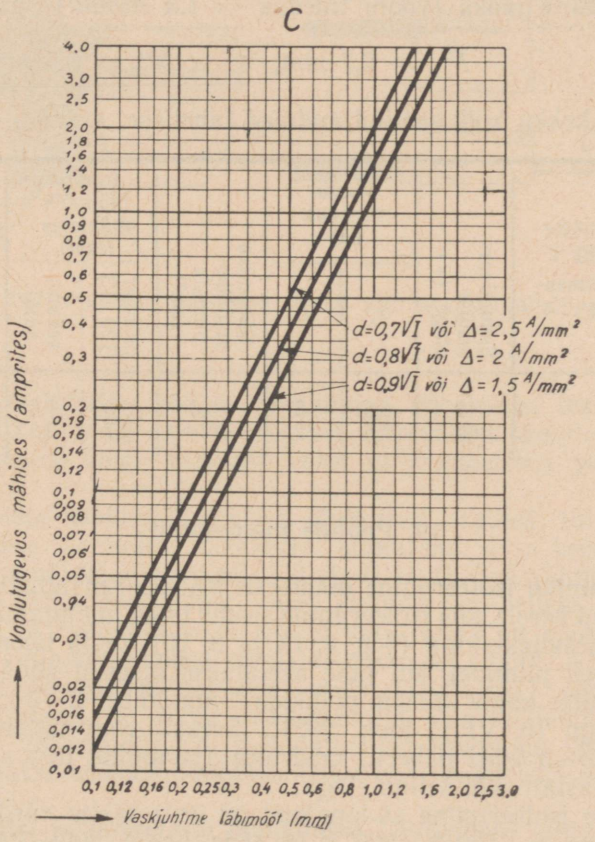
$$d = 0{,}8\sqrt{I}$$ (võimsuste jaoks kuni 75 W);

$$d = 0{,}9\sqrt{I}$$ (võimsuste jaoks 75—300 W);

$$d = \sqrt{I}$$ (võimsuste jaoks 300—1000 W)

või joonise 266 *C* graafiku järgi.

Meie poolt vaadeldavate transformaatorite näidetel, kus kasulikud võimsused on 60 W ja 720 W, saame voolu tihedused vastavalt 2 A/mm^2 ja 1,3 A/mm^2.



Joon. 266 *C*. Graafik juhtme läbimõõdu valikuks mähises etteantud voolutugevuse ja valitud voolutiheduse järgi.

Arvutatavate transformaatorite primaar- ja sekundaarmähistes juhtme ristlõikepindala leidmiseks arvutame vastavad voolu tugevused:

$$I'_1 = \frac{P'}{U'_1} = \frac{75}{120} \approx 0{,}6\ A; \qquad I'_2 = \frac{P'}{U'_2} = \frac{60}{12} = 5\ A;$$

$$I''_1 = \frac{P''}{U''_1} = \frac{900}{120} \approx 7{,}5\ A; \qquad I''_2 = \frac{P''}{U''_2} = \frac{720}{60} = 12\ A.$$

Esitatud seoste järgi arvutuste asemel kasutame graafikut joonisel 266 *C*.

Esimese näite jaoks voolu tihedusel 2 A/mm^2 leiame juhtme (vask) läbimõõdu *mm*-tes:

primaar- (võrgu) mähise jaoks $N'_1 = 0{,}6$ *mm* ja sekundaarmähise jaoks $N'_2 = 1{,}8$ *mm*.

Teise näite jaoks (voolu tihedus = 1,3 A/mm^2) saame:

$$N'_1 = 2{,}7\ mm; \qquad N''_2 = 3{,}5\ mm.$$

Võttes kokku kõik saadud andmed tabelisse, saame:

Transformaator pingele 120 *V* kasuliku võimsusega (*W*)	Sekundaarmähise pinge (*V*)	Voolu tugevus (*A*)		Südamiku ristlõikepindala (cm^2)	Juhtme läbimõõt mähistes (*mm*)		Mähiste keerdude arv	
		I_1	I_2		primaar (120 *V*)	sekundaar	primaar (120 *V*)	sekundaar
60	12	0,6	5	10,3	0,6	1,8	936	94
900	60	7,5	12	36	2,7	3,5	264	132

19. Poolide mähkimine.

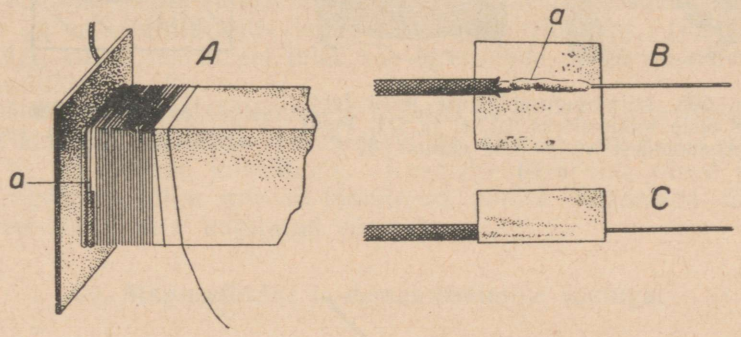
I Südamiku isoleerimine mähisest. Kui pool mähitakse varemalt valmistatud kerele, siis isoleerimine seisab tema immutamises asfalt[1]- või parem šellaklakiga (§ 9, 2, IX ja 9, 10), mida tehakse pintslikesega. Neil juhtudel, kui juhe asetatakse otseselt südamikule, on isolatsiooniks kõige lihtsam mähkida tema ümber 2—3 kihti isoleerpaela (jagu 16, VI ja joon. 262). Samuti võib südamiku ümber mähkida 2—3 kihti paberit, määrides (ja muide just sellega teda liimides) asfalt- või šellaklakiga.

Mähise isoleerimine südamikust on eriti tähtis võrdlemisi kõrgete pingete — 120 *V*, 220 *V* ja seda enam 600—700 *V* jaoks

[1] Asfaltlakk on vähem sobiv, sest asfalt pehmeneb madalamal temperatuuril kui šellak.

(anoodtransformaatorid), selleks et mitte lubada isolatsiooni läbilöömist korpusele.

II Otste väljatoomine ja mähiste väljavõtted. Pooli otste väljatoomine toimub harilikult painduva ja mitmekiulise juhtme abil, mis on võetud näiteks nöörjuhtmest ШР või veel parem ШРГ-st (jagu 2, III ja joon. 230). Tõepoolest, voolu mähise alguse juurde viiva juhtme otsa murdumine nõuab tema täielikku ümbermähkimist; painduvad juhtmed aga on kindlamad. Mähised algavad seega painduva juhtme *a* 2—3 keeruga, ja siis, jootnud tema otsa külge mähkimisjuhtme ning isoleerinud samuti jootekoha kahekorra kokkupandud paberikesega, jätkatakse mähkimist (joon. 267 *A*—*C*).

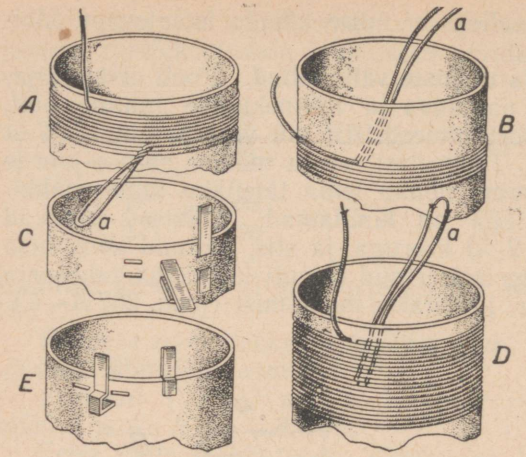


Joon. 267. Painduva juhtmega tehtud mähise otsa väljatoomine.

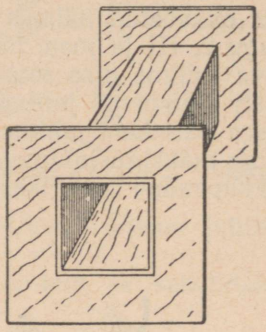
Erand on lubatav poolide mähkimisel võrdlemisi jämeda juhtmega ($d \geqslant 2$—3 *mm*) samuti siis, kui väljavõtted ühendatakse alatiseks klemmide külge korpusel, kuhu on monteeritud pool (joon. 268 *A*).

Väljavõtete saamiseks mähise üksikutest osadest tuleb panna juhe vajalikes kohtades kahekorra silmusena *a* ja keerutada ta kokku, nagu näidatud joonisel 268 *A*, *B* ja *D*. See võimaldab läbi saada ilma jätkamiseta, mis nõuab jootmist ja sellele järgnevat isoleerimist. Kirjeldatud viisil tehtud väljavõtted on kõige soovitavam pista väljapoole, tehes poolikere otstesse augud. Ühekihiliste südamikuta poolide mähkimisel, mida tarvitatakse raadiovastuvõtjate ehitamisel, on kõige ratsionaalsem viia väljavõtted pooli sisse (joon. 268 *B*, *D*). Kui mähkimine on lõpetatud, ühendatakse ning joodetakse mähkimisjuhtme lõppu nagu tema algussegi painduv juhe.

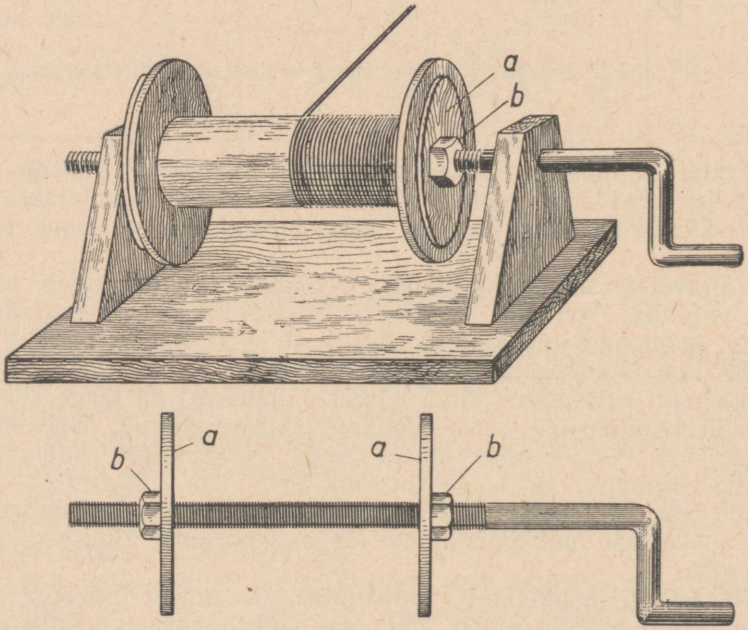
III Käsitsi ja pingikesel mähkimine. Enamikul juhtudel mähitakse poolid puidust (joon. 269) või papist aegsasti valmistehtud karkassidele (§ 20, 13 ja joon. 335). Juhtmeid, millede jämedus on 0,5 *mm* ja suurem, mähitakse, asetades keerud tihedasti üksteise



Joon. 268. Mitmesuguseid viise pooli juhtmete otste töötlemiseks (*A*, *C* ja D). Pooli sektsioonidest väljavõtete ehitus (*A*, *B* ja *D*).



Joon. 269. Liimitud vineerist karkass (poolikere).



Joon. 270. Poolide kerimise pingike.

kõrvale ja pingutades seejuures üsna tugevasti traati. Niiviisi mähkida võib traatide puhul läbimõõduga $d = 0{,}5—0{,}8$ *mm*, hoides karkassi käes või kasutades keripinki (joon. 270). Juhtme puhul läbimõõduga üle 1 *mm* tuleb harilikult kasutada abilist. Kui pooli ristlõige on ristkülik, siis tuleb vastavalt sõrmega surudes, painutada juhet pooli servadel.

Peened juhtmed ($d \leqslant 0{,}3$ *mm*) aga tuleb kerida omavalmistatud keripingikesel, mis koosneb traadist tehtud võllist vändaga (joon. 270). Kõige parem on, kui võll on varustatud keermestikuga, siis, asetades võllile kaks vineerist kettakest *a*, võib nende vahele mutrite abil pigistada kindlalt karkassi ja just sellega teda tsentreerida.

Peenikeste juhtmete mähkimine keerd keeru kõrvale ja kiht kihi peale ei ole võimalik, kuid siiski tuleb jälgida seda, et karkassi sees juhe asetseks enam-vähem ühtlaselt. Peenikeste juhtmete mähkimisel on eriti tähtis mitte lubada kuurdude tekkimist (joon. 234 A_1—A_3), kuuru tekkimisel tuleb see õgvendada, nagu on näidatud joonisel 234 B_1—B_3.

IV Mähise otste töötlemine. Mähise otsad ja väljavõtted on kõige kindlam ühendada klemmide külge, mis on kinnitatud vastavalt 13. jaos antud juhenditele. Raadiopoolidel võib otsad joota messingribade külge, mis on kinnitatud papist karkassiga ühega joonisel 268 *C* ja *E* kujutatud võtteist.

20. Magneetimine ja demagneetimine vooluga.

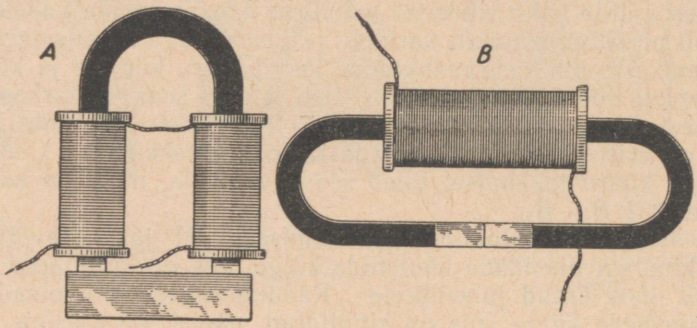
I Magneeditav materjal. Terasvarraste magneetimine permanentmagnetite abil on üldiselt tuntud. Puuduseks on siin see, et magneeditav varras on alati nõrgemalt magneeditud kui see magnet, millega magneeditakse. Seepärast tuleb tugevaks magneetimiseks kasutada elektrivoolu.

Kõige sagedamini tuleb õpetajal magneetida kabinetis olevaid magneteid, mis on demagneetunud halva hoidmise või käsitsemise tõttu. Nende magnetite hulgas võib leida ka vardaid magnetiliselt halvast terasest, mida ei saagi õieti tugevasti magneetida ja mis kaotab säilitamisel kiiresti oma magnetismi.

Paremateks sortideks magneetimiseks on volfram-, kroom- ja eriti kobaltterased. Niisuguste teraste lõikmeid (vardakesi) on vahel saada kooli šefiks olevalt organisatsioonilt. Kõik need materjalid annavad pärast magneetiva voolu väljalülimist suurt jääkinduktsiooni. Peale selle on neil suur koertsitiivjõud ja selle tõttu püsivad magnetilised omadused.

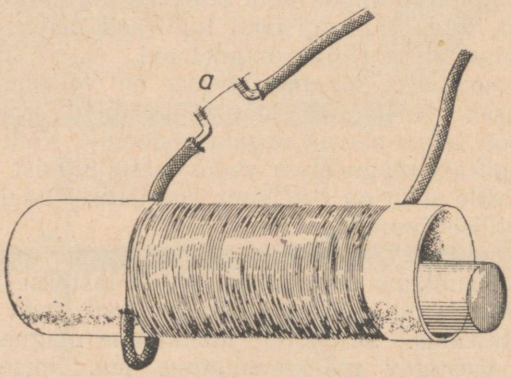
II Magneetimine alalisvooluga. Sirge varda magneetimiseks asetatakse ta südamikuna pooli sisse, millest lastakse läbi võimalikult tugevat elektrivoolu. Mida pikem on pool, seda tugevam on magneetimise tulemus. Eripoolide mähkimine magneetimiseks on koolis vaevalt teostatav mähkimisjuhtme puudumise tõttu; hea eduga võib kasutada poole lahtivõetavast transformaatorist (joon. 30) või elektromagnetismi-alastest komplektidest.

Hobuseraua-kujulistele magnetitele on kõige parem asetada kaks pooli, mis hõlmaksid mõlemat otsa joonise 271 *A* eeskujul. Tähtis on joonisel 271 *A* kujutatud juhul sulgeda magnet ankru abil. Joonis 271 *B* näitab võtet, kuidas ühe pooliga magneetida kahte U-kujulist magnetit. Võrdlemisi lühikesed terasplaadikesed ühendatakse magneetimiseks ankruna tugeva elektromagneti pooluste külge. Pikkade ja peenikeste magnetite saamiseks painutatakse terastraat rõngana ja varustatakse mähisega.



Joon. 271. U-kujuliste magnetite magneetimine.

Väikese keerdude arvuga magneetiva pooli toitmiseks tuleb võtta võimalikult tugevat alalisvoolu. Sagedasti kasutatakse lühiajaliselt väga tugevat voolu, mis kestva koormuse puhul võib mähise läbi põletada. Sel juhul ei tohi muidugi kasutada akumulaatoreid, selleks et vältida nende riknemist, vaid vool tuleb võtta mootorgeneraatorist. Vooluring suletakse seejuures ainult silmapilguks mitu korda järjest, ja kui magneetimine polnud küllaldane, siis korratakse voolu sisselülimist. Vooluringi automaatse katkes-



Joon. 272. Mähis magneetimiseks vahelduvvooluga.

tuse saamiseks lülitakse järjestikku pooliga kõige peenem traadike ($d = 0{,}1$ *mm*), mis voolu sisselülimisel silmapilkselt läbi põleb (joon. 272).

III Magneetimine vahelduvvooluga. Magneetimiseks võib kasutada samuti tugevat vahelduvvoolu, lülides selleks pooli väga lühikeseks ajaks vinnaklüliti kaudu valgustusvõrku. Magneeditakse katkestamisel ekstravoolu arvel, mis tekib traadikese *a* «kaitsme» läbipõlemise momendil (joon. 272).

IV Demagneetimine. Demagneetimiseks on kõige hõlpsam kasutada vahelduvvoolu. Juhtmete kera või mähist toidetakse sellise tugevusega vahelduvvooluga, et vahelduva välja maksimaalne tugevus oleks suurem magnetvälja tugevusest, millega toimus magneetimine. Pooli sisse asetatakse demagneetimisele kuuluv magnet, võetakse seejärel aeglaselt välja ning viiakse 1—2 *m* kaugusele. Toimingut korratakse mitu korda.

§ 16. KLAASNÕUDE PESEMINE JA KUIVATAMINE.

1. Tööde otstarve.

Füüsikakabinetis ei tohi millalgi olla määrdunud nõusid. Katsete ajal määrdunud nõud tuleb kohe puhtaks pesta ja kuivama panna. Õpetajal tuleb muuseas kõrvalekaldumatult nõuda õpilastelt, et pärast laboratoorseid töid nad annaksid nõud tagasi hoolikalt pestuina.

Tuleb seada reegliks, et lahustatud kemikaale ei tohi jätta katseklaasidesse, seda enam veel keedu- või teistesse klaasidesse ja kolbidesse. Mõned kemikaalid tekitavad vee aurumisel kristalle või tihedaid kõvu sadestusi, mis jäävad nii tugevasti klaasi külge, et nende eemaldamine mehhaanilisel teel on mõnikord võimatu. Erilist kristalliseerumise kahjustust on märgata Leclanche elementide elektroodidel. Igasugused kristallid ja sadestused kõrvaldatakse lahustamise teel, kui sel aga pole tagajärgi, siis keemilisel teel.

Sademega eriti määrdunud nõude pesemine ja kuivatamine nõuab mõningaid teadmisi ja oskusi, mida kirjeldame allpool 3.—8. jaos.

Klaasnõusid kasutatakse füüsikakabinetis laialdaselt kõigepealt hapete, lahuste, tahkete kemikaalide jms. säilitamiseks. Peale selle on klaasnõudeta otse võimatu läbi saada paljude tähtsate katsete sooritamisel (eriti hüdrostaatika ja aerostaatika õppimisel).

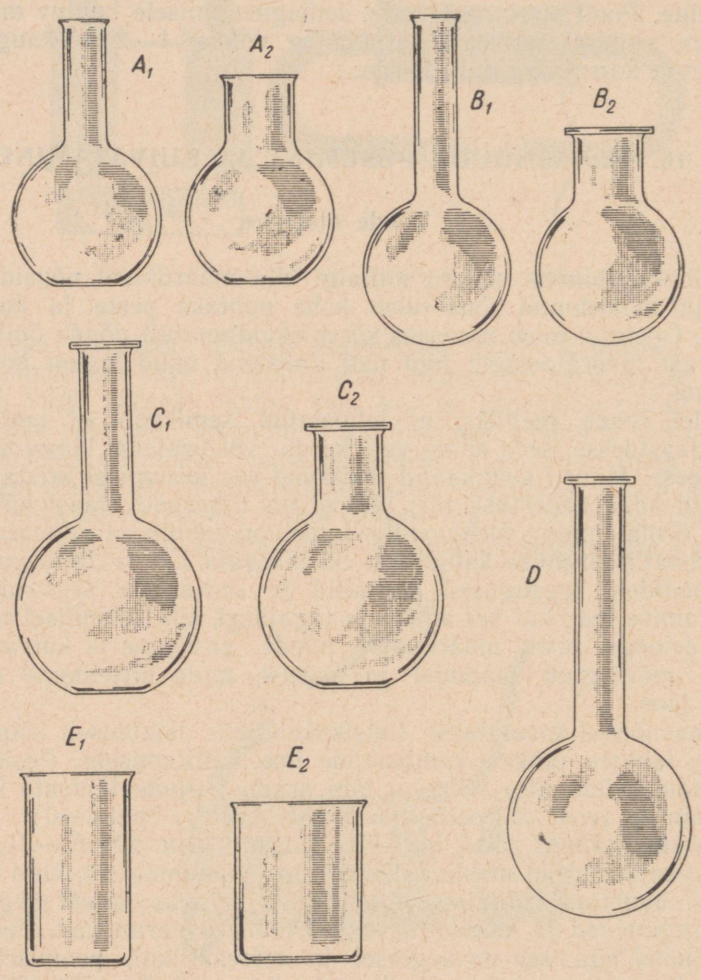
Paksuseinalised nõud, igat liiki purgid (joon. 274 *K*—*P*), pudelid, akvaariumid on mehhaaniliselt väga vastupidavad, kuid ei talu sugugi ebaühtlast või kiiret soojendamist, näiteks otsesel leegil, kus nad pragunevad ja mõnikord isegi kildudeks purunevad. Teatavail tingimustel aga, see on aeglasel ja ettevaatlikul, peamiselt aga ühtlasel soojendamisel, on paksuseinalistes nõudes võimalik kartmatult soojendada vett ja erijuhtudel seda isegi keema ajada.

Keemias kasutatavad klaasnõud on määratud peamiselt soojendamiseks ja seepärast on nende seinad väga õhukesed. Selle asjaolu tõttu on nad aga järelikult mehhaanilistele mõjudele vähe vastupidavad ja nõuavad väga ettevaatlikku käsitsemist.

Järgnevas 2. jaos on toodud mitut liiki tähtsamate nõude lühiandmeid ja kasutamise juhiseid.

2. Klaasnõud.

I Kolvid. Tuleb eritleda kahte liiki kolbe — laiakaelalisi (joon. 273 A_2, B_2 ja C_2) ja kitsakaelalisi (joon. 273 A_1, B_1, C_1 ja D).



Joon. 273. Mitmesuguse kujuga standardkolbe (A—D) ja keeduklaase (E_1 ja E_2).

Laiakaelalised on sobivamad füüsika katseteks, kuid müügil leidub neid harvemini kui kitsakaelalisi. Kolbide suud on kas harilikud, koonusena laienevad (joon. 273 A_1, A_2 ja B_1), või ääristatud, s. o. ümbritsetud paksu klaasäärisega (randiga) (joon. 273 B_2, C_1, C_2 ja D), mis tagab tunduvat vastupanu punniga sulgemisel tekkivatele mehhaanilistele pingutustele.

Põhja kuju järgi jagunevad kolvid lamedapõhjalisteks (joon. 273 A_1, A_2, C_1 ja C_2) ja ümarapõhjalisteks (joon. 273 B_1, B_2 ja D). Lamedapõhjalisi kolbe kasutatakse peamiselt vee soojendamiseks (vedelike paisumine, auru saamine jm.); müügil on neid mitmesuguses suuruses (vt. tabel «Kolbide standardsuurused»). Kõige vajalikumaiks on kolvid mahuga 250 ja 500 *ml*.

Ümarapõhjalised kolvid on tingimata vajalikud katsetes, kus rõhk kolvis on madaldatud, näit.: õhu kaalumisel, vee keemise demonstreerimisel vähendatud rõhu all jne. Lamedapõhjalised kolvid sellistel katsetel tingimata lõhkevad. Veega täidetud ümarapõhjalist kolbi saab kasutada ka kiiri koondava läätsena, asendades sellega näit. kondensorit. Ülalnäidatud katseteks võetakse harilikult kolvid mahuga mitte alla 1000 *ml*.

Kolbide standardsuurused.

Tabel XXVII

			Tagasikäänatud äärtega				Paksu äärisega					
Ligikaudne maht (*ml*)			25	50	100	250	500	750	1000	1500	2500	5000
Kera läbimõõt (*mm*)			42	50	61	84	103	116	128	148	185	205
Lamedapõhjalised	Kitsakaelalised	Üldine kõrgus	74	86	106	147	195	208	230	258	328	393
		Kaela läbimõõt	18	18	18	23	28	28	28	38	38	47
		„ pikkus	35	40	50	70	100	100	110	120	155	175
	Laiakaelalised	Üldine kõrgus		71	86	118	147		128			
		Kaela läbimõõt		28	28	38	38		47			
		„ pikkus		25	30	40	50		65			
Ümarapõhjalised	Kitsakaelalised, pikk kael	Üldine kõrgus			151	184	248	276	298	388		
		Kaela läbimõõt			23	23	28	28	28	38		
		„ pikkus			90	100	145	160	170	210		
	Kitsakaelalised, lühike kael	Üldine kõrgus		75	91	124	153	176	193	213	60	325
		Kaela läbimõõt		18	18	23	28	28	28	28	38	47
		„ pikkus		25	30	40	50	60	65	65	75	90
	Laiakaelalised	Üldine kõrgus	Peale-pandud serva-dega		91	124	153	176	193	218	255	305
		Kaela läbimõõt			28	38	38	38	47	67	67	67
		„ pikkus			30	40	50	60	65	70	70	70

II Keeduklaasid. Keeduklaasid (joon. 273 E_1 ja E_2) on vajalikud vee soojendamiseks; kõigil teistel juhtudel on eelistatavam kasutada harilikke õhukeseseinalisi teeklaase, mis on vastupidavamad mehhaanilistele mõjudele (joon. 274 *M*). Teeklaasi saab muuseas eduga kasutada elektrolüüsikatsetes, samuti kalorimeetrina laboratoorsetel töödel. Kõige vajalikumad on keeduklaasid mahuga 150 ja 350 *ml* (vt. tabel «Standardklaasid»).

Standardklaasid.

Tabel XXVIII

Ligikaudne maht (*ml*)	25	50	100	150	200	250	300	350	500	600	800	1000	1500	2000
Kõrged:														
Läbimõõt	33	40	46	52	58	—	66	—	76	—	86	—	—	—
Kõrgus	45	60	88	98	107	—	119	—	152	—	191	—	—	—
Madalad:														
Läbimõõt	—	—	—	—	—	70	—	78	—	86	94	100	112	124
Kõrgus	—	—	—	—	—	90	—	115	—	141	161	174	202	223

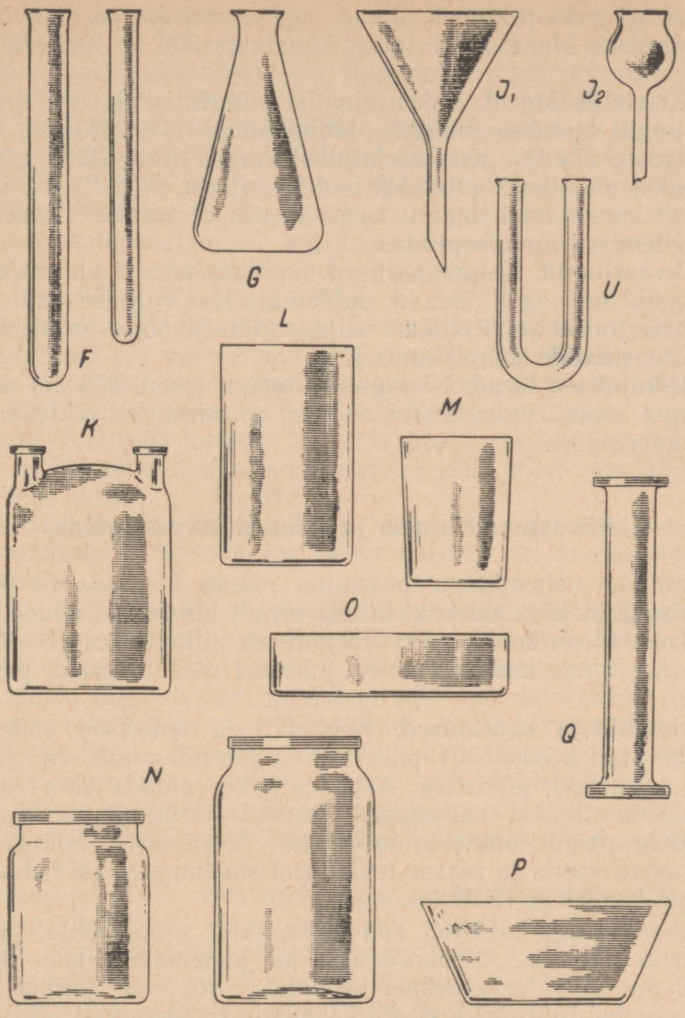
III Katseklaasid. Katseklaasid on kõige sagedamini pikkusega 12 ja 15 *cm*, läbimõõduga 1,3 ja 1,5 *cm* (joon. 274 *F*). Katseklaaside ülesanne on väga mitmesugune; neid võib kasutada muuseas väikeste hulkade kemikaalide säilitamiseks. Väikesi katseklaase, näit. karteesiuse tuukriks tuleb valmistada endal (§ **19**, 12).

IV Koonilised kolvid. Koonilised kolvid on palju laiema kaelaga kui harilikud kolvid (joon. 274 *G*) ja seisavad kindlamini püsti, mis on nende suureks eeliseks. Seepärast tuleb neid soovitada füüsikakabinettidele harilike kolbide asemel. Paksuseinalised koonilised kolvid gaasi ärajuhtimistoruga on väga kasulikud filtreerimiseks vähendatud rõhu all (§ 24, 17, III ja joon. 410). Koonilisi kolbe on mahuga 250, 500 ja 1000 *ml*.

V Lehtrid. Lehtrid on väga sobivad vedelike valamiseks pudelitesse ja filtreerimiseks (§ **24**, 17). Müügil on lehtreid läbimõõduga 3,5; 5,5; 7 ja 10 *cm* (joon. 274 J_1). Kerakujulise laiendi ja pika toruga väikesed lehtrid (joon. 274 J_2) on vajalikud gaaside saamisel keemilisel teel ja katsetel, mis näitavad rõhku vedeliku sees.

VI Klaassilindrid. Silindrilisi paksuseinalisi ääriseta nõusid (joon. 274 *Q*) (4×30 *cm* ja 6×40 *cm*) kasutatakse demonstratsioonideks areomeetriga, difusiooni näitamiseks, äärisega — katseks karteesiuse tuukriga jt.

VII Wulffi pudelid. Kahekaelalised paksuseinalised silindrilised nõud, nimetatud Wulffi pudeliteks (joon. 274 *K*), on väga kasulikud gaaside, nagu vesiniku ja süsihappegaasi saamisel. Wulffi pudel on ka tingimata vajalik kaitsena veejoapumba ülesseadmisel. Müügil on neid pudeleid mahuga 500 ja 1000 *ml*.



Joon. 274. Mitut liiki nõusid (*F* — katseklaasid, *G* — kooniline kolb, J_1 ja J_2 — lehtrid, *K* — Wulffi pudel, *L* — elemendipurk, *M* — teeklaas, *O* — kristallisaator, *P* — piimakauss, *Q* — gaasi kogumise silinder, *N* — klaasist konservipurgid).

VIII Silindrilised purgid. Silindrilised lahtised paksuseinalised purgid leiavad sagedasti ja üldtuntud kasutamist füüsikakatsetes, näit. hüdrostaatikas jm. (joon. 274 *L*). Ilma niisuguste purkideta on lausa võimatu läbi saada. Müügil on neid silindriliste nõude kujul akvaariumide jaoks (20×29 *cm*, 25×25 *cm* ja 30×30 *cm*) või klaasidena galvaani elementide jaoks mahuga 500, 800, 1000 ja

2000 *ml*. Mõnedel juhtudel võivad neid asendada keediste purgid ja standardsed klaaskonservipurgid mahuga 500 ja 1000 *ml* (joon. 274 *N*).

IX Kristallisaatorid. Paksuseinalisi silindrilisi kausse ehk kristallisaatoreid lastakse müügile läbimõõduga 18, 24, 31, 35 ja 40 *cm* (joon. 274 *O*). Koonusekujulisi kausse ($d = 12{,}5$ ja 19 *cm*) nimetatakse mõnikord piimakaussideks (joon. 274 *P*). Nii ühed kui teised kausid on kabinetis väga kasulikud katseteks, mis nõuavad võrdlemisi suurt veepinda.

X Akvaariumid. Neljakandilised suuremõõtelised klaasnõud ehk akvaariumid on väga tähtsad optikakatsetes valguse murdumise demonstreerimisel jt. Piklikud neljakandilised nõud on asendamatud vesireostaatide valmistamisel.

XI U-kujulised torud. Niisugused torud (joon. 274 *U*) leiavad kasutamist metallisoolade elektrolüüsi, gaaside konvektsiooni jm. demonstreerimisel.

3. Kõvastunud ainete ja laikude kõrvaldamine.

Keemiliste vahenditega pesemine nõuab kemikaalide kulutamist, mispärast seda tuleb kasutada ainult hinnaliste nõude korral või kui nõusid on koolis vähe. Järgmistes alljaotustes (I—V) näidatakse kooli praktikas esinevatel juhtudel kasutatavaid pesemise võtteid.

I Kristallid ja sadestused. Kristallid ja amorfsed sadestused (välja arvatud keedukord) pudelites ja purkides, mis on tekkinud lahuste aurumisel, püütakse kõigepealt kõrvaldada vees lahustamisega. Kristallilised sadestused tekivad harilikult vasksulfaadi, kaaliumbikromaadi, ammooniumkloriidi, keedusoola lahuste aurumisel, samuti sooda ja potase tekkimisel süsihappegaasi neeldumise tagajärjel NaOH ja KOH lahustes.

Asetades veega täidetud nõu võimalikult sooja kohta, jäetakse ta mitmeks päevaks, mõnikord aga ka kauemaks ajaks seisma; soovitav on vett vahetevahel loksutada või veel parem vahetada. Enamikel juhtudel kristallid lahustuvad tervenisti, sadestused aga ainult «ligunevad» lahti ja varisevad klaasi küljest. Ainult paksuseinalistest (aga mitte keeduklaasidest), laiakaelalistest purkidest ja teeklaasidest võib katsuda kristallikihti ära kraapida noateraga. Kui sadestus osutub lahustumatuks, nagu näiteks keetmisel tekkiv keedukord, siis valatakse nõusse natuke soolhapet (§ **24**, 3, II) või sööbeleeliste lahust (§ **24**, 3, VI) ja loksutatakse nendega, mille tagajärjel sadestused harilikult hävivad. Pärast seda tuleb nõud vees hoolikalt puhtaks pesta (jagu 4).

II Värnits, õlid, lakk. Puhtaks pesta pudeleid ja purke kuivanud värnitsast, värvist ja lakist ei tasu vaeva. Kui see on aga miskipärast tingimata tarvilik, siis lahustatakse pahtunud õlivärve ja värnitsat sööbeleeliste lahuste abil (§ **24**, 3, VI). Kuivanud lakki

saab lahustada piirituses (§ 9, 2, X), nuuskpiirituses (§ 24, 3, XII) või sööbeleelises. Värnitsat või õlisid (taime- ja mineraalõlisid), mis pole veel jõudnud pahtuda, lahustatakse petrooleumis või bensiinis (vt. alljaotus III).

III Petrooleum. Nõude määrdumine petrooleumiga, kuna viimast tuleb kasutada mõnedeks katseteks (erikaal, ujumine, Joule-Lentsi seadus jm.), ei ole haruldane asi. Petrooleumist saab nõusid hästi puhastada seebilahusega, milleks on kõige lihtsam pudelisse puistata pisut habemeajamisel kasutatavat seebipulbrit, valada sooja vett peale ja loksutada tekkinud segu (jagu 4).

IV Elavhõbe. Elavhõbe, milles on metallide lisandeid (amalgaam), määrib klaasi, jättes talle tumedaid kohti, mõnikord aga ka suuremaid või väiksemaid määrdunud metallilaike. Niisugune mustus eemaldatakse lämmastikhappe abil (§ 24, 3, III), võttes seda 10%-se lahusena. Niisugust võtet tuleb kõige sagedamini kasutada Torricelli toru ja ka elavhõbeda hoiunõu puhastamisel (jagu 6). Lämmastikhappe kasutamise järel tuleb nõu väga hoolikalt veega pesta.

V Sadestused elektroodidel. Juhendid galvaani elementide puhastamiseks ja pesemiseks, mida tehakse uue koostamise puhul, on antud k. II, § 17. p. 5.

VI Laigud klaasil. Valge vine või tuhmumine klaasil, mis on eriti märgatav kuival nõul, esineb harilikult neis pudeleis, kus kauemat aega hoiti sööbeleeliste lahuseid. Kuna see tuhmumine on leeliste poolt klaasi lagundamise tagajärg, siis seda kõrvaldada ei saa.

Klaasi tuhmumine seatinaatsetaadi lahuse tarvitamisel (§ 24, 3, XI) elektrolüüsiks kõrvaldatakse äädikhappelahusega (§ 24, IV).

Kollakaspruunid (rooste-) laigud tekivad klaasil tema pikemaaegsel kokkupuutumisel niiske roostetanud rauaga. Seda raudoksüüdi sadestust saab kõrvaldada pesemise teel soolhappega (§ 24, 3, II).

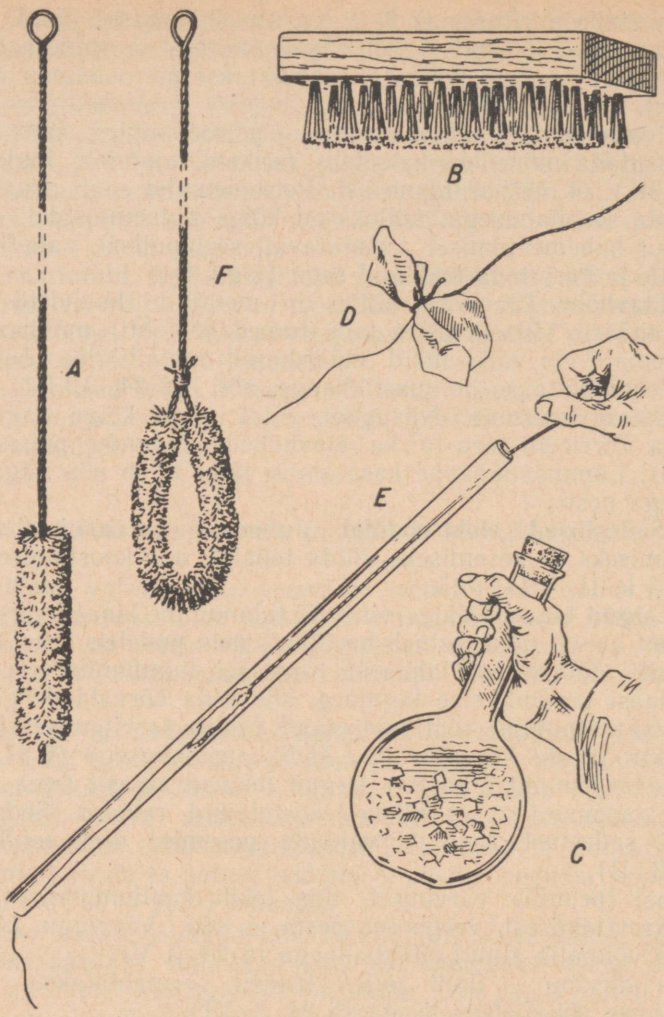
Klaasi (pruuni) värvingut, mis tekib kaaliumpermanganaadi lahuse tarvitamisest, veega ära pesta ei saa. Värvingu kõrvaldamine on võimalik ainult oblikhappega (§ 24, 3, V).

Lilla värving — tindi jäljed klaasil, eemaldatakse kergesti soodalahuse või sööbeleelisega (§ 24, 3, VI).

4. Veega pesemine.

Nõude veega pesemine on üldtuntud võte. Märgime ainult, et laiade torude, katseklaaside ja kolbide pesemiseks on väga kasulik tarvitada pikki ümmargusi harjastest tehtud harju (joon. 275 *A*, *F*) või hane- või kanasulgede kimpu, suurte nõude pesemiseks tuleb aga kasutada kätepesemisharju (joon. 275 *B*).

Kolbidesse ja pudelitesse, eriti kui nende seintele on kleepunud tahkeid osakesi, pannakse ajalehe, pakkimispaberi või kirjutuspaberi (tindita) tükikesi, valatakse poolenisti vett, suletakse punniga või sõrmega ja loksutatakse mõni aeg (joon. 275 *C*). Seebi-



Joon. 275. Pesemisharjad. Kolbide ja torude pesemine.

lahuse või seebipulbri juurdelisamine soodustab ja kiirendab puhastamist.

Klaastorusid pestakse veega, lükates neis edasi-tagasi traadi otsa seotud hügroskoopilise vati toppi (§ 21, 2, I) (joon. 275 *D*). Vati asemel võib võtta pehme (pestud) puuvillariidelapi. Kui toru on avatud mõlemast otsast, siis peale traadi seotakse topi külge veel niit, mis võimaldab kergesti edasi-tagasi liigutamist (joon. 275 *E*). Müügil on torude pesemiseks ümmargusi harjastest harju pikal traatkäepidemel, nagu on näidatud joonisel 275 *A* ja *F*.

Pärast pesemist võib suurt laiakaelalist nõu kuivatada puhta käterätikuga, väikest aga tuleb kuivatada õhu käes.

5. Pesemine destilleeritud veega.

Destilleeritud veega loputamist (§ **24**, 16) pärast hariliku veega pesemist kasutatakse neil juhtudel, kui nõu on määratud keemiliselt puhaste reaktiivide hoidmiseks. Kui pesemiseks tarvitatav vesi on kõva, siis kuivatamisel hallide täppide tekkimise vältimiseks tuleb nõu loputada destilleeritud veega. See on eriti tarvilik Torricelli toru pesemisel.

6. Torricelli toru pesemine.

Torricelli toru puhastamine või vajaduse korral pesemine toimub iga katse eel. Kuigi toru on pärast hoidmist puhas, tuleb teda siiski läbi pühkida kuiva hügroskoopilise vatitopiga (joon. 275 *D*), tõugates viimast küllalt tugeva traadi abil kuni toru kinnise otsani. Juhul, kui torus on tumedaid rõngakujulisi laike, mis tekivad harilikult elavhõbeda endise taseme kohal, siis katsutakse neid ära pesta veega, kui see aga ei õnnestu, siis lämmastikhappe nõrga lahusega (§ **24**, 3, III), mille järel loputatakse mitu korda veega. Kõik see õnnestub suhteliselt kergesti siis, kui toru ülemine ots ei ole kinni sulatatud, vaid suletud punni ja mendelejevi kiti abil, mis kitti soojendades puhastuse eel ajutiseks eemaldatakse. Siis võib mõlemast otsast avatud torusse valada õige peenikeseks venitatud otsaga lehtri abil (joon. 274 J_2) lämmastikhappesambakese ja nihutada seda kas raputamisega või ühest otsast õhku sisse puhudes, kuid tingimata mitte suuga, vaid ühe otsa külge kinnitatud kummist pirniga (§ **17**, 2 ja joon. 281 *A*). Veega pesemiseks tuleb niisugune toru ühendada veevärgi kraaniga või kummipirniga, mille kokkupigistamisel ja lahtilaskmisel sunnitakse vett läbi toru kord sisse, kord välja voolama.

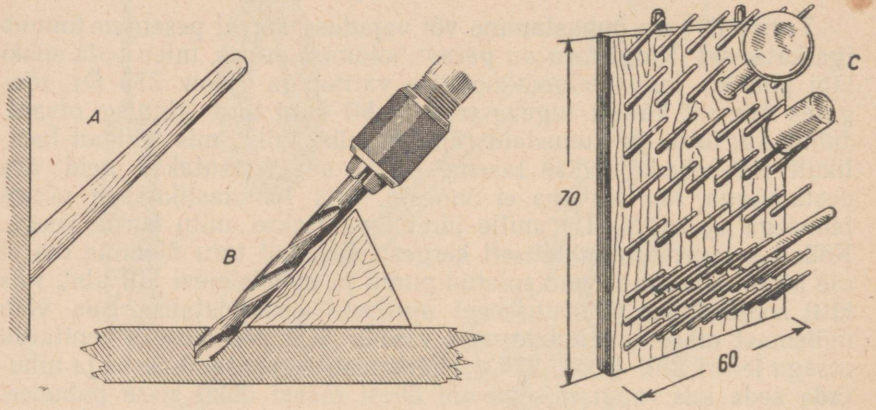
Kinnisulatatud otsaga Torricelli toru on harva niivõrd lai, et temasse saaks vahetult valada lämmastikhapet ja selle järel vett. Seepärast tuleb pesemisel abiks võtta topp — lämmastikhappe jaoks asbestist (§ **21**, 2, IV), vee jaoks aga vatist.

Nagu juba märkisime 5. jaos, on väga soovitav lõpus pesta veel destilleeritud vees niisutatud topiga. Kõige viimaks aga hõõrutakse toru mitu korda võimalikult kuivaks kuiva hügroskoopilise vatitopiga ja jäetakse siis loomulikule kuivamisele.

7. Nõude kuivatamine.

I Loomulik kuivatamine. Nõude kuivatamiseks kabinetis tuleb teha puust kilbitaoline alus (60—70 *cm* × 70 — 100 *cm*) längus puupulkadega ($l = 10 - 12$ *cm* ja $d = 10 - 12$ *cm*) (joon. 276 *A* ja *C*). Need pulgakesed kinnitatakse liimiga (§ 8, 10) sel-

leks kilbisse viltu puuritud aukudesse. Kaldenurk võib olla 45°—50°, kuid tingimata ühesugune kõikidel pulkadel. Seepärast tuleb aukude puurimisel kasutada puust väljalõigatud nurgašablooni, mis juhib puuri kallakut (joon. 276 *B*). Pulgakestele on parem anda veidi koonuse kuju (joon. 276 *A*). Pulkade vahe võetakse katseklaaside jaoks 5—6 *cm*, kolbide ja klaaside jaoks 12—15 *cm*. Lihtsam on kilbisse taguda kõige suuremaid naelu (§ 8, 2, XI), milledel on pead ära lõigatud (§ 11, 7, I), kuid naelad tuleb kindlasti kaks korda õlivärviga üle värvida või, mis on parem, neile kummitorud ümber tõmmata. Vastasel korral naelad roostetavad ja hakkavad jätma nõude sisemusse raskesti kõrvaldatavaid roostelaike (jagu 3, VI).



Joon. 276. Nõude kuivatamise kilp. Pulkade valmistamine.

Pestud kolvid, keedu- ja katseklaasid, mis on kummulipööratult pandud pulkade otsa, kuivavad loomulikes tingimustes harilikult mõne tunni vältel, ebasoodsates tingimustes aga mõne päeva pärast.

II Kuivatamine õhu soojendamise ja läbipuhumise teel. Mõnikord on vaja kuivatada nõusid võimalikult rutem, otsekohe pärast pesemist. Sel juhul on väga kasulik paigutada nõu tervikuna elektripliidilt või põlevalt priimuselt üleskerkiva kuuma õhu soojendavasse voolusse. Kasutada võib ka piirituslampi, soojendades ettevaatlikult nõu leegi kohal, kusjuures teda tuleb tingimata kogu aeg mitte ainult pöörata, vaid muuta ka tema asendit, et ta ei jääks leegis liikumatuks. Seejuures niisugustes nõudes, nagu kolvid ja kitsakaelalised pudelid, hakkab vesi, algul aurates ühelt kohalt, teistes juba jahtunud kohtades kondenseeruma. Jätkates soojendamist võib jõuda nii kaugele, et lõpuks kondenseerumist ei ole enam märgata, kuid jahtumisel kattub nõu siiski higiga temasse jäänud aurude kondenseerumisest. Seepärast on kõige ratsionaalsem kasu-

tada õhu läbipuhumist, milleks juhitakse nõusse kummivoolik, mis on ühendatud Šintsi või Komovski pumba survetoruga või kummipirniga (joon. 281). Kasutades pirni, peame iga kord pärast kokkusurumist ta toru otsa nõust välja tõmbama, selleks et sisse imeda atmosfäärist kuivemat õhku, kui see on kolvis. Kui on käepärast veejoapumba seadeldis, siis võib pudeleid ja kolbe kuivatada võrdlemisi kiiresti, kui, lastes pumba käiku, paigutada hõrendustoru ots kuivatatava nõu põhja.

Sellisel viisil, s. o. läbipuhumisega, kuivatatakse mõlemast otsast avatud torusid.

Vastutavatel juhtudel (puhtuse mõttes) tuleb enne kuivatamist, eriti soojendamise teel, nõu loputada destilleeritud veega, sest muidu jäävad pärast veetilkade äraauramist nõu seintele laigud, seda märgatavamad, mida kõvem oli pesemiseks tarvitatud vesi, nagu sellele juhtisime tähelepanu juba 6. jaos.

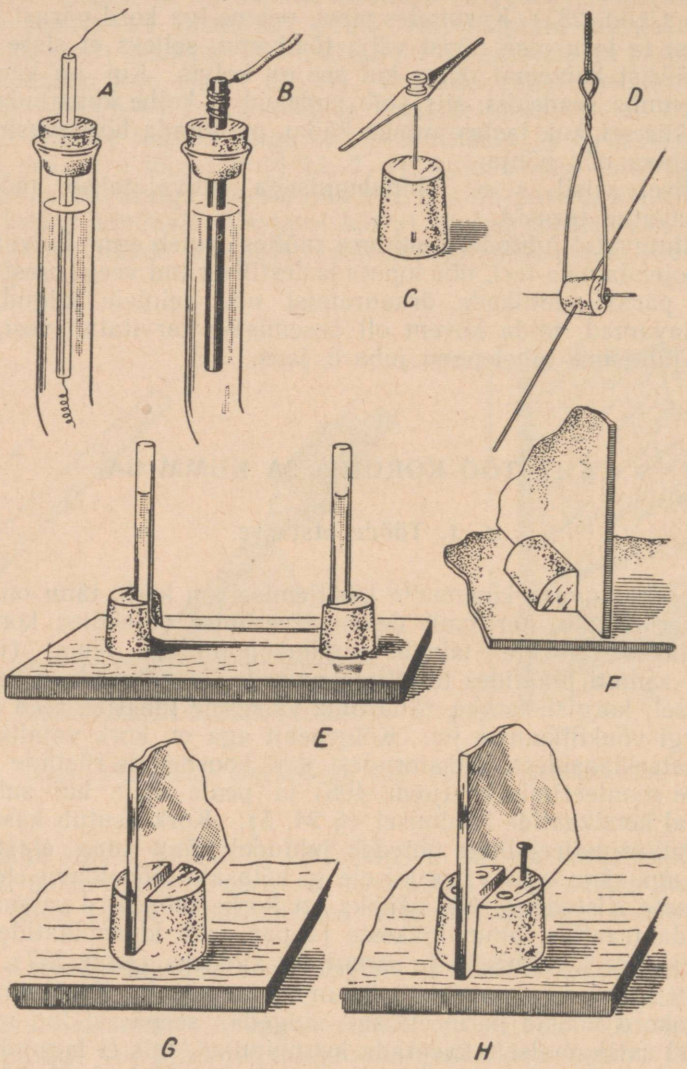
§ 17. TÖÖ KORGIGA JA KUMMIGA.

1. Tööde otstarve.

Kehade ujuvuse küsimuste käsitlemisel on kork, tänu oma väikesele erikaalule, harilikult demonstreerimise objektiks; korgipuru tarvitatakse seisvate lainete tundmaõppimiseks õhus (Kundt'i katse), samuti plaatides tekkivate paisude ja sõlmede paigutuste uurimisel; korgist kerake, tänu oma väikesele massile, teeb ilmsiks helihargi võnkliikumise jm. Kõigepealt aga on kork vajalik kolbidest, katseklaasidest, klaastorudest jms. koosnevate riistade ja seadeldiste monteerimiseks (joon. 405) ja peale selle kui sulgemismaterjal kemikaalide hoidmisel (§ 24, 5). Kork osutub kasulikuks ka montaažimaterjalina: ühtedel juhtudel tänu oma elastsusele, teistel aga tänu oma väga kiirele ja hõlpsale töödeldavusele kõige lihtsamate riistadega. Nii näiteks on korke mõnikord ratsionaalne kasutada traatide, puupulgakeste ja papi- või klaasplaatide ühendamiseks või toetamiseks ja samuti ka alusteks (joon. 277).

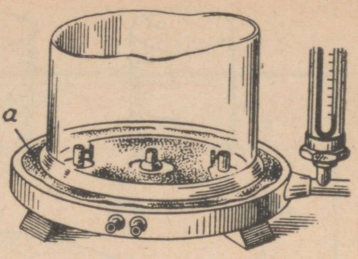
Eriti suure tähtsusega on k u m m i t o o t e d. Korkpunniga ei saa igakord nõusid hermeetiliselt sulgeda, seepärast on mõnedel juhtudel ratsionaalsem kasutada kummipunni, mis ei lagundu nagu kork mõnede kemikaalide, hapete ja leeliste mõjul (§ 24, 5). Kummist punnid on aga palju raskemini töödeldavad kui korgist, mis osaliselt kitsendab nende kasutamise ala. Kummitorude tarvitamise tähtsus gaaside, auru ning vee juhtimiseks, samuti klaas- ja metalltorude hermeetiliseks ühendamiseks on üldtuntud. Kumminiidid on asendamatud mootorite ehitamisel, mis panevad tegevusse lennukite, aerokelkude jms. mudelite propellerid (jagu 2, V).

Lehtkummi leiab laialdast kasutamist hermeetilisuse saavutamiseks klaasi, metalli ja teiste materjalide ühendamisel nii serviti



Joon. 277. Korgi kasutamine riistade monteerimisel (*A*, *B* — elektroodide kinnitamine U-kujulistes torudes, *C* ja *D* — deklinatsiooni ja inklinatsiooninõelte monteerimine, *E* — klaastoru kinnitamine, *F* — papp-plaadi nurgi kinnitamine korgi abil, *G* ja *H* — klaasplaadi kinnitamine).

kui lapiti, aga ka seibide alusteks poltidel, harutorudel jms. neis rõhumise ühtlase jaotamise saavutamiseks. Kummist vaheleht *a* õhupumba kupli ja taldriku vahel (joon. 278), põhjata pudeli ja metallplaadi vahel (joon. 9) ja teistel taolistel juhtudel võimaldab piirduda kokkupandavate osade võrdlemisi jämeda sobivakslihvimisega teineteise külge ja, mis peamine, teeb ülearuseks rasva või tavoti tarvitamise, mis määriks riistu.



Joon. 278. Kummirõngas õhupumba taldriku ja kupli ääre vahel, mille tõttu pole vaja kasutada määrdeõlisid.

Lehtkummist tooted täispuhutavate patjade ja rõngaste näol haigete jaoks on tähtsaiks füüsika katseriistadeks Pascali seaduse demonstreerimiseks nii vedelikes kui ka gaasides. Eriti suur on õhukeste kummikelmete tähtsus, milleta on lausa võimatu tulla toime rõhu demonstreerimisel vedelike sees ja mõnedes õhurõhu katsetes. Jalgpalli õhukumm või, mis veel parem, laste lendavate õhupallide või täispuhutavate mänguasjade balloonid etendavad samuti tähtsat osa gaaside paisumise demonstreerimisel. Peale kummiesemete eeltoodud kasutusviiside tuleb õpetajal remontida või asendada uutega Šintsi õhupumba kummist ventiile, mõnede omavalmistatud katseriistade jaoks (jagu 19 ja joon. 300) aga tuleb teha ka uusi ventiile.

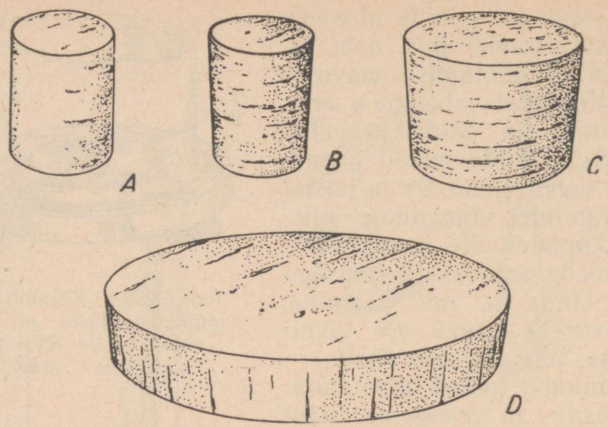
Kummi, tänu tema elastsetele omadustele (allub venitamisel teatud piirides Hooke'i seadusele), tarvitatakse jõudude mõjul tekkivate deformatsioonide demonstreerimisel. Pika kummitoru või nööri abil saab eduga demonstreerida jooksvaid ja seisvaid laineid (vt. F. E. II k., § 48).

2. Materjalid.

I Korkpunnid. Korkpunne ehk korke võib nende kuju järgi liigitada silindrilisteks *A*, koonilisteks *B* ja *C*, lamedateks *D* (joon. 279). Silindrilised korgid, mida harilikult kasutatakse veinipudelite sulgemiseks, leiavad füüsikakabinettides harva kasutamist. Kõige vajalikumaiks on koonilised korgid, millega suletakse kolbide, katseklaaside ja teiste nõude suud. Väga kasulikud on ka lamedad korgid, millega suletakse kemikaalide purke (joon. 274 *N*) jm.

Müügil on nii koonilisi kui ka lamedaid korke väga mitmesuguses suuruses. Koonilise korgi antud suurus vastab harilikult tema alumise (peenema) otsa läbimõõdule. Müügil olevate korkide suuruste vahe on 1 *mm*[1]. Koonilisi korke ostes on kasulikum võtta kõrgemat sorti, nõndanimetatud sametisi, olgugi et nad on pisut kalli-

[1] Korkide kõige vajalikumatest mõõdetest vt. 5. jagu.



Joon. 279. Korkide tüüpilisi vorme (*A* — silindrilised, *B* ja *C* — koonilised, *D* — lamedad).

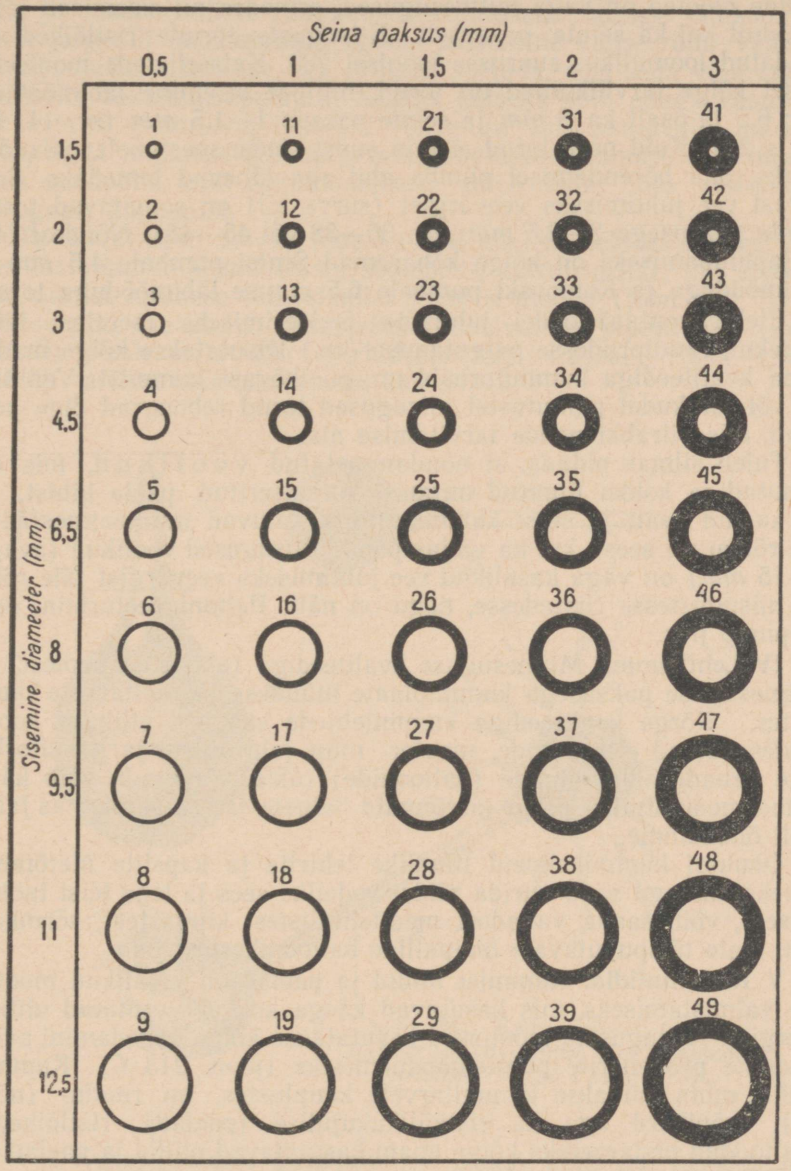
mad. Niisugused korgid on elastsemad ja kõige vähem «urbsed». Peale selle pole urbsed sametkorkide alumised otsad, mis võimaldab sulgemisel saavutada paremat hermeetilisust.

Lamedatele ja kooniliste!e korkidele on iseloomulik, et esimestel paiknevad praokesed piki korgi telge, teistel aga risti sellega. Sellepärast lame kork ilma vastava ülevalamiseta mendelejevi kitiga (§ **10**, 7, IV), parafiiniga või vahaga (§ **10**, 5, III) ei ole kõlblik hermeetiliseks sulgemiseks.

II Vulkaniseeritud kautšuki ehk kummi sordid. Toorkummi ehk kautšuk tuleb igasuguste esemete valmistamiseks enne vulkaniseerida, s. t. ühendada väävliga, muidu muutub ta võrdlemisi madalatel temperatuuridel kleepuvaks. Kautšuk ühineb väävliga nende segu soojendamisel ülekuumendatud auruga.

Loomuliku kautšuki kõrgemat sorti vulkaniseeritakse ilma igasuguste lisanditeta ja ta on suurima elastsusega, s. t. omadusega venimiseks, kokkusurutavuseks, paindumiseks ja väändumiseks. Niisugusest kummist esemed on õhukestes kihtides poolläbipaistvad, meenutavad värvuselt maalriliimi plaati. Mõnikord on nad pinnal halli, läbilõikes aga tumeda värvusega, mis on iseloomulik eraldamiseks madalamatest sortidest. Punane värvus on ka sordi kõrge kvaliteedi tunnuseks. Vulkaniseeritud kautšuki madalamad sordid sisaldavad mitmesuguseid lisandeid («täiteaineid») ja sõltuvalt viimaste hulgast on nad suurema või väiksema elastsusega. Halli värvusega kummist valmistatud esemed, mis on ka läbilõikes halli, mitte aga tumeda värvusega, on vähem elastsed kui kõrgemast sordist esemed.

III Kummitorud. Mitmesugustest müügilolevatest kummitorude sortidest on füüsikakabineti jaoks suurima tähtsusega kõrgemad



Joon. 280. Laboratooriumis kasutatavate kummitorude ristlõiked loomulikus suuruses.

sordid: punased ja hallid (vt. II jagu), kasutatavad on aga ka vähem elastsed mustad torud. Laboratooriumides kasutatavate torude mõõted on väga mitmesugused, erinedes nii sisemiselt läbimõõdult kui ka seinte paksuselt. Niisuguste torude ristlõiked on näidatud loomulikus suuruses joonisel 280. Katseriistade monteerimisel kõige tarvilikumad on torud, millede sisemine läbimõõt on 4,5; 6,5 ja osalt ka 8 *mm* ja seinte paksus 1—1,5 *mm* (nr. 14, 15, 16 ja 25). Kuid need torud ei talu suurt rõhku seestpoolt, paisudes laiaks, õhu hõrendamisel pumba abil aga lähevad lamedaks. Seepärast vee juhtimiseks veevärgist (surve all) on soovitavad torud seinte paksusega 2—2,5 *mm* (nr. 36—38 või 45—48). Nõudest õhu väljapumpamiseks on kõige kohasemad Šintsi pumbale 4,5 *mm*-se läbimõõduga ja Komovski pumbale 6,5 *mm*-se läbimõõduga torud.

Elektrimontaažitöödel juhtmete isoleerimiseks (seintest läbiminekul, raudtorudesse paigutamisel jm.) kasutatakse kõige madalama kvaliteediga kummitorusid nn. poolkõvast kummist. Venitustel või järskudel painutustel niisugused torud rebenevad õige kergesti, mis piirabki nende tarvitamise ala.

Tuleb silmas pidada, et nõndanimetatud v o o l i k u d, mis on punutud ja kokku liimitud mitmest kummeeritud paela kihist, ja on kaetud pealt ja seest kummikestaga, taluvad mitmeatmosfäärilist rõhku nii seest- kui ka väljastpoolt. Niisugused voolikud (avaga 8—15 *mm*) on väga kasulikud vee juhtimiseks veevärgist täie rõhu all niisugustesse riistadesse, nagu on näit. Peltoni veeturbiin, veejoapump jms.

IV Lehtkummi. Mitmesuguse kvaliteediga (elastsuse poolest) ja mitmesuguse paksusega kummiplaate müüakse kummitarvete kauplustes. Kõrge kvaliteediga kummilehtede saamise allikaks koolioludes võivad olla autode, mootor- ning jalgrataste ja gaasitorbikute vanade õhukummide (balloonide) tükid. Kasutada võib kärisenud meditsiinilisi patju ja rõngaid haigete jaoks, samuti ka jalgpalli õhukumme.

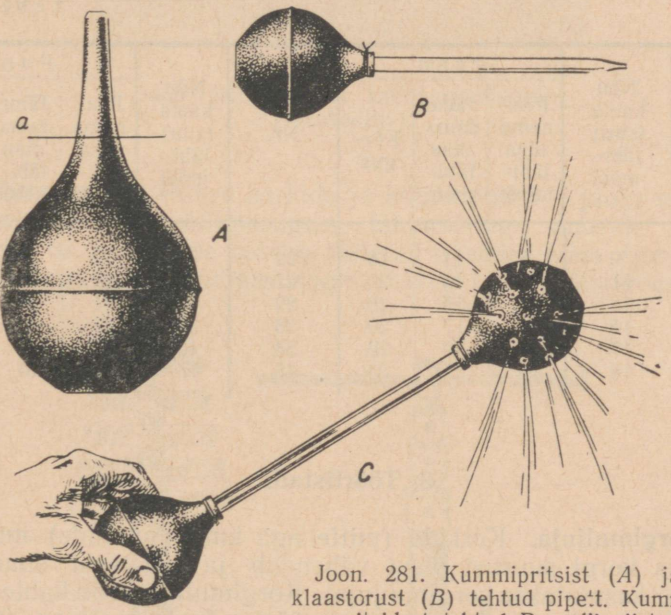
Õhukesi kummikelmeid tundlike lehtrite ja kapslite ületõmbamiseks, millega saab uurida rõhku vedelike sees ja teha teisi taolisi katseid, võib saada vanadest meditsiinilistest kinnastest, sõrmikutest, laste täispuhutavate õhupallide balloonikestest jm.

V Kumminiidid. Kummist niidid ja paelad on vajalikud mootorite valmistamiseks, mis kasutavad käega kokku keerutatud niitide energiat. Niisuguseid mootoreid kasutatakse kõige sagedamini aviomudelite propellerite pöörlemapanemiseks (joon. 213 *C*). Kumminiidid, mida müüakse kummitarvete kauplustes, on ruudu- (nöörid), mõnikord aga ka ristkülikukujulise (paelad) ristlõikega. Ülaltoodud otstarveteks kõige enam kasutatavad niidid ja paelad on ristlõikega 1 × 1 *mm*, 2 × 2 *mm*, 1 × 2 *mm*, 1 × 3 *mm* ja 1 × 4 *mm*. Mootori ehitamiseks võetavate niitide hulk, sõltuvalt viimaste jämedusest, on 10—30 tükki, paelte hulk aga 4—10 tükki. Linte võib lõigata ise lehtkummist (jagu 12). Väikesi kumminiitide tükikesi laboratoorseteks katseteks, kus on vaja venivust, võib

saada sokihoidjatest või traksidest võetud niitidest, lõigates ära nende puuvillpunutise.

VI Kummiesemed. 1. jaos osutasime täispuhutavate kummipatjade ja meditsiiniliste rõngaste kasutamisele. Kõige tähtsam on katse jalgpalli õhukummiga (gaasi paisumine välise rõhu vähenemisel), mida ei tarvitse aga eriliselt soetada, sest seda võib saada ajutiseks võimlemisõpetajalt. Selleks katseks võib eduga kasutada ka laste täispuhutavat õhupalli või muid täispuhutavaid mänguasju, mida müüakse kummitarvete kauplustes. Samuti võib muretseda sondpalli, kuid õhkutõusmiseks tuleb teda täita vesinikuga surugaasi balloonist.

Tunduvat kasu võivad tuua ka igal pool apteekides müügil olevad laste kummipirnid (laste sõõleprits, klistiiriprits), mis muutuvad pärast torukese lühendamist joont *a* mööda (joon. 281 *A*) ja avasse pika klaastoru sissepistmist sobivateks pipettideks (joon. 281 *B*). Peale selle võib «pirnidest» teha Pascal'i riista (joon. 281 *C*) ja teisi omavalmistatud katseriistu.



Joon. 281. Kummipritsist (*A*) ja klaastorust (*B*) tehtud pipett. Kummipritsidest tehtud Pascal'i riist.

VII Kummipunnid. Kummipunne (joon. 282) on raskem töödelda kui korkpunne, kuid neil on viimastega võrreldes mõningaid eeliseid. Nii näiteks «peavad» kummipunnid kindlamini kui korkpunnid, on vastupidavad hapetele (lahustele, mitte aga kontsentreeritud hapetele), on kõlblikud nõude sulgemiseks, milles on

sööbeleelisi jm. Eriti kasulikud on nad üldse niisugustes katseriistades, kus tihti tuleb korke pudelikaeltest välja võtta ja jälle sisse panna. Kummipunne (aukudega või ilma nendeta) müüakse kaalu järgi või tükikaupa laboratooriumitarvete, õppevahendite ja kummitarvete kauplustes.



Joon. 282. Kummipunne.

Kõige enam tarvitatavate kummipunnide standardsuurus on antud alljärgnevas tabelis.

Kummipunnide suurused OST-i järgi (*mm*).

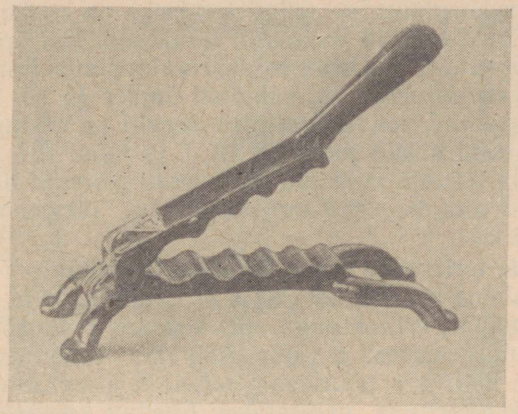
Tabel XXIX

Nr.	Nõu kaela (suu) läbimõõt	Punn			Nr.	Nõu kaela (suu) läbimõõt	Punn		
		Peenema otsa läbimõõt	Jämedama otsa läbimõõt	Kõrgus			Peenema otsa läbimõõt	Jämedama otsa läbimõõt	Kõrgus
8	9	8	11	16	22	23	22	26	27
10	11	10	13	20	27	28	27	31	32
12	13	12	15	20	29	30	21	34	35
14	15	14	17	20	36	38	36	41	42
16	17	16	19	22	38	40	38	43	44
18	18	18	21	23	45	47	45	51	52

3. Tööriistad.

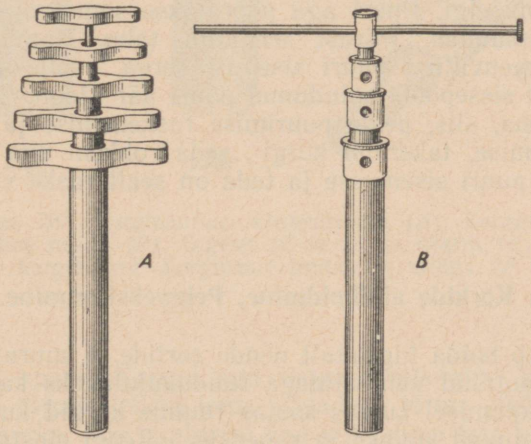
I Korgimuljuja. Korkide (mitte aga kummipunnide) muljumiseks, mis korgi suurust pisut vähendab ja elastsust suurendab (jagu 8), kasutatakse korgimuljujat. Korgimuljujaid on kahte tüüpi: kang- (joon. 283) ja ümmargune, pöörlev muljuja (joon. 287 *B*). Kangmuljujal on poolte seesmisel küljel mitmesuguse läbimõõduga poolümmargused väljalõiked. Paigutades korgi väljalõikesse (üleni, mitte aga ühe otsaga!) ja vajutades kangi käepidemest, võib korki soovi järgi muljuda. Pragude tekkimise kui ka ühekülgse laperguseks muutumise, s. o. korgi korrapärase geomeetrilise kuju rikkumise vältimiseks tuleb korki pöörata, muljudes teda mitmest küljest ja seejuures kindlas järjekorras (joon. 287 *A*). Ümmargusel

korgimuljujal pannakse kork pärast käepideme ülestõstmist pöörleva ja paigalseisva osa vahele. Käepidemele vajutamisel kork, kaasakistuna pöörleva osa roidelisest pinnast, liigub edasi, kusjuures teda muljutakse korrapäraselt igast küljest (joon. 287 *B*).



Joon. 283. Malmist kangkorgimuljuja («krokodill»).

II Korgipuurid. Puure korkide ja kummipunnide jaoks müüakse komplektidena, s. t. mitmesuguse läbimõõduga puuride kogumikena, mis on mugavuse mõttes pistetud üksteise sisse (joon. 284). Iga puur kujutab endast messingist, harva rauast, õhukeseseinalist



Joon. 284. Korgipuure.

toru, mille ühe otsa serv on teritatud. Üht tüüpi puuridel on igaühel oma käepide (joon. 284 *A*), teisel tüübil on käepidemeks komplekti sisse käiv metallvarras, mis pistetakse läbi iga puuri ülemises otsas olevast august (joon. 284 *B*). See vardake on vajalik nii ühel kui teisel tüübil puurimisel tekkiva korgisambakese puuritorust väljalükkamiseks (joon. 290).

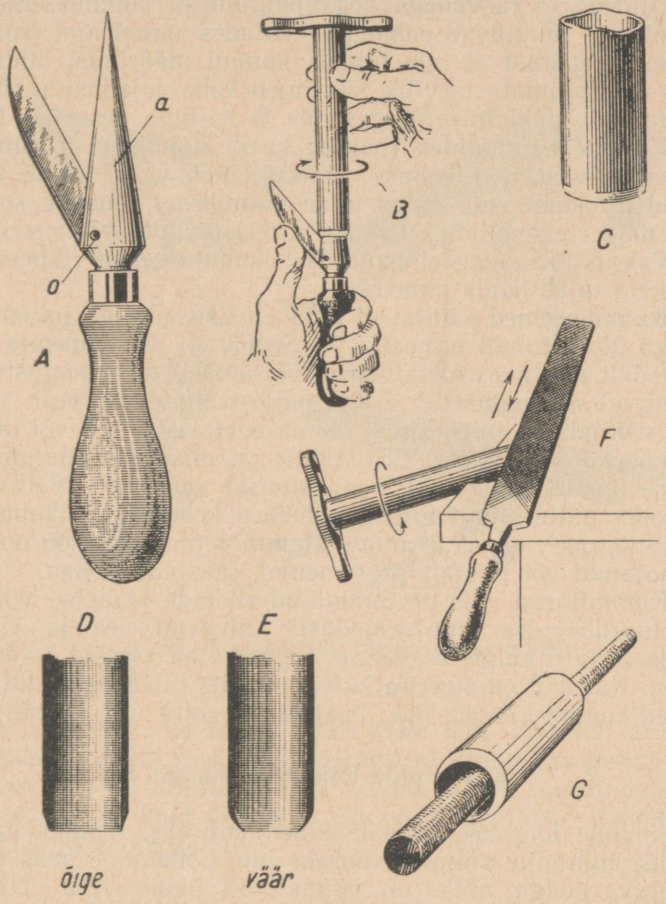
Iseseisvaks korgipuuride valmistamiseks on raske leida metalltoru, mille seinad oleksid vajalikult õhukesed. Kui õpetajal on aga mõningaid kogemusi, siis võib torusid valmistada tinutatud plekist, keerates seda metallvarda kui šablooni ümber (§ 13, 16). Keeratud plekilehe külgservad peavad sattuma serviti ja vastupidavuse tõstmiseks tuleb need kokku joota (§ 12, 7 ja joon. 184 *B*). Käepidemeks võib olla torusse puuritud aukudesse pistetud nael. Omavalmistatud puuri alumise otsa serv teritatakse järgnevas alljaotuses kirjeldatud viisil.

III Puuride teritamise nuga. Puuride teritamine. Teritatud puuri serval peab olema joonisel 285 *C* ja *D* näidatud kuju. Puuride teritamiseks on müügil eriline nuga, mis koosneb puidust käepidemesse kinnitatud raudkoonusest *a* (joon. 285 *A*). Koonuses on pikutine lõhe, millesse käib noa pöörlevale teljele *0* kinnitatud tera. Puur, mida soovitakse teritada, vajutatakse tihedalt koonusele (joon. 285 *B*), pigistatakse nuga sõrmega vastu puuri ja keerutatakse viimast. Tera hakkab siis lõikama messingit ja annab teritatavale otsale kuju, nagu see on näidatud joonisel 285 *C*. Noa enda tera, seda mööda, kuidas ta nürineb, tuleb omakorda teritada harilikul viisil (§ 8, 5). Kui niisugust nuga ei ole, võib korgipuure teritada peenviili abil (§ 11, 3, VII ja joon. 138), mis aga nõuab teatavat vilumust. Puur pannakse ümarviiliga laua servasse viltu tehtud süvendisse, mis on nagu laagriks puuri pöörlemisel ümber tema pikitelje. Lame peenviil asetatakse nii, nagu on näidatud joonisel 285 *F*, ning liigutatakse parema käega teda edasi ja tagasi, s. o. nagu harilikul viilimiselgi. Puuri aga pööratakse samal ajal viili liikumisele vastassuunas. Pärast teritatud tahu ihumist viilitakse ümmarguse peenviiliga puuri sisemist serva, selleks et kaotada kisud ja pisut sissepoole paindunud puuri äär (joon. 285 *G*). Kui seda mitte teha, siis, peale puurimise raskenemise ja selle kvaliteedi halvenemise, takerdub korgi-, seda rohkem aga kummisambake tihedalt puuri sisemusse ja teda on sealt raske välja tõugata (joon. 290).

4. Korkide alalhoidmine. Pehmekskeetmine.

Korke tuleb hoida liigitatult nende sortide ja suuruse järgi kastis, mis on jaotatud vaheseintega ruudukujulisteks kambrikesteks. Kauaaegsel hoidmisel kuivas soojas ruumis korgid kuivavad liialt ära ning muutuvad kõvaks ja rabedaks. Korgi elastseid omadusi ei ole raske taastada, kui neid panna vette ja leotada või, kiiremini

toimides, keeta. Pärast pehmekskeetmist korgid punduvad tugevasti ja muutuvad väga elastseks. Eriti sageli kuivavad korgid, mis on jäetud kauaks ajaks nõude (kolbide, katseklaaside jts.) kaeltesse. Niisugune ärakuivanud kork, väljavõetuna kaelast ja uuesti tagasi-



Joon. 285. Korgipuuride teritamisnuga (*A*). Korgipuuri teritamine noaga (*B*). Õigesti (*C* ja *D*) ja vääriti (*E*) teritatud korgipuurid. Korgipuuri teritamine viiliga (*F* ja *G*).

asetatuna ei «pea». Katsed aga tõugata niisugust korki sügavamale jäävad tagajärjetuks tema kõvaduse tõttu. Sellepärast olgu reegliks, et korke, mis kuuluvad ühe või teise riista koostisse, tuleb säilitada nõude kaeltest väljavõetuina.

5. Kummiesemete hooldamine ja säilitamine.

Kummiesemed riknevad kergesti nende ebaõigel käsitsemisel ja ebaõigel säilitamisel, muutudes kõvaks ja kaotades oma elastsuse. Kummi kaotatud omadusi enamikel juhtudel taastada ei saa. Kummiesemete riknemine tekib peamiselt järgmistest asjaoludest:

a) Õlidega ja rasvadega kokkupuutumisel kummiesemed punduvad üles ja muutuvad pehmeks, kaotades samal ajal oma vastupidavuse. Seepärast ei tule lubada kummi määrimist õlidega, kui see aga on tingimata tarvilik, siis tuleb kohe vajaduse möödumisel õli kõrvaldada pühkimise ning sooda ja seebiga pesemise teel.

b) Külmades ruumides (pakase käes) hoidmisel kummiesemed muutuvad kõvaks ja rabedaks. Siiski läheb vahel korda taastada kaotatud omadusi, kui soojendame kummieset tõusvas sooja õhu voolus, näit. elektripliidi kohal või parem paigutades ta sooja vette.

c) Valguse kauaaegsel mõjutusel kummiesemed riknevad, mispärast neid tuleb hoida pimedas.

d) Kummiesemed säilitavad oma elastsuse kõige paremini veeaurudega küllastunud atmosfääris. Seepärast peab õpetaja hoidma neid tihedalt suletavas metallkarbis või ämbris mingisuguste alustele toetuval sissepandaval sõelal, millest allpool on vesi. Vee roiskumise vältimiseks tuleb sinna panna seatinatükikesi või lahustada temas kübeke formaliini. Eriti tähtis on niisugune kummiesemete hoidmine kuumal aastaajal, s. o. suvisel vaheajal. Sellisel viisil tuleb hoida mitte ainult torusid, õhukesi kelmeid, lehtkummi, vaid ka kummipunne[1]. «Ärakuivanud» kummiesemeid, mis on oma elastsuse kaotanud või pinnalt pragunenud, taastada ei saa.

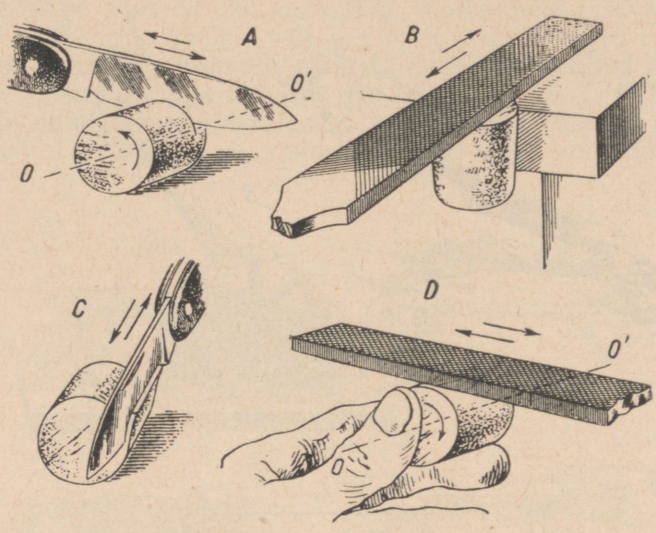
e) Kummitorud, mis on tõmmatud riistade klaasist või metallist harutorude otsa, õige sagedasti kuivavad ära ja kleepuvad klaasi ja metalli külge. Seepärast on soovitav torusid hoida mahavõetuina. Kui nad on aga ära kuivanud, siis tuleb nad lahti lõigata, kuivanud kummi klaasilt ära kaapida ja võtta uus kummitoru.

6. Punnide lõikamine noaga.

Korkpunne lõigatakse nende lühendamiseks, läbimõõdu vähendamiseks, kujundite väljalõikamiseks jne. Lõikamine peab toimuma hästi terava noaga, millel on võimalikult õhuke tera. Nürinenud noaga lõikamisel saadakse krobeline lõikepind, väga nüri noa puhul aga hakkab kork purunema. Lõikamisel tuleb nuga liigutada edasi ja tagasi, nagu saeksime korki, lubamata tugevat vajutamist (joon. 286 *A*). Kui on vaja lühendada koonilist korki, siis tuleb lõikamisel hoida tera pisut viltu, nii et korgi lõikepind tuleks ristikorgi teljega 00_1. Samal viisil võib lõigata ka kummipunni.

[1] Ärakuivanud kummitorusid ja teisi esemeid läheb ikkagi mõnikord korda taastada, leotades neid ööpäeva jooksul lahuses, milles on 2 osa ammoniaaki (§ 24, 3, XII) ja 1 osa vett; sagedasti taastub kummiesemete elastsus ka nende pinna määrimisel mineraalõlidega.

Kui kork on nõu kaela jaoks niivõrd suur, et teda ei saa kokku pigistada korgimu'jujaga (jagu 8), siis võib teda lõigata, kasutades kõige teravamat nuga ja tarvitades võtet, mis on näidatud joonisel 286 *C*. Lõikepinna lõplik silumine ja korgile koonilise kuju andmine toimub viili abil. Kummipunni ei saa lõigata nii, nagu on näidatud joonisel 286 *C*. Siiski saab tedagi lõigata, kui paneme ta



Joon. 286. Korkpunnide lõikamine ja viilimine.

laiemale alusele ja suuname lõike ülalt alla. Kasulik on määrida nuga glütseriini või seebiga ja lõikamisel «saagida» punni tugevalt vajutamata. Rea lõigete järel on kummipunnil püramidaalne kuju koonilise asemel, kuid järgnev töötlemine viiliga taastab uuesti libeda koonilise pinna.

7. Punnide viilimine.

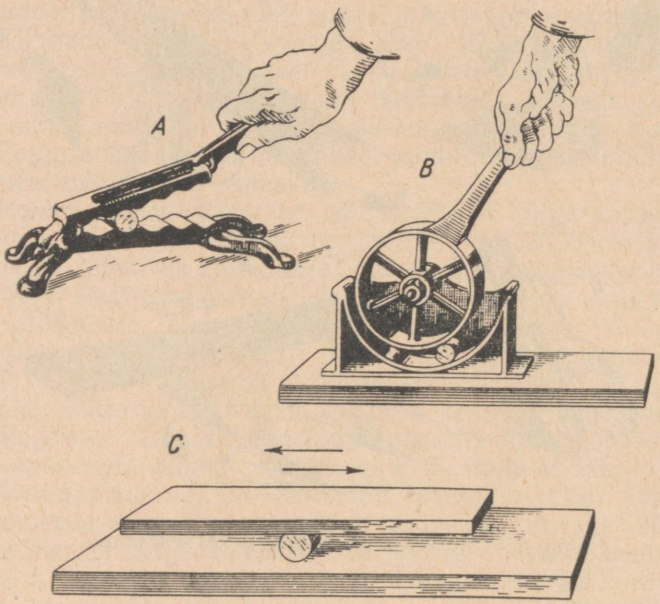
Punni mõõdete vähendamine või talle figuurse kuju andmine toimub peale lõikamise ka viilimise teel. Esmalt töötatakse jämeviiliga, lõplik silumine aga toimub peenviiliga (joon. 138). Punni hoitakse töötlemise ajal käes, toetades (mis ei ole kohustuslik) vastu lauda (joon. 286 *B*). Kui viilitakse punni küljepinda, siis tuleb teda talle korrapärase kuju andmiseks kogu aja pöörata telje OO_1 ümber (joon. 286 *D*).

Kummipunnid alluvad viili toimele palju halvemini.

8. Punnide valik ja kohandamine nõu kaelale.

Kummipunne ei saa kokku muljuda korgimuljujal, sellepärast tuleb neid võtta vastavas suuruses (vt. tab. jaos 2, VII) või asuda nende vaevarikkale lõikamisele (jagu 6 ja 7).

Et nõu oleks vajalikult suletud, võetakse kork pisut suurem (1—3 *mm* võrra) kui nõu kael ja muljutakse teda korgimuljujal (joon. 287 *A* ja *B*) (jagu 3, I). Õigesti valitud kork peab pärast



Joon. 287. Korgi muljumine korgimuljujatega ja laudplaadiga rullimise teel.

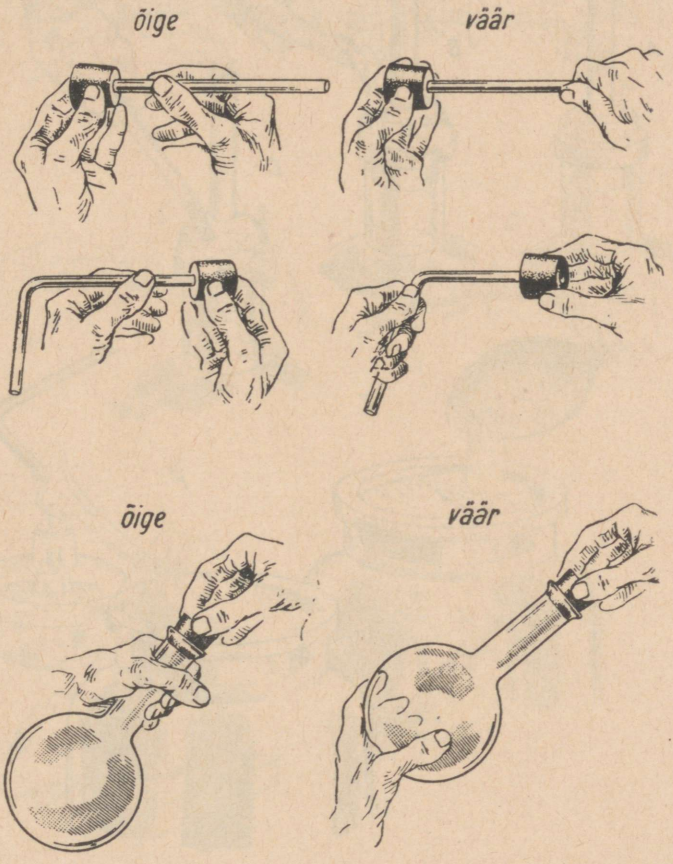
muljumist minema kaelasse umbes ⅔ oma kõrgusest. Muljutakse püsivalt seni, kuni kork on muljutud vajaliku määrani, mis selgub tema «passimisel» kaelasse. Muljuja puudumisel võib korki muljuda kätega kõvasti pigistades ja veeretades lauakese abil mööda lauapinda, nagu on näidatud joonisel 287 *C*. Muljutud kork peab püsima nõu kaelas küllaldaselt pingsalt, kuid sissesurumine ei tohi toimuda liiga suure jõuga, et ei puruneks kael, eriti kui ta on ilma ääriseta (joon. 273 *A*).

Nii kork- kui ka kummipunni vajutamisel kaelasse tuleb punnile anda pöörlev liikumine, s. o. üheaegselt ühtlase vajutamisega tuleb punni ka pöörata. Eriti on tähtis tõsiste lõikehaavade vältimiseks kolbi, katseklaasi või mõnda teist õhukeste seintega klaasnõu kinni

hoida silindrilisest osast sissevajutatava korgi lähedalt, milgi tingimusel aga mitte nõu põhjast (joon. 288). Korgi sidumisest kaela külge vt. § 21, 4, II.

9. Korkide kinnivalamine.

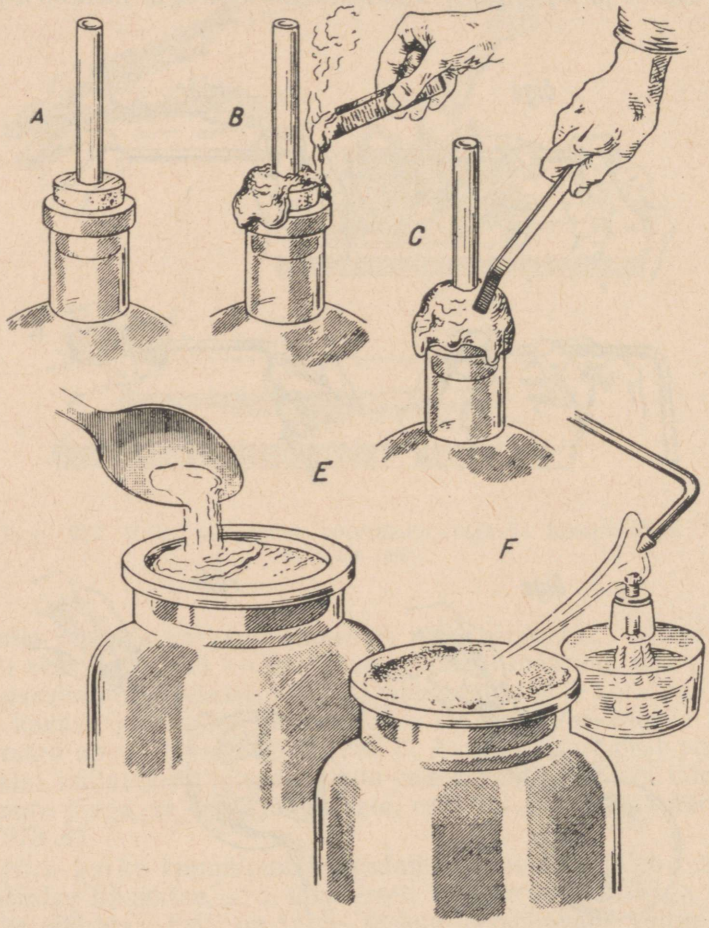
Õigesti valitud ja mittekuivanud kummipunnid tagavad nõu sulgemisel vajalikku hermeetilisust isegi niisugustel vastutavatel juhtudel, nagu seda on õhu kaalumine. Korkpunnid lasevad harilikult õhku läbi. Nõu kaelast väljaulatuvate korkide otsad tuleb hermeetilisuse saavutamiseks üle määrida mendelejevi kitiga või kirjalakiga (viimane on aga halvem) (§§ 10, 2, XI, 10, 7, IV). Tükike seda kitti sulatatakse piirituslambil ja määritakse temaga kork üle (joon. 289 *A* ja *B*). Edasi kuumendatakse leegil metalliribake ja



Joon. 288. Klaastoru korgisse ja korgi kolvikaelasse paigutamise õige ja väär võte.

vajutatakse sellega määritud pinna mitmesuguseid kohti, pannes kitti sulama ja tihedalt kleepuma klaasi ja korgi külge (joon. 289 *C*).

Kui kork on nõu kaela äärest madalam, siis on ratsionaalne mendelejevi kitti või parafiini sulatada kopsikus või lusikas ja valada kork üle (joon. 289 *E*). Sellele peab järgnema tingimata joon. 289 *C* näidatud operatsioon või ka puhumine suuga läbi peenendatud otsaga klaastoru, millega juhitakse piirituslambi leek kitiga üievalatud pinnale (joon. 289 *F*). Eriti tähtis on soojendada klaasiga kokkupuute kohti.

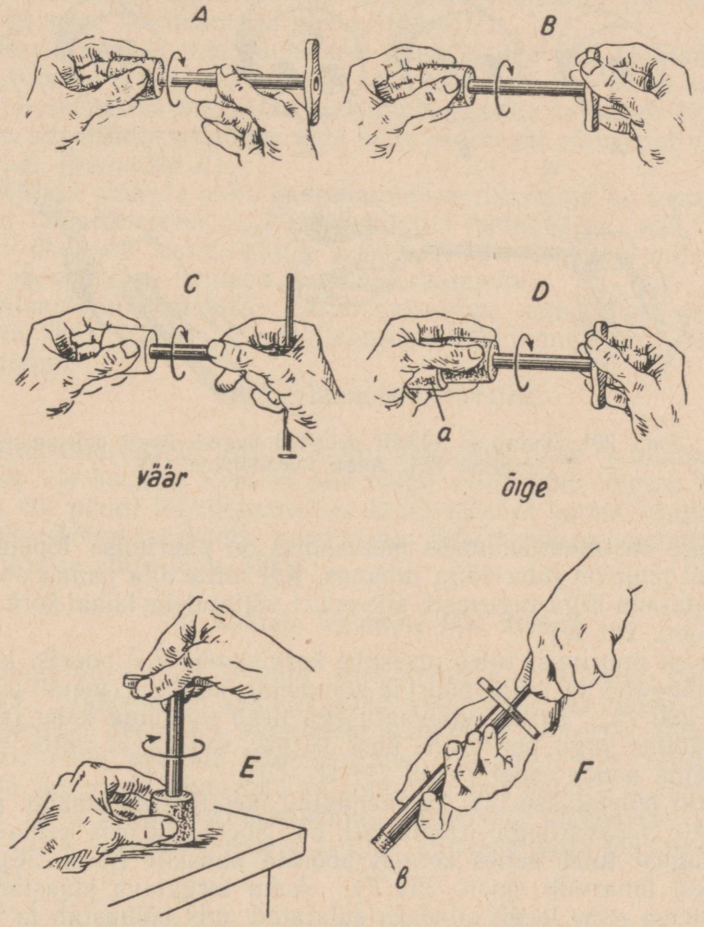


Joon. 289. Korkide määrimine ja kinnivalamine hermeetilisuse saavutamiseks.

10. Korkidesse aukude puurimine ja põletamine.

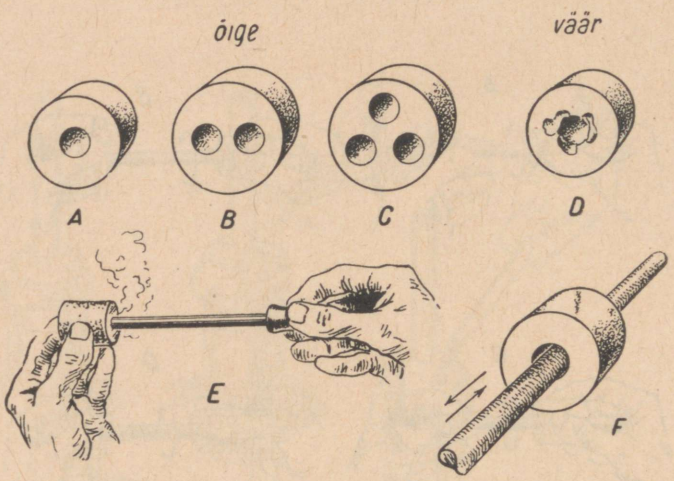
Auke tehakse korkidesse kõige sagedamini klaastorude läbijuhtimiseks. Naaskliga auke teha ei ole kohane, sest kork hakkab purunema ja avaus tuleb äärmiselt ebaühtlane ega kõlba toru tihedaks kinnihoidmiseks.

Alates puurimist, tuleb veenduda, et puur oleks teritatud, sest ainult siis saadakse sileda pinnaga avaus. Puurida tuleb pärast korgi sobitamist nõu kaelaga, s. o. pärast tema muljumist (jagu 8). Puuri läbimõõt võetakse pisut väiksem toru läbimõõdust. Otstarbekam on hoida korki puurimisel käes, mitte aga toetada teda



Joon. 290. Korgi puurimine.

lauale (joon. 290 *A—C* ja *E*). Hea on korgi toeks kasutada teist korki *a*, mis pannakse puuritava korgi alla (joon. 290 *D*). See teine kork on niikuinii vajalik, kui puurimine läheneb lõpule. Puurimist alatakse pärast puuri niisutamist vees ja hoides puuri nii, nagu on näidatud joon. 290 *A*. Siis võetakse kinni puuri käepidemest (joon. 290 *B*) ja jätkatakse puurimist jälgides, et puuri ja korgi pikiteljed ühtuksid, kui aga puuritakse 2 või 3 auku, siis oleksid paralleelsed (joon. 291 *B* ja *C*). Parem on puurile vajutada kergemini kui liiga tugevasti, sest viimasel juhul tuleb augu pind konarlik.



Joon. 291. Õigesti ja vääriti puuritud augud. Augu põletamine korgisse (*E*). Augu laiendamine (*F*).

Kõige vastutusrikkamaks momendiks on puurimise lõpetamine, s. o. kui puur on juba välja tulemas. Kui mitte alla panna abikorki *a* ja vajutada liiga tugevasti, siis puuri väljatuleku kohal kork puruneb (joon. 291 *D*).

Pärast puurimist tuleb otsekohe korgisambake *b* puurist kõrvaldada, tõugates ta välja puuride komplekti kuuluva metallvardaga (joon. 290 *F*). Erilise ettevaatusega peab toimuma kahe ja seda enam kolme augu puurimine ühes korgis, selleks et mitte purustada seina nende vahel (joon. 291 *A—C*).

Korki põletatakse läbi kuumendatud metallvarda otsaga, parem raud- kui vaskvardaga[1] (joon. 291 *E*). Sõestunud osa eemaldamiseks august tuleb selles kergelt pöörata naasklit (joon. 56) või peenikest ümarviili (joon. 291 *F*). Auku torgatava klaastoru ots peab olema enne leegil siledaks sulatatud, mis hõlbustab ta torka-

[1] Pikka raudvarrast või traati võib hoida vahetult käes.

mist (§ **19**, 9 ja joon. 317). Torkamisel tuleb toru ühtelugu pöörata, surudes ühtlasi pikisuunas (joon. 288). Töö kergendamiseks on kasulik toru kasta veega märjaks. Tähelepanu tuleb juhtida toru õigele hoidmisele, et see ei murduks ega haavaks käsi (joon. 288).

Suuri auke võib korgisse lõigata terava ümmarguse peitliga ja seejärel siluda ümarviiliga (joon. 291 *F*).

11. Kummipunnide puurimine.

Kummipunnide puurimine on kestvam ja keerulisem toiming korkide puurimisest, olgugi et toimub samal viisil korgipuuride abil (jagu 10) (joon. 290). Töö kiirendamiseks tuleb võtta eriti teravaks ihutud puurid ja peale selle puurimise ajal mitu korda niisutada nende töötavaid otsi paksu seebilahusega (hõõruda vastu märga seepi või niisutada glütseriiniga)[1].

Peale selle ei tule puurimisel puurile tugevasti vajutada, eriti tööprotsessi lõpul, muidu tuleb auk kooniline. Kui puuri välja võttes järjekordseks määrimiseks kummisambake katkeb ja jääb puuri sisse, siis ei tule unustada teda enne järgnevat puurimist välja lükkamast (joon. 290 *F*).

Katsed puurida auku kummipunnisse naaskliga on tagajärjetud, augu läbipõletamine aga kuumendatud metallvarda abil, mis on sobiv õhukeste kummikihtide puhul, on keeruline töö, millega kaasub ebameeldiva lõhnaga gaaside eraldumine.

Klaastorud pistetakse tehtud aukudesse samuti kui korkidelgi (joon. 288). Veega või seebilahusega niisutamine kergendab seda toimingut.

12. Lehtkummi lõikamine.

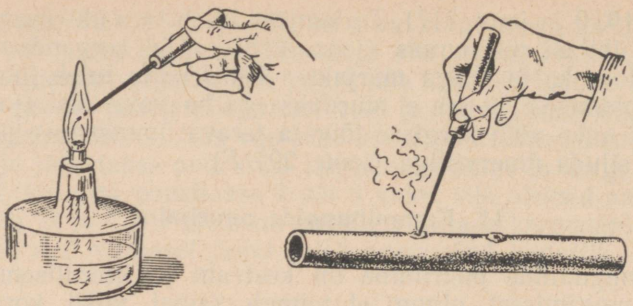
Kummitorude ja lehtmaterjali lõikamine võib toimuda terava noaga või harilike teravate kääridega. Niite võib lõigata lehtkummist või pikuti lõhkilõigatud ja laialilaotatud kummitorudest. Lõigatakse kõige teravama noaga või habemenoaga metalljoonlaua kui juhtija abil (joon. 324).

13. Aukude tegemine läbi kummi.

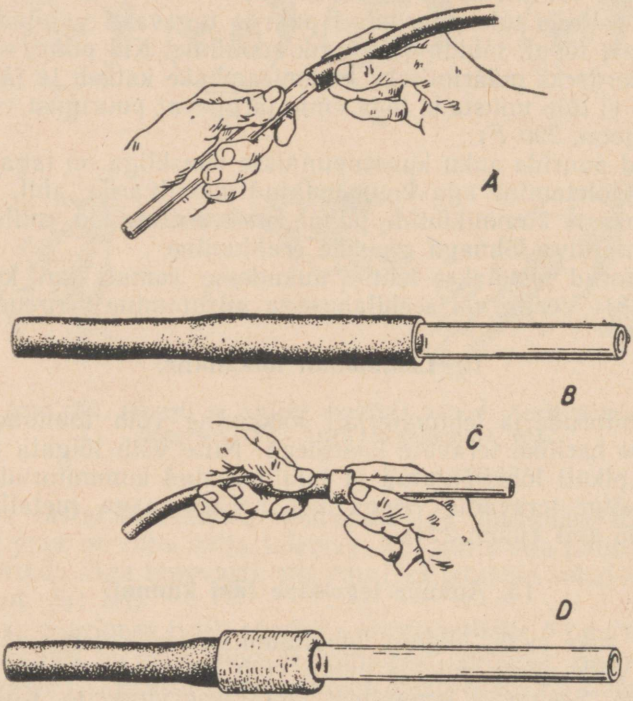
Suuri auke saab lõigata lehtkummisse kääridega või terava noaga. Väiksemate aukude puhul võib kasutada hästi teritatud korgipuure. Seejuures kummileht laotatakse vineerile. Kõige väiksemaid auke aga nii lehtmaterjalis kui ka torude seintes võib saada tugevasti kuumendatud traadiga, mis sulatab kummi (joon. 292). Kuid augu servad saadakse kleepuvad; kleepuvuse kaotamiseks tuleb neid üle puistata talgiga (pulber, mida müüakse apteekides).

---

[1] Hoopis ebaratsionaalne on kasutada, nagu seda soovitatakse mõnes käsiraamatus, sõõbekaaliumi või -naatriumi lahust. See lahus võrreldes seebiga puurimist ei kergenda, «sööb» ainult käsi.



Joon. 292. Augu sulatamine kummitorusse.



Joon. 293. Kummitoru tõmbamine klaastorule.

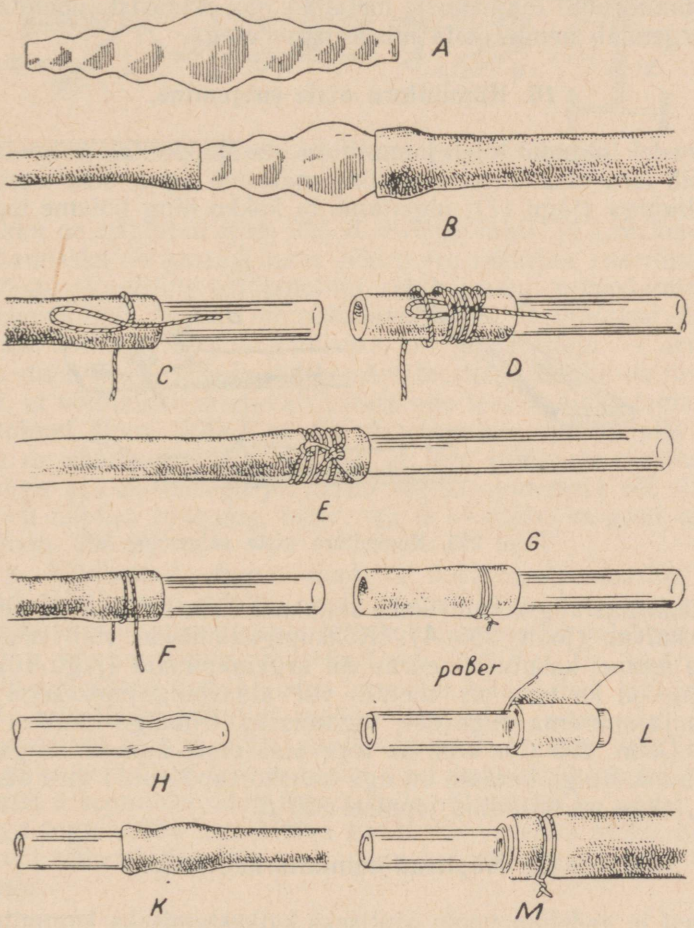
14. Kummitorude ühendamine.

Ühesuguse läbimõõduga kummitorusid ühendatakse lühikese metall- või klaastoru abil (joon. 293 *B*). Selle toru läbimõõt valitakse pisut suurem kummitoru avausest. Klaastoru otste servad

olgu ümardatud, milleks neid sulatatakse leegis (§ 19, 9). Joonisel 293 *A* on näidatud, kuidas tuleb kummitoru ajada klaastorule.

Kummitorude äralibisemise takistamiseks klaastorult seotakse nad vahel traadi või sitke niidiga ümber toru (joon. 294 *C*—*G*). Niisugune sidumine on kindlasti vajalik, kui torud on täidetud elavhõbedaga või neis voolab surve all gaas või vesi. Kummitoru otsa tagasikeeramine, nagu see on näidatud joonisel 293 *C* ja *D*, soodustab ühenduse tugevust.

Kui ühendav toruke on väiksema läbimõõduga kui kummitoru, siis võib tema ümber tihedalt mähkida kõige parem kummiliimiga määritud pabeririba (joon. 294 *L*). Sellele mähisele tõmmatakse



Joon. 294. Klaasist ühendusmuhv (*A* ja *B*). Kummitoru kinnitamine klaastorule.

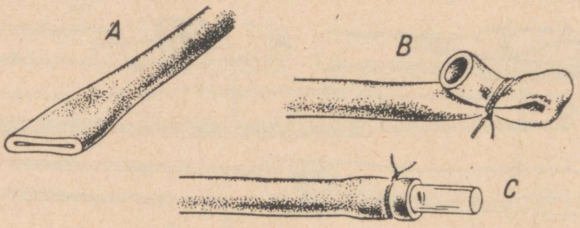
kummitoru, mis tingimata seotakse traadiga ümbert kinni (joon. 294 *M*). Kui aga, vastupidi, ühendav toru on niivõrd jäme, et temale on raske tõmmata kummitoru, siis kasutatakse järgmist võtet. Kummitoru ots kääritakse tagasi, nagu see on näidatud joonisel 293 *C*, surudes klaastoru vastu kääritud otsa, pööratakse siis kummitoru tagasikääritud osa klaastoru peale ja nii saadaksegi ühendus.

Müügil on olemas jämedamaks puhutud otstega klaasist ühendustorusid (joon. 294 *H*). Niisugusele ühendustorule tõmmatud kummitoru ei vaja harilikult sidumist (joon. 294 *K*). Mitmesuguste läbimõõtudega kummitorude ühendamiseks on müügil koonilisi ühendustorusid (muhve) mitmesuguse läbimõõduga puhutistega (joon. 294 *A* ja *B*).

Kummitorude tõmbamist metallist või klaasist ühendustorudele kergendab nende otste niisutamine veega.

15. Kummitoru otste sulgemine.

Mõnedel juhtudel tuleb kummitoru ots õhukindlalt sulgeda. Selleks võib toru otsa kinni kleepida: määrime toru otsa seestpoolt kummiliimiga (jagu 17), pigistame ta kokku ning hoiame teda nii-

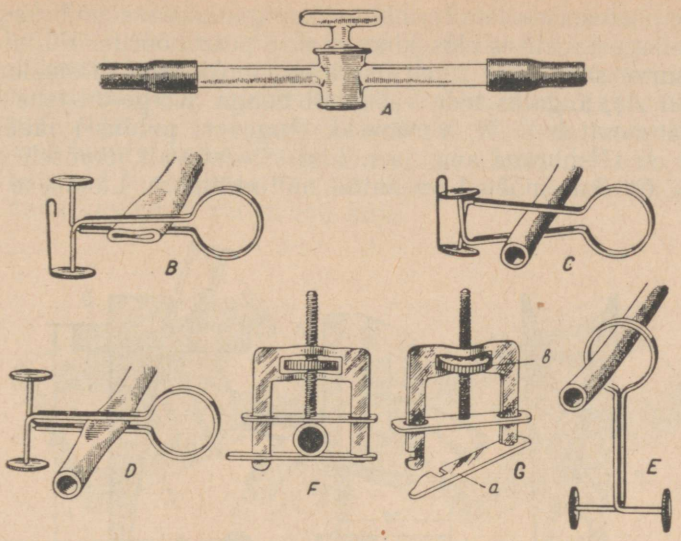


Joon. 295. Kummitoru otste sulgemine.

viisi käsikruustangide abil kahe lauakese (vineeri) vahel, seni kui ta ära kuivab (joon. 295 *A*). Kokkupigistamiseks võib käsikruustangide asemel kasutada vedru- või kruvinäpitsaid (jagu 16). Ratsionaalne on ka toru ots metall- või klaaspulgajupikesega kinni toppida ja suurema tugevuse tagamiseks traadiga ümbert kinni siduda (joon. 295 *C*). Võib ka toru otsa pista kummiliimiga määritud punni. Kõige lihtsam on aga kahekorrapööratud toru ots kinni siduda, nagu on näidatud joonisel 295 *B*.

16. Näpitsad kummitorude jaoks.

Gaasi ja vedeliku voolu ajutiseks katkestamiseks kummitorudes kasutatakse klaaskraane ja näpitsaid, mida on müügil õppevahendite kauplustes (joon. 296). Klaaskraan ja tema lülitamine kummi-



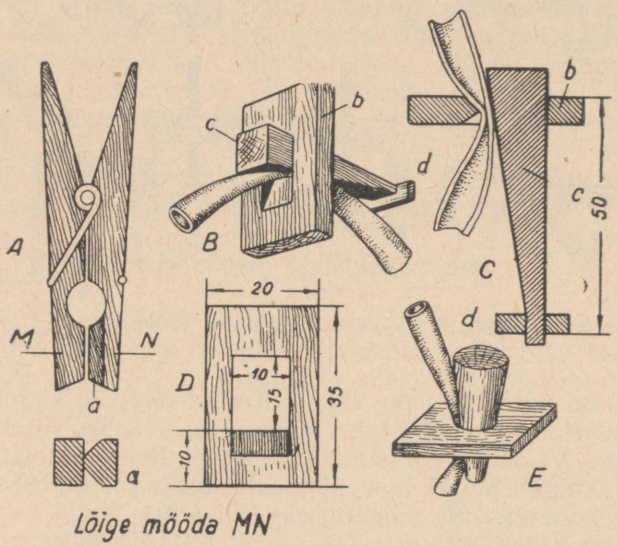
Joon. 296. Klaaskraan. Vedru- ja kruvinäpitsad.

torustikku on näidatud joon. 296 *A*. Kraani lahti- ja kinnikeeramise hõlbustamiseks on kasulik tema liikuv osa määrida vaseliiniga või lanoliiniga. Vaseliini või lanoliini saab kraani puhastamisel ära pesta bensiiniga[1]. Mohri vedrunäpitsaid, mida kasutatakse õhukeseseinaliste kummitorude sulgemiseks, on kahte tüüpi — arreteerijaga ja ilma (joon. 296 *B* ja *D*). Arreteerijaga näpits on hea selle poolest, et võimaldab mugavalt katkestada teatud ajaks tema pigistavat toimet (joon. 296 *B* ja *C*). Arreteerijate vedrunäpits (joon. 296 *D*) on ebamugav selle poolest, et toru juhtivuse taastamiseks tuleb kogu aja sõrmedega pigistada näpitsa pidemeid või siis tõugata toru näpitsa rõngasse, mida aga ei saa teha kergesti ega kiiresti (joon. 296 *E*).

Palju kindlamad, mugavamad ja universaalsemad on kruvinäpitsad (Hoffmanni näpits), seda enam, et neid on väga lihtne paigutada ükskõik missugusele toru kohale, tänu kõrvalekeeratavale põõnale *a*, mis on näpitsa aluseks (joon. 296 *F* ja *G*). Vedrunäpitsat saab aga panna torule pistes toru otsa näpitsatest läbi ja lükates teda siis lahtipigistatult mööda toru edasi sinna, kuhu vaja. Kruvinäpits on kõiblik mitte ainult õhukeseseinaliste, vaid ka võrdlemisi paksuseinaliste torude jaoks, sest kokkupigistamine toimub siin mutri *b* keeramise abil. Kruvinäpits võimaldab ka mutri *b* keeramisega reguleerida toru läbiva gaasi või vedeliku hulka, suurendades või vähendades toru ava, mida kuidagi ei saa teha vedrunäpitsaga.

[1] Lanoliini kasutatakse mõnede salvide valmistamiseks, teda saab osta apteekidest.

Kõige õhemaseinaliste torude kokkupigistamiseks võib kasutada lõkse, millega tavalises elus kinnitatakse pesu nöörile. Küllaldaselt tugeva surve saamiseks tuleb üks lõksu mokk teha prismakujuline (joon. 297 *A*), lõigates teda vastavalt noaga. Kerge on teha näpitsat, mida soovitab V. N. Verhovski, (tugevast puidust) lauakesest *b*, millel on täisnurkne ava, ja kiilust *c*, vastavalt joonisele (joon. 297 *B* ja *C*), kus mõõted on antud millimeetrites. Lauakese *b* ava



Joon. 297. Lõks. Verhovski näpits.

äär sellest küljest, kuhu paigutatakse kokkupigistatav toru, tehakse viltune. Lauake *d*, mis on kinnitatud kiilu *c* tippu, kaitseb teda väljakukkumise eest. Veel lihtsam on joonisel 297 *E* näidatud näpitsa valmistamine.

Kummitorusid ei tule jätta kauaks ajaks (kuudeks) kokkupigistatult näpitsate vahele, nagu mõnikord tehakse riistade hoidmisel, sest siis torud deformeeruvad.

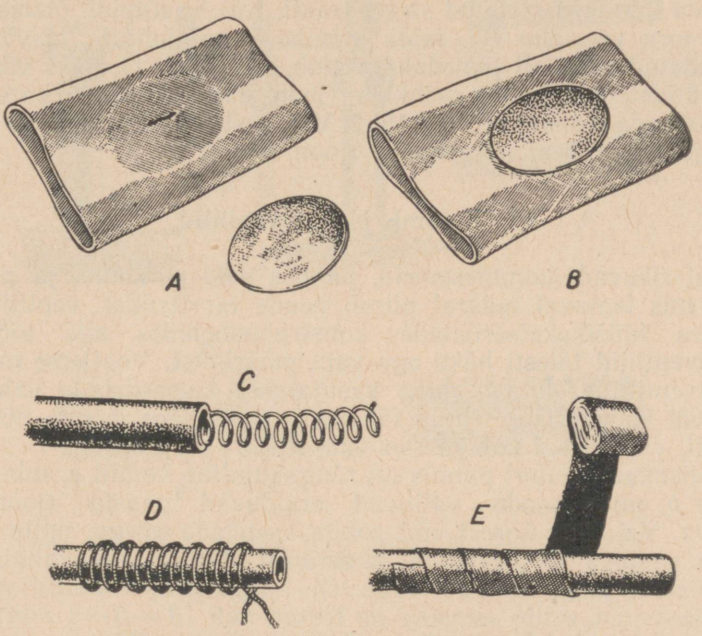
17. Kummi liimimine.

Müügil on liimi kummiesemete liimimiseks, mis on loodusliku kautšuki lahus puhastatud (avio-) bensiinis või teistes lahustajates[1].

Kõige sagedamini on vaja liimida rebenenud jalgpalliõhukumme ja teisi täispuhutavaid esemeid. Paljale silmale nähtamatu

[1] Hariliku vulkaniseeritud kummi tükid bensiinis punduvad, kuid ei lahustu. Liimi koostis: looduslikku kautšukit 1 osa ja bensiini 5—8 osa, või looduslikku kautšukit 13 osa, bensiini 25 osa ja tärpentini 35 osa.

augu avastamiseks tuleb ese vajutada ämbrisse vette ja puhuda täis. Väljatulevate õhumullide järgi saab kergesti leida augu asukoha. Jalgrattakaupluustes müüakse valmislappe mitmesuguses läbimõõdus kettakestena; lappideks võib ära kasutada vanu, kuid mitte kuivanud jalgratta- või autoõhukumme, õhukesi kummilehti või (äärmisel juhul) kalossipealsete kummi. Lappidele ei soovitata jätta teravaid nurki, mis halvasti kleepuvad, mispärast lappidele tuleb anda kas ringi või ovaali kuju.



Joon. 298. Lapi pealepanemine. Mitmesuguseid võtteid toru lõssivajumise ja laiaksvenimise takistamiseks.

Nii lapitav koht kui ka väljalõigatud lapp tuleb enne kleepimist õli ja mustuse eemaldamiseks bensiiniga puhtaks pesta. Edasi puhastatakse liivapaberi (§ 8, 2, XIII) või jämeda viiliga (joon. 138) nii lapitava koha kui ka lapi pind, millest nad muutuvad karedaks (joon. 298 *A*). Need kohad pestakse uuesti bensiiniga ja siis määritakse nii lapp kui ka koht, kuhu pannakse lapp, ühtlaselt õhukese liimikihiga. 5—10 minuti möödumisel pannakse lapp peale, teda sõrmedega pigistades. Siis pannakse liimitud koht kohe pressi alla, näit. lauakese alla, millele on pandud mingi raskus. 15—20 minuti pärast võetakse ta pressi alt välja ja, kui lapp on külge kleepunud (joon 298 *B*) mitte ainult keskelt, vaid ka äärtelt, proovitakse eespoolkirjeldatud viisil vee abil, kas ta küllalt «peab».

18. Õhukeseseinaliste kummitorude tugevdamine.

Õhukeseseinalised kummitorud ei ole kõlblikud nende kaudu õhu väljapumpamiseks, sest välisõhu surve all nad vajuvad lössi ja eraldavad nõust vaakuumpumba. Lössivajumise vältimiseks soovitatakse torudesse panna kõvast traadist keeratud spiraal (joon. 298 *C*) (§ **14**, 10, II). Selleks kõlbab muuseas läbipõlenud elektripliidi spiraal. Edukaks sissepaigutamiseks tuleb spiraal võtta natuke väiksema läbimõõduga kui toru ava ja läbitõmbamiseks kasutada läbi toru pistetud sirget traati. Kui, vastupidi, õhukeseseinaline toru vee, õhu või, mida mõnikord ka juhtub, elavhõbeda kõrgendatud rõhu all jämedaks paisub, siis tuleb ta nööri või paelaga väljastpoolt ümber mähkida (joon. 298 *D*). Kõige parem on aga kasutada isoleerpaela (§ **15**, 2, VI), sest see kleepub toru pinna külge ja seisab seal tugevamini (joon. 298 *E*).

19. Kummi- ja korkventiilid.

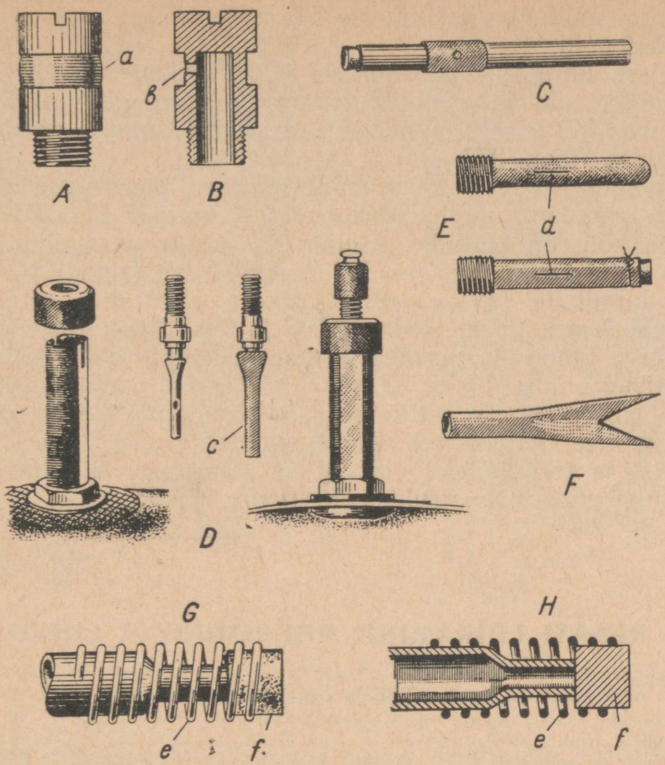
Õlid rikuvad kummiesemeid, pannes neid punduma ja pehmenema, mis teataval määral piirab nende tarvitamist ventiilidena. Paljudes füüsikakatseriistade konstruktsioonides aga töötavad kummiventiilid täiesti hästi ega vaja määrimist. Vaatleme mõnede kummiventiilide ehitust, mida kasutatakse katseriistade valmistamisel või ka vabrikus tehtud füüsikakatseriistades ja mis nõuavad remonti, vahel isegi uutega asendamist.

Leelisakumulaatori punnis on rõngakujuline ventiil *a*, mis katab avause *b*, mille kaudu väljuvad eralduvad gaasid (joon. 299 *A* ja *B*). Vajaduse korral võib rõnga asendada uuega, mille võime lõigata vastava läbimõõduga kummitoru otsast. Omavalmistatud katseriistade jaoks on alati kerge teha rõngakujulist ventiili metall- või klaastorust, mille seinasse on tehtud auk ($d = 1—3$ *mm*). Sellele kohale pandud kummirõngas hakkab laskma õhku torust väljapoole, mitte aga ümberpöördult (joon. 299 *C*).

Ventiilina osutub väga kasulikuks jalgratta õhukummi ventiil, mida võib saada jalgrattakauplusest. Sealsamas müüakse ka väga elastseid kummitorusid *C*[1], mida pannakse ventiilitorule nii, nagu on näidatud joonisel 299 *D*.

Šintsi pumbas on ventiilideks silindrikujulised kummimütsikesed või paksuseinalised kummitorukesed, mis on vabast otsast suletud (joon. 299 *E*). Selle mütsikese või torukese seinasse on tehtud terava habemenoaga (žiletiga) lõhe *d*, pikkusega 3—4 *mm*. Toru seespool valitseva ülerõhu korral lõhe servad eemalduvad teineteisest ja lasevad õhku välja. Kui aga õhurõhk väljastpoolt osutub suuremaks, siis lõhe servad pigistatakse teineteise vastu veelgi tihedamini ja lõhe ei lase õhku läbi. Pulverisaatoriõhupumpades (joon. 313 *A*) kõlni vee jaoks ventiil, mis laseb õhku toru seest välja,

[1] Ventiilikummi.



Joon. 299. Mitmesuguste ventiilide ehitus kummi ja korgi kasutamisel.

mitte aga tagasi, koosneb otsast lössi vajutatud kummitorust, millel on seal pääsukesesabakujuline väljalõige (joon. 299 *F*).

Kõik ülalkirjeldatud ventiilide ehitused on sobivad õhu jaoks; veepumpades töötavad nahast klapid kindlamalt kui kummiventiilid. Priimuse pumba ventiil koosneb messingvedrust *e* ja korgitükikesest *f* (joon. 299 *G* ja *H*), sest et kummi petrooleumis pundub ja pehmeneb. Vanadest gaasitorbikutest võib saada kummikettakesest ventiili, mis on keskelt kinnitatud ja äärtega toetub metalltoru servadele.

20. Korgid ehitusmaterjalina.

Korgi töötlemise kergus (lõikamine, puurimine, viilimine), tühine vastupanu läbitorkamisele nõelaga, naelaga, traadiga jne., samuti ka elastsus kergendavad ja kiirendavad mõnedel juhtudel katseriistade valmistamist. Seega on vahel ratsionaalne tarvitada korki teiste materjalide asemel, vaatamata tema suhtelisele kallidu-

sele. Korgi mõistliku kasutamise näideteks võiksid olla järgmised konstruktsioonid.

Korgisse kinnitatud klaastorusid ja katseklaase (§ 26, 2, II ja joon. 418 *D*), söe- ja metallipulgakesi (elektroode) on võimalik asetada ühte või teise seisundisse, s. o. näiteks muuta nende süvist vedelikkudes (joon. 277 *A*).

Iseloomulik on korgi kasutamine temasse pistetavate nõeltega või sukavarrastega magnetismikatsetes (joon. 277 *C* ja *D*).

Tähtis koht on korkide kasutamisel klaasesemete kinnitamisel ühtedele või teistele alustele. Nii näiteks saab kiiresti ja klaasile ohutult kinnitada ja üles seada väikese U-kujulise toru (joon. 277 *E*) või tasase klaasi (joon. 277 *G* ja *H*). Omakorda võib korki puidu külge kinnitada peenikeste naelakestega, nööpnõeltega või liimida tisleriliimiga (§ 8, 10 ja 11). Korgist padjandeid kasutatakse ka laboratoorsete statiivide, klaastorude või teiste klaasesemete klambrite (käpakeste) vahele pigistamisel.

Paberi- ja traaditöödel vajalikesse kohtadesse liimitud korgist nurgad tugevdavad konstruktsiooni (joon. 277 *F*).

§ 18. KLAASI LÕIKAMINE, PUURIMINE JA LIHVIMINE.

1. Tööde otstarve.

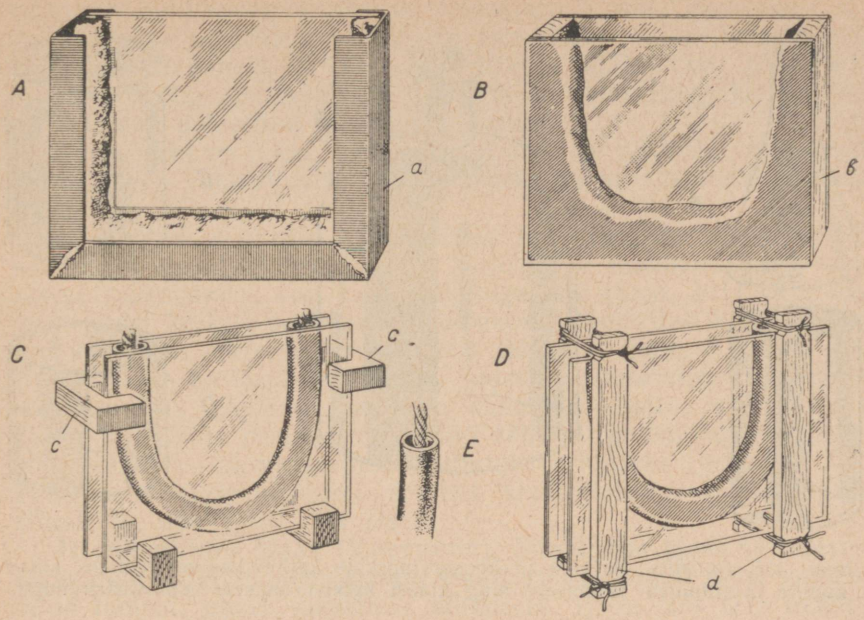
Klaasitööde otstarbeks on omavalmistatud katseriistade klaasosade asendamine ja valmistamine. Mõnedel aparaatidel kuulub klaas ainult väliskestade koosseisu, nagu näiteks mõõteriistade, elektroskoopide jt. klaasseinad. On olemas aga riistu, millede kõige olulisem osa on klaasist, näiteks U-torud vedelikuga manomeetrites jt. Lõpuks võivad katseriistad või seadmed tervikuna koosneda klaasist. Niisuguseid katseriistu monteerib õpetaja ise tahvelklaasist, klaas- ja kummitorudest, kolbidest, purkidest ja punnidest.

Keerukate klaasriistade valmistamine, mis oma konstruktsioonilt nõuavad valmistajalt suurt oskust, nagu klaasist veepumpade mudelite ja klaasnõude (keeduklaaside, kolbide jms.) valmistamine, ei ole õpetajale jõukohane. Kuid õpetaja ülesandeks jääb siiski veel küllalt lihtsaid, kuid seejuures füüsikakabinetis vägagi tähtsaid klaasitöid.

Nii näiteks tahvelklaasist[1] monteerib õpetaja kõige sagedamini:

a) tasaparalleelsete seintega nõusid (joon. 300) kapillaarsuse demonstreerimiseks, seatina-atsetaadi elektrolüüsimiseks, galvaani elementide töötamise põhimõtte demonstreerimiseks;

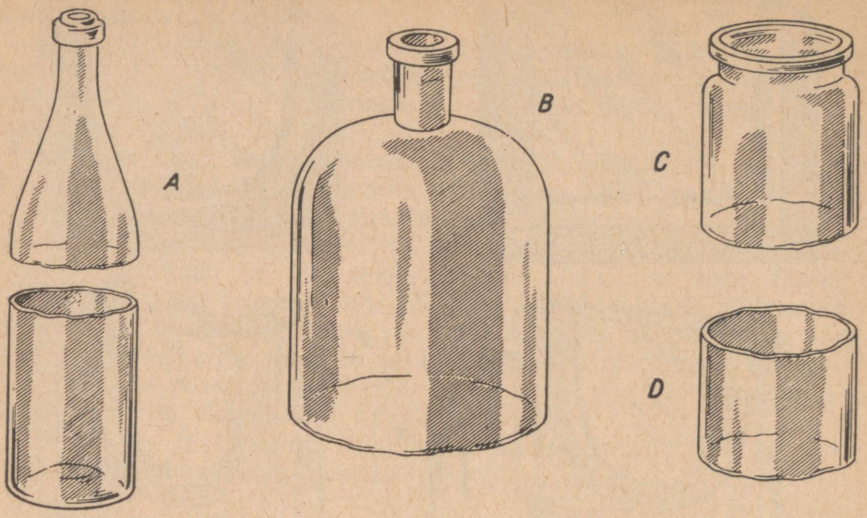
[1] Tahvelklaasi asemel oleks nimetatud katseriistade valmistamisel otstarbekohasem kasutada tahvelpleksiklaasi, kuna seda on lihtsam ja kergem lõigata, kokku kleepida, puurida ja painutada (§§ 10, 8, 11, 2, XI ja 11, 9, VII), kuid pleksiklaasi on raske saada ja ta on klaasist palju kallim.



Joon. 300. Mitmesuguseid tasaparalleelsete seintega anuma valmistamisviise. *A* — anum koosneb metallraamistikust, mille sisse on asetatud kaks klaasi ja kitiga kinni valatud. *B* — poolümmarguse väljalõikega paksu lauakese külge on mõlemalt poolt kleebitud klaasplaadid. *C* — kaks klaasplaati, millede vahele on asetatud kummitoru ja mis on kinnitatud puuklambritega. *D* — eelmisele sarnanev seade, kus klambrite asemel on kasutatud puuliiste, mis nööriga on kinni seotud.

b) klaaskarpe aurude ja gaaside voolavuse variprojitseerimiseks;
c) kiilukujulisi nõusid kapillaarsuse demonstreerimiseks jm.

Tahvelklaasi kasutatakse ka magnetspektrite projitseerimisel, helihargi harude võnkumise märkimisel, poolide magnetspektrite (vt. k. I, joon. 120, II) ja vedeliku pinnal liikuvate lainete demonstreerimisel. Optiliste nähtuste tundmaõppimisel kasutatakse tasapinnalist peegelklaasi peegeldumise põhikatsetes. Soetatud või valmistatud peeglitest (§ **26**, 6) valmistab õpetaja mõõteriistade peegelskaalasid ja mitmesuguseid katseriistu valguse peegeldumise ja murdumise demonstreerimiseks. Lõigates pudeleid ja teisi paksuseinalisi klaasnõusid osadeks (2, II), saab õpetaja mitmesuguseid tähtsaid omavalmistatud katseriistade osi (joon. 8 ja 301). Kõige sagedamini esinevad kolbidest, pudelitest, klaaskonservipurkidest montaažid, kasutades seejuures veel punne, kummitorusid ja peamiselt klaastorusid (vt. k. I, joon. 17 ja 18). Sellisel monteerimisel on möödapääsematu klaastorude lõikamine, painutamine, venitamine jms.



Joon. 301. Pudelite, purkide ja konservipurkide katkilõikamine lehtrite, klaaskuplite ja silindrite saamiseks ning klaasi katkisurumiseks atmosfäärirõhuga.

Kõiki klaasitöid võib nende tundmaõppimise hõlbustamiseks jaotada kahte rühma. Esimesse rühma, mida käsitleb käesolev paragrahv, võib arvata tööd kõva, pehmendamata, külma (toatemperatuurilise) klaasiga. Mõnesid tööriistu või vahendeid võib seejuures kasutada kuumas olekus (kuumutatud traat, hõõguv söetükike), töödeldav klaas aga, kuigi teda ka soojendatakse, ei lähene kaugeltki pehmenemise staadiumile. Pehmenemiseni kuumutatud klaasi töötlemist, mis iseloomustab teise rühma töid, käsitletakse § **19**.

2. Materjalid.

I Tahvel- ehk lehtklaas. Klaas võib oma keemiliselt koostiselt olla väga mitmesugune. Keemilise koostisega on lahutamatult seotud ka erinevused klaasi füüsikalistes omadustes — tema kõvaduses, värvuses (murdekohal), läbipaistvuses, kergesti või raskesti sulamises jne. Õpetaja, töötades füüsikakabinetis tahvelklaasiga, ei saa valida selleks mingit kindlat klaasi sorti. Ta kasutab tavaliselt seda klaasi, mis on parajasti käepärast — tükk aknaklaasi, vanad fotonegatiivid, lauakatteklaasi ja peegli tükid, pudelid ja muud kabinetis leiduvad klaasnõud.

On küllalt, kui õpetaja teeb kindlaks tahvelklaasi välise tunnuse — klaasi paksuse, millest täiel määral oleneb tema töötlemise, peamiselt lõikamise[1], kergus või raskus. Õhukese klaasi paksus, näi-

[1] Vana klaasi, näiteks palju aastaid atmosfääri mõjudele allunud aknaklaasi, on raskem lõigata ja puurida.

teks vanadel fotonegatiividel on keskmiselt 1 *mm*. Keskmise paksusega klaaside, näiteks normaalse aknaklaasi ja topeltpaksu (nn. böömiklaasi) paksus on 2—5 *mm*. Paksu klaasi, nn. peegelklaasi paksus on tavaliselt 1 *cm* või üle selle. Peegelklaasi pind on hoolikalt poleeritud ja rangelt tasane.

Mida õhem on klaas, seda kergem on teda töödelda, mispärast katseriistade valmistamisel on otstarbekohasem kasutada õhukest klaasi.

II Pudelid ja purgid. Tavalisi ja suuri silindrilisi pudeleid, samuti ka klaasist konservipurke kasutatakse mõnikord peale oma otsese rakendamise veel risti katkilõigatuna (joon. 301). Kui lõigata pudel keskelt pooleks, siis põhjaosa moodustab klaasi, teine osa aga, koos kaelaga, on kasutatav lehtrina (joon. 9 ja 301 *A*). Kui lühikese kaelaga pudelil ja klaasist konservipurgil lõigata põhi ära, siis ülejäänud osi saab kasutada kuplina või kattena (joon. 301 *B*) ja riistana atmosfääri rõhu all kummikelme paindumise või klaasi purukssurumise demonstreerimiseks (joon. 301 *C*). Peale selle saab kõikidest nendest klaastoodetest välja lõigata silindrilise osa. (joon. 301 *D*).

III Silindriline klaas (klaastorud). Silindrilise klaasina mõistetakse mitmesuguse läbimõõduga klaastorusid, samuti neist valmistatud tooteid: gaasi kogumise silindreid (joon. 274 *Q*), mõõtesilindreid (mensuure), lambiklaase, elemendipurke ja teeklaase (joon. 274 *L* ja *M*). Mitmesuguse läbimõõduga ja mitmesuguse seinapaksusega klaastorusid müüakse riiklikes laboratooriumitarvete ja õppetarvete kauplustes. Sagedamini kasutatavate klaastorude ristlõiked on loomulikus suuruses toodud joonisel 302. Torude ligikaudse pikkuse leidmiseks nende kaalu järgi võib kasutada järgnevat tabelit:

1 *kg* klaastorude üldine pikkus.

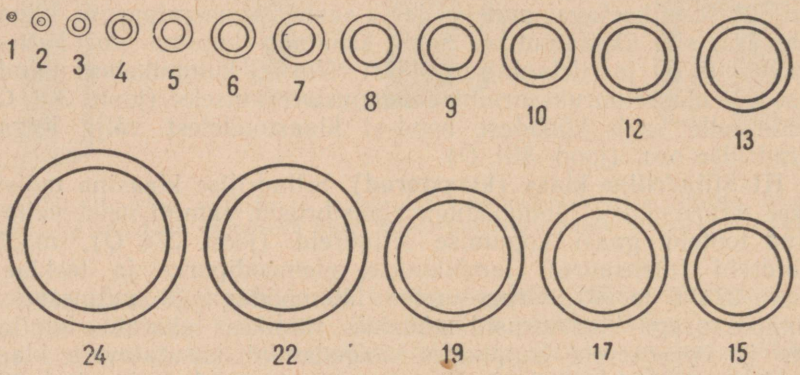
Tabel XXX

Toru läbimõõt (*mm*)	Pikkus (*m*)
3	60—65
4	40—45
5	25—30
6	15—20
15	7—9
20	3—4
25	2

On võimalik, kuigi erineva raskusega, katki lõigata nii füüsikakabinettides kõige sagedamini kasutatavaid peeni klaastorusid (väline läbimõõt 4—10 *mm*) kui ka jämedaid torusid (väline läbimõõt kuni 40—50 *mm*). Torude lõikamisel on kõige suurema täht-

susega toru seina paksus. Korralikuks ja edukaks lõikamiseks peab toru seina paksus olema mitte alla $^1/_5$ toru välisest läbimõõdust. Õhukeseseinaliste torude lõikamine (kui seina paksus on alla nimetatu) on võrdlemisi raske: nad kas purunevad juba lõikamise alguses või nende murre tuleb ebakorrapärane.

Seega tuleb silindrilise klaasi lõikamisel eristada kaht juhtu, mis erinevad teineteisest nii töö teostamise raskuse kui ka töövõtete poolest. Ühel juhul on meil tegu väikese välisläbimõõduga (mitte üle 15—20 *mm*) ja suhteliselt paksuseinaliste torudega (joon. 302). Teisel juhul tuleb lõigata silindreid (torud, pudelid ja tei-



Joon. 302. Klaastorude (kõige vajalikumate) loomulikud mõõted. Arvud näitavad välist läbimõõtu (mm).

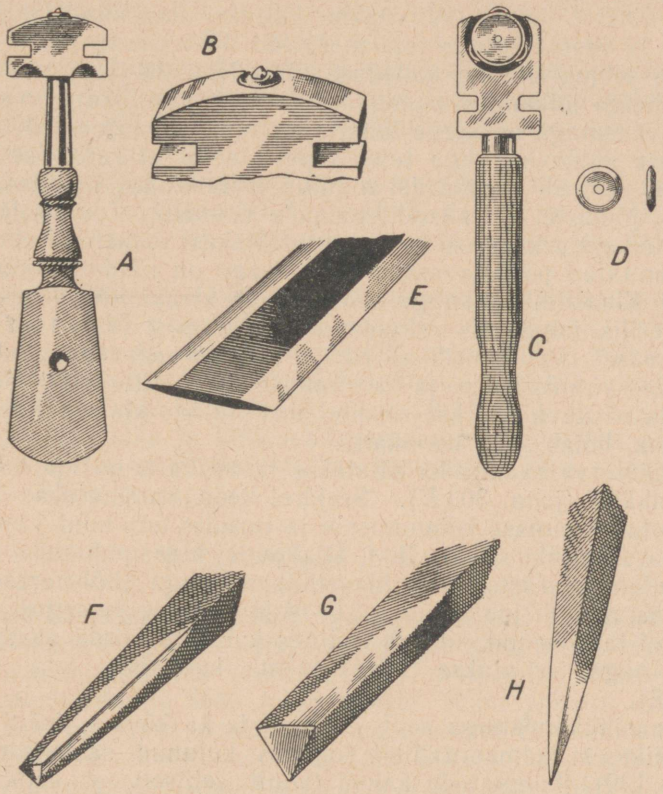
sed tooted), millede läbimõõt on suur (30—100 *mm*), seinad aga, võrreldes läbimõõduga, õhukesed. Esimesel juhul on lõigata kerge, teisel juhul — raske, vajades seejuures keerukaid vahendeid (vt. jagu 5 ja 6).

IV Mitmesuguseid materjale. Klaasi puurimiseks on tarvis tärpentini (§ 9, 2, XI) ja kamprit — lenduvat vaikainet (tahket), mida on kõige lihtsam osta apteegist. Klaasi lihvimiseks ja sobitamiseks on vajalik smirgelpulber (§ 11, 13) ja karborund- või mingi teine luisk, samasugune, nagu on kasutatav lõikeriistade teritamisel (§ 8, 3, XVI).

3. Tööriistad.

I Teemant. Klaasi lõikamiseks kasutatakse erilist tööriista, mida nimetatakse teemandiks (joon. 303 *A*). Ta koosneb paksust iseloomuliku kujuga messingplaadist, mis on teemandi enda raamiks. Teravaotsaline väike teemanditükike on joodetud raami selli-

selt, et teemandi terav nurk ulatub välja (joon. 303 *B*). Raam on varustatud käepidemega, millest hoitakse kinni klaasi lõikamisel. Teemante liigitatakse kristallikese suuruse ehk numbrite järgi. Mida suurem on kristallike (number), seda paksema klaasi lõikamiseks ta kõlbab. Koolipraktikas kõlbab väga hästi väikese kristal-



Joon. 303. Klaasilõikamise riistad: teemant (*A* ja *B*), klaasilõikaja (*C* ja *D*), noad (*E*—*G*) ja puur (*H*).

likesega teemant, nimelt nr. 4. Teemanti tuleb osta ainult riiklikust kauplusest ja lasta müüjal teda kontrollida klaasi lõikamisel. Lõigata tuleb ettevaatlikult, vastavalt 4. jaos toodud juhenditele, sest vastasel korral, eriti tugeval pealesurumisel, võib teemandi kristallike murduda ja tööriist kõlbmatuks muutuda. Kui see on juhtunud, siis mõnikord õnnestub lõikamisvõimet taastada, andes kristallile raamis teise asendi. Selleks tuleb jootematerjal soojendades

üles sulatada ja luubiga jälgides pöörata kristall pintsetiga vajalikku asendisse (joon. 303 *B*). Teemanti tuleb hoida karbikeses vati sees, selleks et kaitsta teda löökide ja kõvade esemetega kokkupuutumise eest. Klaasi lõikamist võib usaldada ainult neile õpilastele, kes õpetaja juhatusel on omandanud lõikamises kogemusi.

II Klaasilõikaja. Klaasilõikajaks nimetatakse tööriista, mis koosneb metallraamist, mille otsa on kinnitatud võllil vabalt pöörlev terava servaga ülikõvast sulandist rattake, läbimõõduga mõni *mm* (joon. 303 *C* ja *D*). Niisugune rattake surutakse kergelt vastu klaasi ja veetakse teda piki märgitud lõikejoont; pöörlev rattake tekitab seejuures oma kõvaduse tõttu klaasile jälje, mis sarnaneb teemandiga lõikamisel saadava jäljega. Klaasilõikaja on sobiv selle tõttu, et temaga on kerge lõigata mistahes kõverjoont mööda. Selle tööriista puuduseks aga tuleb lugeda seda, et rattakese serv ajajooksul nürineb[1] ja tööriist muutub kõlbmatuks, sest teda teritada omade jõudude ja vahenditega pole võimalik. Tavaliselt lisatakse klaasilõikajale kaks või kolm varurattakest vahetamiseks või nad on kinnitatud pööratavasse raami, nagu on näidatud joon. 303 *C*.

III Klaasilõikamisnuga. Silindrilise klaasi lõikamiseks kasutatakse erilist nuga, mis valmistatakse õhukesest ($b = 1—2$ *mm*) hea lõiketerase[2] (süsinikurikka) ribast, valides seda enamikul juhtudel katselise valmistamise ja tarvitamise teel. Mitte alati ei õnnestu sattuda nõutavale terase sordile, seetõttu iga klaasipuhuja, saanud hea noa, hoiab seda hoolikalt.

Lõikeserva saamiseks käiatakse terasriba nagu iga nugagi karborundkäial (joon. 303 *E*). Seejärel teda karastatakse (§ **11**, 5), kuumutades punase hõõgumiseni ja surudes tera kuni 1 *cm* sügavusele parafiinitüki sisse. D. I. Djakonov, klaasipuhumise suur vene eriteadlane, karastas oma klaasilõikamisnuga (hõbeterasest) elavhõbedas, mis oli jahutatud —21°-ni lume ja soola segus. Niisugust nuga ei tarvitsenud rohkem teritada kui kaks korda aastas. Karastatud nuga teritatakse kõval luisul kuni hea tera saamiseni (§ 8, 5).

Klaasilõikamisnuga saab valmistada ka kõvast, hästi karastatud väikesest kolmkantviilist (näiteks kulunud saeteritamisviilist) (joon. 139), ihudes teda kahelt tahult selliselt, et kaoks raie ja lõikeservale tekiks kaks läikivat tasast teralaba (fassetti) (joon. 303 *F*). Kui võtta erikujuline viil, väga väikese nurgaga tahkude vahel, nimetusega nugaviil, siis võib raide maha käiata ainult ühelt poolt, jättes raide teisel tahul puutumata; sel juhul ei teki sirgjooneline, vaid väikeste hammastega tera nagu sirbil. Samasuguse tera võib saada ka tavalisel kolmkantviilil, kui käiamist mitte lõpuni viia (joon. 303 *G*). Niisugune hambuline tera aga nõuab teistsugust lõikamise võtet, mis erineb sirge teraga lõikamisest; seda käsitleme 4. jaos.

[1] Klaasilõikaja õigel käsitsemisel rattake suudab lõigata kuni 100 jooksvat meetrit klaasi.

[2] Tavaliselt kõlbab murdunud vikati tükk.

Klaasilõikamisnoana võib kasutada ka «pobediit»-terase tükikest, mille teravad servad lõikavad klaasi hästi.

Kirjeldatud nugade valmistamine ei ole õpetajale alati jõukohane, pealegi pole kooli füüsikakabineti praktikas klaasi lõikamine igapäevaseks nähtuseks. Seepärast on täiesti võimalik, kuigi väiksema eduga, kasutada klaastorude lõikamiseks ühe või teise ristlõikega viili teravat serva, välja arvatud ümarviil. Kõige parem on lõikamiseks kasutada kolmkantviile.

IV Klaasipuurid. Klaasi sisse augu puurimiseks võib kasutada väikese kolmkantviili otsa, mille tahk on kõige laiemast kohast 4—5 *mm*. Mida tugevamini on viil karastatud, seda paremini ta puurib klaasi. Viili otsal tuleb raie kõva luisu või käiaga kõikidelt tahkudelt maha käiata kuni raide kadumiseni ja kuni tekivad läikivad pinnad (joon. 303 *H*). Niisuguse, viilist valmistatud puuri teravik peab nõrgal surumisel käe nahale tekitama valusa torke. Puur asetatakse tavalisse trilli (§ **11**, 3, VI ja joon. 137). Kuna puur nürineb kiiresti, siis tuleb teda puurimise jooksul kaks-kolm korda teritada.

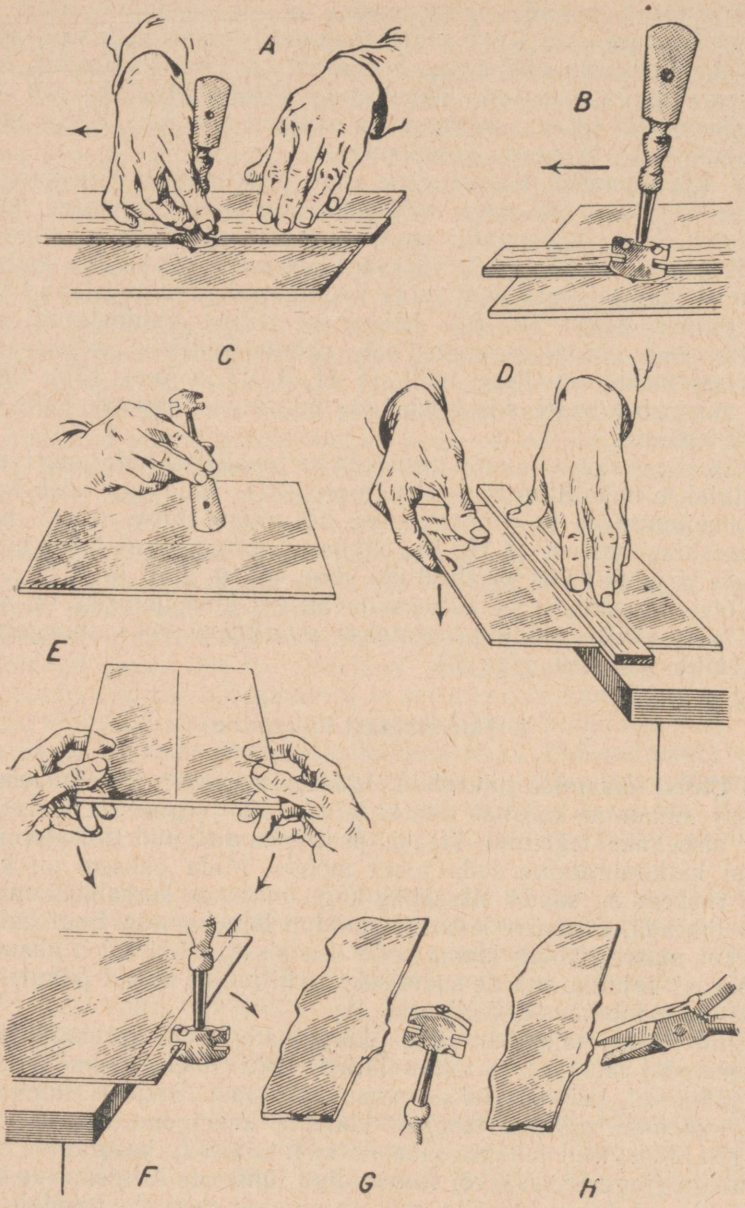
Klaasi puurimiseks võib kasutada ka tavalist silinderpuuri, mida kasutatakse metalli puurimiseks (joon. 137). Teda aga tuleb karastada, kuumutades ta otsa priimuse või mõne teise põleti leegis punase hõõgumiseni (§ **19**, 3). Nii kuumutatud puuri tuleb kiiresti suruda kirjalaki- või parafiinitüki sisse (§ **10**, 2, V ja XI).

Kõige lihtsamaks ja kättesaadavamaks klaasipuuriks on vasktraat või -toruke, mida kasutatakse puurimisel koos smirgelpulbriga, mille kohta vt. jagu 10.

4. Tahvelklaasi lõikamine.

I Üldisi lõikamise juhendeid. Igasuguse klaasi (nii õhukese kui paksu) lõikamine koosneb kahest teineteisele järgnevast operatsioonist: sisselõike tegemine klaasi pealispinnale piki lõikejoont ja klaasi katkimurdmine seda joont mööda. Mida paksem on klaas, seda raskem on saada sisselõike kogu ulatuses korralikku murret. Võib juhtuda, et murre kohati eemaldub lõikejoonest. Eriti halb on see, kui murre kaldub klaasi selle osa sisse, mida tuleb kasutada. Seepärast vajaliku murde saamiseks, eriti paksu klaasi puhul, tuleb kasutada eriabinõusid (alljaotus II).

Enne klaasi lõikamist tuleb kõrvaldada tema pinnalt lapiga väiksemadki mustuse ja tolmu jäljed. Eriti tuleb maha kraapida kiti jäänused, kui lõigatakse vana aknaklaasi. Seejärel tuleb märkida lõikejoon, milleks tehakse klaasile lõikejoone otstesse kaks märgist. Märgised tehakse klaasile kirjutamiseks kasutatava vahapliiatsiga (jagu 12, IV) või teemandiga lühikeste kriipsukeste kujul. Seejärel asetatakse klaasile, mis on pandud tasasele siledale pinnale paralleelselt märgitud lõikejoonega, paks joonlaud, seejuures lõikejoonest u. 3 *mm* kaugusele, sest teemandi teravik asetseb raami servast umbes sellisel kaugusel (joon 304 *A*). Mõnikord asetatakse



Joon. 304. Klaasitahvli lõikamise ja murdmise võtteid.

lõikejoone märkimise asemel klaasi alla paberitükk, mis on täpses vastavuses vajaliku klaasitüki kuju ja mõõdetega, ühe sõnaga — selle lõige. Joonlaud asetatakse sel juhul silma järgi vastavalt lõike piirjoontele.

Teemant tuleb võtta paremasse kätte nii, et ta käepidemel olev märk (must ring) asuks lõikaja pool. Teemant asetatakse klaasile täiesti vertikaalselt, surudes ta raami vastu joonlaua äärt, mis on juhtpinnaks. Lõikamine toimub lõikaja suunas, mitte aga vastupidi. Võib juhtuda, et teemant tuleb klaasile asetada veidi kaldu, tavaliselt lõikamisele vastupidises suunas (joon. 304 *B*). Üldiselt aga lahendatakse teemandi parima asendi küsimus, s. t. kas risti või kaldu, katseliselt mõne mittevajaliku klaasitüki lõikamisel.

Lõikamise õnnestumiseks on kõige olulisem see, et klaasile tekiks korralik sisselõige, mitte ainult kriimustus. Niisugune sisselõige on prao alguseks, mis järgneva mehhaanilise jõupingutuse toimel levib kogu klaasi paksuse ulatuses.

Õigesti tehtud sisselõige on vaevu märgatav, kuna kriimustus on täiesti selgelt nähtav. Teemandiga tõmmatakse piki joonlauda, ilma teemandile surumata. Oluline on märkida, et teemant annab lõigates väga iseloomulikku, veidi vilistavat, sugugi aga mitte kraapivat heli. Kui teemant väära asendi tõttu klaasi ainult kriimustab, siis rikneb ta selle juures ise, klaasi aga ei saa kuidagi peale tõmmatud kriimustuse järgi katki murda.

Õpetajal on soovitav enne vajaliku klaasi lõikamist harjutada klaasitükikestel, selleks et õppida tegema klaasi pinnale sisselõikeid, mitte aga klaasi kriimustama. Klaasilõikajaga toimub lõikamine samuti, nagu teemandiga, joonlauda mööda, ei tule vaid otsida klaasilõikaja käepideme kallakut. Sisselõike saavutamiseks vajab klaasilõikaja küllaltki tunduvat survet.

Nagu märgitud eespool jaos 3, I, tuleb paksema, seda enam aga peegelklaasi lõikamisel kasutada suurema numbriga teemanti.

II Klaasi murdmine pärast sisselõike tegemist. Pärast teemandiga õigesti tehtud sisselõiget murdub klaas kergesti joont mööda. Kui klaas on õhuke (mitte üle 2—3 *mm* paks), on küllaldane murret alustada täiesti servast, hoides klaasi mõlemalt poolt sisselõiget servadest kinni ja püüdes teda piki sisselõiget painutada (joon. 304 *E*), mille tõttu klaas murdub täpselt sisselõike joont mööda (eeldusel, et sisselõige on pidev). Kui klaasil lõigatakse äärest kitsas riba, siis murdumiseks haaratakse see nii, nagu on näidatud joonisel 304 *F*.

Keskmise paksusega (3—4 *mm*) klaas asetatakse pärast sisselõike tegemist tasase laua servale nii, et sisselõige klaasi ülemisel pinnal oleks täpselt laua serva joonel. Seejärel asetatakse klaasile joonlaud nii, nagu on kujutatud joonisel 304 *D*, ja võttes klaasi äralõigatavast osast käega kinni (parem läbi riidelapi), murtakse järsu survega allapoole klaas pooleks, kusjuures murre tavaliselt langeb täpselt ühte sisselõikega.

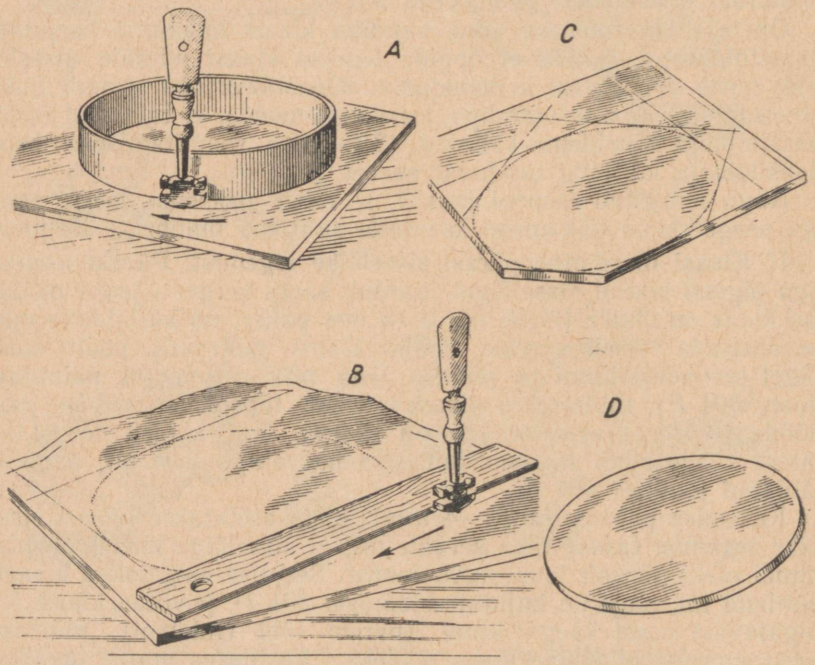
Paksude klaaside puhul on kõige kindlamaks järgmine võte.

Asetanud klaasi tasasele pinnale sisselõikega allapoole, koputatakse ettevaatlikult sisselõike vastaspoolel klaasi näiteks teemandiraamiga või selle käepidemega (joon. 304 *C*). Sellisel koputamisel tekib klaasisse tavaliselt ühes või teises kohas kogu klaasi paksuses pragu, mis levib vastavalt löökidele piki sisselõiget. Seda võtet saab eduga kasutada ka õhukeste klaaside puhul, kui sisselõige on kõverjooneline.

Kui pärast murdmist klaasi servale jäävad konarused, siis saab neid ettevaatlikult tükkideks poetada, kasutades selleks kas teemandiraami või lapiktange (joon. 304 *G* ja *H*, samuti vt. jagu 8).

5. Klaaskettakeste väljalõikamine.

Kui on teada kettakese nõutav läbimõõt, siis valitakse madal silindriline ese (karbike, purgike), mille läbimõõt on 6—7 *mm* kettakese läbimõõdust väiksem. Surudes eset vastu laual asetsevat klaasi, asetatakse teemandiraami külgtahk tihedalt vastu eset ja tõmmatakse teemandiga klaasile selle eseme järgi joon (joon. 305 *A*). Seejärel tõmmatakse sisselõigatud ringjoonele teemandiga mõned puutujad (joon. 305 *B*) ja hakatakse ettevaatlikult ning järkjärgult murdma klaasi selle ketta ümbert (joon. 305 *C*). Järele-



Joon. 305. Klaasist ringi väljalõikamine.

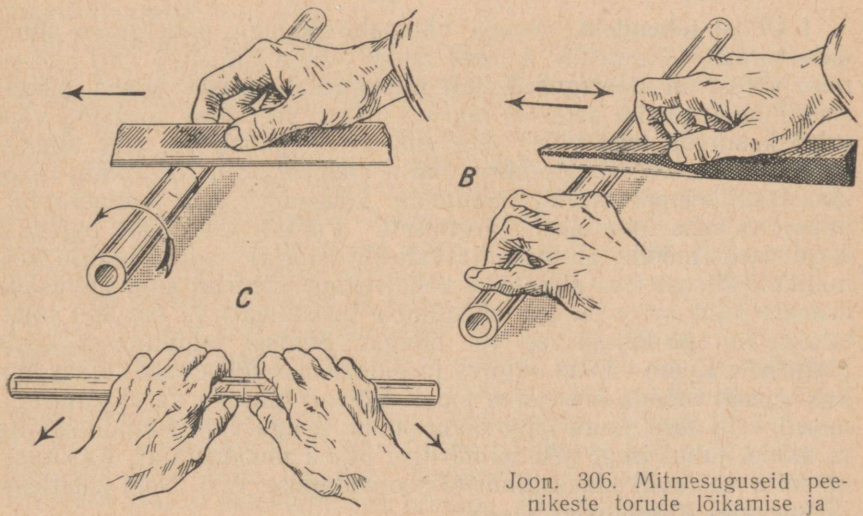
jäänud väikesed nurgakesed murtakse ära lapiktangidega (vt. jagu 8).

Hea sisselõike puhul ei ole vajalikud puutujaid mööda tehtud sisselõiked; teemandi käepideme kergete löökidega (klaasi vastasküljele) piki sisselõiget on kerge tekitada sisselõike ühes kohas pragu, ja samasuguste löökidega seda levitada kogu sisselõike ulatuses. Sel teel saab tervest klaasitükist eraldada klaaskettakese (joon. 305 *D*). Kuna enamikul juhtudest niisugused klaaskettakesed tuleb asetada mingisuguse riista raamisse, siis kettakese äärel võib äärmisel juhul olla vaid väikesi konarusi, mis on jäänud pärast liigse klaasi äramurdmist.

6. Peenikeste torude lõikamine.

Torude lõikamine sarnaneb põhimõttelt õhukese tahvelklaasi lõikamisele. Selleks tuleb noaga või viiliga teha sisselõige (jagu 3, III) ja seejärel toru sisselõike kohalt katki murda.

Lõikamise võte, s. t. noa tera liikumise viis lõigatava toru pinnal, oleneb tera kujust. Kui tera on sirge (joon. 303 *E* ja *F*), siis asetanud toru lauale, surutakse noa tera kergelt vastu toru ja veeretatakse toru mööda lauda, piirdudes seejuures ainult osaga (näiteks $^1/_4$) täispöördest. Seejuures peab noa tera sama kohta toru pinnal läbima ainult üks kord (joon. 306 *A*). Kui tera on hambuline (joon. 303 *G*), siis sellise noaga tuleb toru saagida nagu saega, liigutades nuga toru pinnal ühel ja samal kohal mõned korrad edasi-tagasi. Mõlemal juhul peab torule tekkima kitsas sisselõige umbes $^1/_4$ toru ümbermõõdu ulatusest; ainult toru suure läbimõõdu puhul (üle 1 *cm*) tuleb sisselõige teha kogu ümbermõõdu ulatuses.



Joon. 306. Mitmesuguseid peenikeste torude lõikamise ja murdmise võtteid.

Pärast sisselõike tegemist tuleb toru murda seda joont mööda kaheks osaks. Selleks võetakse toru kahe käega, asetades sõrmed kummalegi poole sisselõiget, sellele mitte liiga ligidale (mitte lähemale kui 1,5—2 *cm*) (joon. 306 *C*). Seejärel tehakse üheaegselt kaks liigutust: püütakse toru sisselõike kohal katki painutada (murda), toetades pöialdega toru altpoolt, kusjuures sisselõige peab olema painutatava toru kumeral poolel, ja samal ajal püütakse toru lõike kohalt katki tõmmata. Teine liigutus püüab toru otsi pärast murdumist teineteisest eemaldada, selleks et murdekoha teravad servad ettevaatamatu liigutuse korral ei haavaks kätt. Niisugune võte annab alati häid tulemusi ja sileda murdepinna, eeldusel, et toru läbimõõt on väike (mitte üle 10 *mm*), seina paksus suhteliselt suur ja äramurtavad torujupid küllalt pikad (mitte alla 6—8 *cm*), nii et neist saaks kätega kinni haarata. Viimane tingimus ei ole täidetav juhul, kui toru otsast tuleb ära lõigata lühike tükike (näiteks 1—2 *cm*) või pooleks lõigata lühike toru (pikkusega 5—6 *cm*). Viimasel juhul haaratakse lühikesed toru osad sõrmedega (vahel kahega — esisõrmega ja pöidlaga) kinni tingimata läbi lapi ja püütakse vajalik tükk ära murda. Saadud murdepinna ebatasasused tasandatakse lapiktangide abil samal viisil, nagu tahvelklaasi ääredki (jagu 4, II, joon. 304 *H*). Otstarbekohasem on aga ebatasasused mingisuguse põleti leegil siledaks sulatada (§ **19**, 9).

Kirjeldatud võte ei õnnestu alati õhukeseseinaliste torude puhul, sest niisugused torud purunevad kergesti mitte ainult murdmisel, vaid isegi sisselõike tegemisel, eriti kui see toimub viili abil. Täiesti kõlbmatu on see võte võrdlemisi suure läbimõõduga silindrilise klaasi lõikamisel (läbimõõt mõni sentimeeter) (jagu 7).

7. Jämedate torude ja pudelite lõikamine.

I Üldisi juhendeid. Suure välisläbimõõduga pudelite ja jämedate torude (silindrilise klaasi, läbimõõduga üle 2—3 *cm*) lõikamise võtted on ühesugused, sest niisuguseid torusid ei saa pärast sisselõike tegemist selliselt murda nagu peenikesi torusid, vaid tuleb kasutada teist viisi. See viis seisab pudeli või toru ümbermõõdul kitsa vööndi loomises, mille temperatuur on ümbritseva klaasiosa temperatuurist tunduvalt kõrgem (järsk temperatuuri hüpe). Selleks toimitakse järgmiselt. Pärast sisselõike tegemist kogu ümbermõõdu ulatuses (tavaliselt viiliga) soojendatakse võimalikult kitsast riba sisselõike kohal temperatuurini kuni mõnisada kraadi (kuid mitte punase hõõgumise lähedalegi) ja seejärel jahutatakse kiiresti külma vee või õhuga. Sellisel jahutamisel klaas praguneb. Enam-vähem sügava ja pideva sisselõike puhul klaas lõhkeb täpselt mööda sisselõike joont. Võivad juhtuda ka ebaõnnestumised, eriti toru suure läbimõõdu puhul: pragu võib suunduda viltu ja mõnel juhul isegi piki silindrilise pinna moodustajat. Kasutusel on mitu vastavat klaassilindrite soojendamise viisi. Neid käsitleme järgnevates alljaotustes II—V.

II Klaasi lõikamine tulise traatsilmusega. Lihtne, kuid võrdlemisi ebakindel viis seisab selles, et punase hõõgumiseni soojendatud traatsilmus pannakse ümber lõigatava silindri. Seejuures peab traat haarama suurema osa ümbermõõdust ja seejuures kõrvale kaldumata täpselt sisselõike joont mööda. Viimase tingimuse täitmiseks ei tohi silindrit ja traati mõlemaid käes hoida, vaid üks neist tuleb kinnitada liikumatult ja teist pöörata ilma pikinihkumiseta (joon. 307 *A*). Selle viisi ebakindlus seisab traadi kiires jahtumises klaasiga kokkupuutumisel, mõnikord jahtub ta isegi enne kokkupuutumist — kui töötaja on liiga aeglane.

III Elektrivooluga kuumutatava traadiga lõikamine. Kasutada tuleb nikeliin- või raudtraati ($d = 0{,}3—0{,}5$ *mm*), mida kuumutatakse valgustusvõrgu vooluga (voolutugevus 4—5 *A*) (§ **15**, 2, V). Selleks võib kasutada elektripliidi läbipõlenud spiraali osa; raskuseks on siin spiraali keerdude õgvendamine (§ **14**, 10, V), kuna traat on muutunud rabedaks. Traat tuleb võtta klaassilindri ümbermõõdust veidi pikem ja keerata üks keerd piki sisselõike joont ümber silindri (joon. 307 *B*). Sellel kohal, kus keeru algus satub kokku selle lõpuga, tuleb lühise vältimiseks traadi otste vahele asetada tükike asbesti või vilgukivi, et vältida juhtmete kokkupuutumist. Klaassilinder on otstarbekohane kinnitada otstest. Kui kasutatakse voolu valgustusvõrgust, siis reguleeritakse kuumutamist varem valitud sobiva reostaadiga; kõige kindlam seejuures on lampreostaat. Valgustusvõrku lülimine võib toimuda ka transformaatori kaudu (120/12 *V* või 120/6 *V*) või kasutades soojendamiseks akupatareid (joon. 307 *B*). Kuigi traat selles osas, kus ta puutub otseselt kokku klaasi pinnaga, ei kuumene sellisel määral kui otstes, kuumutab ta klaasi siiski küllaldasel määral selleks, et tekitada pragu kogu sisselõike ulatuses ja poolitada silindrit. V. V. Lermantov kinnitab, et sellise võttega on võimalik maha lõigata kitsaid rõngaid laiusega 2—3 *mm*.

IV Lõikamine teravaotsalise leegiga. Sisselõiget saab klaassilindril soojendada ka teravaotsalise leegiga, mida saadakse jootetoru abil piirituslambi või gaasipõleti leegist (§ **19**, 4, II ja joon. 314). Koonilise leegi terav ots juhitakse sisselõikele, mis on tehtud silindri ümbermõõdule nii, et ta soojendab võrdlemisi kitsast riba (joon. 307 *C*). Et seda riba veelgi kitsamaks teha, paigutatakse mõlemale poole sisselõiget 2—3 *mm* kaugusele mitmekordsed (4—6) filterpaberi ribad, mis on veega hästi läbi immutatud. Filterpaberi ribade kohalekinnitamiseks seotakse nad niidiga kinni. Kuumutamisel tuleb silindrit pidevalt ja kiiresti pöörata, nii et leegi koonus kogu aeg liiguks kõrvalekaldumatult sisselõiget mööda. Selleks tuleb silinder asetada alusele nagu pukile, millel on teljesihilist nihkumist takistavad toed. Klaasi tuleb kuumutada lühikest aega (mõned sekundid) ja kuumutamist katkestades puhuda kuumutatud ribale, mis peabki põhjustama prao tekkimist. Kui pragu ei tekkinud, siis tuleb võtet korrata, kusjuures enne uut kuumutamist tuleb lasta klaasil täielikult ära jahtuda. Kuumutada ei tule tuge-

vasti, sest tugev, kestev kuumutamine annab laia kuumutatud riba ja pragu ei teki.

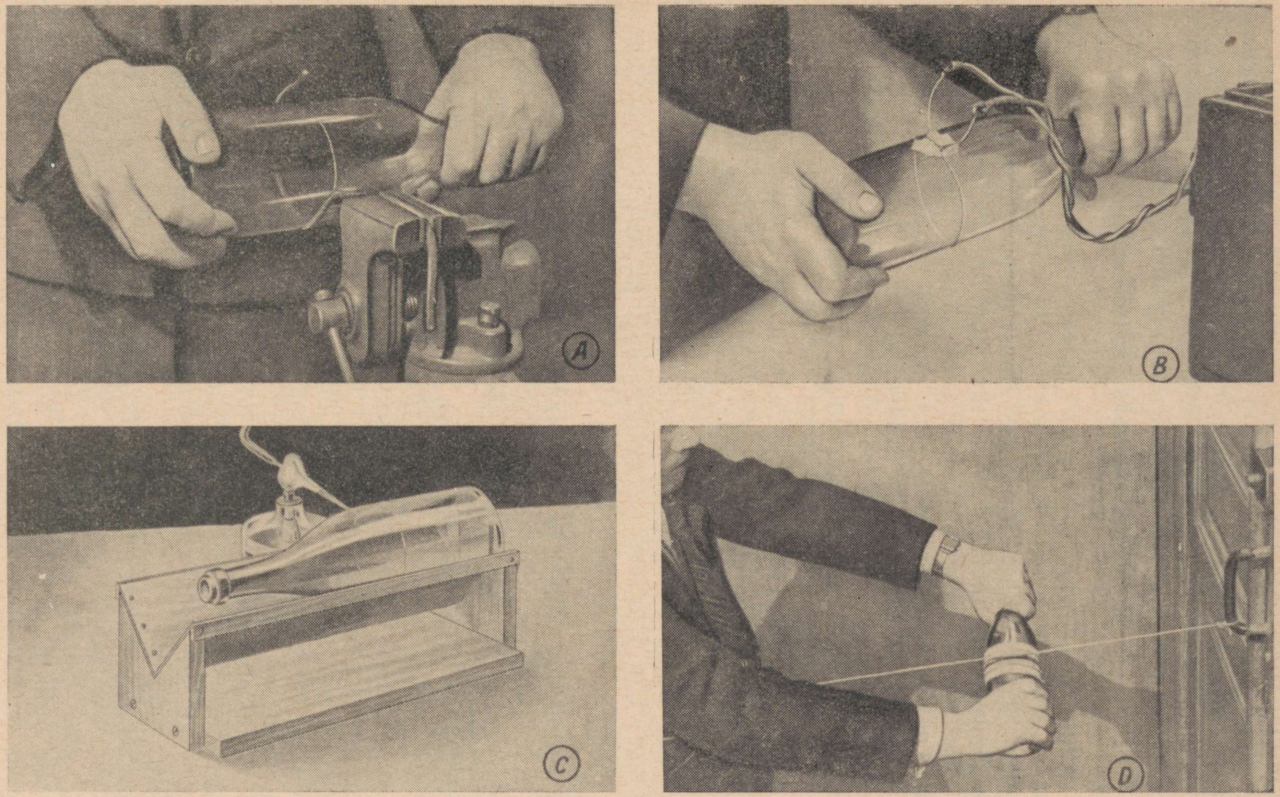
V Lõikamine hõõruva nööri abil. Klaassilindri kuumenemist piki sisselõiget võib saavutada ka hõõrumise teel. Selleks kasutatakse peenikest tugevat nööri (joon. 307 *D*). Nööri üks ots kinnitatakse liikumatu eseme, näiteks seinas oleva konksu või ukselingi külge, seejärel haarab nöör lõigatavat silindrit ühe keeruga mööda sisselõike joont, teine nööri ots seotakse ümber töötaja piha. Oma keha abil saab töötaja nööri küllaldaselt pingutada. Hoides silindrit kahe käega otstest (eeldusel, et silinder ei ole eriti pikk), hakatakse teda edasi-tagasi (enda poole ja endast eemale liigutama), sundides sellega nööri tugevasti klaasi hõõruma ja sellega teda soojendama. Hõõruda tuleb mõned (3—5) minutid, kuni klaas hõõrumise kohas küllaldaselt kuumeneb. Lõpetanud silindri liigutamise ja vabastanud ta nöörist, valatakse talle külma vett või kastetakse külma vette. Niisugune jahutamine põhjustab prao tekkimist ja silindri pooldumist tasase murdepinnaga. Eduka tulemuse eeltingimuseks on nööri külgnihkumise täielik puudumine ja nööri hõõrdumine vastu klaasi täpselt sisselõike joont mööda. Selleks et tagada joone muutumatust, millel libiseb nöör, tuleb silindrile kleepida või niidiga kinnitada kummalegi poole viiliga tehtud sisselõiget papist või paksust paberist mitmekordsed ribad; need rõngakujulised siledate ühtlaste sisemiste servadega ribad jätavad endi vahele 1—3 *mm* laiuse renni (vastavalt nööri jämedusele), milles liigub klaasi hõõruv nöör. Klaaseseme koonilise kuju puhul on suunavate ribade klaasile kleepimine tingimata tarvilik.

8. Klaasi servade viimistlemine.

Pärast nii tahvel- kui ka silindrilise klaasi lõikamist, täpsemini öeldes murdmist, on klaasi murdejoone ääred ebatasased, hambulised ja teravate kisudega. Sel juhul tuleb klaasi äärt tasandada.

Klaasi äärte jämedaks tasandamiseks kasutatakse lapiktange, kusjuures klaasi välja ulatuvaid osi ei murta ära tervikuna. Tuleb ettevaatlikult, ainult tangi mokkade otstega pigistades klaasi äärt, järk-järgult ja vähehaaval pudendada või katki pigistada klaasi ääred (joon. 304 *H*). Niisuguse tasandamise puhul on sisselõikejoone taha sattumise tõenäosus väike.

Klaasi äärte viimistlemise järgmine staadium on tasandamine viili või luisu abil. Paksude klaaside puhul kasutatakse peenviili, õhukeste puhul sametviili (joon. 138 ja 139). Töö toimub märjalt; viili niisutamiseks kasutatakse vett, petrooleumi või tärpentini; kõige paremaks on osutunud 10%-line kamprilahus puhtas tärpentinis (jagu 2, IV). Luiskudest kõlbavad smirgelluisud ja karborundluisud; viimaseid võib kasutada kuivalt, kuigi veega niisutamine ei ole kahjulik. Töötamisel ei tule klaasile liiga tugevasti suruda. Viili või luisu liikumise suund peab olema piki klaasi äärt, mitte aga risti. Mida õhem on klaas, seda ettevaatlikumalt tuleb



Joon. 307. Mitmesuguseid pudelite ja silindrilise klaasi lõikamise viise.

töötada. Täiesti sirgjoonelise ääre saamiseks liigutatakse klaasi luisu pinnal edasi-tagasi.

Tuleb silmas pidada, et viilid kui ka luisud selle tööga tugevasti riknevad: viilid nürinevad, luisule tekivad kriimustused. Seepärast on klaasi töötlemiseks otstarbekohane eraldada omaette tööriistad.

9. Klaasi sobivaks lihvimine.

I Üldisi juhendeid. Lihvitakse kõige sagedamini silindrilisi klaase, peamiselt purkide suudmeid, gaaside kogumise silindrite suudmeid, moodustades silindrilise klaasi äärte töötlemisel lõpliku viimistlemise staadiumi. Sobivaks lihvimine on aga alati kahepoolseks tööks, sest kaks eraldi objekti sobitatakse lihvimise teel teineteisega; näiteks purgi suudme rant ja lame klaasplaat; punn ja pudeli suue; kupli äär ja lame klaasplaat jne.

Abimaterjalideks on kõikidel juhtudel smirgel- või karborundpulber, mida niisutatakse tärpentiniga või, nagu see toimus klaasi äärte viimistlemisel, kamprilahusega tärpentinis (jagu 2, IV). Niisugust pulbrit pannakse kahe lihvitava pinna vahele. Töökäigus, kui lihvitavad pinnad hakkavad ikka rohkem ja rohkem teineteisega sobima, võetakse järjest peenemat pulbrit, kuni töö lõpetatakse kõige peenema pulbriga. Töö jooksul tuleb jälgida, et kogu ruum hõõrduvate pindade vahel oleks pulbriga täidetud, mis sobitamisel surutakse välja. Protsessi kiirendamiseks tugevasti peale suruda ei ole soovitav; tuleb meeles pidada, et sobitamine nõuab palju aega ja tööd.

II Silindrilise klaasi ja klaasplaadi sobitamine. Kõige sagedamini tuleb füüsikakabinetis silindrilise klaasi äärt kokku sobitada klaasplaadiga. Näiteks võib olla riist klaasi katkisurumiseks atmosfäärirõhuga ja Boyle'i klapp.

Kõigepealt tuleb saavutada seda, et klaassilindri ääred oleksid ühes tasapinnas. Selleks võetakse tükk paksu peegliklaasi ja kinnitatakse (lauale) liikumatult horisontaalasendisse. Klaasile puistatakse eespool soovitatud pulbrit.[1] Seejärel asetatakse klaasile ja pulbrile silinder selle otsaga, mida on tarvis töödelda. Käega silindrit kergelt vastu klaasi surudes hakatakse teda igas suunas liigutama, peamiselt ringe mööda, püüdes neid seejuures mitmekesistada. Pulbriterakeste peenemaks hõõrdumise tulemusena muutub esialgne tugev ja terav ragin töötamisel pehmemaks ja nõrgeneb märgatavalt. Sel juhul tuleb äratöötatud pulber asendada uue, veidi peenema pulbriga.

Kui silindri äär on muutunud tasapinnaliseks, lihvitakse sellega sobivaks talle kaaneks määratud klaasplaat. Töövõte on täpselt sama, selle vahega, et nüüd jääb silinder liikumatuks, tema äär kaetakse pulbriga ja liigutatakse klaasplaati. Käepärasemaks töötamiseks on otstarbekohane kinnitada kirjalakiga plaadi külge käe-

[1] Pulbrit tuleb niisutada kamprilahusega tärpentinis (jagu 2, IV).

pide: kork või puukettake (rosett) (§ 15, 2, VII). Kui on olemas mattklaasist plaat, siis võib seda kasutada ilma täiendava sobitamiseta. Tuleb märkida, et kaks matti kokkupuutuvat pinda, isegi eriti hoolsalt kokku sobitatud, kuivalt ei sule hermeetiliselt, neid tuleb tingimata määrida vaseliini või tavotiga (§ 12, 17, 5).

III Kraanide ja klaaspunnide sobitamine. Umbes niisamuti nagu on kirjeldatud II alljaotuses, sobitatakse ka klaaspunne ja kraane (joon. 296 *A*). Ühe käega hoitakse pudelit või kraani raami, teisega pööratakse punni või kraani edasi-tagasi, võimalikult sagedasti muutes liikumise algpunkti. Sobitatavad pinnad tuleb eelnevalt määrida niisutatud smirglipulbriga, nagu eespool osutatud. See töö nõuab ettevaatust, kannatust ja pikemat aega, eriti siis, kui punn on suudmest jämedam või on suurte ebatasasustega. Neil juhtudel mõnikord pole otstarbekohane tööd alustadagi. Ainult neil juhtudel, kui ebasobivused on väikesed, mis nõuab väikest kohendamist, toimub töö ilma suurema jõu ja aja kuluta.

10. Klaasi puurimine.

Klaasi puurimine ei ole raske töö, kuid nõuab suurt kannatlikkust ja väga palju aega. Sageli klaas, vaatamata kõigele ettevaatusele, puruneb ja seejuures mõnikord töö viimasel momendil, nii et kogu aegaviitev töö on olnud asjatu.

Puuritav klaas asetatakse tasasele pinnale, mis on kaetud pehme riidega, näiteks baikaga. Augu ettemääratud kohale asetatakse trilli kinnitatud puuri ots (§ 12, 3, VI ja joon. 155 *B*). Puuri kohalt nihkumise vältimiseks kleebitakse klaasile vineeritükk, millesse on puuritud auk. See auk on puuri juhtijaks. Puurina kasutatakse, nagu jaos 3, IV märgitud, otsast teritatud kolmkantviili või tavalist silinderpuuri (joon. 137 *C* ja 303 *H*). Puuri tuleb aeg-ajalt niisutada tärpentiniga, või mis veel parem, kamprilahusega tärpentinis (jagu 2, IV). Silinderpuuri puhul soovitatakse mõnikord tärpentini asemel kasutada 10%-list väävelhappelahust (§ 24, 3, 1).[1]

Puurimisel ei tohi klaasile tugevasti vajutada, sest sel juhul võib klaas puruneda; eriti tähelepanelikult ja ettevaatlikult tuleb töötada enne puurimise lõpetamist, kui puur just-just hakkab klaasist läbi jõudma. Vähimgi ettevaatamatus sel momendil (peamiselt liigne surve) põhjustab klaasi purunemist. Niipea kui puuri ots on klaasist läbi jõudnud ja selle vastaspinnast veidi väljunud, tuleb puurimine lõpetada, kuigi auk on kooniline ja tipu juures veel väikese läbimõõduga. Asi seisab selles, et augu suurendamine vajaliku läbimõõduni on palju kergem kui puurimine, kuigi ettevaatusega tuleb töötada ka siin. Auku suurendatakse tavaliselt kolmkantviili teritatud otsaga, teda mitte niipalju pöörates, kui ühele ja teisele poole kallutades, millega augu servad vähehaaval pudenevad ja auk suureneb.

[1] On arusaadav, et puur tuleb pärast puurimist leelise- (sooda-) lahusega üle pesta.

Raamatus B. H. Цейтлин «Советы по изготовлению учебных пособий и инвентаря» on märgitud, et puurina võib kasutada ka peene smirglipulbriga täidetud vasktoru. Smirglipulbrit niisutatakse seejuures veega. Sama autor kirjeldab veelgi lihtsamat viisi. «Tavalise trilliga saab klaasisse auku puurida, võttes puuri asemel lühikese tüki punasest vasest traati. Selle traadi otsa ei tarvitse teravaks teha. Klaasi tuleb puurimise kohal aeg-ajalt määrida järgmise retsepti järgi valmistatud pastaga:

smirglipulbrit	4 osa
kampripulbrit	2 osa
tärpentini	2 osa

Kamper tuleb tärpentinis lahustada ja segada smirglipulbriga. Puurimine muutub kergemaks ja kiiremaks, kui kasutada lauakest, millesse on puuritud puuri suunamiseks auk.»

11. Tasaparalleelsete seintega anuma valmistamine.

Tasaparalleelsete seintega anumaid (joon. 300) vajatakse peamiselt mõnede elektrolüütiliste ja kapillaarnähtuste ekraanile projitseerimiseks (vt. k. I, § **93**, 3 ja joon. 204). Niisuguste anumate valmistamiseks tuleb valida värvuseta siledad klaasid (moonutuste vältimiseks projitseerimisel). Neid omadusi on kõige suuremal määral peegliklaasil, tema paksus aga (kuni 1 *cm*) äärmiselt raskendab ta kasutamist. Võib valida ka sobiva aknaklaasi tükikese (paksusega 3—4 *mm*). Töötlemise lihtsustamise huvides aga võib kasutada ka vanu fotonegatiivide klaase, pestes neilt maha želatiini kihi, milleks neid tuleb vees leotada. Negatiivide hulgast võib peaaegu alati leida vajalike omadustega klaasi.[1]

Anumaid saab valmistada mitmesugusel viisil.

a) Anuma külgseinad ja põhi *a* painutatakse metallplekist (tsinkplekk või valgeplekk) vastava šablooni järgi (joon. 300 *A*). Nurkades, kus puutuvad kokku külgseinte ja põhja painutatud servad, joodetakse nad kokku (§ **12**, 7). Anuma sisse asetatakse vastavalt väljalõigatud klaasid ja kititakse servadest aknakitiga kinni, või valatakse servad üle mendelejevi kitiga (§ **10**, 7, IV). Võib kinnitada ka kirjalakiga, kuid selline kinnitusviis on halvem. Viimastel juhtudel raputatakse anuma nurkadesse väikesed tükid mendelejevi kitti või kirjalakki ja nurka väljaspoolt ettevaatlikult soojendades, aetakse kitt või kirjalakk sulama. Kui mendelejevi kitt või kirjalakk on muutunud vedelaks ja voolab laiali, lõpetatakse soojendamine ning lastakse tal anuma asendit muutmata hanguda. Kui aga anuma sissepoole külgseinte ja põhjaraamistiku külge joota esi- ja tagaseina servadega paralleelsed ribad veidi suuremale kaugusele raamistikust kui klaasi paksus, siis tekivad nuudid, milledesse saab

[1] Klaasi optiliste omaduste kindlakstegemine toimub kõige lihtsamini variprojektsiooniga. Kõik klaasi pinna ebatasasused on märgata seejuures tumedate laikudena ja heledate täppidena.

asetada klaasi. Kui nüüd valada klaasi kinnituskohad mendelejevi kitiga kinni (eespool kirjeldatud viisil), siis klaasid püsivad kohal palju kindlamini kui ilma nuutideta.

b) Anumaid võib teha ka puidust alusega ja seintega. Nende valmistamiseks lõigatakse kõvast puidust (kasest) või mitmekordsest vineerist joonisel 300 kujutatud detail *B*. Otstarbekohane on lauakest enne parafiiniga immutada, vastavalt § **10**, 5, III toodud juhenditele. Kui seda mitte teha, siis tuleb detaili *b* sisepind katta mendelejevi kitiga, kirjalakiga või parafiiniga ja et see paremini hakkaks külge, sulatada üle tulise rauaga (joon. 124). See operatsioon on vajalik puidu läbiimmutamise vältimiseks lahusega, mida valatakse katsete korraldamisel anumasse. Samasuguselt tuleb mendelejevi kitiga katta ka detaili *b* need seinad, millede kleebitakse klaasid. Hangumata määrdele tuleb klaas asetada soojendatuna. Klaaside kinnitamiseks võib kasutada ka aknakitti (§ **10**, 7 II ja III).

c) Kolmas, kõige lihtsam ja kõige kiiremini teostatav anuma valmistamise viis on kujutatud kahes variandis joonisel 300 *C* ja *D*. Anuma seinad ja põhi valmistatakse paksuseinalisest kummitorust (joon. 280). Hästi kõlbavad selleks ka kõvakummist torud, mida kasutatakse elektrijuhtmete monteerimisel ja nende läbiviimisel seintest (§ **17**, 2, III). Kui õpetajal aga on käepärast ainult õhukeseseinalisi kummitorusid, siis tuleb neisse ajada üks või mitu nööri (joon. 300 *E*). Detailide ühiseks anumaks kinnitamine toimub puitklambrite *c* abil, mis on lõigatud kõvast puidust, või nelja liistu abil, mis ülalt ja alt on kinni seotud traadiga või nööriga *d* (joon. 300 *C* ja *D*). Sellise konstruktsiooni suureks eeliseks, eriti puitklambrite *c* kasutamisel (joon. 300 *C*), on anuma kerge lahtivõtmise võimalus pesemiseks pärast katseid.

12. Mitmesuguseid retsepte ja nõuandeid.

I Klaasi mateerimine. Mattklaasid on vajalikud poolläbipaistvate ekraanidena optikakatseteks. Klaasi pinna mateerimine toimub väga lihtsalt keemilisel teel — peitsides fluorvesinikhappega; kuna aga selle happe aurud on mürgised, siis kooli tingimustes niisugune töö ei ole lubatav. Klaasi ei ole raske mateerida ka mehhaanilisel teel, toimides samal viisil nagu lihvimiselgi (jagu 9), s. t. smirglipulbri abil. Peen smirglipulber võetakse veega niisutatud korgi otsale ja hõõrutakse sellega klaasi pinda, tehes ringliigutusi. Veel parem on kleepida puuklotsile tükike klaasi ja hõõruda sellega niiske smirglipulbriga kaetud klaasi pinda.

II Peegeldava kihi tekitamine. Mõnede optiliste riistade jaoks on vajalikud peeglid. Peeglit on kõige lihtsam osta kauplusest, pealegi ta ei ole kallis. Niisugust peeglit võib lõigata vajaliku suurusega tükkideks, näiteks ribadeks valguse peegeldumise demonstreerimiseks kõveratelt pindadelt või laboratoorsete riistade valmistamiseks jt. Lõikamine toimub teemandiga või klaasilõikajaga (joon.

303 ja 304), vastavalt 4. jaos toodud juhenditele. Lõikamine toimub peegeldava kihita küljel. Peeglit saab valmistada ka oma jõudude ja vahenditega, nimelt klaasi hõbetamise teel (§ 26, 6, I—III). Kõige lihtsam on valmistada musta peeglit, mis on täiesti kõlblik eespoolnimetatud laboratoorsete riistade, kaleidoskoopide jm. valmistamisel. Niisuguse peegli valmistamiseks pestakse klaas hoolikalt puhtaks, kuivatatakse ja kaetakse ühelt küljelt pintsli abil kaks korda musta piirituslakiga (§ 9, 2, IX) või asfaltlakiga (§ 9, 10). Eriti hästi peegeldab peegliklaasist valmistatud must peegel.

III Pealkirjade söövitamine klaasile. Klaasile mahapestamatute pealkirjade tegemiseks, näiteks reaktiivide pudelitele, skaaladele jne. koostatakse kaks lahust:

a)	tsinkkloriidi (§ 12, 2, IV)	14 osa
	soolhapet (§ 24, 3, II)	65 „
	vett	500 „
b)	keedusoola	36 „
	kaaliumsulfaati	7 „
	vett	500 „

Võrdsed osad mõlemast lahusest segatakse paksu parafiinitükki tehtud süvendis (§ 10, 2, V). Kasulik on lahuste segule lisada kaks-kolm tilka tušši (mitte tinti!) selleks, et pealkirjad oleksid kirjutamise ajal nähtavad. Pealkirjad kirjutatakse väikese vesivärvide pintsli terava otsaga (joon. 105) või puhta sulega. Pealkiri söövitub klaasisse umbes poole tunni jooksul, mille järel klaasi pind pestakse veega puhtaks.

IV Klaasile kirjutamise pliiats. Klaasile saab pealkirju kirjutada ka eri pliiatsiga, mis on valmistatud kahe osa vaha ja 1 osa loomarasva kokkusulatamisel (§ 10, 4, VIII). Kuivad värvid: tahm, tinavalge, kinnaver (tsinnoober), kroomkollane (§ 9, 2, I) lisatakse kuumasse segusse 1—2 osa ulatuses ja hõõrutakse segamini soojendatud uhmris. Et kirjutamine oleks mugavam, valmistatakse segust pulgad, valades segu paberist vormidesse (§ 10, 4, IX).

V. N. Verhovski soovitab punase pliiatsi valmistamiseks võtta 4 osa stеariini, 3 osa puhast loomarasva ja 2 osa vaha. Segu sulatatakse ja sellele lisatakse 6 osa mennikut ja 4 osa potasepulbrit. Soojendatakse segades $^1/_2$ tundi, mille järel segu võib valada paberi- või klaastorudesse läbimõõduga 1—1,5 *cm*. Pärast hangumist aetakse klaastoru veidi soojaks, pliiatsipulk tõugatakse välja ja keeratakse tinapaberisse.

Klaasile kirjutamise pliiatseid on ka müügil õppetarvete kauplustes.

V Klaasi pesemine ja puhtakshõõrumine. Määrdunud klaasi on kõige lihtsam pesta veega, milles on lahustatud teatav hulk tavalist soodat või veel parem, pesupulbrit. Pärast pesemist klaas hõõrutakse üle puhta lapiga, või mis veel parem, kokkukortsutatud ajalehepaberiga.

Klaasi puhtakshõõrumiseks valmistatakse peenekstambitud kriidist ja veest puder, millele on lisatud piiritust ja üsna veidi ammoniaaki (§ 24, 3, II)[1]. Segu kantakse klaasile tampooniga (joon. 105 *E*), hõõrudes seda ringliigutustega laiali, ja jäetakse siis kuni täieliku kuivamiseni seisma. Seejärel pühitakse kriit kuiva puhta lapiga või kortsutatud ajalehepaberiga maha.

VI Liim klaasi, portselani jt. liimimiseks. Riide, paberi ja papi kindlalt klaasi külge liimimiseks tuleb kasutada sapoonlakki (tselluloidi lahus atsetoonis) (§ 9, 7) või mis on peaaegu sama, laiatarbekaupade kauplustes müügil olevat liimi «Herkules».

Järgnevalt toome klaasi klaasiga ja metalliga kokkukleepimiseks mitmesuguseid retsepte, selleks et õpetaja saaks neist valida selle, mille valmistamiseks tal on olemas vajalikke aineid.

Klaasi, portselani, luu, mineraalide liimimiseks võib kasutada järgmisi segusid:

a) Želatiini (§ 8, 2, XII) leotatakse vees, kuni ta on neelanud endaga võrdse ruumala vett. Seejärel, valades tükikesteks lõigatud želatiini üle umbes võrdse osa äädikhappega (essentsiga) (§ 24, 3, IV), soojendatakse ettevaatlikult kuni želatiini sulamiseni. Pärast jahtumist peab segu tarduma tihedaks želeeks; kui seda ei juhtu, siis tuleb teda uuesti soojendada ja želatiini juurde lisada. Kokkuliimitavad pinnad tuleb hoolikalt puhtaks pesta, kuivatada, sulatatud seguga kokku määrida (pintsli või pirru abil) tugevasti kokku suruda ja mitmeks päevaks seisma jätta.

b) Kirsiliimist (§ 20, 2, III) valmistatakse teda vees lahustades püdel siirup, mille kahele osale lisatakse 1,5 osa tärklisepulbrit ja 0,6 osa suhkrut. Seejärel soojendatakse teda veevannis, seni kui tärklis lahustub. Säilitamiseks tuleb konserveeriva ainena lisada tükike kamprit (jagu 2, IV). Kokkuliimimine toimub samal viisil, nagu želatiinliimigagi (punkt a).

c) Rasvata kohupiim (kooritud piimast) valatakse üle nuuskpiiritusega ja jäetakse kinnises nõus mõneks tunniks seisma kuni lahustumiseni, s. t. ühtlase kleepiva poolläbipaistva massi tekkimiseni. Selliselt valmistatud kaseiinliim aga rikneb kiiresti. Liimida tuleb samal viisil, nagu on kirjeldatud punktis a.

d) Hea on ka järgmine koostis:

vesiklaasi (§ 9, 2, XIII)	1 osa,
millesse on lisatud :	
kriiti (peenekshõõrutud)	3 osa,
tsinkoksüüdi	1 osa.

Liim kuivab 6—8 tunniga.

VII Klaasi värvimine läbipaistvate lakkidega (vt. § 9, 8).

---

[1] Tuleb hoolitseda, et kriidiga koos ei satuks segusse liivateri, mis hakkavad klaasi kriimustama; selleks tuleb kriit peenendada tükilisest kriidist (koolikriit) või osta apteegist puhast hambapulbrit (eetriõlide lisandita).

VIII Kitte metallplaadikeste klaasile kleepimiseks.

a) Vesiklaasi (§ 9, 2, XIII) segu kriidipulbriga,
b) tisleriliimi (§ 8, 2, XII) segu siirupiga (20%),
c) tainas dekstriinist (§ 20, 2, III) tuhksuhkruga.

Vee-, happe- ja leelisekindel kitt.

Kitti saab kasutada metalli, kivi, fajansi, klaasi jne. kleepimiseks ja nendes olevate pragude täitmiseks. Kitt on väga vastupidav vee, hapete ja leeliste mõjule ja küllalt tugev. Tema valmistamiseks segatakse:

seatinasilu (§ 9, 2, 1)	100 osa
glütseriini	8—10 osa

Kitti ei saa säilitada, sest ta kõvastub võrdlemisi kiiresti.

Kitt kivi, klaasi, luu, sarve, fajansi ja puidu kleepimiseks.

Kipsi või, mis parem, alabastrit (kui kipsist aeglasemalt kõvastuv) segatakse kummiaraabiku vedela lahusega (§ 20, III). Segu kõvastub kiiresti massiks, mida noaga on raske lõigata.

Teise retsepti järgi võetakse:

kummiaraabikut	1 osa
alabastrit	4 osa

ja segatakse neid külma küllastatud booraksilahusega.

Mass omavalmistatud kuivelementide kinnivalamiseks.

Massi saamiseks võetakse:

parafiini (või vaha)	2 osa
kampolit (§ 10, 2, VIII)	3 osa

või

kingsepapigi	1 osa
kampolit	5 osa

§ 19. KLAASIPUHUMINE. PÕLETID.

1. Tööde otstarve.

Nagu märgitud § 18, 1, jagunevad kõik tööd klaasiga kahte rühma — tööd külma klaasiga ja tööd pehmenemiseni kuumendatud klaasiga. Esimese rühma töid kirjeldati eelmises paragrahvis. Teise rühma moodustavad nn. klaasipuhumistööd. Kõikidel nendel töödel kuumutatakse klaas põletil kuni pehmenemiseni (umbes 600—800°-ni), mil ta hakkab voolama; sel juhul klaasis, nagu vedelikuski, hakkavad ilmnema kõigi neile iseloomulike omadustega niisugused molekulaarjõud, nagu pindpinevusjõud. Nendel töödel tuleks esemele vajaliku kuju andmiseks kasutada sageli õhuga puhumist. See põhjustabki nende tööde nimetamist klaasipuhumistöödeks. Niisugused tööd, alates klaastoru painutamisest ja lõpe-

tades klaaskuuli väljapuhumisega, võivad olla demonstratsiooniobjektideks õppetundides, kui juttu on kehade plastilistest omadustest.

Füüsikakabineti töös tuleb õpetajal tegelda võrdlemisi väikese arvu klaasipuhumistöödega, kusjuures need on kõige lihtsamad ega nõua erilist meisterlikkust. Kõik niisugused tööd toimuvad peenikeste klaastorudega ja nende eesmärgiks on katseriistade montaaž üksikute osade kokkuühendamise teel (joon. 405) või ühendatud torude, muuseas vedelikmanomeetrite, valmistamine.

Teiste vajalike tööde hulgast tuleb mainida kapillaartorude valmistamist. Seega vajab seitsmeaastase kooli õpetaja klaasipuhumise järgmiste lihtsate võtete omandamist: klaastoru lõikamine, selle otsa siledaks sulatamine, toru otsa kinnisulatamine ja miniatuurse katseklaasi valmistamine, toru otsa väljavenitamine, kapillaartoru valmistamine, toru painutamine täisnurga või mistahes nurga kujul, U-kujulise toru valmistamine, kahe toru otseti kokkusulatamine. Klaasipuhumistööd aga on niivõrd kaasakiskuvad, et õpetaja, omandanud loetletud töövõtted, tavaliselt omandab ka klaaskuulikeste ja klaaslehtrite (joon. 321), samuti aga ka kolmiktorude valmistamise oskuse. Nagu praktika näitab, töötavad õpilased väga meeleldi klaasipuhumisega, vaatamata sellele, kas mõni nende poolt valmistatav ese on vajalik või mitte.

Loetletud töödeks vajalikud seadmed on õige lihtsad, ja kui järgnevalt kirjeldatakse põletite erikujusid, nende hulgas ka gaasipõleteid, siis tehakse seda eeskätt käesoleva raamatu põhimõtte kohaselt kõikide võimaluste kätte juhatamiseks, alates kõige primitiivsematest ja lõpetades täiuslikumatega, mis lähenevad tänapäeva tehnikale. Peale selle kirjeldatakse mitmesuguseid põleteid lisaks II köites § 18, 1—5 kirjeldatuile ja sealsamas joonistel 127—130 kujutatuile ka sellepärast, et niisugused teadmised moodustavad laboratooriumitehnika tähtsama osa. Järgnevas käsitluses on pööratud küllaldast tähelepanu ka leegi ehituse küsimusele, kuna need teadmised on tähtsad igale õpetajale, olenemata sellest, kas ta klaasipuhumistöödega tegeleb või mitte.

2. Kergesti sulavad klaastorud.

Klaasi pehmenemise ja sulamise temperatuur oleneb klaasi koostisest. Vastavalt sellele tuntakse kergestisulavaid (naatrium- ja seatinaklaas)[1] ja raskestisulavaid (kaaliumklaas) klaase. Kergesti sulav klaas muutub 500—600° juures pehmeks ja paindub, murre on tal värvusetu või, nagu öeldakse, selge ja läikiv. Niisugust klaasi nimetatakse sageli ka kristallklaasiks. Esineb ka kergestisulavaid klaase, millede murre on kollaka või roosaka tooniga.

[1] Seatinaklaasi tunnuseks on muuseas tema omadus taandavas leegis mustaks muutuda; niisugune mustumine, kui see esineb ainult üksikute täppide kujul, kaob oksüdeeriva leegi toimel (jagu 5).

Raskestisulav klaas (tavaliselt tehasest «Krasnaja Gorka» Leningradi lähedalt) on roheka murdepinnaga ja pehmeneb temperatuuril 700—900°; paljud põletid, nagu näiteks piirituselamp, ei ole kõlblikud tööks raskestisulava klaasiga. Õpetajal, eriti algajal, tuleb klaasipuhumistöödes igati vältida raskestisulavat klaasi, sest mõnedel juhtudel õnnestub tal raskesti sulavat klaastoru ainult painutada.

Kõikidel järgnevalt kirjeldatavatel klaasipuhumistöödel, mis võivad esineda füüsikaõpetaja praktikas, tuleb kasutada suhteliselt paksuseinalisi kergestisulavast klaasist torusid (joon. 302). Kergesti sulavus on tähtsaim tingimus, sest ta on tingimata vajalik mitte ainult edu tagamiseks, vaid enamikul juhtudest ainult see võimaldabki tööde teostamist kooliolukorras. Niisuguseid torusid on müügil riiklikes laboratooriumitarvete ja õppetarvete kauplustes. Mõned andmed torude mõõdete kohta on toodud § **19**, 2, III (joon. 302). Kui õpetajal on tundmata sulamistemperatuuriga torusid, siis nende kõlblikkust klaasipuhumistöödeks saab kindlaks määrata toru katselisel soojendamisel mingisugusel põletil, sest näiteks piirituslambil kergestisulav klaastoru peab hakkama painduma.

Füüsikaõpetajal tuleb klaasipuhumistöödel piirduda keskmises jämeduses torudega (läbimõõt 1—1,5 *cm*), milledel on keskmine seinapaksus (1,5—3 *mm*). Arvestades niisuguseid torusid, antaksegi järgnevad töövõtete kirjeldused. Jämedate ja õhukeseseinaliste torude töötlemisel tuleb kasutada erilisi ja keerukamaid töövõtteid, mida käesolevas raamatus ei kirjeldata.

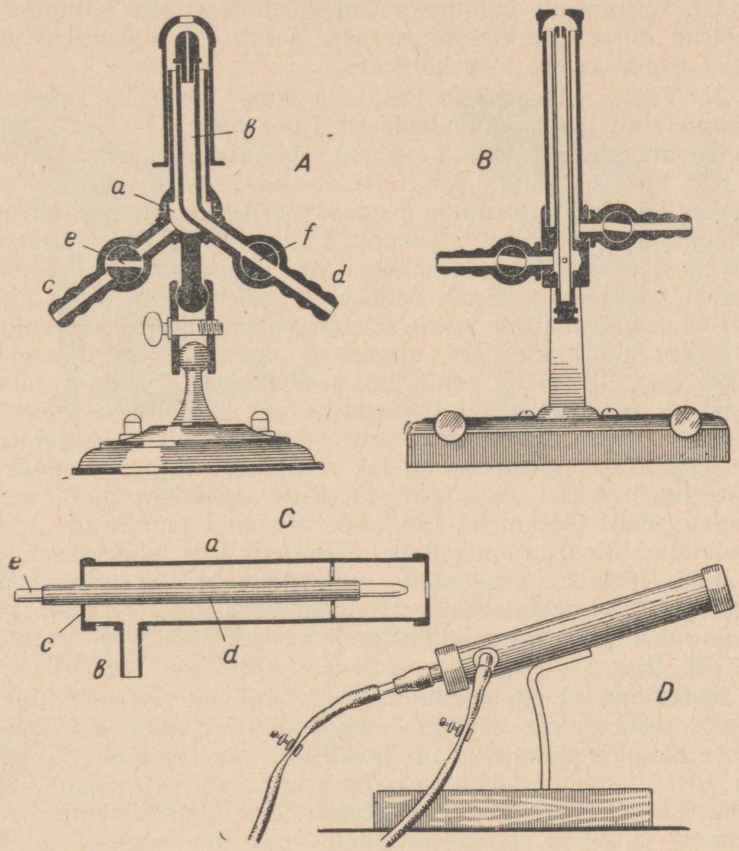
3. Põletid klaasi ja teiste materjalide töötlemiseks.

I Puhutavad gaasipõletid (klaasipuhumispõletid). Kui kool on varustatud gaasiga, mis muuseas on võimalik ainult mõnedes linnades, siis peale Teclu ja Bunseni põletite, mida on kirjeldatud II köites § **18**, 2 ja kujutatud joon. 127, on eriti tulise ja võimsa leegi saamiseks soovitav hankida puhutav gaasipõleti, mida nimetatakse klaasipuhumispõletiks.[1] Niisugune põleti võimaldab muuseas ka raskelt sulavate metallide, nagu messingi sulatamist ja valamist (§ **11**, 2, II) ja mis peaasi, võimaldab klaasipuhumistöid mitte ainult kergestisulava klaasiga, vaid ka võrdlemisi raskesti sulavaga. Peale selle lihtsustuvad sellise põleti abil kõik klaasipuhumistööd, kuna on võimalus kergesti saada igasuguse suuruse ja kujuga leeki.

Klaasipuhumispõletite konstruktsioon võib olla mitmesugune, kuid põhimõttelt on nende ehitus ühesugune. Iga põleti koosneb kahest erineva läbimõõduga metalltorust, mis on asetatud teine-

[1] Klaasipuhumispõletit saab peale valgustusgaasi toita veel õhu ja bensiiniaurude seguga, milleks kasutatakse mitmesuguseid õhu karbureerimise seadmeid, mille kohta vt. raamatus: В. Н. Верховский «Методика и техника физического эксперимента» lk. 126 ja järgnevad. Plahvatusohu tõttu aga ei saa koolis karbureerimist soovitada.

teise sisse nii, et nende pikiteljed langevad täpselt ühte (joon. 308 *A*). Välises jämedamas torus *a* liigub gaas, sisemises peenemas torus *b* aga suruõhu juga. Toru rihveldatud ots *c* ühendatakse kummitoru abil gaasikraaniga; toru ots *d* ühendatakse õhku suruva pumbaga või lõõtsaga. Kraanid *e* ja *f* reguleerivad gaasi ja õhu



Joon. 308. Eri tüüpi klaasipuhumispõleteid ja nende ehitus.

juurdevoolu. Leegi kuju ja suuruse muutmiseks tuleb a) nihutada ühte toru teise suhtes (joonisel 308 *A* jämedat toru saab nihutada piki peenikest); b) muuta peene toru väljumisava (düüsi) läbimõõtu, milleks põleti peenikesel torul (joon. 308 *A*) on kolm vahetatavat otsikut ava läbimõõduga 0,5 *mm*, 1,5 *mm* ja 2 *mm*.

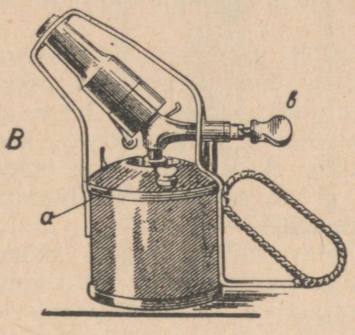
Põletite konstruktiivseid erinevusi esineb torude nihutamise ja peenema toru avade muutmise viisis.

Meie laboratooriumides on levinumateks V. V. Lermantovi ja V. N. Verhovski põletid. V. V. Lermantovi põleti iseärasuseks on vahetatavad sisemised torud (joon. 308 *B*): igal neist (kolmest) on kindla läbimõõduga väljumisava. Sellise konstruktsiooni peamine väärtus seisab selles, et sisemised torud vahetatakse põleti tagumisest otsast, mispärast nende vahetamine toimub kiiresti ja kergesti töötamise ajal, tarvitsemata leeki kustutada ega oodata põleti jahtumist. Varutorude hoidmiseks on põleti jalal ette nähtud erilised vedrud. Sisemisse kitsasse torusse satub õhk sisemisest põleti kambrist avade kaudu toru külgedes.

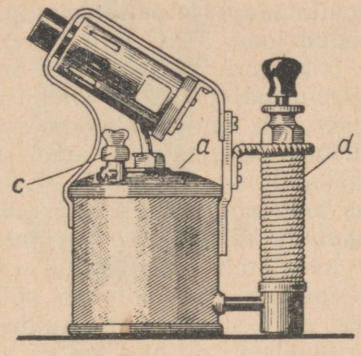
V. N. Verhovski soovitab kasutada tema poolt konstrueeritud omavalmistatud klaasipuhumispõletit (joon. 308 *C*). Selle väline toru *a*, läbimõõduga umbes 2 *cm*, painutatakse lehtplekist ja joodetakse piki liitejoont kinni (joota tuleb kõva joodisega). Kõrvalt joodetakse toru külge torujupp *b* gaasi juurdetoomiseks. Toru tagumise otsa külge joodetakse plekkpõhi *c* auguga keskel, millesse asetatakse peenike raud- või vaskplekist toru läbimõõduga 5—7 *mm* ja joodetakse põhja külge kinni. Selleks, et mõlema toru teljed ühtuksid, joodetakse sisemisele torule sisemise otsa lähedale tähekujuline hoidja. Õhk puhutakse läbi sisemisse metalltorusse *d* asetatud klaastoru *e*, mille ots on venitatud peenemaks. Klaastoru muutumatu asendi saamiseks asetatakse talle tükk kummitoru, mis haarab ka toru *d* otsa. Jämedama toru lahtisele otsale paigutatakse plekist kate, mille keskkohas on lai ava põleva segu väljapääsuks. See kate tuleb plekist välja pressida, mitte aga kokku joota, sest ta kuumeneb põleti töötamisel tugevasti. Kraanid puuduvad ja nad on asendatud Mohri näpitsatega. Kinnitamiseks joodetakse põleti külge tükk jämedat vasktraati, mille teine ots pistetakse puitalusesse puuritud auku. Kuna vasktraat võrdlemisi kergesti paindub, siis on kirjeldatud põletit võimalik seada mistahes asendisse (joon. 308 *D*).

II Jootelamp. Gaasi puudumisel on tungivalt soovitav füüsikakabinetile soetada nn. j o o t e l a m p, mis on võimsaks soojuseallikaks. Jootelampi kasutavad tavaliselt veevärgitöölised (joon. 309 ja 310). Lambi vedelkütuseks on bensiin või petrooleum. Vajalik rõhk lambi sisemuses saavutatakse ilma pumba abita lambi reservuaari ja selles olevate bensiiniaurude soojenemise teel. Selleks otstarbeks kausike, milles põletatakse piiritust põleti enda soojendamiseks, moodustab süvendi *a* lambi reservuaari kaanes (joon. 309). Nii soojenevad piirituse põlemisel samaaegselt nii ülalpool asetsev põleti (millel on põhimõttelt priimusega sarnanev ehitus ja mis on vajalik düüsist väljuva bensiini aurustamiseks) kui ka lambi reservuaaris rõhu suurendamiseks. Jätkub reservuaari soojenemisest temperatuurini 60°, selleks et sisemine rõhk ületaks 0,5 *at* võrra välisrõhku. Soojenemine üle selle temperatuuri, kuni reservuaar käega katsudes tundub tulisena, muutub ohtlikuks. Niisuguse ülesoojenemise puhul tuleb lamp seniks kustutada, kuni reservuaar on jahtunud. Põleti väliskest aga kuumeneb lambi töö-

tamisel tavaliselt kuni punase hõõgumiseni. Lamp pannakse tööle järgmiselt. Kui peaaegu kogu kausikesse *a* valatud piiritus on ära põlenud, keeratakse lahti seni suletud ventiil *b*, mis takistab bensiiniaurude põletisse pääsemist. Düüsist väljuvad aurud süttivad, kui aga piirituseleek kustus, siis süüdatakse viivitamata need aurud põleti kohal tikuga. Leegi suurust saab väikestes piirides reguleerida kruviga *b*. Lambi kustutamiseks ja tema töö katkestamiseks tuleb kruvi *b* lõpuni kinni keerata.



Joon. 309. Bensiiniga töötav jootelamp.



Joon. 310. Petrooleumiga töötav jootelamp.

Reservuaari ülekuumenemine tekitab liiga suurt rõhku (üle 2 *at*), mis võib põhjustada plahvatust. Plahvatuse vältimiseks on lambi sees reservuaari põhi ühendatud kaanega erilise varda abil. See varras on varustatud rõngakesega, mille abil ta on ühendatud põhjaga. Ta läbib kaanes olevat ava ning lõtk varda ja augu vahel on pehme jootega kinni valatud. Liigsurve tõstab kaane üles ja tõmbab varda avast välja, võimaldades aurudel väljuda, millega välditaksegi plahvatust.

Bensiini ja bensiiniga töötava jootelambi käsitsemise reeglid on järgmised:

a) Bensiini tuleb hoida suletud metallnõus eemal igasugustest soojusallikatest.
b) Jootelampi tohib bensiini valada ainult päeval, kui täielikult puudub ruumis lahtine tuli.
c) Põleti eelkuumutamiseks tuleb kasutada ainult denatureeritud piiritust.

d) Lambi süütamisel peab selle reservuaaris olema küllaldane hulk bensiini. Bensiini ei tule lasta lambis ära põleda üle ⅔ reservuaari mahust.

e) Ei tule lubada reservuaari soojenemist üle 80°, s. t. muutumist käega katsudes tuliseks.

Bensiinilambist palju ohutum ja seepärast kooli tingimustes soovitatavam on petrooleumiga töötav jootelamp, mille väliskuju on toodud joon. 310.

Niisuguse lambi ehitus on põhimõttelt sarnanev priimusega. Petrooleumi põletisse andmiseks vajaliku õhu surumiseks reservuaari, on lambi käepidemesse *d* paigutatud pump. Süvend *a* on piirituse põletamiseks lambi süütamisel. Lambi kustutamiseks keeratakse kruvi *c* lahti. Tuleb eriti hoiatada, **et petrooleumiga töötavas jootelambis** (pumbaga joon. 310) **ei ole absoluutselt lubatav kasutada kütteainena bensiini** (plahvatusoht).

Jootelambi kasutamine on eriti sobiv mitmesugustel töödel sellepärast, et ta ühteviisi põleb mistahes asendis ja seetõttu tema leeki saab suunata nii, kuidas seda vajatakse — horisontaalselt, vertikaalselt, nii üles kui ka alla ja mistahes suunas kaldu.

Jootelamp annab küllalt kõrget temperatuuri ja kõlbab seetõttu klaasipuhumistöödeks. Kuid leegi omapärase kuju tõttu on teda võimalik kasutada ainult nendel töödel, kus on vajalik suurte pindade soojendamine. Kütuse juurdevoolu reguleerimise teel on suurte raskustega siiski võimalik saada ka võrdlemisi kitsast teravat leeki, mis kõlbab väikese piirkonna soojendamiseks.

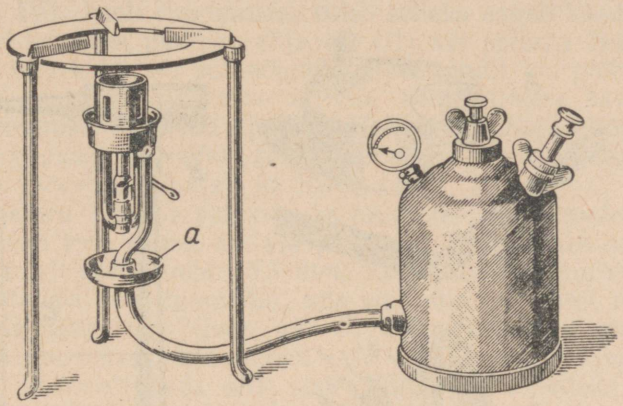
III Barteli lamp. Kõikides Barteli lampides, mis töötavad mitmesuguste vedelkütustega, tekitatakse kütuse surve kas reservuaari üles tõstmise teel, nagu Barteli piirituslambis, või erilise, põletisse ehitatud pumba abil, nagu Barteli petrooleumilambis (joon. 311)[1]. Lamp on varustatud manomeetriga, mis võimaldab jälgida rõhku reservuaaris. Suurim lubatav rõhk on manomeetri skaalal märgitud punase joonega (2 *at*).

Lambi süütamine toimub nagu priimuselgi, s. t. eelneva soojendamise teel põleti kausikesse *a* valatud piirituse leegiga. Õhu juurdevoolu reguleeritakse põletis nii nagu laboratoorsetel gaasipõletitelgi, s. t. aukudega torukese pööramise teel. Põleti sisemuses on metallvõrk, mille tõttu leegi alumine osa peitub põleti sees. Niisuguse konstruktsiooni tõttu on leegi kõige tulisem osa otse põleti ülemise ääre kohal. Barteli lampide kõikide tüüpide leegil on peaaegu ühesugune ehitus ja kuju. Leeki aga saab reguleerida põletile

[1] On olemas veel bensiiniga töötavaid Barteli lampe; neid aga bensiini suure tuleohtlikkuse tõttu (vt. alljaotus II) ei saa keskkoolidele soovitada.

lisatud augulise ketta abil. Seetõttu kõlbab Barteli lamp paljudeks klaasipuhumistöödeks.

Lambi hooldamise ja leegi reguleerimise üksikasjalised juhendid on antud raamatus: В. Н. Верховский «Методика и техника химического эксперимента».



Joon. 311. Barteli petrooleumilamp.

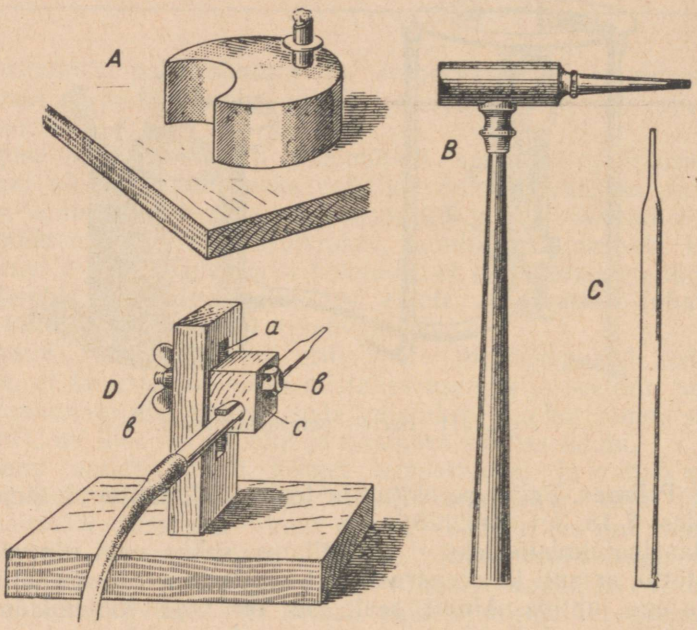
IV Priimus. Priimuse ehitus ja tema käsitlemine on kirjeldatud II köites, § 18, 3 (joon. 128).

Klaasipuhumistöödeks ei ole priimus sobiv oma rõngakujulise leegi tõttu, samuti ka seepärast, et tema leeki ei ole võimalik reguleerida ega juhtida. Ainult seal, kus on vaja soojendada suurt pinda, näiteks võrdlemisi jämedate torude painutamisel, on priimuse kasutamine võimalik. Teda saab kasutada veel toru otsa siledaks sulatamisel (jagu 9), toru venitamisel, kaasa arvatud ka kapillaaride valmistamine (jagu 10—11), kuulikese puhumisel (jagu 15) ja lõpuks torude kokkusulatamisel (jagu 13).

V Piirituselamp. Tavalist piirituselampi on võimalik muuta klaasipuhumislambiks, kui lisada talle õhupuhumise seade (jagu 4, I). Võib aga juhtuda, et kabinetis olevate lampide hulgas ei ole niisugust, mis annaks küllaldase suurusega leeki. Selle tõttu tuleb lambi metallosa ümber teha, painutades plekist (§ 13, 16, II) tahi jaoks jämedama toru ja valmistades vastava suurusega ketta toru kinnitamiseks. Toru, järelikult ka tahi läbimõõt tuleb võtta 8—10 *mm*. Niisuguse lambi leeki saab puhumiseta kasutada töödeks, mis on loetletud priimuse puhul (alljaotus IV), kuid ainult kõige kergemini sulavate torudega.

VI Petrooleumipõleti. Klaasipuhujad-käsitöölised kasutasid omal ajal lihtsaid tahtpõleteid, mille kütuseks oli petrooleum või parafiinõli. Üks niisuguse lambi tüüp on kujutatud joonisel 312 *A*. Omapärase kujuga plekkreservuaar on varustatud ovaalse lameda

toruga, mille ülemine ots on viltune. Sellesse torusse on paigutatud niidist taht. Niisugused põletid annavad üldiselt suure, tugevasti tahmava ja halvasti lõhnava leegi. Õhku leegisse puhudes piki tahi pinda leek peale kõrvalekaldumise lakkab tahmamast, hakkab kohisema, on peaaegu värvusetu ja annab kõrge temperatuuri.



Joon. 312. Petrooleumilamp (*A*). Jootetorud (*B* ja *C*) ja nende kinnitamine.

Niisugune leek kõlbab klaasipuhumistöödeks, kuid ainult elukutseliste spetsialistide käes, mispärast ei tule niisuguseid põleteid soovitada vähekogenud klaasipuhujatele, nagu seda on füüsikaõpetajad ja üliõpilased. Ei saa aga eitada, et vajadus õpetab käsitsema ka niisuguseid põleteid. Õhu leegisse puhumiseks kasutatakse seadet, mis sarnaneb järgmises jaos 4, I kirjeldatule.

4. Õhupuhumis-seade.

I Puhumise otstarve. Tavalise kujuga leegis saab teha ainult kõige lihtsamaid töid. Keerukamate tööde jaoks peab olema võimalus muuta leegi kuju, valides seda vastavalt tehtavale tööle. Leegi kuju saab muuta, nagu eespool nimetatud, õhu puhumisega leegisse läbi toru. Olenevalt toru ava (düüsi) asendist leegi suhtes,

võtab viimane ühele või teisele klaasipuhumistööle vajaliku kuju (joon. 314) (jagu 5, II). Õhu puhumisel leegisse on veel teine otstarve — leegi temperatuuri tõstmine. Puhumise kasutamine teeb tavalise piirituse- või petrooleumilambi kõlblikuks paljudeks klaasitöödeks.

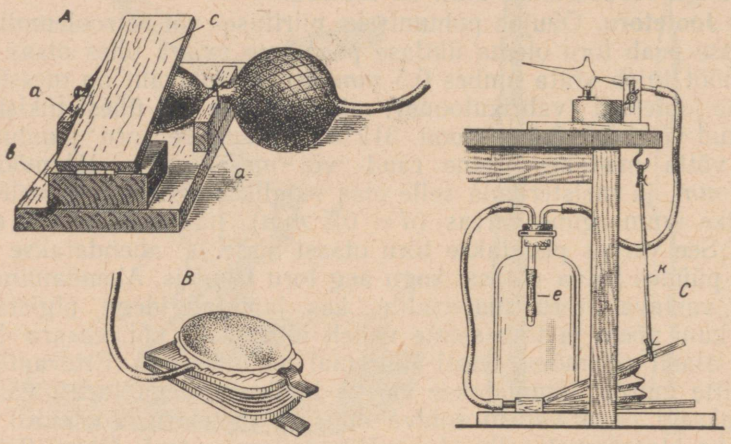
Õhu puhumiseks kasutatakse tavaliselt erilisi pumpi-lõõtsu (alljaotus IV); kooli tingimustes tuleb selleks sageli kasutada pulverisaatori kummist pumpa (alljaotus III) või puhuda õhku suuga. Puhutava õhu kohta on põhinõudeks mitte ainult joa pidevus, vaid ka ühtlus, mida saavutatakse eriliste «õhupatjade» kasutamisel. Suuga puhumisel täidavad «padja» ülesannet puhuja põsed, pulverisaatoripumpades on selleks teine kummireservuaar. Samalaadilise seadmega varustatakse alati ka lõõtsad.

II Jootetoru. Õhujoa puhumiseks piirituse- või petrooleumilambi leegisse peab toru olema ühtlase peenikese avaga ühes otsas. Ava läbimõõt tuleb võtta umbes 0,5 *mm*. Kõige sobivam on messingist eriline jootetoru (vabrikutoode), mis võib olla kas ühest tükist painutatud või lahtivõetav (joon. 312 *B*). Niisuguse toru puudumisel võib võtta mistahes peene raud- või messingtoru, läbimõõduga 2—4 *mm*, ja meisterdada selle otsa vajalik düüs. Selleks valitakse peenike ümmargune varras ($d = 0{,}5$ *mm*), näiteks nõel või nööpnõel. See varras pistetakse toru otsast sisse ja ahendatakse toru otsa, püüdes hoida varrast kogu aeg toru tsentris. Ahendamine toimub, vastavalt toru materjalile, kas lapiktangidega pigistamise teel, kuni nõela ja toru seinte vahelt lõtk kaob, või vasara löökidega alasil või mõnel teisel suuremal metallesemel. Ettevaatlikult, et mitte murda, tõmmatakse varras lapiktangidega torust välja ja saadaksegi enam-vähem sobiva düüsiga jootetoru. Jootetoru saab teha ka klaastorust selle otsa väljavenitamise teel. (joon. 312 *C*).

Töötamise ajal peab jootetoru jääma liikumatuks; seepärast tuleb ta kinnitada mingisugusele alusele, näiteks laboratooriumistatiivile. Lõplikult kinnitada teda ei tohi, sest toru kõrgust ja suunda tuleb muuta, vastavalt põletile ja selle leegile. Väikeste tööde puhul, nagu sageli esineb keskkooli füüsikakabineti tingimustes, võib jootetoru hoida suus. Otstarbekohane on jootetoru kinnitamiseks teha lihtne eriseade, mis on toodud joonisel 312 *D*. Paksule plangutükile (suurusega umbes 2,5 *cm* × 12 *cm* × 20 *cm*), umbes lühema külje keskkohale, kinnitatakse (kruvidega või tapiga) (vaata § 8, 15 ja joon. 95) püstkandur kõrgusega 10—12 *cm* ja ristlõikega umbes 1,5 *cm* × 4 *cm*. Püstkandurisse on peitliga varem tehtud lõhe *a* (pikkus 6 *cm*). Selle lõhe laius peab vastama valitud poldi *b* jämedusele, mis peab käima sellesse lõhesse ja võimaldama kinnitada puuklotsi *c* (3 *cm* × 4 *cm* × 6 *cm*) mitmesugusele kõrgusele. Klotsi sisse puuritakse kaks auku, suunalt teineteisega risti. Ühte auku asetatakse valitud polt *b*, mis läbib ka teise klotsi lõhet ja kinnitab klotsi seibi ning tiibmutri abil liikumatult püstklotsi külje. Teise auku asetatakse sirge jootetoru ja kiilutakse puupulgaga tugevasti kinni. Tiibmutrit järele lastes saab seada joote-

toru vajalikule kõrgusele ja anda talle vajalik kalle leegi nõutava kuju saamiseks. Õhk juhitakse kummitoru kaudu jootetorusse kas klaasipuhuja suust või alljaotuses III kirjeldatava pulverisaatoripumba kummiballoonist (pallist).

III Pulverisaatori õhupump. Mõnedeks töödeks kooli tingimustes on otstarbekohane õhupumbana kasutada kaksik kummipalli, mida kasutavad habemeajajad, pulverisaatori jaoks (joon. 313 *A*). Kuna klaasipuhumistöödel peavad mõlemad käed olema vabad, siis tuleb kasutada kas võõrast abi või panna õhupump tööle jalaga. Viimasel juhul kinnitatakse esimene pall (paksuseinaline ja ilma kaitsevõrguta) järgmise ehitusega erilisele alusele: lauale, mille laius



Joon. 313. Pulverisaatori kummist pump (*A*), lõõts (*B*) ja tolmupühkimislõõtsa rakendamine klaasipuhumistöödeks (*C*).

võetakse mitte väiksem kui palli pikkus, kinnitatakse pikikülgedele kaks puuklotsi *a* (paksusega umbes 1 *cm*), millede ülemise ääre keskel on poolümmargune väljalõige. Nendesse väljalõigetesse asetatakse palli väljaulatuvad peenemad otsad; need seotakse tugede külge nööriga, mis läbivad klotsides olevaid auke. Laua lühemale äärele kinnitatakse samuti klots (paksusega umbes 2 *cm*), mille külge kinnitatakse hinge abil laud *c* (pikkusega 20—25 *cm*). See laud lebab kummipalli peal ja jalaga seda rõhudes surutakse pall kokku. Perioodiliselt jalaga lauale surudes võib saada teatava tugevusega ühtlase õhujoa. Õhujoa ühtlust ja pidevust tagab teine pall — «õhupadi» — mis on õhemast kummist ja kaitstud tavaliselt kaitsevõrguga, mis takistab palli liigset väljavenimist ja väldib tema lõhkemist. See teine pall langeb reast välja tavaliselt enne esimest, ning seepärast tuleb paratamatult kasutada seadmeid, mis seda palli asendaksid. Niisuguseks seadmeks võib olla suur klaas-

pudel mõne liitri mahuga (joon. 313 *C*). Niisuguse pudeli suu suletakse punniga (sobivam on kummipunn). Viimast läbivad kaks klaastoru, mille ülemised otsad on täisnurkselt kõrvale keeratud (§ 17, 8). Üks neist torudest ühendatakse kummivooliku abil jootetoruga, teine — esimese töötava palliga või lõõtsaga, nagu see on kujutatud joonisel 313 *C*. Teise toru alumises otsas peab olema ventiil *e*, mis ei lase pudelisse pumbatud õhku palli tagasi. Niisuguse ventiili võib võtta kas vana pulverisaatori õhukeseseinalise palli küljest või teha ise kas Šintsi pumba ventiilide eeskujul või mingil teisel viisil (§ 17, 19 ja joon. 299).

IV Lõõts. Õhu puhumiseks klaasitöödeks kasutatavasse gaasipõletisse on tingimata tarvilik jalglõõts, sest pulverisaatoripump ei ole selleks kõlblik. Lõõtsu esineb peamiselt kahte tüüpi: silindriline lõõts, mis asetseb metallist kestas, ja odavam tüüp, mis meenutab sepalõõtsa (joon. 317 *B*). Võimalik on kasutada ka tolmupuhumislõõtsa, kui ühendada sellega lõõtsa lahtitõmbamiseks vajalik kummivoolik *k*, nagu soovitab seda V. N. Verhovski (joon. 313 *C*). Lõõtsa pehmed külgseinad valmistatakse nahast. Lõõtsa iseseisev lahtitõmbamine toimub kas raskuse, vedru või kummivooliku *k* abil. Õhu varureservuaar (kuppel) valmistatakse teist tüüpi lõõtsadel tavaliselt kummilehest, mis puhutakse kuni poolkera kujuni ja on kaitstud kas nöörist võrguga või metallpoolkeraga.

Kuigi see on vähe tõenäone, võib siiski oletada, et mõne ventiili rikke tõttu lõõts võib juhuslikult imeda õhku põletist tagasi; sel juhul satub lõõtsasse põlevat segu, mis võib süttida ja plahvatada leeki pursates. Seda nähtust saab vältida, kui kummivoolikusse põletiga ühendatud otsa lähedale paigutada silindriks keeratud tükike peenikest vasktraadist võrku. Võrk on kaitseks ohutu Davy lambi põhimõttel.

5. Leegi omadused.

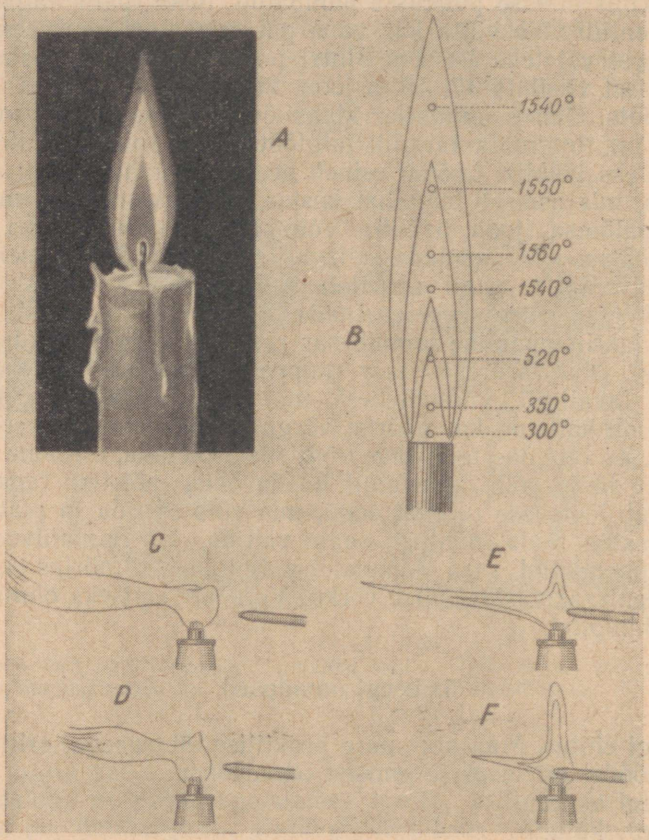
I Leegi ehitus. Määratu suure praktilise tähtsusega, eriti klaasipuhumistöödel on leegi järgmised omadused:

a) leegi ehitus,
b) leegi kuju,
c) leegi temperatuur ja omadused mitmesugustes leegi osades,
d) temperatuuri olenevus põleti ja kütuse liigist, õhu juurdevoolust ja leegi kujust.

Leegi ehitusega tutvumiseks võib võtta mistahes põleti rahulikult põleva leegi; kõige käepärasem ja lihtsam on kasutada tavalist stearinküünalt või piirituselampi (õhupuhumiseta), või isegi Bunseni põleti leeki.

Leegi ehitus on hästi nähtav küünlal (joon. 314 *A*). Kõigepealt on nähtav iseloomulik, ülalt teravaks muutuv leegi kuju, mis on tingitud tuliste gaaside püüdest liikuda ülespoole. Edasi avastub hoolikal vaatlemisel leegis mitu kihti või koonust (küünlaleegil kolm), mis ümbritsevad üksteist. Sisemine tumedam koonus (otse-

selt tahi juures) koosneb põleva aine (stearіini) rasketest aurudest, mis tekivad tahi pinnal kuivdestillatsiooni toimel. Temperatuur on tumeda koonuse sisemuses võrdlemisi madal (300—500°). Järgmine kiht või koonus on kõige heledam; selles on aurude põlemine kõige intensiivsem ja sellepärast on ka temperatuur selles kihis



Joon. 314. Küünla (*A*) ja gaasipõleti (*B*) leegi kuju. Piirituselambi leegi kuju muutumine olenevalt jootetoru asendist (*C*—*F*).

kõige kõrgem. Selle kihi valguskiirgus on tingitud valge helenduseni kuumutatud söeosakestest selles kihis ja kuumutatud raskete aurude olemasolust, millede kiirgamisvõime on seda suurem, mida suurem on nende tihedus. Leegi kolmas, väline kiht kiirgab valgust väga vähe ja on selle tõttu vaevalt märgatav. Selles kihis on välisõhu otsese juurdevoolu tõttu hapniku küllus ja siin toimub täielik põlemine kuni süsihappegaasi (CO_2) tekkimiseni, keskmises kihis

aga mittetäielik põlemine kuni süsinikoksüüdi (CO) tekkimiseni. Niisugune erinevus ühtede või teiste ainete olemasolus ja vaba hapniku hulgas (tema küllus või puudus) on ka keemiliste reaktsioonide erinevuse põhjuseks, mida saab teostada leegi ühes või teises osas.

Leegi ülemises ja välises osas, kus esineb hapniku küllus, mõjub leek temasse viidud esemele (metall, klaas jne.) oksüdeerivalt; sel juhul nimetatakse leeki oksüdeerivaks. Keskmine leegi osa, kus esineb hapniku puudus, suudab temasse viidud esemelt hapnikku ära võtta, s. t. toimida redutseerivalt (redutseerimis- ehk taandamisreaktsioon); niisugusel juhul nimetatakse leeki taandavaks.

Teiste põletite leek (piirituselambi, gaasipõleti jne.) on veidi keerukama ehitusega kui küünla leek. Nii võib Bunseni põleti leegis tähele panna tavaliselt nelja koonust (joon. 314 *B*). Nagu juba märgitud, algab Barteli piirituspõletis leek juba võrgult põleti sees; sel põhjusel asetseb sisemine tumedam koonus põleti sees ja otse põleti ava kohal on keskmine, kõige kuumem leegi osa.

II Leegi kuju. Joonisel 314 *A* ja *B* toodud leegi kuju on normaalne ja niisugune leek on rahulikult põleval küünlal, piirituselambil või õhu keskmise juurdevooluga gaasipõletil. Muutes õhu juurdevoolu, saab muuta ka leegi kuju ja omadusi. Õhu nõrgal juurdevoolul muutub gaasipõleti leek tahmavaks, suureks pintslisarnaseks ja heledaks; õhu juurdevoolu suurenemisel (õhu sisselaskeava suurendamisel) leek väheneb, muutub teravaks, värvusetuks ja tema temperatuur tõuseb. Õhu liiga suure juurdevoolu puhul leek muutub rahutuks ja lipsab kergesti põleti sisse gaasi sisselaskeava juurde.

Leegi kuju muutumist õhu sissepuhumisel on kõige lihtsam jälgida õhu puhumisega piirituslambi leegisse, mida kirjeldasime jaos 4, II (joon. 313). Selleks otstarbeks tuleb leegi suhtes muuta toru asendit, mille kaudu puhutakse õhku põletisse, ja nimelt: muuta peamiselt toru düüsi kaugust leegist, lähendades seda järkjärgult leegile ja viies teda enam või vähem sügavale leegisse. Kui düüs asub leegist kaugel, siis leek tervikuna kaldub torust väljuva õhujoa suunas, pikeneb ja laieneb, võttes luua või sasitud pintsli kuju (joon. 314 *C*). Düüsi leegile lähendamisel leek järjest väheneb, kusjuures osa leegist ei kaldu kõrvale (joon. 314 *D*); sel juhul leek muutub kohisevaks ja helesiniseks. Seejärel leek, vastavalt düüsi lähenemisele muutub järjest väiksemaks ja lõpuks siirdub rahulikuks, peaaegu värvituks teravaks leegiks, kui toru ots on juba veidi liikunud leegi sisse (joon. 314 *E*). Leek muutub veelgi teravamaks, samal ajal ka lühemaks, kui toru otsa viia sügavamale leegi sisse, läbides selle keskmise osa (joon. 314 *F*).

Tuleb harjutada piirituslambi leegi kuju muutmist jootetoru asendi muutmisega leegi suhtes, muutes toru kaugust ja kõrgust, õhujoa suunda ja tugevust.

Klaasipuhumisel kasutatavates gaasipõletites toimub leegi kuju muutmine kahe toru (õhu- ja gaasitoru) asendi muutmise teel teineteise suhtes ja nende vahetamisega väljavooluavade läbimõõdu muutmiseks. Klaasipuhuja peab kasutatavat põletit õppima hästi tundma, selleks et töötamise ajal kiiresti ja õigesti muuta leegi kuju, vastavalt antud töö või antud momendi nõuetele töös. Ilma niisuguse eelneva õppuseta ei tule asuda vastutavate ülesannete täitmisele.

III Leegi temperatuur. Leegi temperatuur mitmesugustes osades ja kihtides on erinev. Selle mõõtmiseks kasutatakse niisuguse ehitusega termopaari, mis võimaldab jootekohta asetada vastavatesse leegi osadesse ja mõõta leegi antud punkti temperatuuri. Niisuguse mõõtmise tulemused Bunseni põleti leegis on toodud joonisel 314 *B*. Leegi temperatuuri uurimiseks võib õpetajale soovitada termopaariga mõõtmise asemel mõnda lihtsamat viisi. Selleks võetakse peenike vasktraat, näiteks üks elektrijuhtme kiud (joon. 247 *B*). Selle traadi otsa, hoides seda leegiga risti, asetatakse mitmesugustesse leegi punktidesse ja jälgitakse leegi toimet traadile. Tähelepanekud on järgmised. Keskmises tumedas leegi osas traat ei kuumene ega hakka helenduma. Tema nihutamisel kuumemasse leegi ossa hakkab traadi ots helenduma, alguses punaselt, pärast ka valgelt kõige kuumemas leegi osas. Siin traadi ots sulab ja moodustab väikese kuulikese. Leegi oksüdeerivas osas hakkab traat pärast kuumenemist põlema, värvides leegi roheliseks; seejuures traadiosa pind leegi välises osas kattub tagiga, mis pärast jahtumist moodustab traadil musta kirme. Kui niisugust oksüdeerunud kohta nihutada veidi leegi sisse, taandavasse leegi ossa, siis ta kaotab selle tagikirme, muutub läikivaks ja hakkab edaspidisel kuumutamisel varsti sulama.

Eri süsteemi põletite leegi temperatuur on väga mitmesugune. See oleneb kütuse liigist (piiritus, petrooleum, gaas), õhu juurdevoolust (tõmbe suurus, kunstlik puhumine) ja põlevate gaaside survest (survega põletid — priimus). Tõmbe, õhu juurdevoolu suurenemine ja surve tõusmine, mille all gaasid väljuvad põleti düüsist, tõstavad leegi temperatuuri, koos sellega aga teevad ta värvusetuks ja vähendavad ta suurust, mille tõttu soojus kontsentreerub väiksemasse ruumalasse. Liiga suur õhu juurdevool aga hakkab siiski leegi temperatuuri vähendama. Seepärast tuleb õhu juurdevoolu kasutada oskuslikult, reguleerides seda vajaliku temperatuuri hoidmiseks. Kuna õhu juurdevool ja eriti selle leegisse juhtimise viis muudab mitte ainult selle temperatuuri, vaid ka kuju, siis järelikult peab olema seos leegi kuju ja temperatuuri vahel. Seda seost tuleb tundma õppida vasktraadi abil, asetades seda mitmesuguse kujuga leeki.

Leegi temperatuuri olenevust põleti tüübist uuris V. N. Verhovski. Mitmesuguste põletite leegis mõõdetud maksimaalsed temperatuurid olid järgmised:

Piirituselamp	1000°
Bunseni gaasipõleti	1230°
Teclu gaasipõleti	1280°
Barteli piirituselamp	1340°
Barteli bensiinilamp	1380°
Klaasipuhumise gaasipõleti	1520°

6. Molekulaarjõudude ja raskusjõu osa klaasipuhumistöödel.

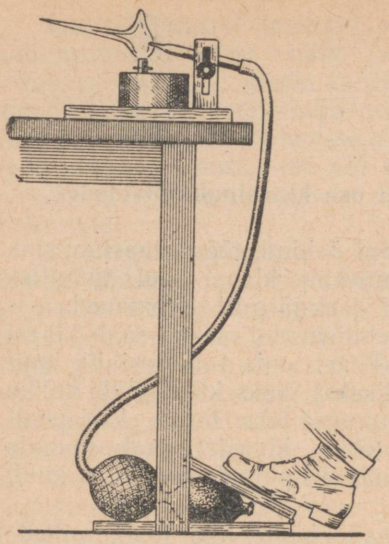
Klaasi kuumtöötlemine, või õigemini öeldud, tööd klaasiga, mis on kuumutatud pehmenemiseni, põhinevad klaasi kui tüüpilise amorfse aine omadusel kuumutamisel järk-järgult pehmeneda — kaugelt enne sulamist. Niisuguses pehmenenud olekus saab klaasi töödelda ja nimelt painutada ning sel teel anda talle vajalik kuju (näiteks sirge toru painutada U-kujuliseks), kaks klaasitükki kokku joota, või õigemini öeldes, kokku keeta (näiteks torule küljepealt mistahes nurgaga külge joota teise toru), klaasist saab puhuda kuulikese või mistahes kujuga palli (näiteks puhuda toru otsa kuul, teha poolkerakujuline lehter).

Pehmenenud olekus mõjuvad klaasile kahte liiki jõud, millede toimel ta võtab iseseisvalt vastava kuju. Need kaks jõudu on: pindpinevusjõud, mis sarnaneb samanimelisele jõule vedelikel, ja raskusjõud. Esimese jõu toimel püüab klaas võtta sellise kuju, et vaba pind on kõige väiksem. Sellele vastab, nagu teada, ümmargune piirjoon ja kera kuju. Nii näiteks murde teravad servad ümarduvad ja tasanduvad, väljapuhutud kera tõmbub kokku nagu seebimull, toru otsale koondub kuulisarnane klaasitilk jm. Kõiki neid omadusi, mis olenevad pindpinevusest, kasutab klaasipuhuja klaasile vajaliku kuju andmisel. Nende omaduste kasutamise oskus moodustabki klaasipuhumise «kunsti» aluse, mis nõuab erilist osavust ja pikaaegset praktikat ning on üldse raskesti äraõpitav. Seitsmeaastase kooli praktika vajab sellest peenest meisterlikkusest ainult väheseid, kõige lihtsamaid oskusi, mis on igale inimesele kättesaadavad ja omandatavad ilma pikaajalise harjutuseta.

Raskusjõud, põhjustades klaasi paindumist ühele poole ja nimelt alla, on klaasipuhumistööde takistuseks. Selle vältimiseks pööratakse töödeldavat klaasi leegis pidevalt ja küllalt kiiresti, kuid ühtlaselt. Sellisel pööramisel raskusjõud ei jõua klaasi painutada. Peale selle soodustab selline klaasi pööramine ka ühtlast soojenemist, mis mõnel juhul on oluline õige kuju saamiseks.

7. Mõned üldjuhendid.

Käsitöödeks ettenähtud laual on soovitav eraldada alaline koht jootetoru ja puhumisseadme jaoks (joon. 313 *B* ja 315). Põleti alla soovitatakse asetada leht asbesti või äärmisel juhul mitmekordset vineeri. Tulise klaasi kokkupuutumise vältimiseks asbesti või vineeri pinnaga tuleb kasutada puuklotse (pikkus 15—20 *cm*, laius 2—3 *cm*), millede ülemistesse tahkudesse on tehtud risti pool-



Joon. 315. Kummist pulverisaatori-pumbaga ja piirituslambiga varustatud klaasipuhumisseade.

ümmargused väljalõiked. Sel juhul saab klaastorusid pärast nende töötlemist asetada kaldu, toetades neid ühe otsaga klotsile ja teise otsaga lauale. Kuna enamikul juhtudel pärast leegis töötlemist on kuumenenud toru keskkoht või üks ots, siis saab torusid alati asetada selliselt, et kuum osa asub õhus.

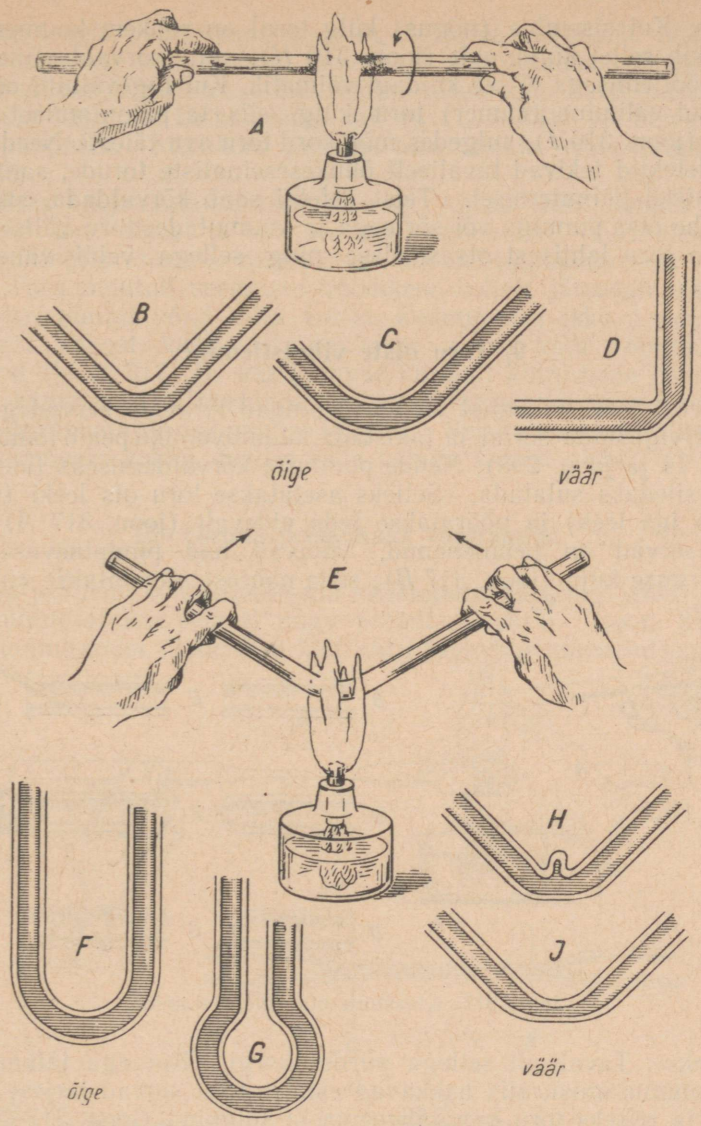
Niisugune kord väldib ka põletushaavu, mis on tavalised kogenematutel klaasipuhujatel. Tuleb end harjutada alati kinni võtma laual asetsevast toru otsast, mitte aga keskkohast või õhus olevast otsast.

8. Torude painutamine nurgi ja U-kujuliselt.

Toru painutamiseks tuleb painde koht leegis kuumutada sellise pehmenemiseni, kus toru ise oma raskuse tõttu hakkab painduma; ei ole siiski vajadust toru liigselt pehmendada. Õige painde (joon. 316 *B* ja *C*) saamiseks on kõige tähtsam kuumutada toru ühtlaselt kogu ümbermõõdul ja küllaldases ulatuses (7—10 *cm*) olenevalt painutatava osa suurusest. Mida õhema seinaga on toru, seda ümmargusem peab olema paine ning seda suuremas ulatuses tuleb toru kuumutada (joon. 316 *C*). Kui aga toru on kuumutatud liiga väikeses ulatuses, siis paindel tekib joonisel 316 *D* toodud kuju.

Ühtlaseks kuumutamiseks võetakse esiteks mingi põleti (kõlbab ka priimus) suur ja lai leek ja teiseks, võttes mõlema käega toru otstest kinni, asetatakse painutatav osa leeki (alguses jahedamasse ossa, pärast, kui toru on kuumenenud, kõige tulisemasse) ja pööratakse toru kogu aeg mõlema käega (joon. 316 *A*). Kui toru on veel kõva, ei tee niisugune pööramine raskusi. Kui aga toru leegis soojendatav keskmine osa pehmeneb, tuleb pöörata väga ettevaatlikult, jälgides, et a) toru jääks kogu ulatuses sirgeks, b) toru mõlemad otsad pöörduksid täpselt üheaegselt (muidu torule tekib keerd sisse) ja c) säilitaksid ühesuguse kauguse teineteisest (vastasel korral toru venitatakse välja või surutakse kokku).

Kui toru on küllaldaselt kuumenenud (hakkab ise painduma), painutatakse teda, aeglaselt tema otsi teineteisele lähendades ja püüdes neid hoida samas vertikaaltasapinnas (joon. 316 *E*). Võttes toru leegist välja, hoitakse teda painutatult kuni täieliku kõvenemiseni. Mõnikord tuleb toru otsad painutada teineteisega paralleel-



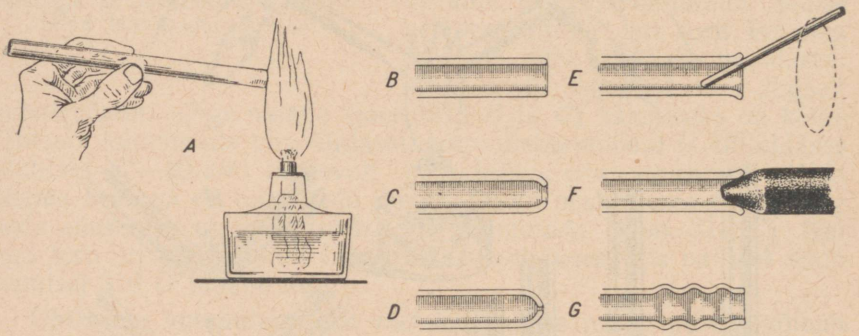
Joon. 316. Klaastorude painutamine.

seks nn. U-kujuliste torude saamiseks ühendatud anumate manomeetrite jms. jaoks (joon. 316 *F*). Manomeetrites on mõnikord tarvis toru otsad viia peaaegu kokkupuuteni teineteisega. Niisugusel juhul on vajalik vastavas ulatuses ringikujuline painutamine (joon. 316 *G*). Ebaühtlasel kuumenemisel tuleb paine ebakorrapärase

kujuga. Kui sisemine (nõgus) külg torul on rohkem kuumenenud, siis tekib sellel küljel volt (joon. 316 *H*), mille kõrvaldamine järgneva töötlemisega ei ole kuidagi võimalik. Kui tugevamini on kuumutatud välimine (kumer) toru külg, siis ta painutamisel vajub kokku (joon. 316 *J*), sulgedes mõnikord toru ava täiesti. Need mõlemad defektid tekivad tavaliselt õhukeseseinaliste torude, samuti ka liiga kiirel painutamisel. Teist defekti saab kõrvaldada, sulgedes toru ühe otsa punniga või sõrmega ja kuumutades toru välist külge, puhuda toru lahtisest otsast sisse ning sellega veidi vähendada lapikust.

9. Toru otste viimistlemine.

Pärast toru lõikamist on murdepinnad teravate servadega, mis võivad vigastada sõrmi ja takistada kummivooliku peale tõmbamist. (§ 17, 14 ja joon. 293). Nende puuduste kõrvaldamiseks tuleb toru otsad siledaks sulatada. Selleks asetatakse toru ots leeki (selleks kõlbab iga leek) ja pööratakse teda pidevalt (joon. 317 *A*). Kui lõike servad on pehmenenud, võtavad nad pindpinevuse tõttu ümmarguse kuju (joon. 317 *B*); seda nähtust nimetatakse «ülesulatamiseks». Tavaliselt sellega piirdutaksegi. Kui aga jätkata toru otsa kuumutamist, siis hakkavad esiteks toru servad järjest paksenema ja teiseks toru ava vähenema ja sulguma (joon. 317 *C*), kusjuures ava saab viia väikese läbimõõduni (joon. 317 *D*). Täiesti aga ava kinni joota järgneva kuumutamisega ei õnnestu; seda tehakse teise võttega (vt. jagu 12), sest käsitletud viisil saadakse väga paksud otsad, mis enamikul juhtudel ei kannata välja teistkordset kuumutamist.



Joon. 317. Klaastoru otsa ülesulatamine.

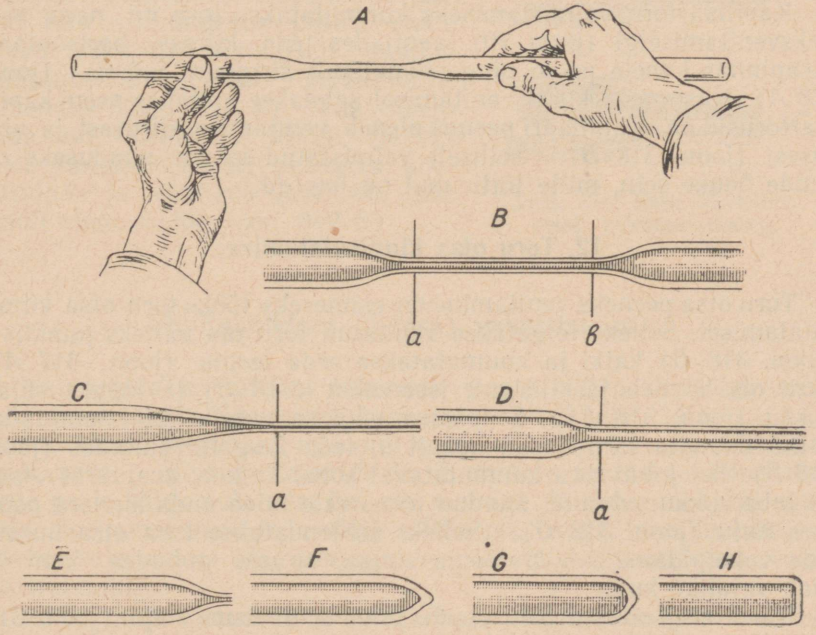
Pealetõmmatud kummivooliku klaastorule kindlalt kinnitamiseks on toru otsale otstarbekohane anda eriline kuju. Nii näiteks võib toru otsa koonusekujuliselt veidi laiendada, et tekiks väljapoole laienev lehtrit meenutav äär (joon. 317 *E*). Selleks kuumutatakse

toru ots leegis pehmenemiseni ning seejärel, tavaliselt väljaspool leeki, asetatakse torusse viltu jäme nael ja liigutades seda koonilist pinda mööda, painutatakse toru ääred väljapoole. Äärte painutamiseks võib kasutada ka kaarleegi sütt (§ 11, 2, XII) või otsast söestatud puupulka. Mõnikord antakse toru otsale rihveldatud kuju (317 *G*).

Selleks soojendatakse teraval leegil kitsas vööt umbes 1 *cm* kaugusel toru otsast ja kui see on pehmenenud, surutakse toru otsaga mingile esemele, näiteks söe- või asbestplaadikesele või tellisele. Toru muutub seejuures vöödikese kohalt jämedamaks. Korrates kirjeldatud võtet mitu korda, kuumutades ikka 1 *cm* võrra eelmisest kohast kaugemal, saadakse torul mitu rõngakujulist mügarat (joon. 317 *G*), mis hoiavad kindlalt kinni neile peale tõmmatud kummitoru. Rihveldada on otstarbekohane toru keskkohal ja pärast mittevajalik osa maha lõigata. Sel juhul surutakse toru jämendamiseks kokku, hoides seda kätega kahest otsast.

10. Torude peenemaks venitamine.

Toru peenemaks venitamisena mõistetakse järgmist võtet. Klaastoru kuumutatakse samuti nagu painutamisekski (joon. 316 *A*), kuid kuumutamist jätkatakse kuni toru tugeva pehmenemiseni. See-



Joon. 318. Klaastoru otsa kinnisulatamine.

järel, võttes toru leegist välja, tõmmatakse ta otsad horisontaaltasapinnas kiiresti teineteisest eemale (joon. 318 *A*). Seejuures toru pehmenenud osa venib välja pikenedes ja ahenedes ning saadakse peenike õhukeseseinaline toru, mis otstes aeglasemalt või järsumalt siirdub koonusena endise läbimõõduni (joon. 318 *B*). Koonuse kallak oleneb toru venitamise kiirusest ja kuumutatud ja külmade toruosade vahelise piiri teravusest. Aeglasel venitamisel tekib lühem, kuid jämedam toru (joon. 318 *B*). Väga aeglase venitamisega saab toru ainult veidi ahendada, mida vajatakse peene kummitoru klaastorule peale tõmbamisel (joon. 318 *D*). Kui venitada aeglaselt ja jätkata toru kuumutamist, siis võib saada teravama otsaga koonuse (318 *C*).

Pärast venitamist murtakse toru kohas *a* (joon. 318 *B* ja *C*) katki ja sulatatakse selle ots tingimata leegis siledaks (joon. 317 *A*). Niisuguseid peeneksvenitatud otstega torusid vajatakse demonstratsioonideks ja mõnede omavalmistatud katseriistade ehitamiseks. Neid just kasutataksegi õhu, auru ja veejugade saamiseks, mida vajatakse näiteks purskkaevu, aktiivauruturbiini, Oppelt'i sireeni jt. töötamise põhimõtte demonstreerimisel. Tähtsad on nad ka laboratooriumitehnikas pipettide, tõstetorude (liivrite), mõnda liiki lehtrite jms. valmistamisel.

11. Kapillaari valmistamine.

Kapillaartoru valmistamiseks kuumutatakse toru nii nagu peeneksvenitamiselgi (jagu 10), venitades teda kiiresti horisontaaltasapinnas kahele poole ning võimalikult sirgjoont mööda (joon. 318 *A*). Niisugusel kiirel venitamisel saadakse kuitahes peeni kapillaartorusid *ab*. Kapillaari peenus oleneb venitamise kiirusest ja ulatusest (joon. 318 *B*). Selliselt valmistatud torude puuduseks on nende õhuke sein, mille tõttu nad on haprad.

12. Toru otsa kinnisulatamine.

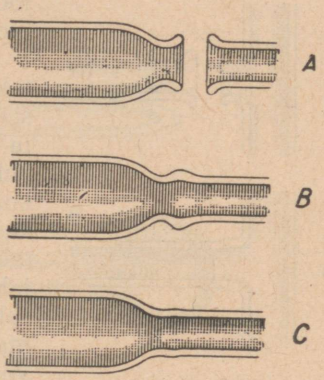
Toru otsa peeneks venitamine on esimeseks tööks toru otsa kinnisulatamisel. Selleks lõigatakse venitatud toru ots näiteks punktis *a* (joon. 318 *B*) katki ja kuumutatakse seda leegis (joon. 317 *A*). Toru ots aheneb järk-järgult iseenesest (318 *E*) ja lõpuks sulab kokku (joon. 318 *F*). Sedasama võib saavutada ka kuumutades katkilõikamata toru uuesti kohalt *a*, teda kergelt venitades (joon. 318 *B*). Sel juhul toru kuumutataval kohal katkeb, kusjuures otsad on juba kokku sulanud. Saadud toruotsale tuleb anda kumera poolkera kuju (joon. 318 *G*). Selleks soojendatakse toru otsa uuesti, teda vahetpidamata pöörates ja suuga torusse puhudes, kuni ta saab vajaliku kuju.

Kui kinnijoodetud toru otsale tuleb anda lame kuju (joon. 318 *H*), siis kuumutatakse seda pehmenemiseni ja surutakse toru otsale söe- või asbestitükiga, hoides toru suruva tasapinnaga risti.

13. Torude kokkusulatamine.

Torude kokkusulatamisel tuleb kindlalt meeles pidada, et kokku saab sulatada ainult täiesti ühesugusest klaasist torusid, sest klaasi joonpaisumise koefitsient peab olema neil ühesugune. Kõige paremini saab kokku sulatada kahte klaastoru tükki, mis on lõigatud samast torust. Teiseks tuleb kasutada teravat leeki, sest kuumutada tuleb väga kitsaid toru osi, mis on lähedased punktile. Kui kokkusulatatavatel torudel on erinev läbimõõt, siis tuleb nende otsad viia ühele läbimõõdule, kas ahendades jämedamat või laiendades peenemat otsa (jagu 10, joon. 318 *E* ja jagu 9). Seejärel keeratakse toru otste ääred veidi väljapoole (vt. joon. 317 *E*), mille järel toimub kokkusulatamine (joon. 319 *A*).

Mõlemad toru otsad kuumutatakse ainult päris äärelt ja samas leegis, kusjuures neid ei viida kokkupuutesse enne, kui ääred on kuumenenud punaka helenduseni. Siis võetakse mõlemad torud leegist välja (joon. 319 *A*) ja kiirustamata, rahulikult asetatakse nad teineteise vastu ning samal ajal surutakse kokku, püüdes seejuures (mis on kõige tähtsam) neid seada teineteise vastu nii, et servad kleepuksid kokku kogu ringjoone ulatuses. Väikseimatki seejuures jäänud pilu ei õnnestu pärast enam kokku sulatada. Esialgselt saadud sulatamiskohale jääb rõngakujuline jämendus (joon. 319 *B*). Seda vähendada on võrdlemisi kerge. Selleks tuleb jootekoht uuesti pehmeks kuumendada ja venitada seni, kui jääb ainult väike mõhk (joon. 319 *C*).



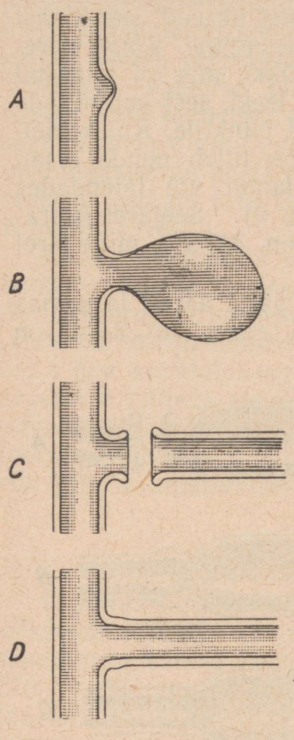
Joon. 319. Kahe klaastoru otseti kokkusulatamine.

14. Kolmiktoru (T-toru) valmistamine.

Valmistada kolmiktoru tähendab torule küljepealt külge sulatada teine toru. Niisugusel kokkusulatamisel tuleb täita 13. jaos toodud kolme tingimust, mis olid vajalikud kahe toru otseti kokkusulatamisel. Kõigepealt tuleb torul, millele tahetakse teine toru külje pealt külge sulatada, üks ots punniga sulgeda või kinni sulatada. Seejuures tuleb toru võtta sellise pikkusega, et selle lahtisest otsast saaks samal ajal suuga sisse puhuda, kui jootekohta leegis kuumutatakse.

Edasi tuleb torusse teha jootekohale külgava. Selleks võetakse terav leek (joon. 314 *F*) ja suunates leegi teraviku toru küljepinnale selles kohas, kuhu kavatsetakse teine toru külge joota, kuu-

mutatakse see koht (toru liigutamata) kuni pehmenemiseni, samaaegselt torusse puhudes, millest pehmenenud koht paisub välja. Toru sein muutub seejuures õhemaks, (joon. 320 *A*) kujunedes õhukeseseinaliseks mulliks (joon. 320 *B*), mis lõpuks paukudes lõhkeb. Saadud ava ääred sulatatakse ümmarguseks, kusjuures nad muutuvad paksemaks; seejärel painutatakse ava ääred väljapoole, nagu kahe toru kokkusulatamise ettevalmistamisel. Vastavalt valmistatakse ette ka külgejoodetava toru ots (joon. 320 *C*). Seejärel toimitakse samuti nagu torude kokkusulatamisel, s. t. mõlemad kokkusulatatavad ääred kuumutatakse punaseks ja surutakse leegist välja võttes vahet jätmata teineteisele vastu. Saadud jootekoht ei ole alati korrapärase kujuga (joon. 320 *D*).



Joon. 320. Kolmiktoru valmistamine.

Korrapärase kuju andmiseks kuumutatakse jootekohta ilma vahepealse jahutamiseta osade kaupa (näiteks $^1/_3$ ringjoonest) ja parandatakse pehmenenud olekus kas puhudes või sissepoole surudes. Täiesti korrapärase jootekoha saamiseks, kus kokkujootmine pole peaaegu märgatav, vajatakse suurt vilumust. Selleks, et jootekoht jahtumisel ei praguneks, tuleb seda aeglaselt jahutada. Selleks tuleb ta juba kuumalt asetada puhumiseta piiritusleegi tulle või suitsevasse gaasileeki, seniks kui viimasel juhul jootekoht kattub paksu tahma korraga. Selle järel võetakse kolmiktoru leegist välja ja lastakse jahtuda. Pärast lõplikku jahtumist kõrvaldatakse tahm lapiga. Kui kasutatakse piirituselambi leeki, siis jootekoht nihutatakse leegist aegamööda välja ja vähendatakse seega järk-järgult soojenemist.

15. Kuulikese puhumine toru otsa.

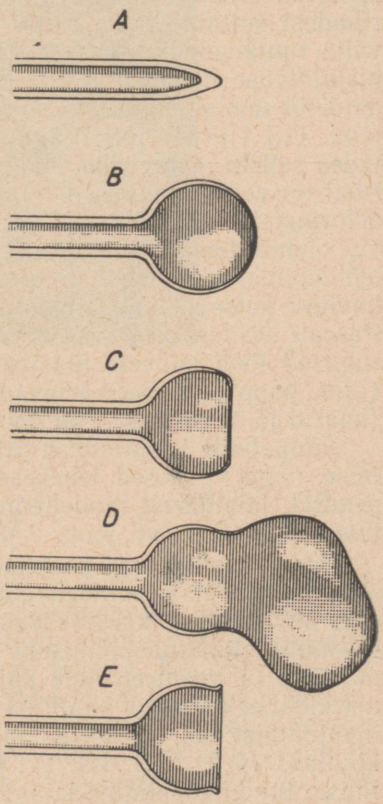
Selleks, et toru otsa puhuda kuulike, tuleb toru (pikkusega mitte alla 20 *cm*) üks ots kinni sulatada, jättes teise otsa lahtiseks. Kuumutades kinnisulatatud otsa (umbes 1—2 *cm* ulatuses) kuni pehmenemiseni põleti leegis, seda pidevalt pöörates, hakatakse suuga toru lahtisest otsast õhku sisse puhuma. Pehmenenud klaas hakkab igas suunas paisuma ja tekib kerakujuline mull. Selle kuju korrapärasus oleneb kuumutamise ühtlusest ja järelikult ka pehmenemise ühtlusest kõikides suundades. Seda ühtlust saavutatakse toru pideva ja ühtlase pööramisega leegis. Kui mõni koht ei paisu hästi, siis see

on puuduliku kuumenemise tunnuseks, mida saab suurendada pööramise aeglustamisega sel momendil, kui see koht asetseb põleti leegis. Puhuda tuleb ettevaatlikult, tähelepanelikult jälgides kuulikese kuju. Alguses tuleb puhuda tugevamini; lõpuks, kui kuuli seinad on muutunud õhukeseks, tuleb puhumist järk-järgult nõrgendada, et mitte tekkinud kuuli õhu survel purustada. Liiga suure õhusurve puhul lendab kuulike vikerkaarevärvilisteks klaasikirme tükikesteks.

Puhutud klaaskuulikeste peamiseks puuduseks on nende õhukesed seinad (eriti toru ava vastaspoolel) ja selle tõttu on nad haprad. Niisuguse hapra kuulikese puhumine on võrdlemisi lihtne ja kerge. Selleks, et puhuda ühtlase ja küllaldase seinapaksusega kera, tuleb kasutada eri võtet.

See võte seisab selles, et enne puhumist tuleb klaastoru otsale koguda võimalikult suurem kogus klaasi toruseinte tunduva paksendamise näol. Niisugused paksenenud seinad jäävad nende puhumisel keraks ja paratamatul õhenemisel siiski küllalt paksuks. Puhutava kuuli läbimõõt ei tohi ületada toru läbimõõtu rohkem kui 3—4 korda.

Vajaliku klaasimassi kogumiseks toru otsale tuleb kinnisulatatud toru otsa mõne sentimeetri pikkuselt põleti leegis pikemat aega kuumutada, teda pidevalt pöörates. Klaas hakkab seejuures toru otsal kokku tõmbuma, toru lüheneb ja seinad muutuvad paksemaks. Toru ots võtab joonisel 321 *A* näidatud kuju. Seejärel hakatakse kuulikest puhuma, nagu eespool kirjeldatud, lõpetades puhumise siis, kui kuul on paisunud küllaldaste mõõdeteni (joon. 321 *B*) ja seinad on veel küllalt paksud.



Joon. 321. Kera puhumine. Lehtri valmistamine.

16. Lehtrikese valmistamine.

Lehtrike tehakse klaastoru otsa puhutud kuulikesest (joon. 321 *B*). Kuulikese ülemist osa, s. t. kohta toru ava vastasküljel kuumutatakse põleti leegis, lähendades kuulikest leegile küljelt. Kuulikese pind kuumeneb õhukese seina tõttu kiiresti ja muutub lühenemise tungi tõttu lamedaks (joon. 321 *C*). Las-

tes teda mitte jahtuda, puhutakse tugevasti torusse. Kuumutatud pind paisub tugevasti välja ja lendab tavaliselt tükkideks, või kui ta jõudis jahtuda, siis moodustab väga õhukeste seintega mulli, millel on ebakorrapärane kuju ja sageli mitmes kohas aukudega ning rebenenud äärtega (joon. 321 *D*). Kui klaasikirme tükid jäävad saadud augu servade külge, siis on neid kerge kõrvaldada metallpulgaga või noateraga. Lõpuks sulatatakse saadud lehtri ääred ettevaatlikult siledaks (joon. 321 *E*). Äärte siledakssulatamisega lõpeb lehtri valmistamine.

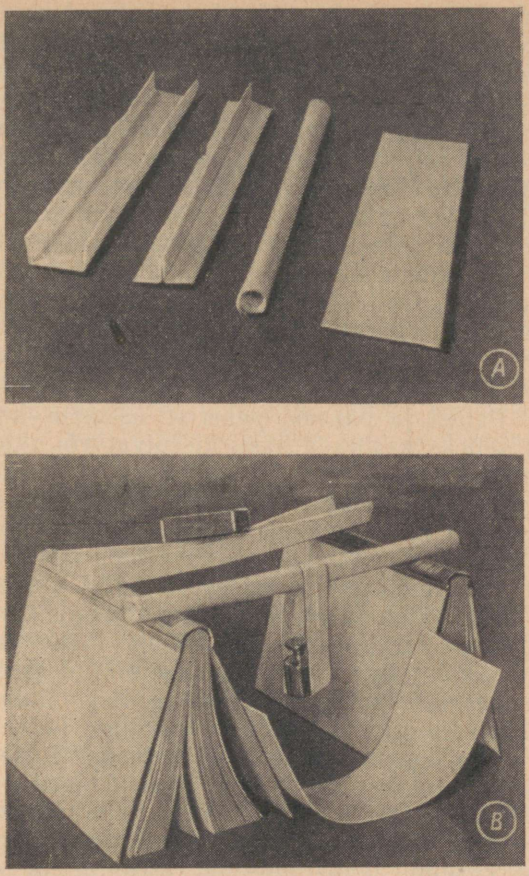
§ 20. KARTONAAŽITÖÖD.

1. Tööde otstarve.

Kartonaažitöödena mõistetakse papitöid, aga ka töid paberiga. Siia kuuluvad lihtsad, kuid katseteks küllalt tähtsad paberist valmistatud esemed: virelid õhuliikumise ilmsiks tegemiseks, paberiribadest sultanid kahe sama- või erinimelise elektrilaengu elektrivälja tundmaõppimiseks (§ **42**, 8 ja joon. 303), karbid paberi soojusjuhtivuse demonstreerimiseks (§ **37**, 3 ja joon. 261), plaanerite mudelid noolte, tuvikeste, lennukikeste kujul (vt. k. I, § **49**, 7 ja joon. 113, I ja II) jms. Väga väikese ajakuluga saab näidata, kasutades selleks pabeririba, näiteks et: a) spiraaliks keeratud paberiribal on vedru omadused, b) silindrilise vedru venitamisel on põhideformatsiooniks vääne (§ **14**, 11, I), c) sama ristlõikega tala tugevus oleneb tema kujust (joon. 322 *A* ja *B*) jt. Lauale laotatud ajaleht võimaldab demonstreerida atmosfäärirõhu olemasolu (väga huvitav katse); ajalehetükist pole raske kokku kleepida kotikest Pascali seaduse illustreerimiseks jm. Eriti suure tähtsusega on niisugused tööd koduste füüsikakatsete korral. Tõepoolest, materjali (liim, papp ja paber) leiavad õpilased alati; vajalikud tööriistad (käärid ja taskunuga) on ka neil kodus olemas.

Siidpaberit kasutatakse peale niisuguste «tühiasjade» valmistamise, nagu lipukesed, lehekesed, ka osutid elektroskoopidele, elektripendlid, laialdaselt mudellennukite ehitamisel ja lendavate õhupallide kleepimisel (vt. joon. 3 ja k. I, joon. 78).

Pappi kasutatakse peamiselt karbikujuliste kerede valmistamiseks (sageli klaasseintega), nagu elektroskoobile, Jolly fotomeetrile, pimekambri, karpide valmistamiseks valguse levimise ja peegeldumise tundmaõppimiseks jms. Papist valmistatakse ka ruumimõõtude ja geomeetriliste kujundite mudeleid (jagu 5). Tähtis on märkida, et paber ja papp, pärast nende parafiiniga ja vahaga läbiimmutamist või õlivärviga ja asfaltlakiga katmist, muutuvad veekindlaks (§ **9**, 2, II, III, IV, § **9**, 10, ja § **10**, 5). Kooli töökogemuste tundmaõppimine laialdasemas ulatuses näitab, et paljud õpetajad alahindavad paberi ja papi tähtsust omavalmistatud katseriistade ehitamisel.



Joon. 322 *A* ja *B*. Pabeririba kasutamine elastsuse demonstreerimiseks ja kuju mõju tundmaõppimiseks paindumisele vastupanemisel.

2. Materjalid.

I Papp. Pappi on olemas mitut sorti ja liiki. Kõige levinumad on hallid, valged ja kollased papid. Kõige tugevam ja tihedam on hall papp; teda on raske lõigata ja ta nürib väga nuga. Valge papp murdub kergesti ja on painutades kerge lõigata. Kollane papp on küllalt tugev, teda on kerge lõigata ja töödeks on ta kõige sobivam. Õlgkollane puupapp oma väga suure murduvuse ja vähese tugevuse tõttu ei ole üldse töödeks kõlblik. Läikiv nagu poleeritud (pruun ja tumeroheline) papp, mida tuntakse presspani nime all, on eriti tugev, peaaegu ei murdu painutamisel, kuid on võrdlemisi kallis.

Füüsikakabinetti tuleb hankida kaks-kolm lehte mitmesuguse paksusega kollast pappi; peale selle võivad papi saamise allikaks olla mitmesugused karbid, milledesse pakitakse kompvekke, makarone jms.

II Paber. Kõige sagedamini vajatakse töödeks tavalist kirjutuspaberit; mõnikord esineb vajadust ka joonestuspaberi (kriidi- või vatmanpaber) järele. Mõnikord võib kirjutuspaberi asemel hea eduga kasutada ajalehe- või pakkimispaberit. Neil juhtudel, kui valmistatav ese peab olema võimalikult kerge, nagu elektroskoobi lehekesed, lipukesed, torukesed, õhupallid jms., siis kasutatakse valget või värvilist siidpaberit. Optiliste riistade ehitamisel võib esineda tarvidust vahapaberi või parafineeritud paberi järele. Valguse peegeldumise tundmaõppimisel leiab kasutamist ka värviline, muuhulgas hõbe- ja kuldpaber.

III Liim. Papist ja paksust paberist esemete kokkuliimimine kergeneb, kui selleks kasutada hästi kleepivat või sitket liimi. Niisuguste hulka kuuluvad järgnevad liimid.

a) Kaseiinliimi[1] on müügil valge, kollase või pruuni pulbrina. Liimi kvaliteedi üle võib otsustada värvuse järgi — kõige parem on valge liim. Liim lahustatakse külmas või leiges (mitte aga kuumas) vees, kusjuures ta muutub tarvitamiskõlblikuks umbes tunni ajapärast. Liimi keeta ei tohi, soojendada võib aga teda kuni 50—60°-ni. Lahustatud liim on tarvitamiskõlblik ainult mõne tunni jooksul, mille järel ta hakkab kalgastuma. Kui kaseiinliimi asemel on õnnestunud saada kaseiini, mida nimetatakse happeliseks, siis selle lahustamiseks on tingimata tarvilik booraksi (12—15%), pesusooda (10%) või söögisooda (12%) või nuuskpiirituse (13%) lisamine. Kaseiini leotatakse 2—3 tunni jooksul kaalu järgi samas hulgas vees, seejärel lisatakse talle vahetpidamata segades nimetatud leeliste lahused ja soojendatakse temperatuurini 50—60°, kuni kaseiini lahustumiseni. Kaseiinliimi saab valmistada ka ise kohupiimast, vastavalt § 18, 12, VII antud juhenditele.

b) Tisleriliimi (vt. § 8, 2, XII, § 8, 10, II) saab eduga kasutada papi, eriti paksu papi liimimiseks. Ta lahjendatakse sellisel määral, et toatemperatuuril (20°) ta jääks vedelaks, kuid oleks seejuures võimalikult viskoosne. Liimi roiskumise vältimiseks, s. t. tema konserveerimiseks lisatakse talle mõni tilk formaliini või karbolhapet.

c) Sündeetikoni müüakse valmis kujul tuubides. Temperatuuril umbes 15° ja alla seda muutub ta sültjaks massiks, mille tõttu neis tingimustes tuleb teda väljasurumiseks soojendada. Tema viskoossus, nagu tisleriliimilgi, oleneb temperatuurist. Sündeetikoniga sarnanevat liimi saab valmistada, kui segada paksu kuuma tisleriliimi umbes 25% äädikhapet või äädikaessentsi.

---

[1] Kaseiin ei lahustu vees, müügilolev kaseiinliim sisaldab lisandina soodat või booraksit — lahustumiseks vajalikke ingrediensse.

Paberi kleepimiseks ja temaga papi katmiseks kasutatakse nn. kliistreid, mida valmistatakse jahust või tärklisest.

d) Jahukliistrit valmistatakse nisu- või rukkipüülist või ka võimalikult peenest sõelast läbi sõelutud jahust. Jahu segatakse külma või leige veega ja saadud segu soojendatakse kuni keemistemperatuurini pidevalt segades. Niisugust kliistrit tuleb valmistada väikesel hulgal, s. t. nii palju, kui on tarvis antud töö jaoks, sest juba järgmiseks päevaks muutub ta hapuks minemise tõttu kõlbmatuks. Teda on aga võimalik kaheks-kolmeks päevaks konserveerida, lisades mõni tilk formaliini, äädikhapet (essentsi) või karbolhapet (§ 24, 3, IV).

e) Tärklisekliistrit valmistatakse kas riisi- või kartulitärklisest (kartulijahu). Tärklis segatakse väheses hulgas külmas vees ja segu loksutades või segades, valatakse see peene joana keeva vette, mida on võetud võrreldes tärklisega umbes kümnekordses koguses (kaalu järgi). Vett tuleb seejuures kogu aeg segada, sest muidu tekivad klombid. Tärklisekliister hakkab kiiremini hapnema kui jahukliister, konserveeritakse samade ainetega, kuid veelgi lühemaks ajaks.

Mitmesugustest vedela liimi liikidest, mida kasutatakse paberi liimimiseks, väärivad tähelepanu järgmised.

f) Kirsi- või ploomipuudelt korjatud vaik annab vees lahustatuna alati kasutamisvalmis liimi kummiaraabiku[1]. Niisuguse liimi valmistamiseks võetakse kirsivaiku (1 osa) ja valatakse sooja veega üle (1,5—2 osa). 1—2 ööpäeva pärast vaik lahustub. Kui liimi on tarvis kasutada otsekohe, siis vaik peenestatakse pulbriks ja kogu aeg segades puistatakse keeva vette.

g) Dekstriinliim[2], mida sageli nimetatakse fotoliimiks, on müügil fotoärides pasta kujul. Selle liimi valmistamiseks võetakse valget või kollast dekstriini (300 osa) ja suhkrut (50 osa) ning lahustatakse need ained vees (350—400 osa), mis on soojendatud temperatuurini 80°, kuid mitte üle selle. Lahust tuleb valmistamisel hoolikalt ja vahetpidamata segada. Vajab konserveerimist mõne tilga formaliini või karbolhappe juurdelisamisega.

3. Tööriistad.

I Kartonaažinuga papi ja paberi lõikamiseks ei ole alati võimalik saada (joon. 323 *A*). Seepärast tuleb kasutada nahanuga (joon. 323 *B*) või tugevat taskunuga.[3] Tähtis on, et nuga oleks terav; papi lõikamisel eriti ta nürineb kiiresti ja teda tuleb sagedasti luisul

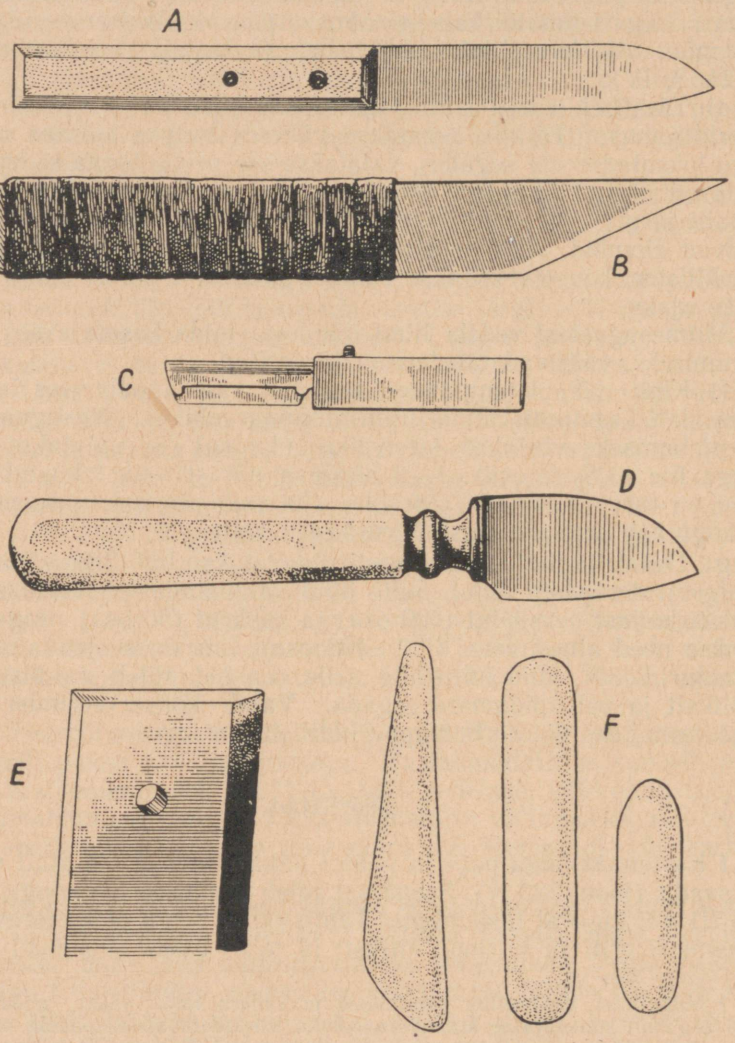
[1] Müügilolev kontoriliim (vesiklaasi ja suhkru lahus vees), mida mõnikord ekslikult nimetatakse kummiaraabikuks, kirjeldatavateks töödeks ei kõlba, sest mõne nädala pärast muutub paber tugevasti kollaseks.

[2] Dekstriin on tärklisest saadav aine. Ta võib olla valge või kollane. Kollane dekstriin lahustub külmas vees, valge aga ainult soojendamisel (80°).

[3] Kui on olemas katkimurdunud lauanuga, siis saab seda muuta kartonaažinoaks, tema otsa vastavalt käiates (joon. 323 *D*).

teritada (§ 7, 5). Nüri nuga rebib kohati paberi katki, papi lõikamisel aga ei anna puhast serva. Paberit võib lõigata ka žiletiterast tehtud noaga (joon. 323 *C*).

II Käärid on vajalikud õhukesest papist või paberist kõverjooneliste kujundite väljalõikamiseks. Pikkade teradega kantseleikääridega saab paberit lõigata vaid sirgjooneliselt, kujundite lõikami-



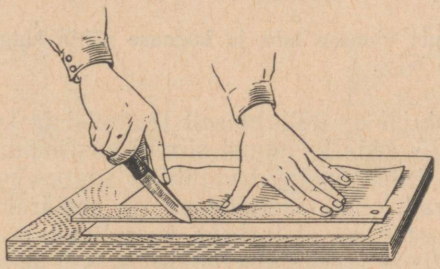
Joon. 323. Paberi ja papi lõikamiseks kasutatavad noad: *A* — kartonaažinuga, *B* — nahanuga, *C* — žiletiterast valmistatud nuga, *D* — omatehtud nuga lauanoa tükist, *E* — joonlaud, *F* — valtsimisluukesed.

seks aga ei ole nad sobivad. Kõige sobivamateks on teravaotsalised, lahtikäivad meditsiinilised käärid; neid on lihtne ka teritada. Sobivad ka küünekäärid.

III Terasjoonlaud. Puujoonlaud ei kõlba noa juhtijaks. Nuga võib selle serva sisse lõigata ja nii joonlaua kui ka lõigatava papi ära rikkuda. Seetõttu on vajalik eriline terasjoonlaud. Teraskolmnurga kasutamine ei ole kohuslik. Terasjoonlaua puudumisel võib kasutada peegelklaasi lihvitud serva.

IV Valtsimisluuke, mida kasutatakse paberi voltide silumiseks ja teravate painutuste tegemiseks, on väga soovitavaks tööriistaks (joon. 323 *F*). Teda võib valmistada ka ise, lõigates ta vineerisaega välja pleksiklaasi, tselluloidi, või plastmassi tükist (paksusega 2—5 *mm*) ja ümardades ta servad. Üksikutel juhtudel võib silumiseks kasutada laua- või taskunoa selga.

V Lõikelaud. Paberi ja papi lõikamine toimub erilisel lõikelaual, mille pealmine pind on hästi sile, mis on hea lõikepinna saamise eelduseks (joon. 324). Peale selle kaitseb lõikelaud töölaua pealispinda rikkumise eest. Niisuguse lauana võib kasutada väikest kasevineeri tahvlit (§ 8, 2, IX), millel puuduvad oksad ja mis on klaasipaberiga hästi siledaks lihvitud (§ 8, 19). Lõigatava papi või paberi alla tuleb laua pinna kaitseks sisselõigete vastu panna tükk mittevajalikku paberit või pappi. Laua asemel võib kasutada ka paberiga kaetud laua katteklaasi.



Joon. 324. Lõikelaud ja paberi lõikamine sellel.

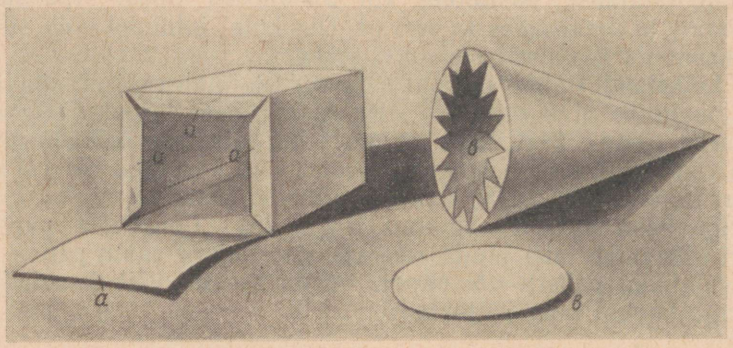
VI Pintsel. Kliistri määrimiseks erilist laia pintslit ei tarvitse koolil muretseda. Täiesti võimalik on töötada väikese harjasest pintsliga (joon. 105) (§ 9, 3, I). Suurema pinna katmiseks tuleb võtta vatist või kõige pehmemast riidest tampoon ja kasutada seda liimi pealemääримiseks.

4. Kortsunud paberi silumine.

Mõnikord tuleb parema paberi puudumisel kasutada kortsunud või murdejoontega paberit. Kortse ja jooni saab kõrvaldada kuuma triikrauaga silumise teel pesu triikimiseks kasutataval triikimislaual.

5. Lõike valmistamine (joonestamine).

Papi või paberi lõikamine toimub neile kantud joonte järgi (joon. 324), mis moodustavad kujundi piirjooned ehk teiste sõnadega — lõike. Joonis tuleb paberile kanda terava kõva pliiatsiga ja tingimata joonlaua, kolmnurga ja sirkli abil. Seejuures tuleb rangelt kinni pidada vajalikest mõõdetest, sest väikseimgi viga mõõdetes osutub pärast väljalõikamist sageli parandamatuks. Eriti käib see nõue ruumiliste kartonaažesemete kohta (joon. 325); lõike vea puhul üksikud osad ei satu kokku või tekib viril keha.

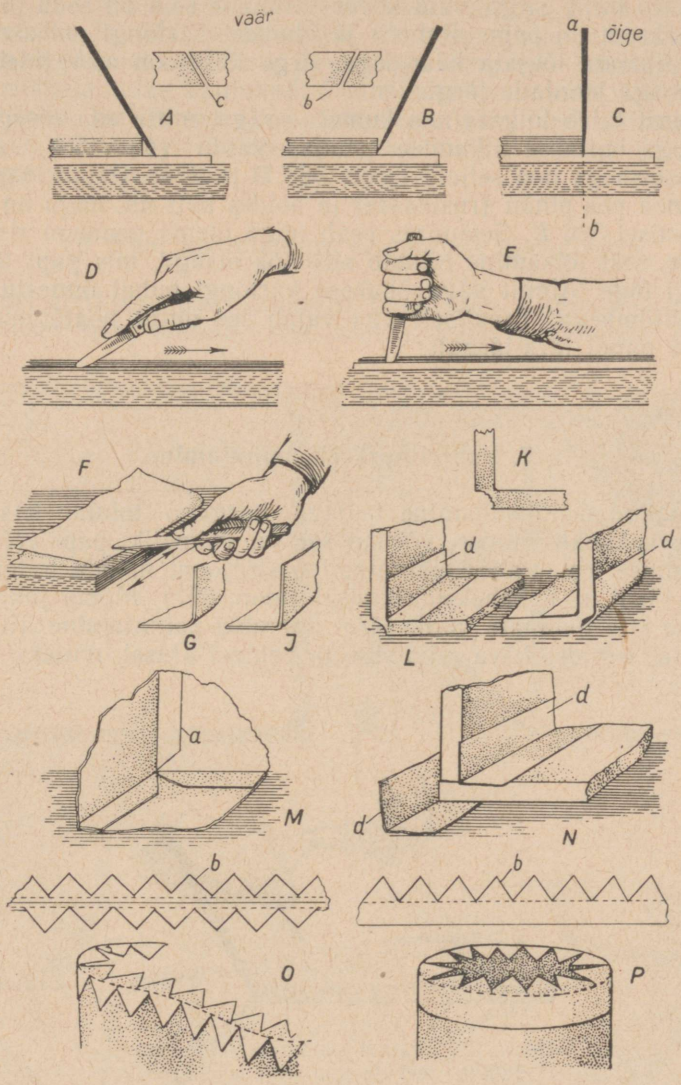


Joon. 325. Kuubi viimase tahu ja koonuse põhja külgekleepimine.

Kuna igal õpetajal on küllaldaselt teadmisi ja kogemusi joonise valmistamiseks, siis seda küsimust siin ei käsitleta. Neid oma teadmisi ja kogemusi tuleb õpetajal vajalikus ulatuses õpilastele edasi anda, kes tegelevad kartonaažitöödega, ja seejärel jälgida, et õpilased koostaks vastavaks otstarbeks korralikud ja õiged joonised. Geomeetriliste kehade koostamisel paberist või papist tuleb lõike joonestamisel juba ette arvestada painutatavate äärte *a* või hammaste *b* vajadust, mida pärast kasutatakse pindade kokkukleepimiseks (joon. 325 vt. edasi jagu 8).

6. Paberi ja papi lõikamine.

Nii papi kui paberi lõikamine toimub lõikelaual terava noaga: sirgete joonte puhul joonlaua järgi, kõverate puhul vabalt käega, ettejoonestatud joonte järgi. Nuga hoitakse paremas käes, vasakuga surutakse joonlaud võrdlemisi tugevasti lõigatava materjali vastu, et ta ei saaks liikuda (joon. 324). Nuga tuleb liikuma panna papiga risti asuvas tasapinnas *ab*, mis läbib joonlaua serva (joon. 326 *C*), sest teisel juhul, see tähendab noa kaldu hoidmisel (joon. 326 *A* ja *B*) papi servad (*c* ja *b*) tulevad samuti viltused. Peale selle tuleb



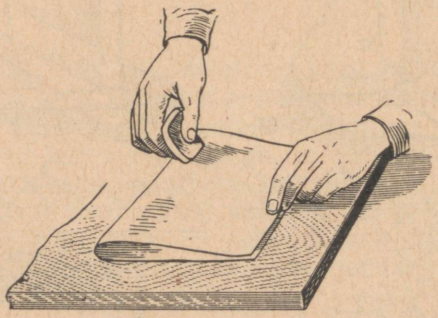
Joon. 326. Paberi ja papi lõikamine. Pindade nurgi ühendamine.
A ja *B* — ebaõiged ja *C* — noa õige hoidmine papi lõikamisel, *D* — noa hoid paberi lõikamisel, *E* — noa ja käe hoid papi lõikamisel, *F*, *G* ja *J* — paberi painutamine, *K* ja *L* — papi nurgi painutamine ja äärisega ülekleepimine. *M* — ribadega kokkukleebitud kuubi tipu vaade (seestpoolt). *N* — kahe papilehe täisnurkne kokkukleepimine, *O* — tasapinna ja kõverpinna ühendamine, *P* — silindri põhja külgekleepimine.

lõikejoon kogenematu inimese käes noa asendi paratamatute muutuste tõttu mitte sirge, vaid kõver. Viimane seik on seda olulisem, mida paksem on papp. Paberit ja õhukest kartongi on kõverjoont mööda lihtsam lõigata kääridega, sirge lõikejoon aga tuleb tõmmata noaga joonlaua järgi.

Paberit tuleb lõigata noa kumera osaga, mitte aga otsaga, milleks nuga hoitakse liikumise suunas kaldu (40—45°), surudes nimetissõrmega noa seljale (joon. 326 D ja 324). Pappi lõigatakse, võttes noa pea pihku (rusikasse) ja hoides kätt nii, nagu on näidatud joonisel 326 *E*. Seejuures peab nuga olema peaaegu risti papi pinnaga, sest lõikamine toimub siis noa otsaga, mis papi lõikamisel ongi õige. Ainult väga õhukese kartongi puhul õnnestub lõige ühe noatõmbega. Tavaliselt aga vajab see mitut noatõmmet, läbi lõigates pappi järk-järgult.

7. Paberi nurkselt painutamine.

Tasapindade ühendamine teatava nurgana toimub kas nende servade kokkukleepimise, või kui see on võimalik, papi või paberi painutamise teel. Paberi painutamine sirgjoont mööda toimub üldtuntud viisil, s. t. kaheksmurdmisel (joon. 327). Mõnel juhul tuleb sirgjoon ette tõmmata, mille järgi toimubki painutamine. Kui joont tõmmata, surudes kõva pliiatsiga ja pehmel alusel, näiteks vihikul,



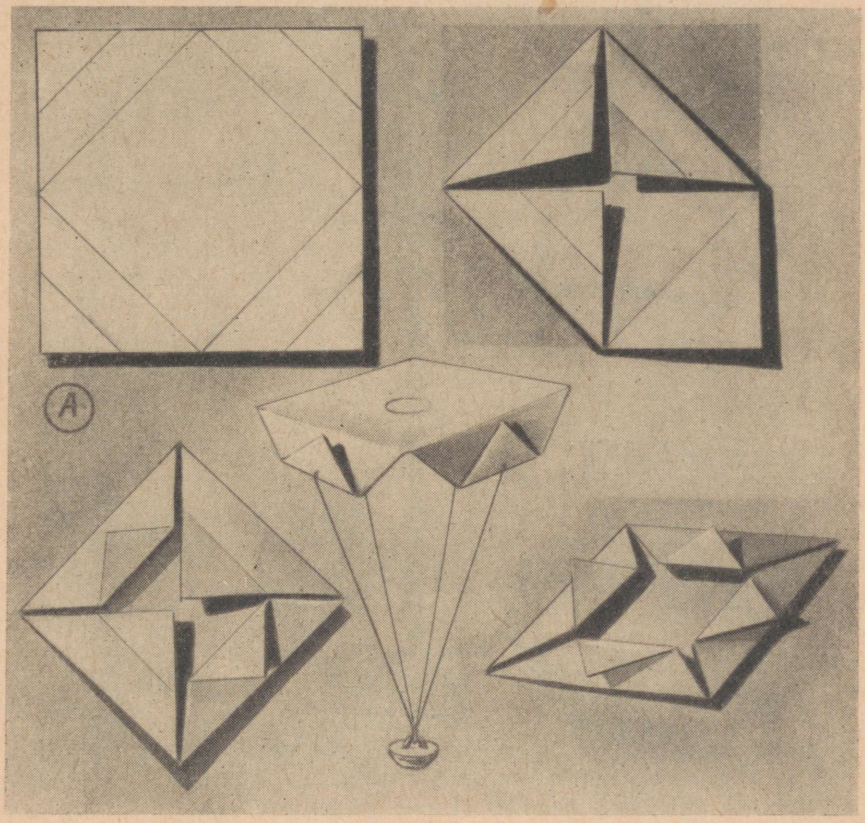
Joon. 327. Paberi painutamine kokkukeeramise teel ja paindekoha silumine kummiga.

siis kergendab sissesurutud pliiatsi jälg pärastist kokkumurdmist seda joont mööda. Pärast murdmist, milleks paber tuleb kaheks kokku keerata, tõmmatakse piki murdejoont valtsimisluukesega (joon. 323 *F*), või noa seljaga (326 *F*), mille järel murdejoon (joon. 326 *G*) kaotab oma ebamääraselt poolümara kuju (joon. 326 *J*). See on seda olulisem, mida paksem on paber.

Paberi kokkumurdmise teel (ilma liimimata) saab valmistada mõningaid abiriistu laboratoorseteks töödeks, õppetundides demonstreerimiseks ja tähtsaid mudeleid õhus mootorite lendamise aluste tundmaõppimiseks õpilaste huvialastes ringides. Niisuguste tüüpiliste riistade hulka kuuluvad: Bakušinski lood (joon. 328 *C*), paberist virelid, karbikesed (joon. 329) jms. Võrdlemisi mitmekesised ja arvukad on ka avioringides paberist valmistatavad plaanerid ja langevarjud[1] (joon. 328 *A* ja *B*).

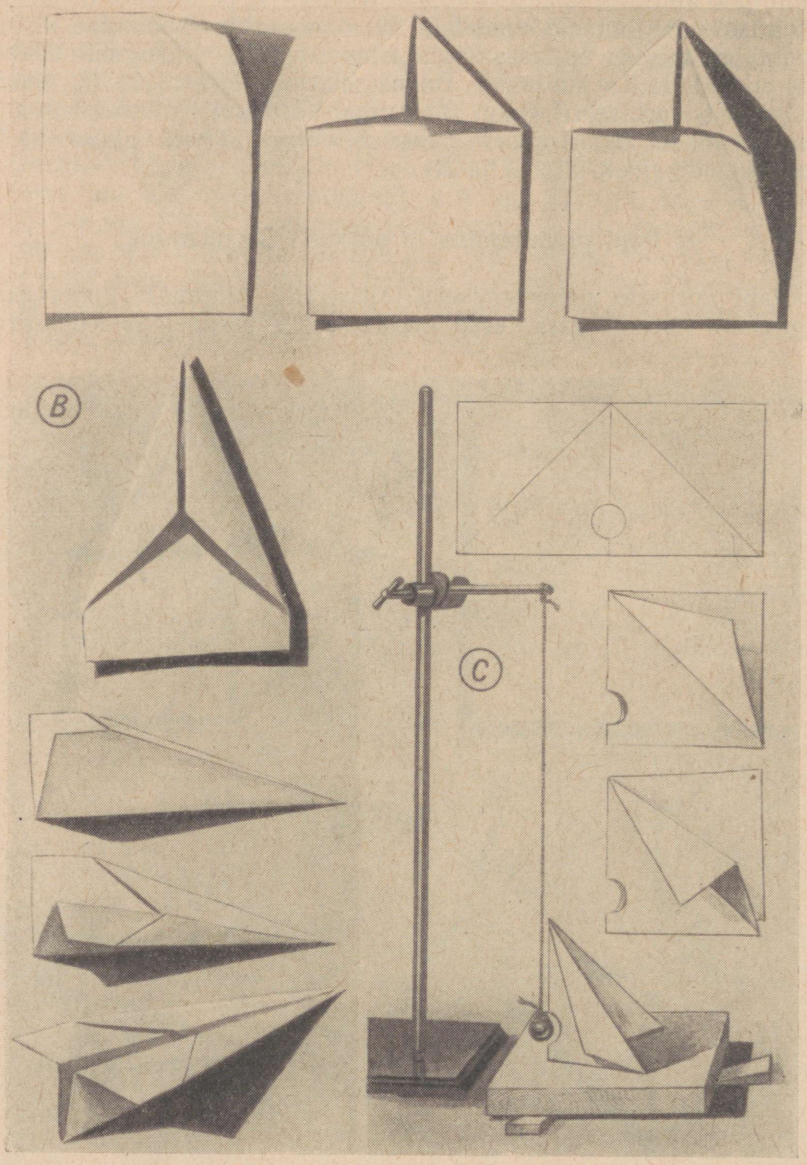
8. Papi painutamine ja nurkselt ühendamine.

Papi nurkseks painutamiseks tuleb talle tingimata teatavasse sügavusse sisse lõigata, sest muidu tuleb paindejoon ebakorra-

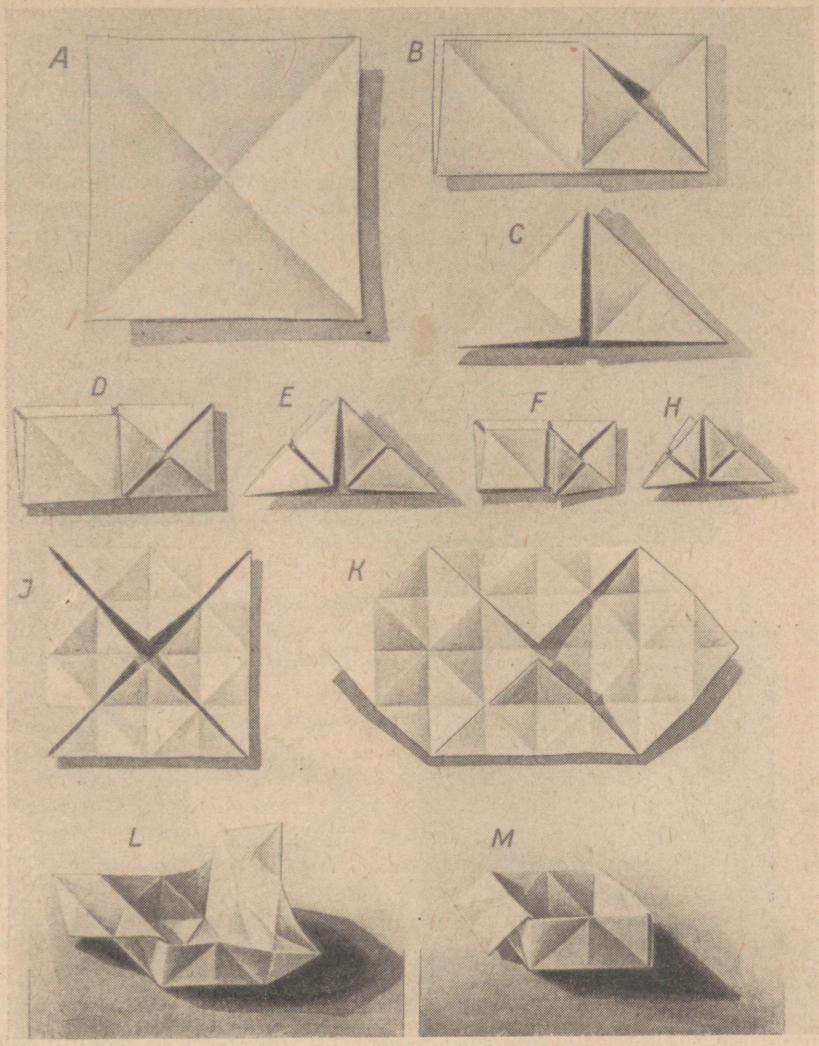


Joon. 328 *A*. Lihtsa langevarju valmistamine.

[1] Mudelite valmistamise kohta vt. suurepärast raamatut Н. Бабаев и С. Кудрявцев «Летающие авиоигрушки», ОНТИ, 1935.



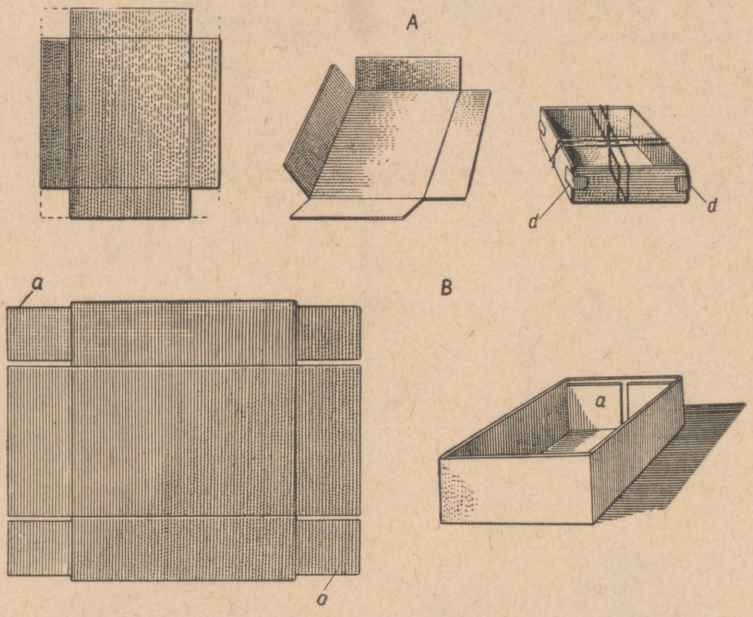
Joon. 328 *B* ja *C*. Plaaneri, noole ja Bakušinski loe valmistamine (paberi voltimise teel).



Joon. 329. Karbikese valmistamine (paberi kokkumurdmisega).

pärane ja papp võib isegi katki murduda. Sisselõike sügavus oleneb papi «elastsusest», s. t. tema võimest painduda. Selleks sügavuseks on $^1/_3$ kuni $^1/_2$ papi paksusest. Papile tehakse sisselõige töövõttega, mis on kujutatud joon. 326 *E*. Tähtis on, et sisselõige oleks kogu ulatuses sama sügavusega, milleks ei tohi survet noale muuta. Kui sisselõige on tehtud siiski ebatasaselt, siis pappi veidi painutades, tuleb kõik mitte küllalt sügavad kohad järele lõigata. Pärast sisselõike tegemist painutatakse papp vajaliku nurgana sisselõikega tin-

gimata väljapoole (joon. 326 *K*). Kui painutusnurgale tahetakse anda suuremat tugevust, siis tuleb teda paberi- või veel parem kalinguriribadega *d* nii seest- kui ka väljastpoolt üle kleepida (joon. 326 *L*). Sisselõikega papi painutamise teel valmistatavate esemete lihtsamaks näiteks võib olla madalamate või kõrgemate ääristega pappkarp (joon. 330 *A*). Pappi saab nurkselt kinnitada ka paberist või kalingurist ribade *d* peale kleepimise ja niidiga või traadiga läbiõmblemise teel; kõige paremaks viisiks, nagu eespool nimetatud, on painutamine ja selleks eriliselt jäetud ribade *a* (joon. 325, 326 *M* ja 330 *B*) kinniliimimine. Kui papp on liiga paks ja



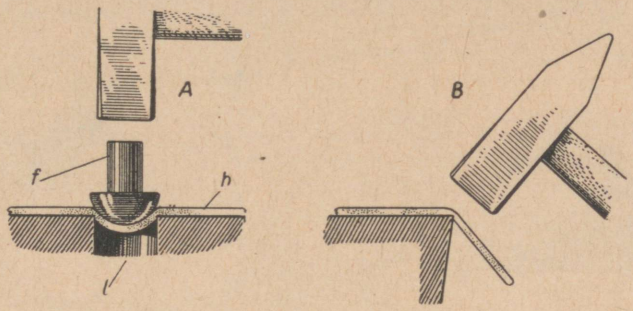
Joon. 330 *A* ja *B*. Lihtsamaid pappkarbi valmistamise viise.

nurgal peab olema korrapärane kuju, siis ühendamine toimub joonisel 326 *N* näidatud viisil. Kõverpindade ühendamise viise tasapindadega on kujutatud joonisel 326 *O* ja *P*.

9. Aukude tegemine.

Väga väikese läbimõõduga augud torgatakse paberisse või papisse nõelaga või ümmarguse naaskli terava otsaga (joon. 56 *D*). Suuremate aukude puhul jäävad nende servad, eriti papis, ebatasaseks ja karvaseks. Niisugused augud tuleb sisse puurida hästiteritatud korgipuuriga (joon. 284). Veel suuremaid auke võib papisse

puurida senterpuuriga (mitte mingi teise puuriga!) (joon. 58), mis on pistetud puurivändasse (joon. 57). Paberisse on otstarbekohane auke lõigata kõverate küünekääridega. Juhul, kui on olemas vastava auguga *b* metallplaat, on otstarbekohane raiuda auku papisse ümmarguse needi pea abil, lüües sellele vasaraga (joon. 331 *A*). Samasuguse võttega saab pappi vastu teravat metallnurgiku (joon.



Joon. 331 *A* ja *B*. Augu tegemine papisse ja papi lõikamine läbilöömise teel.

194 *A*) serva läbi lõigata ilma noata (joon. 331 *B*). Suuri ristkülikukujulisi avasid tuleb sisse lõigata noaga joonlaua järgi; paksus papis võib neid välja raiuda peitliga (joon. 56 *A* ja *B*).

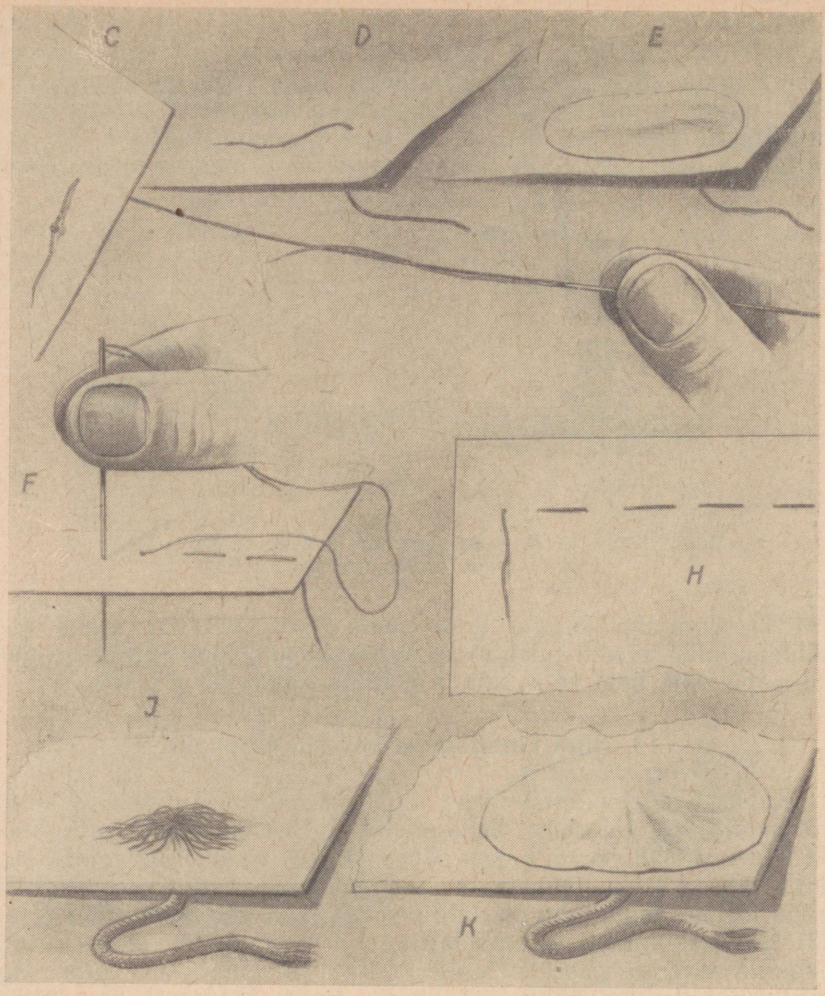
10. Niidi kinnitamine paberile ja papile.

Katseriistade valmistamisel tuleb mõnikord kinnitada paberile või papile niiti või nööri. Seda saab teha mitmel viisil. Kui näiteks on tegemist papiga või paksu paberiga ega ole nõutav, et niit suudaks paberit katki tõmbamata kanda tunduvat raskust, siis võib niidi nõelaga tehtud august läbi pista ja teha niidi otsa sõlm (joon. 331 *C*). Kui liimiga kokkumääritud niit august läbi pistes suruda paberile ja pealt paberist lapiga kinni kleepida, siis tekib väga tugev kinnitus ka õhukesel paberil (joon. 331 *D* ja *E*). Küllalt tugev kinnitus õmbluse abil on toodud joon. 331 *F* ja *H*. Seejuures ei ole paksu paberi või õhukese papi puhul isegi vajadust paberist lappi peale kleepida. Nööri kinnitamiseks papile harutatakse august läbi pistetud ots lahti üksikuteks kiududeks, laotatakse need laiali ja liimitakse kinni (joon. 331 *J*). Seejuures on kasulik peale kleepida veel paberist lapp (joon. 331 *K*).

11. Geomeetriliste kehade kokkukleepimine.

Nii joonise valmistamisel kui kehade kokkukleepimisel tuleb kõigepealt silmas pidada järgmist:

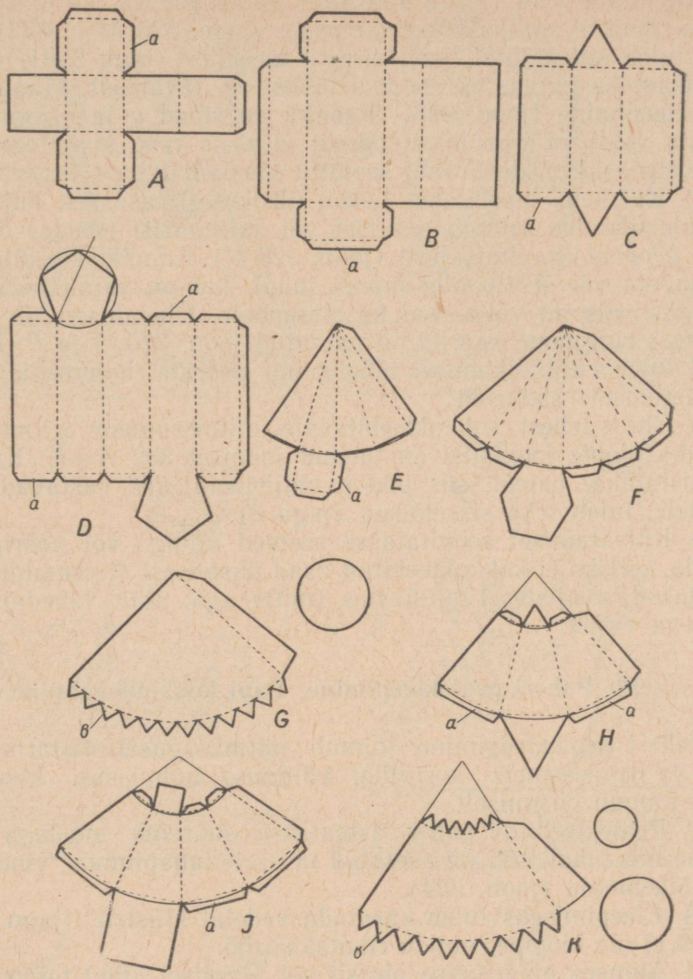
a) Pappesemeid, nende hulgas ka geomeetrilisi kehi saab koostada üksikutest osadest (tasapinnad, kõverpinnad) kokkukleepimise



Joon. 331 *C—K*. Niidi ja nööri kinnitamine paberi külge.

teel (joon. 332 *G* ja *K*) või vastavalt valmistatud lõike kokkupainutamisel, mis üldiselt öeldes on võimalik vaid tasaste pindadega piiratud kehade puhul (joon. 332 *A—F*, *H* ja *J*).

b) Paberi ja õhukese papi puhul on pindade nurgi kokkukleepimine võimalik lõikes ettenähtud ja keha valmistamisel painutatud ribade *a* ja nurgakeste *b* (joon. 325 ja 332) abil. Mida paksem aga on paber (veel enam kartong), seda suuremaks muutuvad teatavad kuju moonutused ja hälbed valmistatava geomeetrilise keha mõõdetest. Seepärast väärivad suuremat tähelepanu ühendused, mida



Joon. 332. Geomeetriliste kehade pinnalaotused (lõiked kokkupanekuks): *A* — kuup, *B* — täisnurkne rööptahukas, *C* ja *D* — prismad, *E* ja *F* — püramiidid, *G* — koonus, *H*, *I*, *K* — tüvipüramiid ja tüvikoonus.

tehakse papist või paberist ribade ja kantide pealekleepimise teel. Neid võib kleepida ka sisse, kuid see on palju keerukam (joon. 326 *O* ja *P*).

c) Ribad *a* ja nurgakesed *b* tuleb teha suuremate mõõdetega, siis on kleepimine kergem. Väga tähtis on ribade ja nurgakeste terav painutamine (mitte ümardatud), milleks mitte ainult papile, vaid ka paksule paberile tuleb paindejoonel teha sisselõige. Ribade

a otsad tuleb viltu (mitte alla 45°) maha lõigata, nii et keha nurkades ribad ei satuks teineteise peale (joon. 326 *M* ja 332). Tarvitada tuleb sitket liimi, mis kiiresti kleebiks (jagu 2, III). Kõige keerukamaks ja vastutavamaks tööks on tavaliselt viimase tahu kinnikleepimine (joon. 325). Kasulik on ribad *a* ja nurgad *b* painutada veidi väljapoole, et pärast viimase tahu koolutamist neile nad vetruksid ja kleepuksid seetõttu tihedamalt.

d) Kui keha kleebitakse kokku üksikutest tasastest kujunditest, siis ühendamine toimub paberist või kalingurist ribade või kandikeste *d* peale kleepimise teel (joon. 326 *N*). Kandike kleebitakse kas väljapoole või sissepoole; mõnel juhul, kui on vajalik eriti tugev ühendus, siis nii välja- kui ka sissepoole. Ühendused kõverjoonel, muuseas ringjoone kaartel on näidatud joon. 326 *O* ja *P*. Esimesel juhul tuleb väljalõikamisel tähelepanu pöörata hammaste tippude vastastikusele asetusele.

e) Ühest lehest kokkukleebitavate mitmesuguste geomeetriliste kehade lõigete joonistisi on toodud joonisel 332 *A*—*K*. Kui kehad valmistatakse papist, siis piki punktiirjooni, mis vastavad paindejoontele, tuleb teha sisselõiked (jagu 8).

f) Kuivatamisel soovitatakse esemed niidiga või nööriga kinni siduda, selleks et kokkukleebitud osad üksteisest ei eemalduks. Kuivatatakse tavalistes tingimustes (mitte aga ahju lähedal) $^1/_2$—1 ööpäeva vältel.

12. Paberi pealekleepimine. Papi kokkukleepimine.

Paberi pealekleepimine toimub mitmesugusel otstarbel, muuseas ka pappesemele korraliku välimuse andmiseks. Pealekleepimine toimub järgmiselt.

a) Pealekleebitav paber asetatakse suurema mõõtega paberilehele, mis omakorda on asetatud tasasele lauapinnale, vineeritükile või lõikelauale (joon. 324).

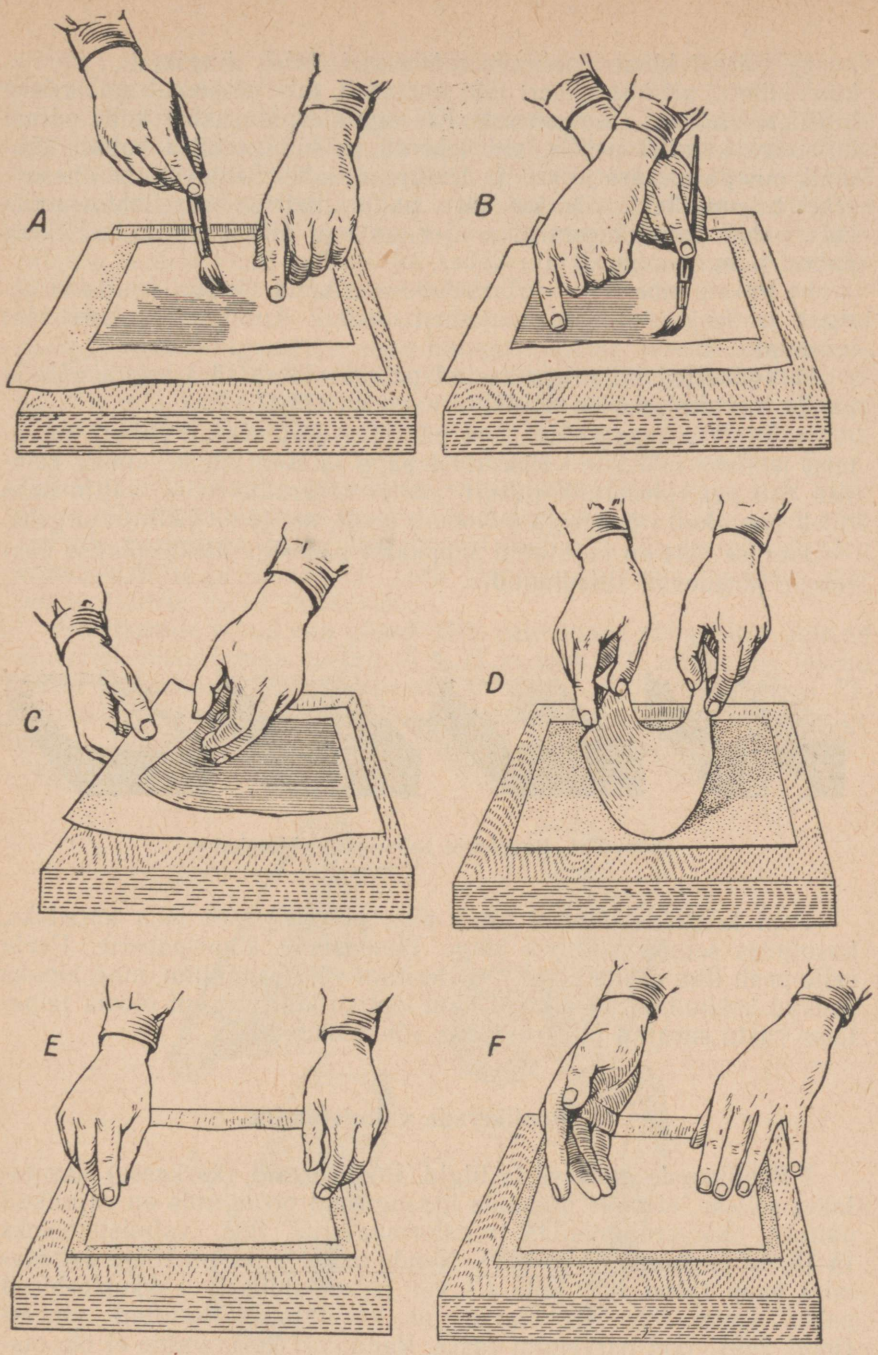
b) Kleepimiseks tuleb kasutada vedelat kliistrit (jagu 2, III), milles ei ole klompe, muidu rikutakse töö.

c) Alguses määritakse pintsli või äärmisel juhul tampooni abil kliistriga parempoolne (!) osa lehest, hoides vasakpoolset osa sõrmedega paigal, nagu on kujutatud joonisel 333 *A*.

d) Pintsliga tuleb kliistrit peale kanda nii, et pintsel liigub keskkohast äärte poole, mitte aga vastupidi. Vastasel juhul kliister satub paberi äärel paberi teisele küljele või paber võib pintslile järele liikuda, ära kortsuda või isegi katki rebeneda.

e) Kliister tuleb peale kanda ühtlaselt ja mitte paksult. See oskus tekib kogemuste varal.

f) Pärast ühe poole paberilehe kliistriga kokkumäärimist asetatakse sõrmed lehe teisele poolele (joon. 333 *B*). Sõrmeotsad tuleb tingimata veega märjaks teha nende paberi külge kleepumise vältimiseks. Kui see on siiski juhtunud, tuleb nad paberilt lahti tõmmata, millest paber kortsub või halvemal juhul rebeneb.



Joon. 333. Paberi mõlema poole katmine kliistriga (*A* ja *B*). Paberi aluselt äravõtmine ja papile kleepimine (*C*—*F*).

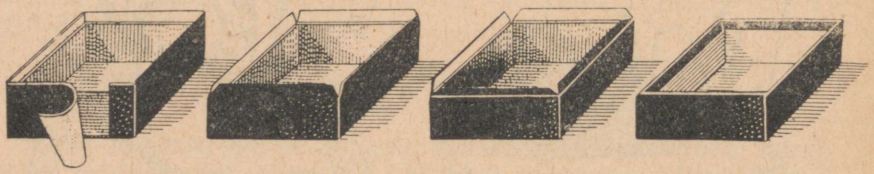
g) Pärast kliistri paberile määrimist tuleb tingimata oodata, kuni kliistri niiskus paberi läbi immutab, mis põhjustab paberilehe mõõdete teatavat suurenemist. Kui aga kleepida paber kohe pärast kliistriga katmist papile, siis tekivad paisumise tõttu kohati kühmud, mis pärast ära ei kao ja tekitavad volte. Samasugune ebasoovitav tulemus tekib siis, kui katta papp kliistriga ja sellele asetada kuiv paber pealekleepimiseks. See on aga maksev ainult õhukese paberi puhul, nagu kirjutuspaber, köitepaber jt.

h) Paksu paberit on otstarbekohasem katta liimiga (mitte kliistriga) ja seejuures ei ole vajadust oodata kuni see paberi läbi immutaks.

i) Töövõtted kliistriga kaetud paberi aluselt ära võtmiseks ja papile kleepimiseks on näidatud joonisel 333 *C—F*.

j) Tuleb silmas pidada, et pärast pealekleebitud paberi kuivamist ja tema mõõdete vähenemist papp ja isegi õhuke vineer kisuvad end pealekleebitud paberi poole kõveraks. Selle vältimiseks tuleb papp katta paberiga mõlemalt poolt, sel juhul jääb ta sirgeks.

Joonisel 334 on kujutatud pappkarbi paberiga ülekleepimise üksteisele järgnevad staadiumid.



Joon. 334. Pappkarbi paberiga ülekleepimine.

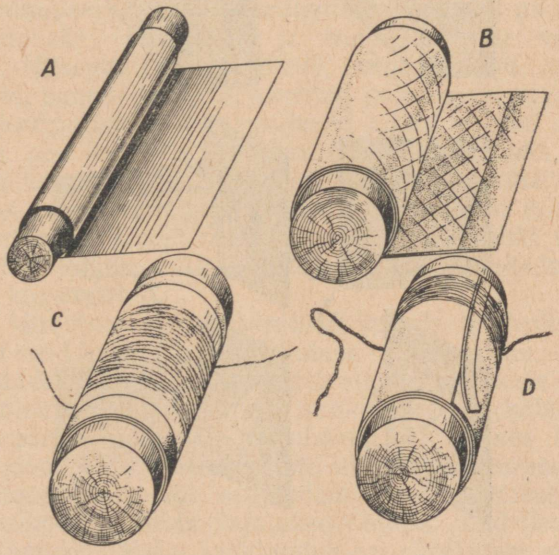
Papi kokkukleepimisel tuleb papi pind alguses teha karedaks, kasutades selleks viili või kõige jämedamat klaasipaberit. Peale selle peab liim olema sitke — tisleriliim või kaseiinliim, ning lõpuks peavad kokkuliimitud pinnad kuni lõpliku kuivamiseni olema teineteise vastu surutud pitskruvidega või raskusega.

13. Poolikerede valmistamine.

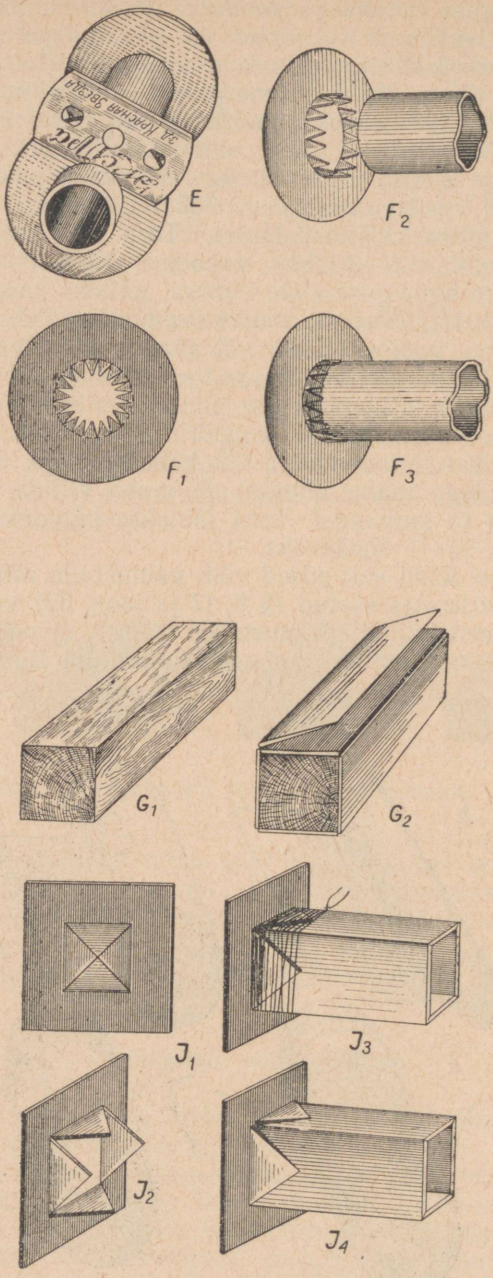
I Poolikerede otstarve ja liigid. Poolikeresid (karkasse) kasutatakse selleks, et neile mähkida igasuguseid poole, mis on vajalikud näiteks elektromagnetite, transformaatorite jms. valmistamiseks (§ 15, 18 ja joon. 265 ja 270). Nende materjaliks on kõige sagedamini papp (joon. 335 *B* ja *C*) või mitmekihiliselt kokkukleebitud paber (joon. 335 *A*); harvemini kasutatakse liimitud vineeri (joon. 269), veel harvemini vaske. Raudpleki kasutamine ei ole otstarbekohane, sest niisuguse materjali kasutamisel suureneb magnetvoo hajumine.

II Ümmarguse ristlõikega poolikere. Poolikere toru (hülsi) saab valmistada paberiribast (kirjutus- või pakkimispaber), mis keeratakse täiesti siledale silindrilisele esemele, näiteks pudelile, torule või puurullile (joon. 335 *A*). Enne paberi pealerullimist tuleb rullile keerata 2—3 kihti mistahes paberit, et toru pärastist mahavõtmist kergendada. Pabeririba, millest valmistatakse poolikere, kaetakse kliistriga (jagu 2, III) vastavalt jaos 12 antud juhenditele ja keeratakse tuntud viisil rullile (joon. 335 *A*). Tugeva toru saamiseks jätkub 5—10 kihist kirjutuspaberist. Toru võib keerata ka papist: õhukese papi puhul 2—3 kihist, paksema puhul 1—2 kihist. Pappi tuleb liimida mingisuguse sitke liimiga, näiteks kaseiin- või tisleriliimiga (jagu 2, III). Parema nakke saamiseks tuleb papi pind karedaks muuta kas noaga, viiliga või jämeda klaasipaberiga (joon. 335 *B*). Pärast liimimist mähitakse toru nööriga või asetatakse papi servale riba pappi ja kinnitatakse viimane niidi või traadiga (joon. 335 *C* ja *D*). Astme tekkimise vältimiseks tuleb papi serv viltu maha lõigata kas terava noaga või habemenoaga. Seda astet võib samade riistadega maha lõigata või maha viilida ka pärast toru valmissaamist ja kuivamist. Toru jäetakse kuivama tavalises toatemperatuuris $^1/_2$—1 ööpäevaks.

Poolikerede otsad ehk põsed võib valmistada rõngastest, mis on vineerist vineerisaega saetud (§ 8, 17 ja joon. 52) või papist tehtud (seda paksemast, mida pehmem on papp) (joon. 335 *E* ja *F*). Papist otste valmistamine ja nende kinnitamine liimiga hülsi külge



Joon. 335 *A*—*D*. Poolialuse toru valmistamine.



Joon. 335 *E—J*. Mitmesuguste poolikerede valmistamine traatpoolide kerimiseks.

selgub jooniselt 335 *F*. Liigsed hülsi osad lõigatakse näiteks žiletiteraga maha (joon. 335 *E*).

III Neljakandiline poolikere. Kui valmistatakse neljakandiline poolikere, mis on vajalik näiteks transformaatori ehitamisel (§ 15, 17 ja joon. 265), siis esimeseks tööks on puuprussi valmistamine, mis vastab oma läbilõike mõõdetelt transformaatori südamikule (joon. 335 G_1). Valmis hülsist prussi väljalöömise kergendamiseks antakse prussile veidi püramiidjas kuju. Unustada ei tule märkida ka väiksemat alust. Prussile kui šabloonile keeratakse liimiga kaetud paber ja saadakse hülss. Kui materjalina kasutatakse pappi, siis tuleb see nurkades, s. t. painutuskohtades varustada sisselõigetega (jagu 8) ja otsad lõigata nende omavaheliseks ühendamiseks teataval määral viltu (joon. 335 G_2). Pooli otste ehitus ja nende kinnitusviis on toodud joonisel 335 J_1—J_4.

§ 21. Tööd kiudainetega.

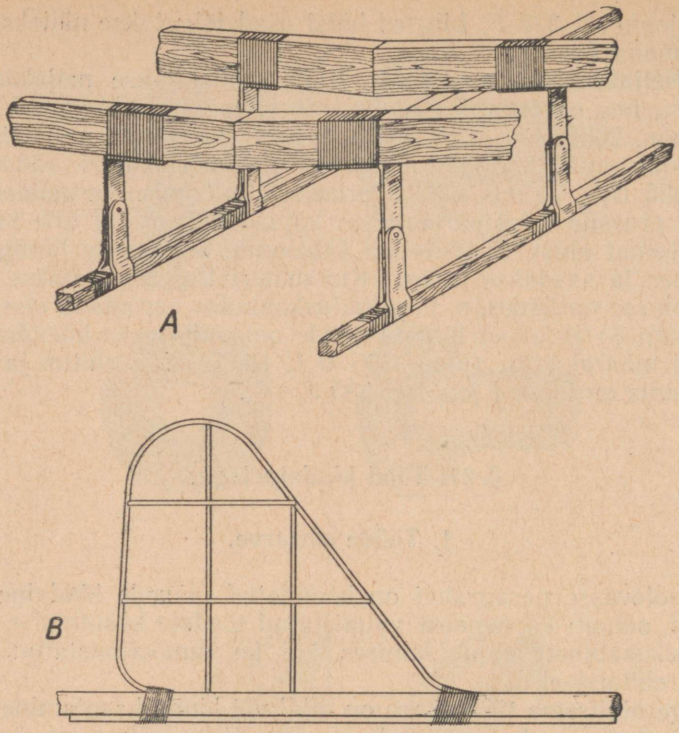
1. Tööde otstarve.

Käesolevasse paragrahvi on koondatud mõnede kiudainete kirjeldused, samuti ka nendest valmistatud toodete kasutamise juhud, nii füüsikakabineti majapidamises kui ka omavalmistatud katseriistade ehitamisel.

Kõige olulisema tähtsusega on niidi või lõnga kasutamine katseriista üksikute osade kinnitamiseks, samuti ka mitmesuguste detailide ülesriputamiseks. Osade kinnitamine niidi abil on väga iseloomulik tuulelohede, plaanerite ja mudellennukite valmistamisel (joon. 336). Niisuguste katseriistade, nagu pendlid, plokid, lood, elektripendlid, samuti ka elektriseeritud pulgakeste, magnetite, poolide jms. ülesriputamiseks kasutatavad niidid peavad olema kõrge kvaliteediga, sest nad on katseriista üheks tähtsamaks osaks.

Mõnedes katseriistades, näiteks pumpade mudelites, Pascal'i kuulis jt., on kolvid valmistatud klaasist; seepärast tuleb hermeetilisuse saavutamiseks neid mähkida niidiga. Küllaltki tähtis on ka niidi sõlmimise oskus, milles õpetajal tuleb omandada mõningaid teadmisi ja kogemusi.

Mõnede kiudainete ja orgaaniliste kudede looduslikud omadused lubavad neid kasutada katseriistade põhiosadena, mis määravad ära riistade toime. Nii võimaldab soolest pillikeele ja stepirohu kiu keerdumine niiskuse toimel, puukiudude ja käbide soomuse paindumine samal põhjusel, valmistada lihtsamaid hügroskoope (jagu 7 ja joon. 351). Puukiudude elastsuse suurenemist nende veega läbiimmutamisel või soojendamisel kasutatakse laialdaselt puidu painutamiseks, mida vajatakse näiteks mudellennuki detailide valmistamisel. Naha kasutamine on võrdlemisi piiratud, kuid on tingimata vajalik, kuna õpetajal varem või hiljem tuleb remontida Šintsi õhupumpa või samasugust priimusepumpa.



Joon. 336. Mudellennukite detailide tüüpilisi ühendusi niidi abil.

2. Materjalid.

I Vatt. Puuvillavatti, mida tavalises elus kasutatakse riiete valmistamisel soojusisolatsiooni materjalina, saab füüsikakabinetis vaevalt kasutada, sest kaetuna teataval määral rasvaga, ei lase ta end veega immutada. Apteekides müügil olev hügroskoopiline vatt laseb end veega immutada ja ta on vajalik peamiselt torude ja nõude pesemiseks, riistade klaasosade puhtakshõõrumiseks. Puidu katmiseks lakiga aga tuleb kasutada harilikku vatti (§ 8, 6 ja joon. 108). Puuvillase lõnga puudumisel tuleb vatist mõnikord valmistada piirituselampide tahte.

II Nahk. Väikesed, mõne ruutsentimeetri suurused nahatükid on vajalikud õhupumpade kolvinahkadeks (jagu 9, II). Niisuguseid tükikesi on alati võimalik välja lõigata vanade saabaste pealsetest või saada kingsepa käest. Nahk ei kannata soojendamist, muutudes selle toimel hapraks ja kalgiks. Teatava määrani kõvaks muutunud (kuivanud) nahka saab muuta elastsemaks, määrides teda kastoor- või mõne muu taimeõliga või rasvaga. Vees leotatud nahk

(kuid mitte keevas vees!) muutub ajutiselt elastseks, kuid ainult kuni ärakuivamiseni.

Naha liik, mida tuntakse seemisnaha nime all, on tingimata hädavajalik optiliste klaaside puhastamiseks. Kasutades tükikest seemisnahka, mida hoolikalt tuleb kaitsta tolmu eest, ei riku õpetaja kunagi läätsi ega teisi optilisi detaile. Seemisnaha pinnapealne mustumine kõrvaldub kergesti bensiinisse kastetud vatitükiga puhastamisel. Selleks otstarbeks võib seemisnahka hõõruda ka saia sisuga.

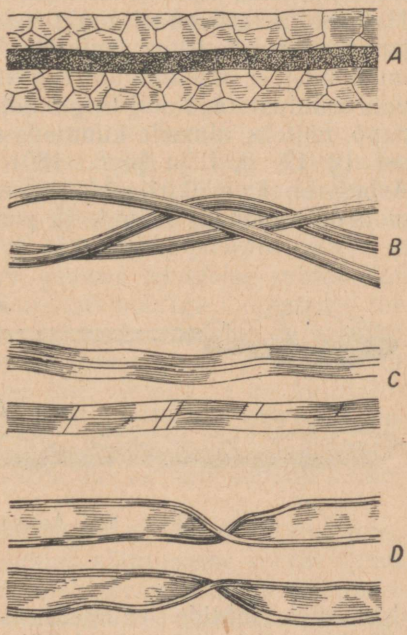
III Niit. Niidile, mida kasutatakse füüsika katseriistade osana, esitatakse järgmised nõuded. Niit peab olema kõigepealt võimalikult painduv, vähese venivusega ja tunduva tõmbetugevusega. Tavaline nöör (kanepist), mida kasutatakse kauplustes, rahuldab neid nõudeid väga vähesel määral ja seepärast ei leia kasutamist omavalmistatud katseriistade ehitamisel (joon. 338 A_2). Kõige sobivamateks on katseriistade valmistamisel järgmised niidiliigid.

Korrutatud sidumisnöör (joon. 338 A_1), erinevalt tavalisest sidumisnöörist, valmistatakse parimatest kanepi või lina sortidest (joon. 337 *C*). Tema määratu suur vastupidavus tõmbele on tingitud mitte ainult kiudude kvaliteedist, vaid peaasjalikult just sellest, et ta on korrutatud 3—4 kiust keerutatud lõngast.

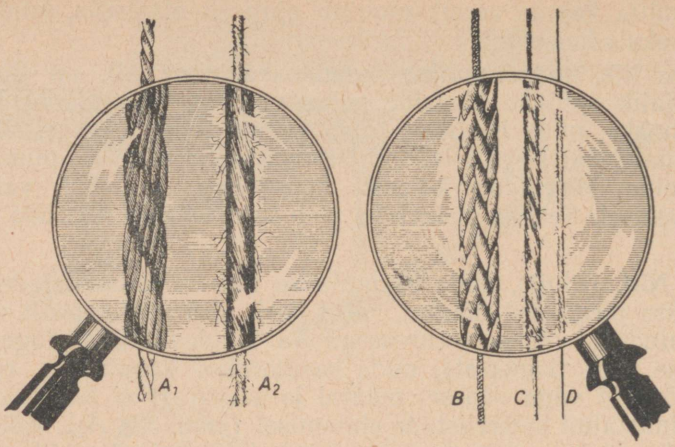
Õngenöör (joon. 338 *B*), siidist, mida kasutatakse spinningu nöörina, mis on võrdlemisi suure painduvusega, määratu suure vastupidavusega tõmbele ja osutub parimaks nööriks plokkidele ja polüspastidele. On müügil jahitarvete kauplustes.

Jämedad (karmid) linased niidid (joon. 338 *C* ja 337 *C*) on õngenöörist vähem painduvad ja tugevad, on aga küllaldaselt vastupidavad tõmbele. Niisugused niidid on laialdaselt kasutusel omavalmistatud katseriistade ehitamisel, eriti mitmesugustel ülesriputamistel jm.

Puuvillased niidid, mida kasutatakse tavaliselt õmblemisel, on mitmesuguse jämedusega, mida märgitakse numbritega (joon. 338 *D*). Kõige jämedamaid neist, nr. 1 ja 2, kasutatakse nagu jämedat linast niitigi ülesriputamiseks.



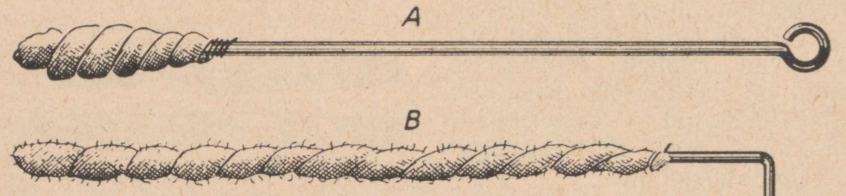
Joon. 337. Lambavilla (*A*), siidi (*B*), lina (*C*) ja puuvilla (*D*) kiudude kuju mikroskoobiga vaadates.



Joon. 338. Harilik ja korrutatud nöör (A_1 ja A_2), siidist õngenöör (B), kare (C) ja puuvillane (D) lõng.

Korrutamata puuvillast lõnga kasutatakse piirituselampide tahtide valmistamisel.

IV Asbest on laialdaselt tuntud mineraal, mille kristallid on niidikujulised. Asbesti müüakse vati, nööri, samuti ka papi kujul. Happed ja leelised ei mõju asbestile, seepärast saab asbestvatti kasutada nende filtreerimiseks. Asbest on halb soojusjuht ning kuumuskindel, s. t. kannatab tugevat kuumutamist leegis ilma nähtavate muutusteta. Kooli tingimustes leiab laialdast kasutamist asbestpapp, näiteks alusena kuumade esemete lauale asetamiseks jootmisel (§ **12**, 2, I ja joon. 180) ja klaasipuhumistöödel (§ **19**, 7). Asbest on ka elektriisolaator, mispärast asbestpappi kasutatakse mõnede reostaadi tüüpide ja peamiselt elektriahjude valmistamisel.



Joon. 339. Asbestist ja traadist faklid.

«Igaveste» tahtide valmistamiseks piirituslampidele kõlbab ta vähe, sest ta imeb kütust üles võrdlemisi halvasti. Teda aga tuleb soovitada faklite valmistamiseks (joon. 339 *A* ja *B*), mis on vajalikud magnetspektrite

kinnistamisel, peamiselt aga bimetallribadest varraste samaaegsel soojendamisel võrdlemisi tunduvas ulatuses. Vardale traadiga kinnitatud asbest niisutatakse piiritusega ja süüdatakse.

Väikesel hulgal on asbesti kõige lihtsam hankida ribadena (laius 2—3 *cm*) majapidamistarvete kauplustest kerogaasitahtide kujul.

V Siid. Tehissiid (viskoossiid) on naturaalsiidist palju halvemate isoleerivate omadustega (joon. 337 *B*). Soovitav on muretseda naturaalsiidi kookon ja leides niidi otsa üles, paigutada ta vette ning kerida niit lahti (joon. 351 *E*). Niisugust niiti kasutatakse peamiselt leedripuust kuulikeste ülesriputamiseks mistahes elektrit juhtivale statiivile.

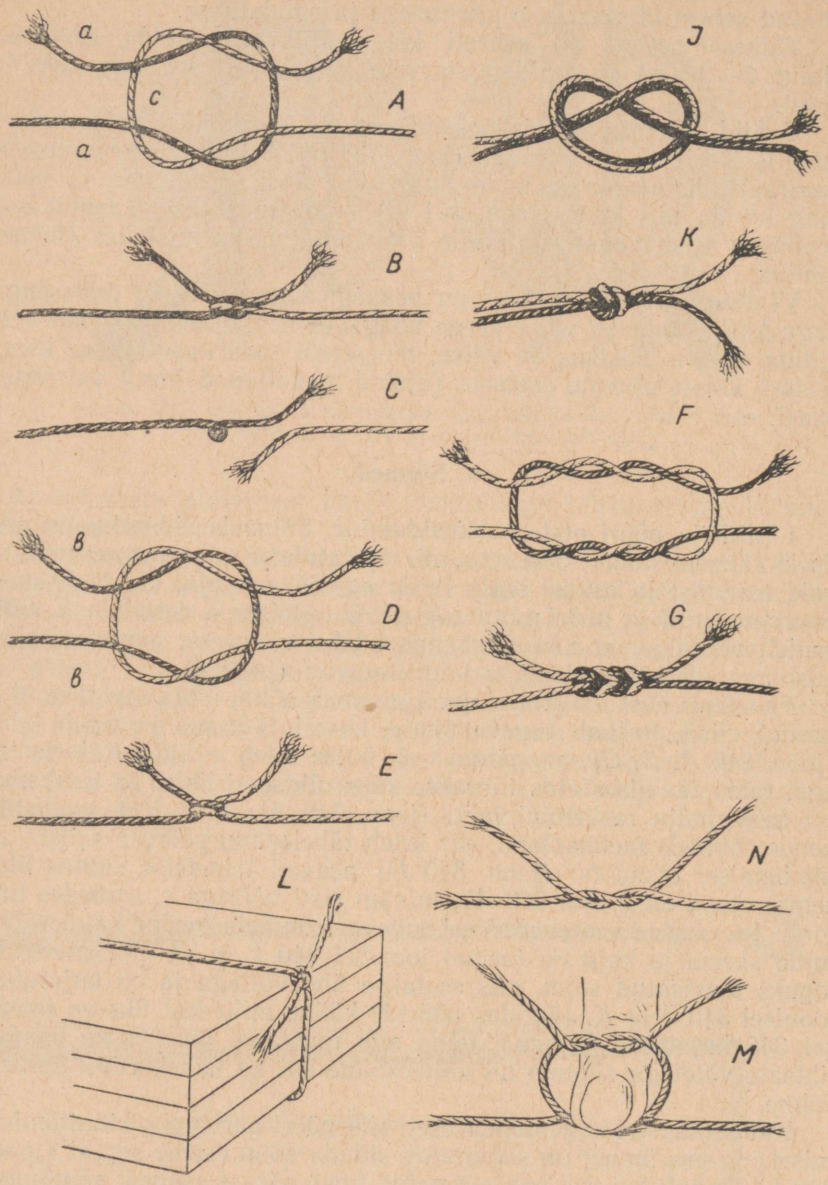
VI Puukoor. Männikoor on peaaegu sama väikese erikaaluga nagu kork. Teda on väga kerge noaga töödelda, seda kergem veel viiliga. Koore elastsus on väike, mispärast teda kasutatakse korgi asemel ainult ujuvate esemete (ujukid, paadikesed jms.) valmistamisel.

3. Sõlmed.

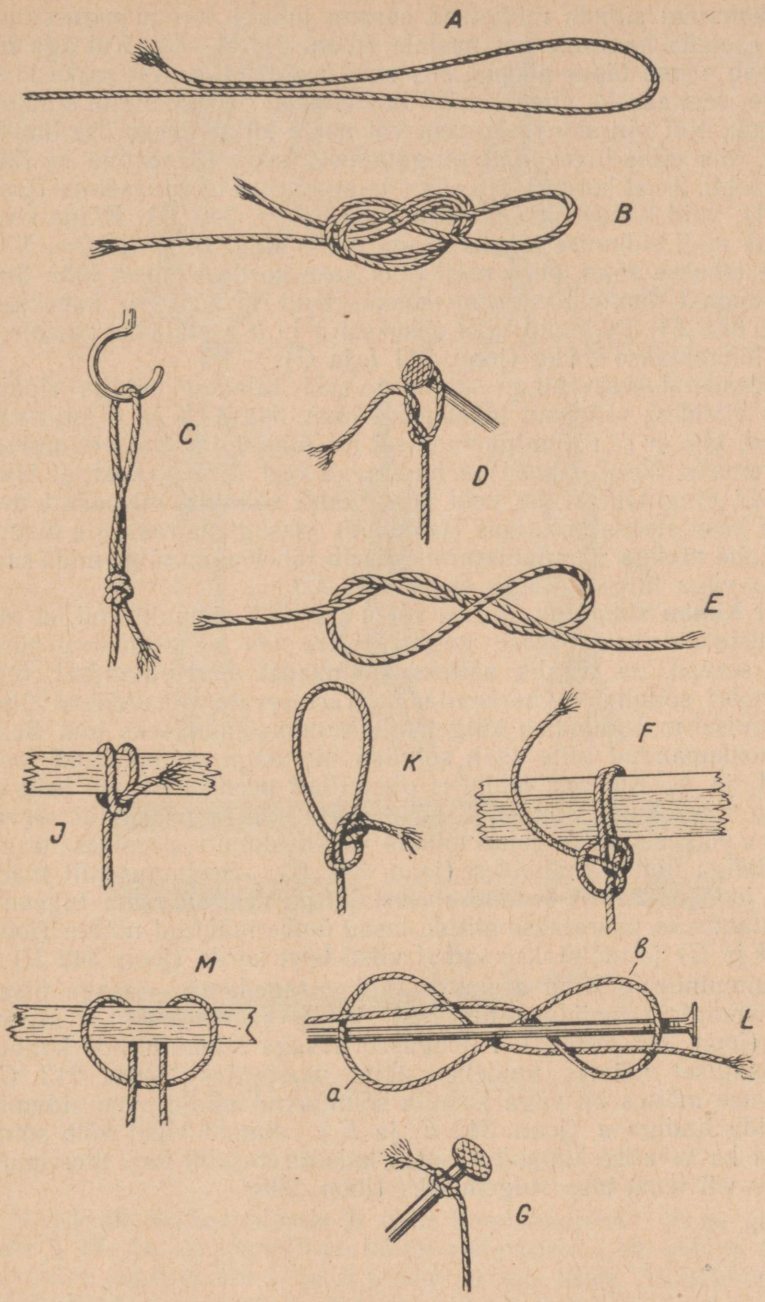
I Niidi ja nööri otste kokkusidumine. Sõlmede sidumine on eriliseks rakenduslikuks oskuseks, mis õpetajale on vähe tuttav; mõningaid teadmisi ja oskusi sealt vajab aga ka õpetaja, kui ta hakkab kasutama niiti ja nööri mitmesuguste katseriistade detailidena. Sõlmedelt nõutakse, et nad tõmbamisel lahti ei tuleks, pärast tõmbamist aga oleksid raskusteta lahtivõetavad (jagu 4).

Tavalises elus kasutatav nn. «igivana» sõlm, mida seotakse üldtuntud viisil, hakkab tugeva tõmbe korral libisema ja tuleb lahti (joon. 340 *A*, *B*, *C*), mispärast teda üldse tuleb vältida. Kalurisõlm aga, mida tavalises elus tuntakse vähe, üldse ei libise ja tõmbamisel tuleb palju raskemini lahti (joon. 340 *D*, *E*). Kui vaadelda nende sõlmede mehhanismi, siis tuleb tähelepanu pöörata sellele, et tõmbamisel otsad *bb* (joon. 340 *D*) peavad teineteise suhtes libisema; otsad *aa* (joon. 340 *A*), mis on risti nööriga *c*, samades tingimustes otsekui veerevad. Veel tugevam on kahekordne kalurisõlm, mille skeem ja kuju on toodud joonisel 340 *F* ja *G*. Üldtuntud on lõpuks ülevisatud sõlm, mis seotakse ühe võttega ja on kujutatud joonisel 340 *J* ja *K*. Jälgides nööride käiku, milledest üks on joonisel 340 kujutatud valgena, teine aga mustana, pole raske õppida lihtsate võtetega siduma nii kalurisõlme kui ka kahekordset kalurisõlme.

Kui seotakse kinni mõnda eset, siis nööri paremaks kinnitõmbamiseks eseme ümber on soovitatav siduda sõlm eseme serval (joon. 340 *L*). Juhul, kui see pole võimalik, tuleb pärast esimest sõlmimise võtet (joon. 340 *N*) paluda abilist sõrmega see koht kinni suruda (joon. 340 *M*) ja teise võtte ajal hoolitseda, et sõlm kokku tõmbudes liiguks sõrme alla. Iga sõlm, mis on seotud märjale nöörile, tõmbub palju tugevamini kokku kui kuiv.



Joon. 340. Otste kokkusidumise sõlmed: igivana, kaluri, kahekordne kaluri sõlm ja ülevisatud sõlm.



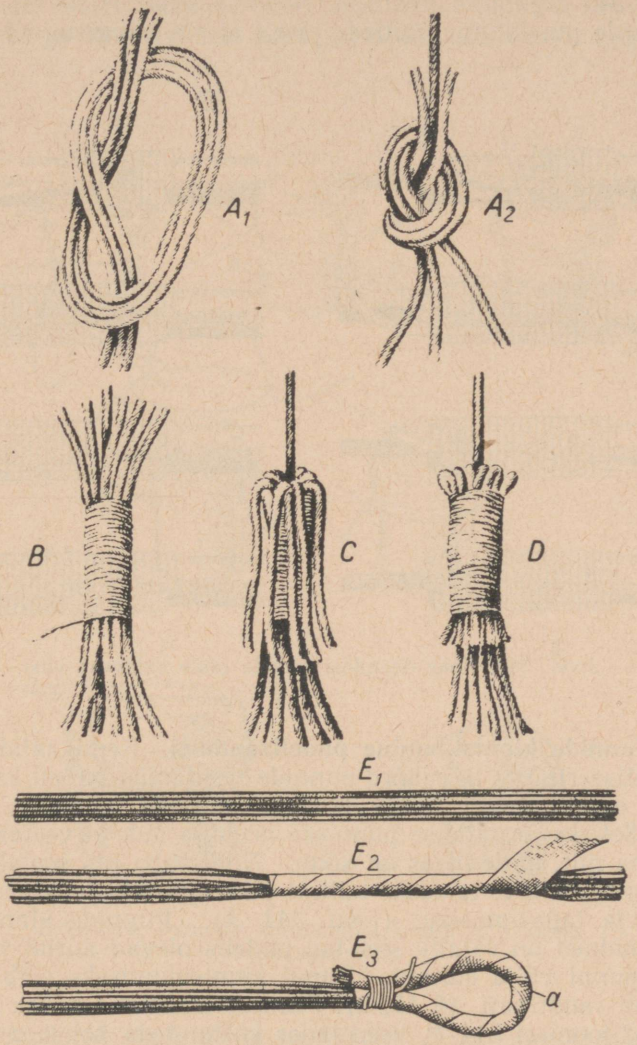
Joon. 341. Nööri keha külge sidumise sõlmed.

II Niidiotsa sidumine keha külge. Ülesriputamiseks on kõige otstarbekohasem siduda niidiotsad aasana juhul, kui niisugust aasa saab asetada konksule või naelale (joon. 341 *A*—*C*). Kui aga niidil peab olema täpne pikkus, siis aasa puhul on sellest raske kinni pidada, sest aasaks mineva niidi osa pikkust on raske ette kindlaks määrata. Kui niit siduda konksu või naela külge ühekordse lihtsõlmega, siis niidi tugevamal pingutamisel tekib libisemine ja sõlm tuleb lahti. Teist korda tuleb sõlmida aga mitte igivanasõlme (joon. 340 *A*), vaid kalurisõlme skeemi järgi (joon. 340 *D*). Kõige kindlamaks niidi sidumise viisiks peaga naela külge on järgmine. Niidi otsale tehakse sõlm, viies niidi otsa kaks korda sõlmest läbi. Saadud rõngast tõmmatakse seni kokku, kuni ta pöördub kaheksaks (joon. 341 *E*). Tekkinud kaks aasakest *a* ja *b* asetatakse naelale ja sõlm tõmmatakse kokku (joon. 341 *L* ja *G*).

«Kandetalakese» külge sidumise (või talakese niidile riputamise) viisidest väärivad tähelepanu joon. 341 *J*, *K* ja *F* kujutatud sõlmed, mis ei saa kinnitõmbumisel ise lahti tulla, vaid muutuvad tugevamaks. Need sõlmed on huvitavad veel selle poolest, et lakates niiti pingutamast, on neid kerge lahti sõlmida, mispärast neid sageli kasutatakse praktikas (tehnikas) igasuguste raskuste tõstmisel. Kahe niidiga ülesriputamisel väärib tähelepanu sõlm, mida saab siduda väga lihtsa võttega (joon. 341 *M*).

III Kimbu sidumine. Kolme või nelja niidi sidumine nii, et nad moodustaksid korrapärase kolmetahulise või neljatahulise püramiidi servad, on vajalik näiteks kaalukausi ülesriputamisel, õhulohe nööri sõlmimisel, horisontaalselt asetsevate plaadikeste ülesriputamisel molekulaarse külgetõmbe tundmaõppimiseks jms. Selliselt kokkupandud niite saab sõlmida nii, nagu on näidatud joon. 342 A_1 ja A_2. Kui aga niidid ei ole küllalt peenikesed, või neid on võetud terve kimp, siis tuleb sõlm ebatasane ja püramiidi servad erineva pikkusega. Sel juhul toimub kokkusidumine peenikese traadi või niidiga ümber mähkides (joon. 342 *B*). Seejuures niit mähitakse joonisel 343 *A* toodud skeemi järgi. Veel suurema tugevuse saavutamiseks pööratakse niitide otsad ümbermähitud niidile (joon. 342 *B* ja *C*) ja mähitakse samal viisil teist korda (joon. 342 *D*).

Kumminiitide kimp seotakse kõige sagedamini aasaga otsas, mis tõmmatakse niidiga tugevasti kokku joonisel 343 *A* skeemi järgi (joon. 342 E_1—E_2). Niisugused aasaga kumminiitide kimbud on kasutusel näiteks mudellennukite mootoritel (joon. 213 *C*). Tugevuse mõttes on väga kasulik sõlmitavad niidid enne sidumist mähkida lindiga *a* (joon. 342 E_1 ja E_2). Samal viisil võib sõlme siduda ka tavalise kummitoru otsa, mis on vajalik toru ülesriputamiseks või tema otsa sulgemiseks (joon. 295).

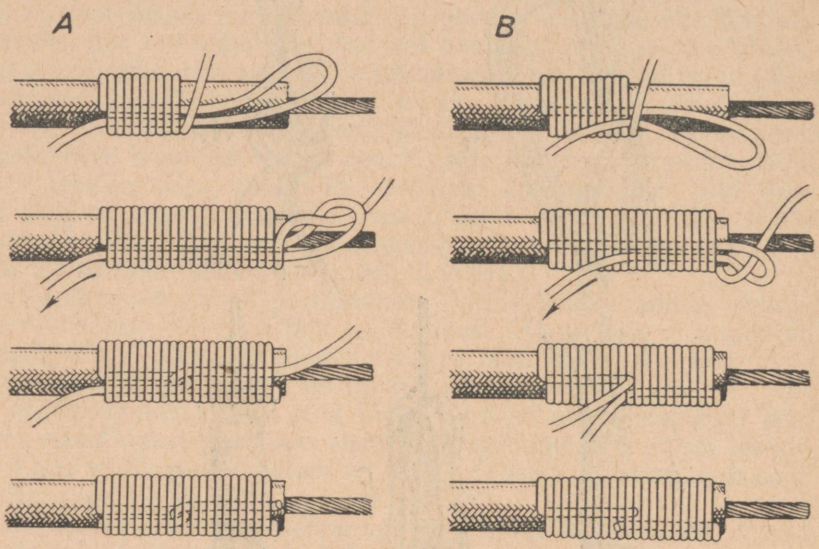


Joon. 342. Niidikimpude kokkusidumine.

4. Erilisi sidumisviise.

I Torude kokkusidumine ja otste kinnisidumine. Nagu käsitlesime § **17**, 14, on kummitoru kõige otstarbekohasem siduda klaastoru otsa joonisel 294 *D* ja *E* toodud skeemi järgi. Niidikimbu otsa kinnisidumisel, samuti ka juhtmete otstel isolatsiooni ja punutise kinnitamisel, kui juhtmeid kasutatakse ühendusjuhtmetena labora-

toorsetel töödel ja demonstratsioonidel, soovitatakse kasutada ühte joonisel 343 kujutatud viisidest. Nendele kinnitustele on iseloomulik sõlmede puudumine, millede järele ei ole mingisugust vajadust.

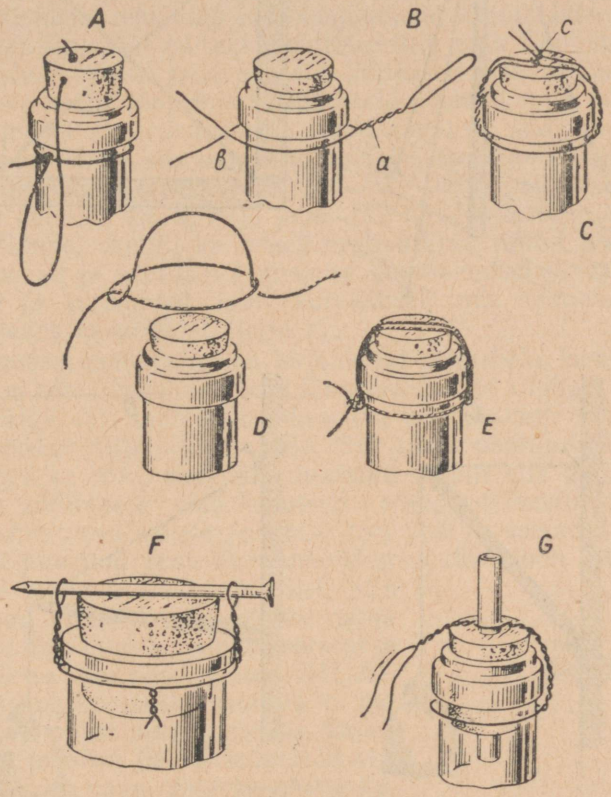


Joon. 343. Kaks ühendusjuhtmete otste sidumise viisi.

II Punnide kinnisidumine pudelisuudmel. Kemikaalide hoidmisel praktiseeritakse mõnikord punnide riputamist pudeli kaela külge selleks, et mitte segi ajada korraga mitmelt pudelilt äravõetud punne. Selleks torgatakse punnisse nõelaga auk ja veetakse sellest läbi jäme niit, mille otsas on sõlm. Niidi vaba ots seotakse pudeli kaela ümber nii, et ta oleks küllalt pikk ega takistaks punni väljavõtmist ja tagasipanekut (joon. 344 *A*). Punnide kinnisidumine pudelisuudmel on vajalik siis, kui pudelis olevad aurud või gaasid võivad punni välja suruda. Punni kinnisidumiseks võib kasutada vask- või raudtraati (§ **15**, 2). Peenest traadist tehakse aas, nagu näidatud joonisel 344 *B*, keerutades kokku teda kohal *a*, siis viies vabad otsad ümber pudeli kaela, keerutatakse need kokku kohal *b*. Pärast tõmmatakse need otsad läbi aasa kohal *c* ja painutatakse nii, nagu on kujutatud joonisel 344 *C*. Punni võib kinni siduda ka jämeda niidiga või nööriga, milleks nöörile tehakse aas vastavalt skeemile joonisel 344 *D* ja tõmmatakse kaela randi ümber kokku (joon. 344 *E*). Eriti tugeva kinnituse saab joonisel 344 *F* toodud viisil, milleks traat keritakse pudeli kaela ümber, jättes talle sisse kaks aasa, milledesse asetatakse nael.

Punni kinnisidumine, millesse on asetatud toru, on kujutatud joonisel 344 *G*. Selleks keeratakse traat ümber pudeli kaela, keeru-

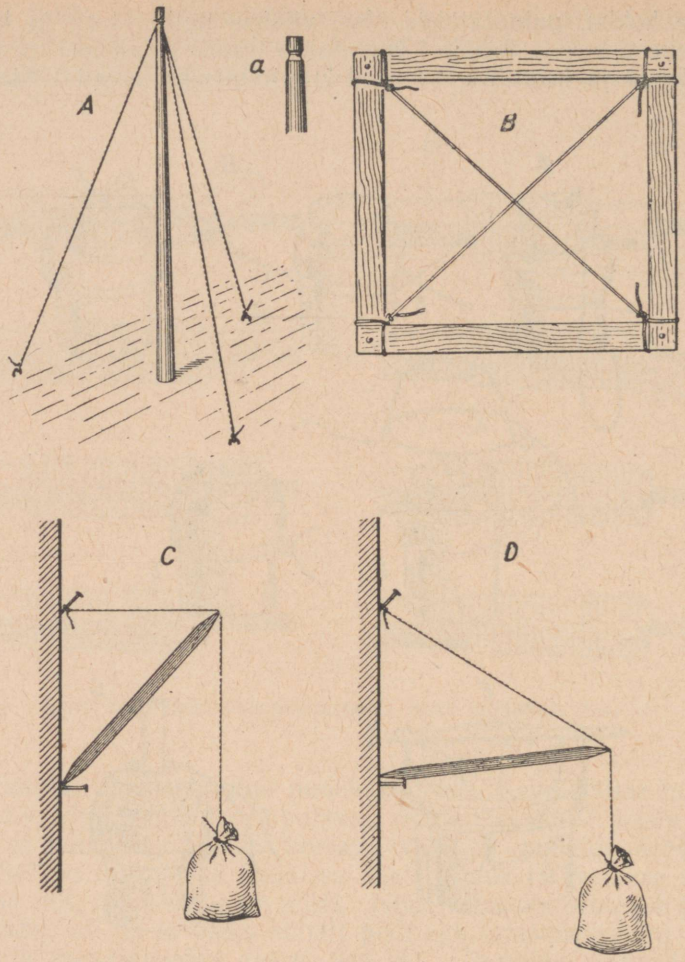
tatakse kokku, painutatakse üles, viiakse ümber toru ja keerutatakse uuesti kokku. Seejärel keeratakse traadi otsad veel kord ümber pudelikaela ja keerutatakse need kinnitamiseks uuesti kokku.



Joon. 344. Punnide kinnitamine traadi ja nööriga pudeli suudmele.

III Pidenöörid (taagid) ja tuginiidid. Pidenööre (taake) tuleb kasutada mõnedes omavalmistatud katseriistades. Tüüpilisteks juhtudeks on püsttugede (mastide) kinnitamine taakide abil ja diagonaalsete tuginiitide kasutamine tugevuse andmiseks geomeetrilistele kujunditele ja kehadele. Püsttoe kinnitamine võib toimuda kolme või nelja pidenööri abil, mis on üksteise suhtes paigutatud sümmeetriliselt ja ühe oma otsaga on seotud väljalõikesse *a* püsttoe (masti) ülemise otsa lähedale, teise otsaga aga aluse sisse löödud naela külge (joon. 345 *A*).

Kujundite diagonaalset kinnitamist kasutatakse mitmesuguste mudelite ehitamisel, nagu silla sõrestikud, lennukikered jne. Õpeta-



Joon. 345. Pidenöörid (taagid) ja tuginöörid (*A* ja *B*). Nööri ja liistu kasutamine jõudude toime tundmaõppimiseks kronsteinis (*C* ja *D*).

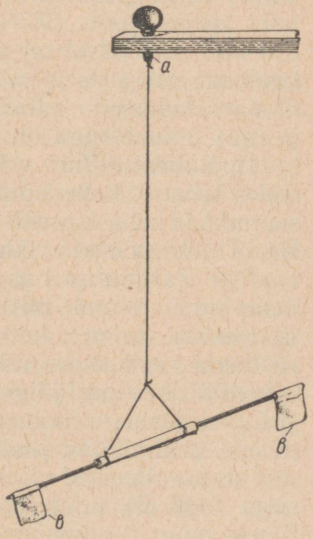
jal tuleb niisugust kinnitamist kõige sagedamini kasutada kuupmõõtude mudelite, näiteks kuupmeetri ehitamisel (vt. k. I, § 58, 9, joon. 126). Nii tuleb tasapinnalise kujundi kontuuri muutumise vältimiseks selle tasapinnas toimivate jõudude mõjul kinnitada temasse niidist diagonaalid (joon. 345 *B*). Kui kuubi mudel on valmistatud traadist mitte ainult kartuli tükkide abil, vaid mingisugusel kindlamal viisil, siis niisugune konstruktsioon võib kas oma raskuse mõjul või ümbertõstmisel laguneda. Diagonaalsete niitidega kinnitamisel omandab mudel sellise tugevuse, et teda võib vabalt ühest kohast teise tõsta.

5. Riputid.

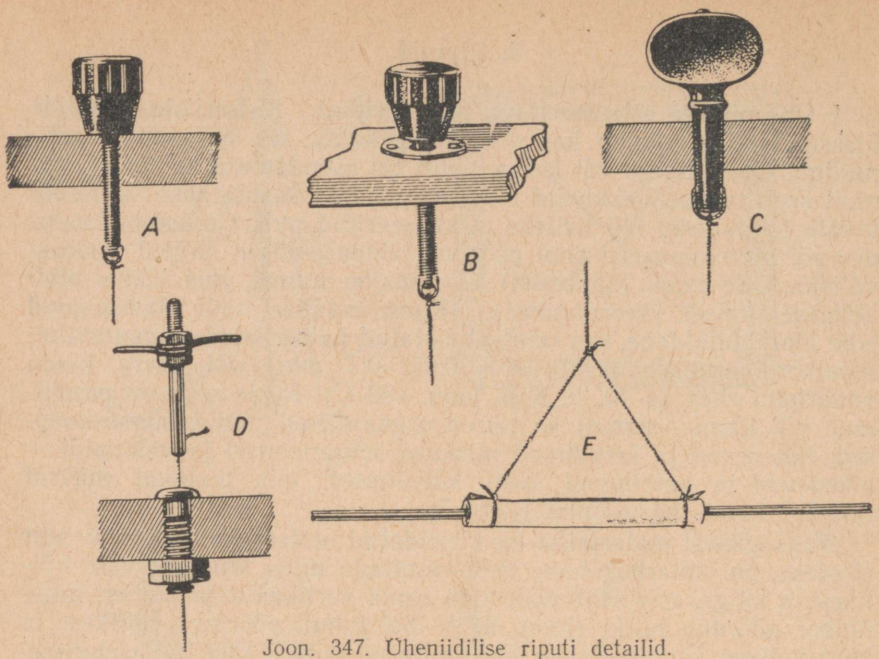
I Ühe niidiga orienteeritava peaga riputi. Katseriista detailide ülesriputamine toimub kas ühe, kahe, kolme või harvemini nelja niidiga. Ühe niidiga või kiuga riputi on asendamatu sel juhul, kui niidi keerutamisel tekkivaid elastsusjõudusid kasutatakse vastutöötavate jõududena. Nii näiteks elektriseeritud pulk Coulombi kaaludes või galvanomeetri pool pöördub lähteasendisse tagasi (pärast välisjõudude mõju lõppemist) elastsusjõu toimel, mis tekkis niidi deformeerimisel (keerdumisel). Kuna tavalise niidi elastsusjõud pole alati küllaldane, siis omavalmistatud katseriistades kasutatakse mõnikord peenikest traati ($d = 0{,}05—0{,}1$ *mm*) või karra kiudu (nääripuu ehe) (§ 13, 2, X ja joon. 192 *C*). Peale selle on puuvillane või linane, samuti ka teised orgaanilised niidid hügroskoopsed, lühenevad ja keerduvad niiskuse suurenemisel ja vastupidi — pikenevad ja keerduvad lahti kuivamisel, mis teataval määral takistab nende kasutamist (jagu 7).

Missugusest materjalist ka kirjeldatud otstarbeks kasutatav niit ei oleks, on otstarbekohane teda kinnitada mitte kindlalt, vaid võllikese *a* külge, mis saab pöörduda sama vertikaaltelje ümber, mille ümber pöördub niitki (joon. 346). Sel juhul, pöörates võllikest ja koos sellega ka niiti, saab ülesriputatud detaili viia nullasendisse. Niisuguse võllikesena võib kasutada standardklemmi keermetega varrast, kinnitades sellele jootmise teel pea ja asetades võllikese seadmesse puuritud vastava läbimõõduga auku (joon. 347 *A*). Kui seade pole puidust, vaid metallist, siis pärast augu puurimist joodetakse sama klemmi mutter augu kohale ja keeratakse kruvi sellesse mutrisse (joon. 347 *B*). Võllikesena on võimalik kasutada ka balalaika keele puust pingutuspulka, kinnitades selle joonisel 347 *C* kujutatud viisil. Lõpuks on väga otstarbekohane kasutada pistikupuksi, pistes sellesse harkpistikust võetud pulga (joon. 347 *D*).

Üheniidilise riputi puhul esineb veel kaks raskendavat asjaolu, millede kõrvaldamine vajab mõningaid abinõusid. Kõigepealt ei jää nullasendist väljaviidud ülesriputatud keha sellesse asendisse tagasi pöördudes seisma, vaid pöördub perioodiliselt kord ühele, kord teisele poole. Selle võnkumise summutamiseks tuleb ülesriputatud kehale kinnitada tiivakesed *b* (summutid) (joon. 346). Teine raskus seisab selles, et noolekeste ja pulgakeste ülesriputamisel peavad need asetsema horisontaalselt. Tõepoolest, kal-



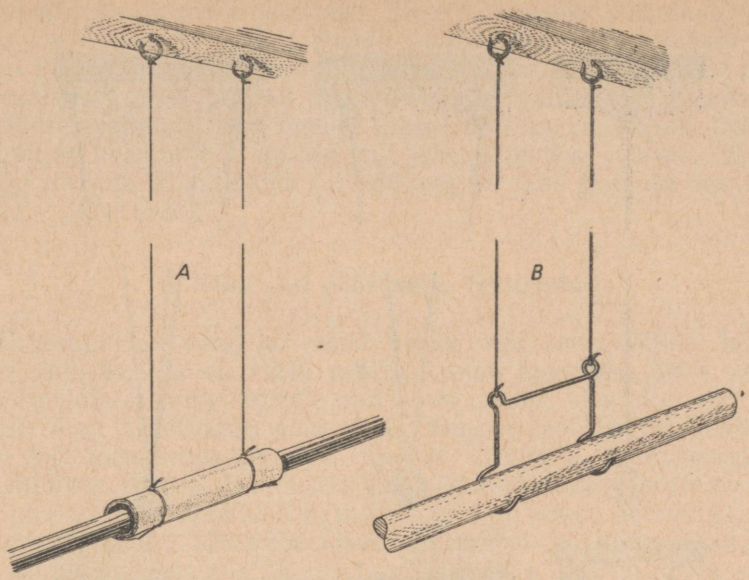
Joon. 346. Orienteeritava peaga üheniidiline riputi.



Joon. 347. Üheniidilise riputi detailid.

de puudumiseks peab keha raskuskese asetsema niidi pikendusel. Kalde vältimiseks tuleb niit siduda väikese toru (paberist või metallist) külge (joon. 347 *E*) või erilise traadist konksu külge (joon. 213 *D*). Sel juhul on võimalik noolt või pulka sellesse torusse või konksule asetades ja seal nihutades saavutada horisontaalset seisu. Otstarbekohaselt valmistatud noole riputi (koos orienteeritava peaga) hoidetoruga on kujutatud joonisel 346.

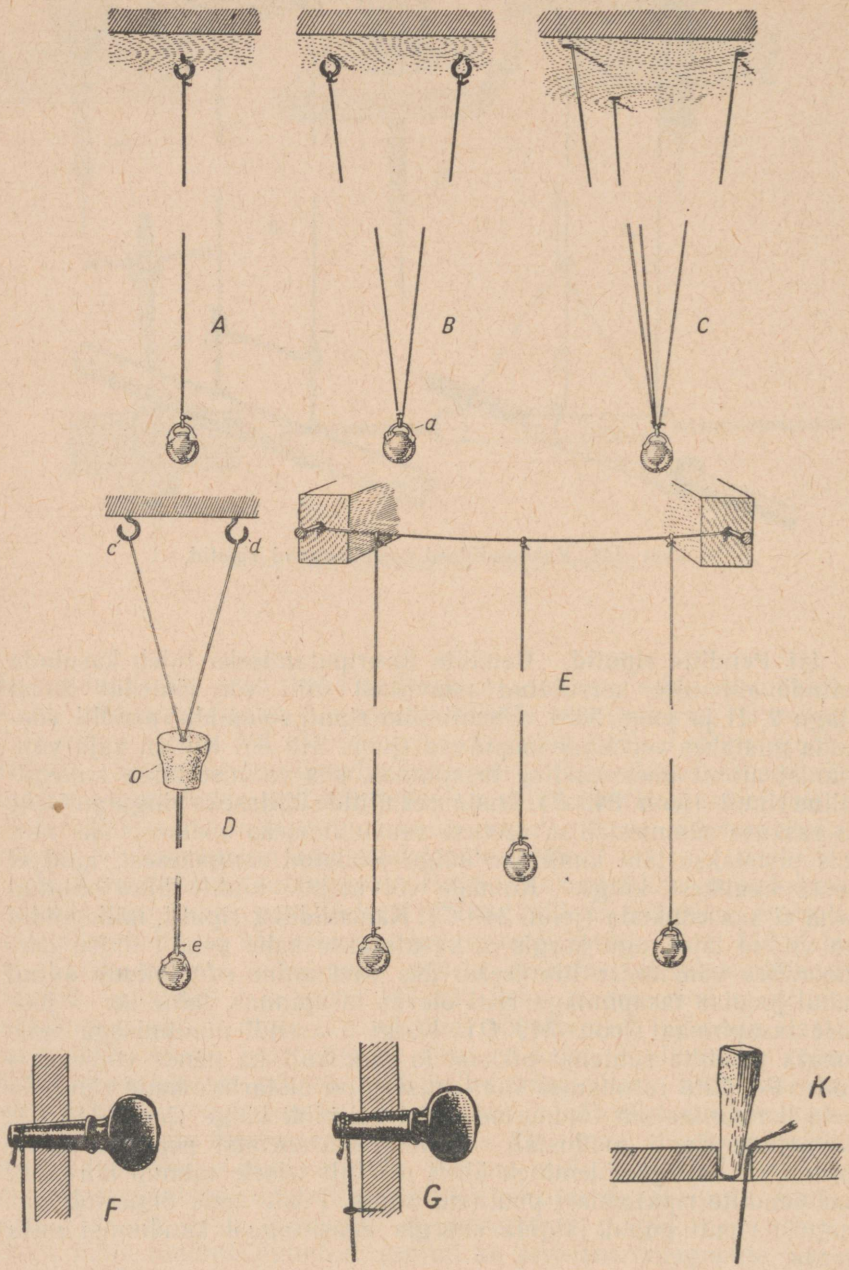
II Kaheniidiline orienteeruv riputi. Kaheniidiline orienteeruv riputi koosneb kahest paralleelsest niidist, millede külge on otseselt seotud kas keha ise või keha kandev toru või konks (joon. 348 *A* ja *B*). Tuleb pöörata tähelepanu sellele, et erinevalt üheniidilisest riputist (alljaotus I ja joon. 347 *E*), keha orienteerimine niitide tasapinnas toimub mitte niivõrd niidi pöördumisel tekkivate elastsusjõudude toimel, kuivõrd selle tõttu, et keha, järelikult ka kogu süsteemi raskuskese nihkub niidi pöördumisel üles. Seepärast on kaheniidiline riputi jäigem kui üheniidiline ja jääb algasendisse tagasi tulles peaaegu momentaanselt seisma. On ilmne, et keha pöördumisele vastutöötav jõud on seda suurem, mida kaugemal teineteisest on paralleelsed niidid. Kaheniidilist orienteeritavat riputit konksuga (348 *B*) tuleb soovitada elektriseeritud pulgakeste vastastikuse mõju tundmaõppimisel, samuti ka permanentmagnetite üleseriputamiseks juhul, kui ei ole nõutav nende magnetite orienteerimine magnetilise meridiaani järgi.



Joon. 348. Kaheniidilised orienteeruvad riputid.

III Pendlite riputid. Pendlite ülesriputamiseks tuleb kasutada painduvaid niite: korrutatud puuvillast niiti või jämedat linast (jagu 2, II ja joon. 338). Üheniidiline riputi võimaldab pendlil võnkuda mistahes vertikaaltasapinnas (joon. 349 *A*). Kui on vaja võnkumist ainult ühes kindlas tasapinnas, siis valmistatakse kaheniidiline riputi (joon. 349 *B*), kusjuures niitide ühtlaseks pingutamiseks ja raskuse sümmeetrilise asetuse saavutamiseks võetakse üks niit, mis pistetakse läbi kuulikese külge joodetud sangakesest, kuid ei seota kuulikese külge. Kolmele või neljale niidile ülesriputatud keha ei saa võnkuda (joon. 349 *C*). Kaheniidilist riputit, mille niidid on viidud läbi augu korgis *o*, kasutatakse kahe pendli lihtsa harmoonilise võnkumise liitmiseks: üks võnkumine *cdo* toimub antud juhul joonise tasapinnaga risti olevas tasapinnas, teine *oe* — joonise tasapinnas (joon. 349 *D*). Korgi *o* asendi muutmisega saab muuta pendlite suhtelist pikkust ja järelikult ka nende võnkeperioode. Pendlite resonantsi vaatlemiseks on otstarbekohane riputada neid horisontaalselt tõmmatud nööri või niidi külge (joon. 349 *E*). Niisugune riputi soodustab «seose» suurenemist pendlite vahel, mille tõttu energia üleminek ühelt pendlilt teisele toimub kiiremini kui pendlite riputamisel puuliistu külge. Peale selle õnnestub niisuguse riputi puhul jälgida energia edasi-tagasi kandumist mitu korda.

Kui riputeid kasutatakse mitme pendli jaoks, milledel peab olema täpselt ühesugune pikkus, mida on kaunis raske saavutada tavali-

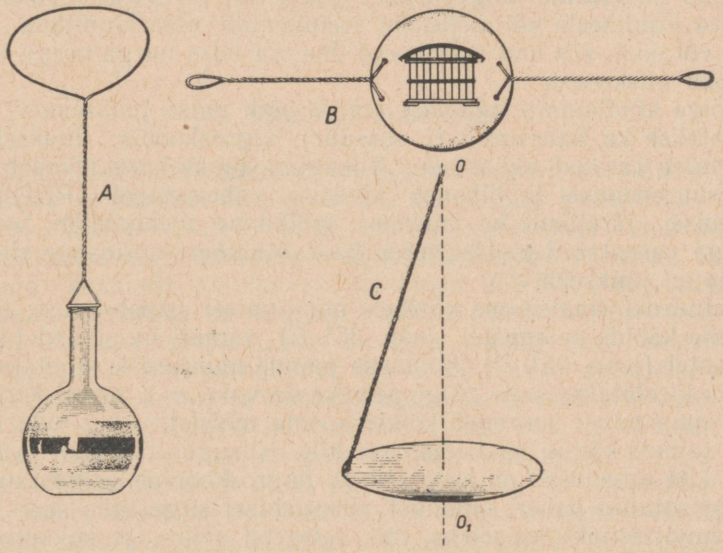


Joon. 349. Pendlite riputeid.

sel viisil, siis on otstarbekohane ülesriputamiseks kasutada balalaika keele pingutuspulki. Pendli pikkuse muutmine toimub selle pulga pööramisega; niit keritakse seejuures pulgale või sellelt maha (joon. 349 *F*); niidi pulgalt maha libisemise vältimiseks ja, mis peaasi, ülesriputamisepunkti täpseks fikseerimiseks, on vajalik traadist rõngakese kasutamine, millest niit läbi pistetakse (joon. 349 *G*). Kõige lihtsam kinnitusviis on niit august läbi pista ja see kinni kiiluda (joon. 349 *K*).

6. Niidi abil pöörlemise tekitamine.

Üldtuntud on vurri pöörlemapaneku viis selle võllile keritud nööri abil. Selleks on siiski vajalik teatav kogemus. Niidi vabast otsast pöidla ja nimetissõrme abil kinni hoides, visatakse vurr peopesalt järsu liigutusega põrandale. Kehade pöörlemise tekitamiseks võib tsentrifugaalmasina asemel kasutada kokkukeerutatud kaheniidilist riputit. Nii näiteks kui kolvi kaela külge, milles on veidi vett ja elavhõbedat, siduda kaks niiti ja need kokku keerutada, pöörates kolbi käega, siis vabastatuna ta hakkab pöörlema (joon. 350 *A*). Kui aasa seejuures kätega laiali venitada, siis on kerge saada



Joon. 350. Pöörlemise tekitamine niidiga.

niivõrd kiiret pöörlemist, et tekivad vee- ja elavhõbedarõngad. Pärast lahti keerdumist hakkavad niidid jälle kokku keerduma kolvi inertsi tõttu, mis võimaldab katset korrata mitu korda. Niisugust viisi saab kasutada näiteks silindri pöörlemapanekuks, mille pin-

nale on kinnitatud värviline vöö värvuste segunemise tundmaõppimiseks.

Põhimõtet, mis on rakendatud primitiivses laste mänguasjas — pöörlevas nööbis — võib kasutada mõnede kehade pöörlemise tekitamiseks. Käsi liigutades on kerge panna näiteks ketast pöörlema alguses ühes ja seejärel vastassuunas, mis on näiteks vajalik katseks «lind puuris» (joon. 350 *B*). Sidudes nööri ketta serva külge ja pöörates teist nööri otsa sõrmede vahel, saab sundida ketast pöörlema vaba telje ümber (joon. 350 *C*).

7. Orgaaniliste kiudude ja kudede deformeerumine niiskuse toimel.

Kiudude ja mõnede orgaaniliste kudede omadust deformeeruda niiskuse muutumisel kasutatakse omavalmistatud hügroskoopide ehitamisel. Keerutatud siidi-, puuvilla-, linane või kanepiniit ja nöör lühenevad ja keerduvad kokku niisutamisel. Niisugused niitide ja nööride deformatsioonid aga ei ole ühtlased ja seepärast on otstarbekohane hügroskoobis kasutada soolest tehtud viiulikeelt, mis võimaldab võrdlemisi täpselt otsustada niiskuse muutumise kohta keele kokkukeerdumise järgi. Samal viisil käitub ka stepirohuseemne niit, mis on seemne langevarjuks (joon. 351 *A*)[1]. Kui vertikaalselt rippuva viiulikeele või stepirohu seemneniidi otsa kinnitada kerge ketas või nool, siis nad pöörduvad ühe või teise nurga võrra, olenevalt õhu niiskusest.

Kõige kindlamaid tulemusi annab pikk naise juuksekarv, mida kasutatakse ka Saussure'i (l. sossüür) hügroskoobis. Juuksekarva pind tuleb rasvast vabastada. Niisugune juuksekarv pikeneb niiskuse suurenemisel ja lüheneb niiskuse vähenemisel. Pikenemise mõõtmise, järelikult ka niiskuse mõõtmise mehhanism koosneb noolega varustatud plokist, mida haarab ümbert raskusega sirgekstõmmatud juuksekarv.

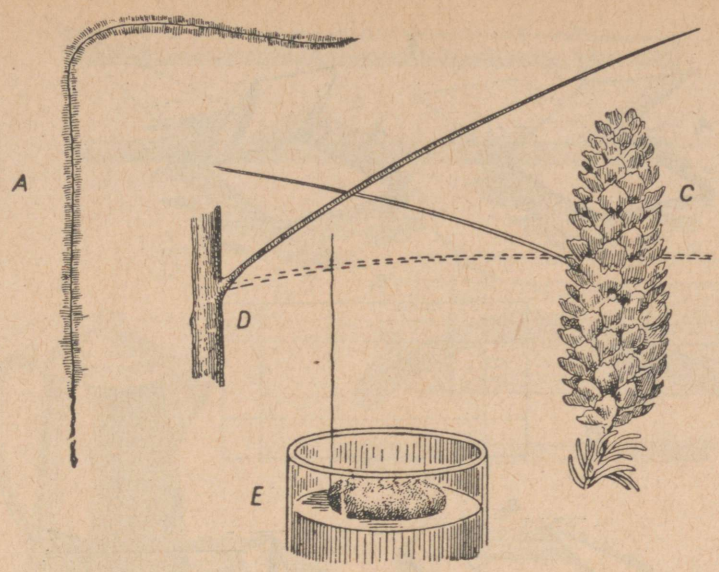
Paindedeformatsioone niiskuse muutumisel esineb kuuse, männi ja teiste käbide soomustel (joon. 351 *C*), samuti ka pikkadel kooritud okstel (joon. 351 *D*). Soomuse painde muutumise kindlakstegemiseks kleebitakse selle külge peenike varvake, s. t. osuti. Kirjutusja ka muu paber suureneb kõikides oma mõõdetes, kui teda niisutada, samuti käitub ka kanamuna kile. Niisugused paberi ja kanamuna kile omadused on kasutatavad hügroskoopide valmistamisel.[2]

Kortsutatud paberi omadust niisutamisel sirgestuda saab kasutada huvitavateks katseteks, mis seisavad selles, et kokkumurtud (joon. 352 *A*) või karbina volditud (joon. 352 *B*) ja veepinnale asetatud paber keerdub lahti, kokkupandud paberist õis (joon. 352 *C*) lööb lahti, kokkupandud täheke (joon. 352 *D*) samuti.

---

[1] Stepirohu kimpe, tavaliselt eredalt värvituina, müüakse sügiseti lillekioskites pukettidena.

[2] Vaata С. Н. Жарков, Метеорологический кружок в школе, изд. АПН, 1948.

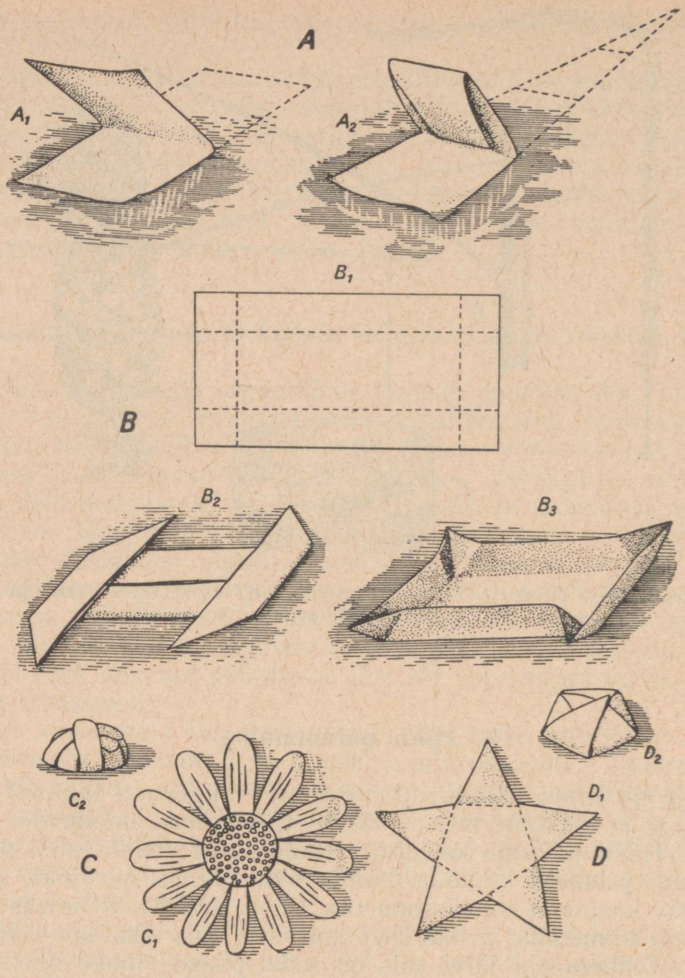


Joon. 351. Niiskuse tõttu deformeeruvad orgaanilised kiud ja koed (*A*—*D*). Siidikiu lahtikerimine kookonilt (*E*).

8. Puidu painutamine.

Kõige paremini painduvad niisugused tugevasti kiulised liigid, nagu roog ja pambus, mis on üldse võrdlemisi painduvad (joon. 353 *A*). Hästi paindub ka kask. Enne painutamist tuleb puuliist korralikult pehmeks hautada, hoides teda näiteks aurujoas, milleks on mugav kasutada kohvikannu tila (joon. 353 *B*). Pehmeks hautamist saab toimetada ka kinnises kastrulis, mis sisaldab veidi keeva vett. Teatava aja järel, mis on seda pikem, mida massiivsem on liist, muutub puit painduvaks. Hautatud liist painutatakse varem valitud šablooni ümber ja seotakse kinni, jättes teda sellisesse asendisse kuni puidu lõpliku kuivamiseni (joon. 353 *C*). Pärast seda võetakse liist maha, kusjuures ta säilitab talle antud kuju.

Palju kiiremini saab puitu muuta painduvaks (hautades teda temas endas sisalduva niiskuse arvel) leegis soojendades. Soojendamiseks võib kasutada küünla, petrooleumilambi («tattnina») või piirituslambi leeki (joon. 353 *D*). Soojendamisel ei tohi hoida liistu leegis liikumatult, vaid liigutades teda edasi-tagasi ja pöörates pinna söestumise vältimiseks. Mõnikord soovitatakse soojendatav osa katta õhukese metall-lehega (§ **13**, 2, VII), mis vähendab söestumise ohtu. Kasulik on ka puidu pinda niisutada veega. Pärast soojendamist paindub puit väga kergesti käes või šabloonil. 5—10 minuti pärast ära jahtudes säilitab ta talle antud kuju. Niisugust

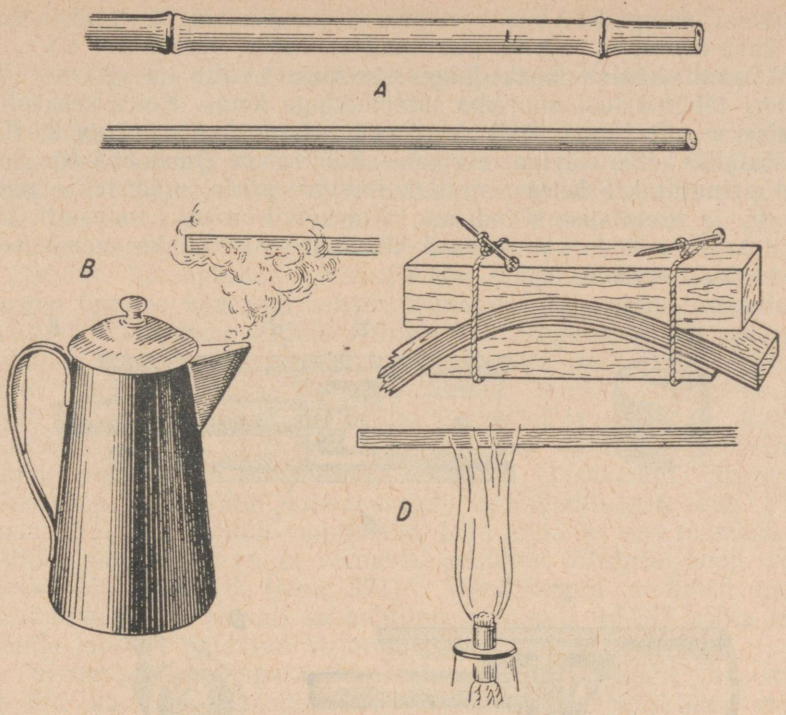


Joon. 352. Kokkupandud paberi lahtisirgumine niiskumisel.

painutamist kasutatakse kõige sagedamini mudellennukite detailide valmistamisel (joon. 336 *B*). Roogu saab mõninga harjutamise järel painutada täielikuks rõngaks.

9. Kolbide remont.

I Klaaskolbide mähkimine niidiga. Veepumpade klaasmudelite, Pascal'i kuuli, primitiivse hüdraulilise pressi mudeli (joon. 24 *C*) jm. kolvid ja silindrid on valmistatud klaasist. Niisugustele kolbidele mähitakse niidi kiht sellise paksusega, et kolvid läheksid



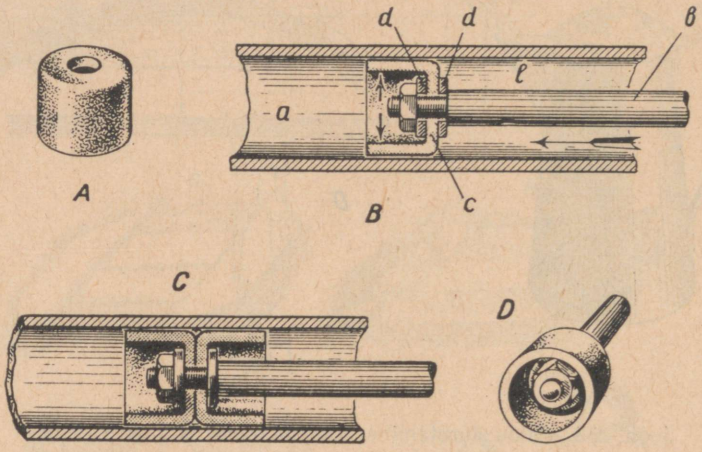
Joon. 353. Puidu aurutamine, soojendamine ja painutamine.

silindritesse mitte eriti tihedalt. Pärast niidi niiskumist ei lase kolvid oma liikumisel läbi ei õhku ega vett. Samal viisil saavutatakse hermeetilisus ka metallkolvil, mis ei ole silindriga täpselt sobitatud. Primitiivsetes mudelites valmistatakse kolb mõnikord sel teel, et mähitakse vardale riide riba, või peenikeste torude puhul — sidudes traadi otsa vatist tampooni.

II Naha vahetamine pumba kolbidel. Nahka tuleb vahetada Šintsi õhupumbal ja priimuse või jootelambi pumbal (joon. 310 *c* ja *d*). Kolvi nahale antakse eriline, nn. m a n s e t i kuju. Surupumbale (priimus) jätkub ühest mansetist, kahekordse toimega pumpadele (näiteks Šintsi pump), kus pump nii surub kui ka hõrendab, on tarvis kaks mansetti. Selleks et õigesti valmistada mansetti ja teda kolvile asetada, peab olema selge tema töötamise põhimõte. Mansetil on mütsikese kuju (joon. 354 *A* ja *B*), mille põhi *c* on surutud kolvivarre *b* otsa kinnitatud kahe metallseibi *dd* vahele (joon. 354 *B*). Kolvivarre liikumisel sabaga noole suunas surutakse õhk pumba silindris kokku ja järelikult hakkab ta mõjuma nahale noolte suunas, surudes teda vastu silindri seinu. Kolvivarre tagasiliikumisel pääseb õhk silindri seina ja nahkmanseti vahelt läbi, kuna ruumis *l* õhk surutakse kokku, ruumis *a* ta aga hõreneb.

Seepärast pumpades, mis hõrendavad ja suruvad, asetatakse kolvile kaks mansetti, mis on suunatud vastupidi (joon. 354 *C*).

Manseti valmistamiseks lõigatakse nahast välja 1,5—2 *cm* võrra silindri läbimõõdust suurema läbimõõduga ketas. Ketta keskkohta puuritakse auk (joon. 284) ja pärast pehmendamist (jagu 2, III) kinnitatakse ketas kolvivarrele kahe seibi vahele (joon. 354 *B*). Seejärel painutatakse ketta servad kolvivarre poole, määritakse nahk rasvaga ja asetatakse silindrisse. Kui kolvil on kaks mansetti, siis kinnitatakse seibide vahele kaks ketast ja painutatakse nende servad vastassuundades (joon. 354 *C*).



Joon. 354. Nahkmansettidega kolbide ehitus.

Kui pärast pikaaegset kasutamist kolb hakkab õhku läbi laskma, nahk aga ei ole lõplikult ära kulunud, siis saab läbi ka ilma naha vahetamiseta. Selleks võetakse mansett ära, leotatakse pehmeks, asetatakse uuesti kohale, kerides seibidele selleks niiti, et nahka tihedamini vastu silindri seina suruda, ja lõpuks määritakse rasvaga.

10. Hõõrdumise vähendamine ja suurendamine puidul ja teistel kiudainetel.

Hõõrdumise vähendamiseks määritakse puitu või nööri vahaga või parafiiniga (§ **10**, 2) ja, mis aga on halvem, seebiga. Selleks võib kasutada ka talki.[1]

Nahast ja kaamelikarvadest rihmade, samuti ka paberi, kummi ja puidu pinna hõõrdetegurit saab tugevasti suurendada hõõrudes neid kampolipulbriga või kampolitükiga (§ **12**, 2, IV). Nii tehakse keelpillide poognatega.

[1] Talk on valge pulber, mida müüakse apteekides.

§ 22. TUMMFILMIDE KINOPROJITSEERIMINE.

1. Õpetaja ettevalmistusest kinoaparaadi kasutamiseks.

I köites § 23, 1—5 käsitlesime põhjalikult kino tähtsust füüsika õpetamisel, samuti ka selle kasutamise metoodikat. Käesolevas paragrahvis kirjeldatakse võtteid, mis on vajalikud õpetajale nii filmide iseseisval demonstreerimisel kui ka kinoaparaadi ja filmide hooldamises nende riknemise vältimiseks.

Asudes kinoaparaadi kasutamisele, peab õpetaja kõigepealt tundma õppima aparaadi konstruktsiooni ja täiuslikult omandama aparaadi käsitsemise võtteid. Ainult neil tingimustel on võimalik õppefilmide edukas demonstreerimine õpetaja poolt ning seejuures ainult tummfilmide osas; helifilmiaparaadi 16-ЗП käsitsemine aga vajab eri ettevalmistust vastavatel kursustel ja vastavate katsete sooritamist õiguse saamiseks selle aparaadi käsitsemiseks ja helifilmide abonemendi saamiseks. Seetõttu piirdumegi järgnevalt kahte tüüpi tummfilmi kinoaparaadi kirjeldamisega: tüüp УП-2 (joon. 355), mis on küll vananenud, kuid mida on veel füüsikakabinettides sageli olemas, ja viimastel aastatel[1] tööstuse poolt välja lastav tüüp 16-НП-6 (joon. 371)[2]. Täielikumaid andmeid nende aparaatide kohta, samuti ka helifilmi aparaadi 16-ЗП kohta leiab õpetaja jaos 24 näidatud kirjandusest.

Tutvumiseks kinoaparaatide ehituse ja töötamisega, mis määrab ära ka nende käsitsemise võtted, tuleb aparaatides eraldi tundma õppida kolme põhiosa: a) elektrilist, b) optilist ja c) mehhaanilist ehk kinemaatilist osa. Kuna kinoaparaatides kasutatakse võimsaid elektrilampe, mis eraldavad väga suurel hulgal soojust, siis tuleb tähelepanelikult tundma õppida ka jahutusseadmeid ja jahutamise võtteid.

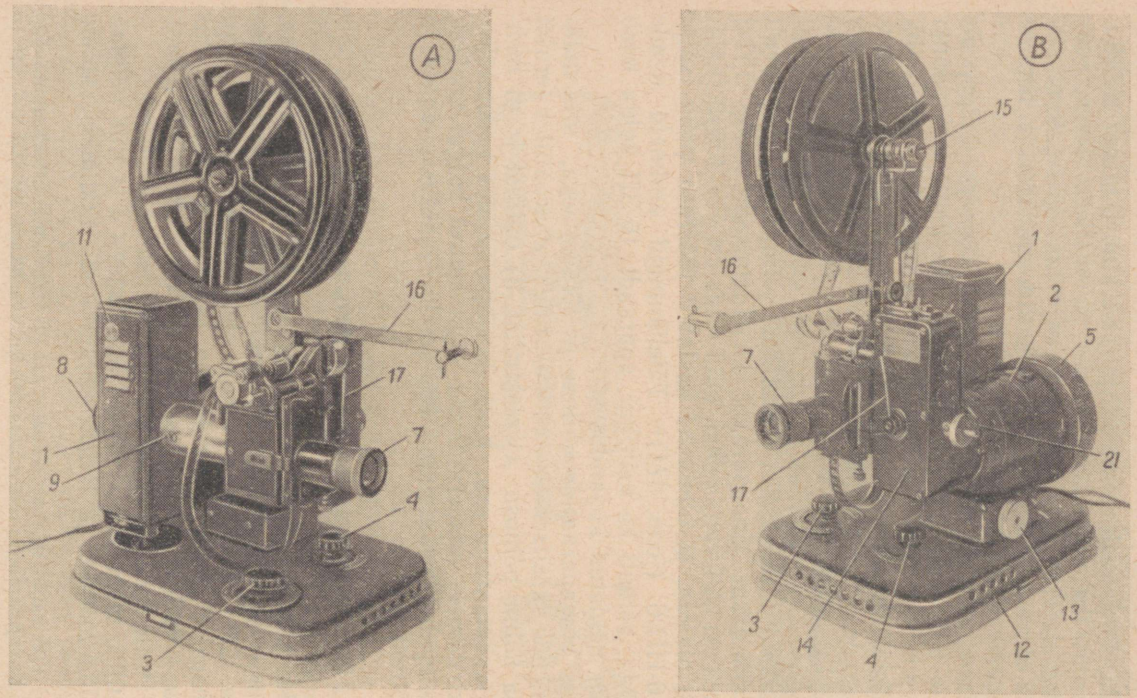
2. Kinoaparaadi УП-2 elektriline osa.

I Elektrilise osa üldskeem. Kinoaparaadi УП-2 elektriline osa, mida toidetakse valgustusvõrgust (vahelduv- või alalisvoolu võrgust) pingega 120 *V*, koosneb võimsast elektrilambist, mis on paigutatud laternasse *1* ja annab valgusvoo, ja elektrimootorist *2*, mis paneb liikuma kinolindi ja kestas *5* asetseva ventilaatori (joon. 355 *A* ja *B*). Peale selle kuuluvad elektrilise osa koosseisu:

a) ümberlüliti, mida käsitsetakse käepidemega *3* ja mis võimaldab välja lülida mootori ja lambi, muuta lindi liikumise suunda

[1] Käesoleval ajal valmistatakse kinoaparaat 16-НП-7, mis erineb aparaadist 16-НП-6 reostaadi olemasoluga, mis võimaldab teda kasutada nii 120 V-se kui ka 220 V-se pinge puhul.

[2] Aparaat 16-НП-6 on põhiliselt sama konstruktsiooniga nagu helifilmi aparaat 16-ЗП, kuid tal ei ole lisavalgustuslampi ja eri objektiivi valgusvihu jaoks, mis pärast filmi heliriba läbimist suunatakse madalsagedusvõimendaja fotoelemendile. Peale selle kuulub aparaadi 16-ЗП koosseisu madalsagedusvõimendaja, valjuhääldaja ja autotransformaator (vt. I köide, joon. 57).

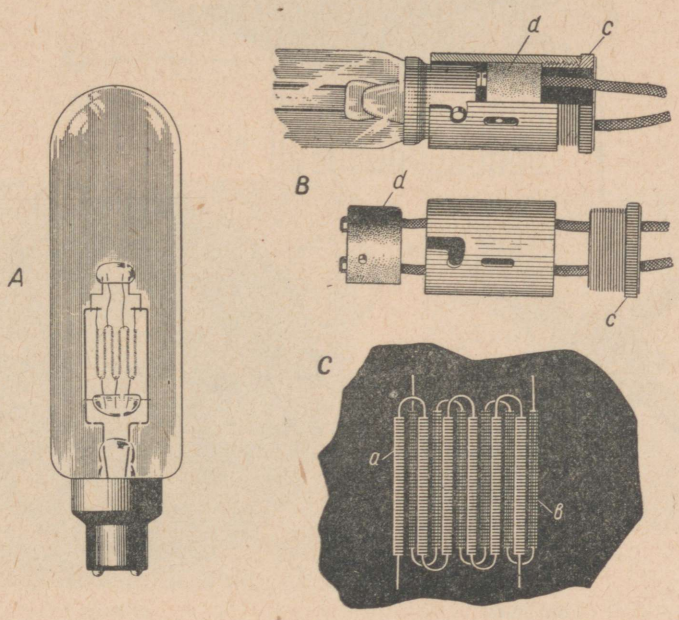


Joon. 355. Koolis kasutatav tumma kitsasfilmi kinoaparaat УП-2. Numbrid sellel ja järgmistel joonistel УП-2 kohta tähendavad: 1 — lamp, 2 — elektrimootor, 3 — ümberlüliti, 4 — reostaadi käepide, 5 — ventilaator, 7 — objektiiv, 8 — reflektor, 9 — kondensor, 10 — valgusfilter, 11 — laterna sulguri pea, 12 — postament, 13 — šarniirkruvi pea, 14 — karter ja greiferikarp, 15 ja 16 — filmikerijad, 17 — friktsiooni käepide, 18 — objektiivi kinnituskruvi, 19 — reflektori kinnituskruvi, 21 — greiferi hammaste väljanihutamise käepide (käivitusnupp), 22 — raami seade käepide.

vastupidiseks, kerida linti ühelt rullilt teisele ja lõpuks välja lülida kogu seade;

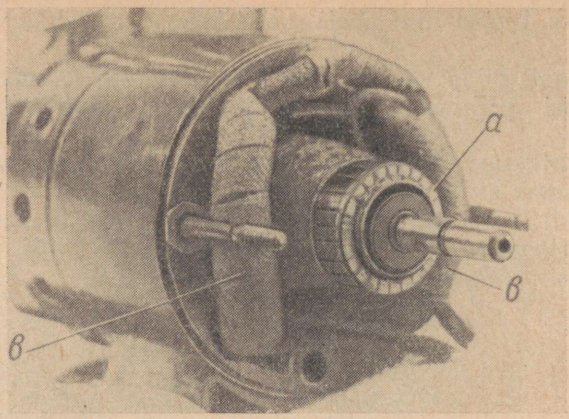
b) reostaat, mida käsitsetakse käepidemega *4*, mis reguleerib elektrimootori pöörete arvu ja järelikult kinolindi liikumise kiirust.

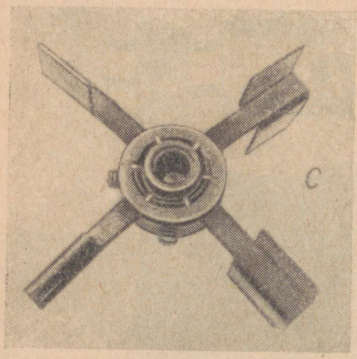
II Elektrilamp. Valgusallikana kasutatakse aparaadis УП-2 ühes tasapinnas asuvate spiraalidega (hõõgniidiga) nn. s õ r m e t ü ü p i elektrilampi (joon. 356 *B*). Lambi sokkel ja pesa on kahe kontaktiga (joon. 356 *A*). Lambi võimsus on 300 vatti, valgusvoog 6450 luumenit; valgusviljakus 21,5 luumenit/vatti.

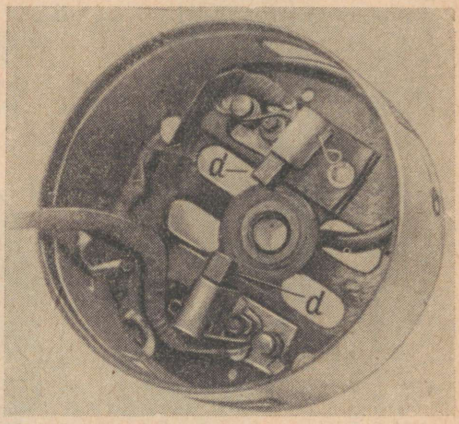


Joon. 356. *A* — 300 W kinoprojektsioonilamp ja *B* — tema padrun lahtivõetud ja kokkupandud kujul, *C* — lambi hõõgniitide kujutis ekraanil, mis on saadud kondensori (*9*) ja reflektori (*8*) abil (kinoaparaadis УП-2).

III Elektrimootor. Kuna aparaati УП-2 saab toita nii alalis- kui ka vahelduvvooluvõrgust pingega 110—120 *V*, siis elektrimootor (võimsusega 30—40 *W*) on kollektormootor (harjadega *dd*) (joon. 357) induktori *b* ja ankru *a* järjestikku ühendamisega. Joonisel 357 on mootor kujutatud lahtivõetuna. Tiivik *c*, mis asetseb mootori võllil, on lambi jahutamiseks vajaliku õhu läbipuhumiseks. Mootor on lintivedava mehhanismiga sidestatud friktsioonajamiga, mis võimaldab käepideme *17* abil mootorit sellest mehhanismist





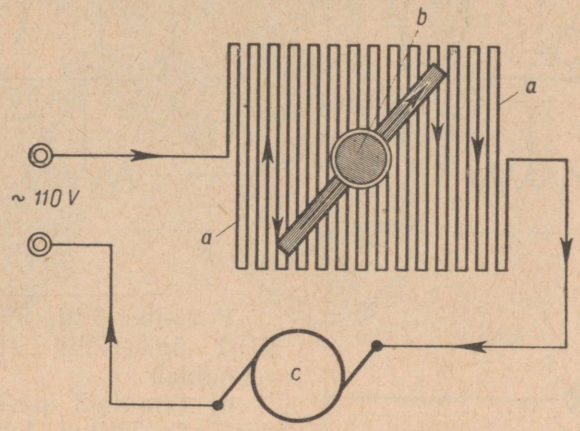


Joon. 357. УП-2 elektrimootor lahtivõetud kujul.

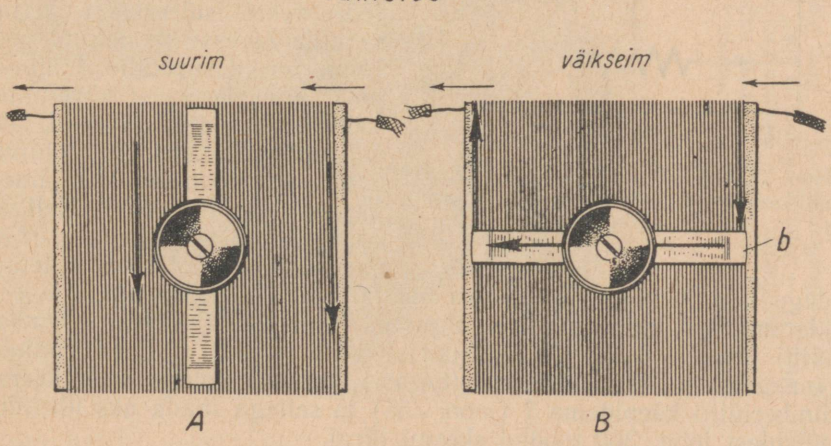
eraldada, mida vajatakse mõnikord filmi liikumatu üksikpildi (kinostseeni) kui diapositiivi (joon. 355) demonstreerimisel.

IV Reostaat. Elektrimootori pöörete arvu, järelikult ka kinolindi liikumise kiiruse muutmiseks kasutatakse reostaati, mida käsitsetakse käepideme *4* abil (joon. 355). Reostaat asetseb projektori postamendi sees. Reostaadi mootoriga lülitamise skeem ja reostaadi kuju (liistu *b* kahe äärmise asendiga) on toodud joon. 358 ja 359. Reostaati moodustav mähis *a* on lülitud mootoriga järjestikku. Reostaadi takistust muudetakse mähise osa keerdude lühistamise teel messingliistu *b* abil. Kui liist asetseb piki reostaadi traate, siis lühistab ta minimaalse arvu keerdusid (joon. 359 *A*),

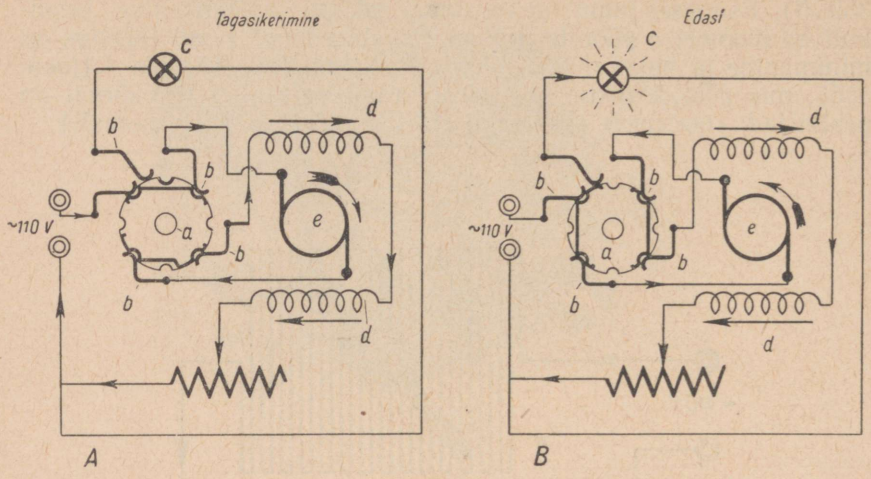
asetsedes risti keerde, lühistab ta maksimaalse arvu keerde (joon. 359 *B*). Esimesel juhul on reostaadi takistus maksimaalne, järelikult ka mootori *c* pöörete arv minimaalne, teisel juhul takistus on minimaalne ja mootori pöörete arv maksimaalne. Käepide *4* (joon. 355), mis pöörab liistu, asetseb aparaadi alusel, selle kõrval on pealkirjad: «быстрее» (kiiremini) ja «медленнее» (aeglasemalt).



Joon. 358. Reostaadi mootori külge lülimise põhimõtteline skeem.



Joon. 359. Reostaadi (УП-2) liistu kaks äärmist asendit.

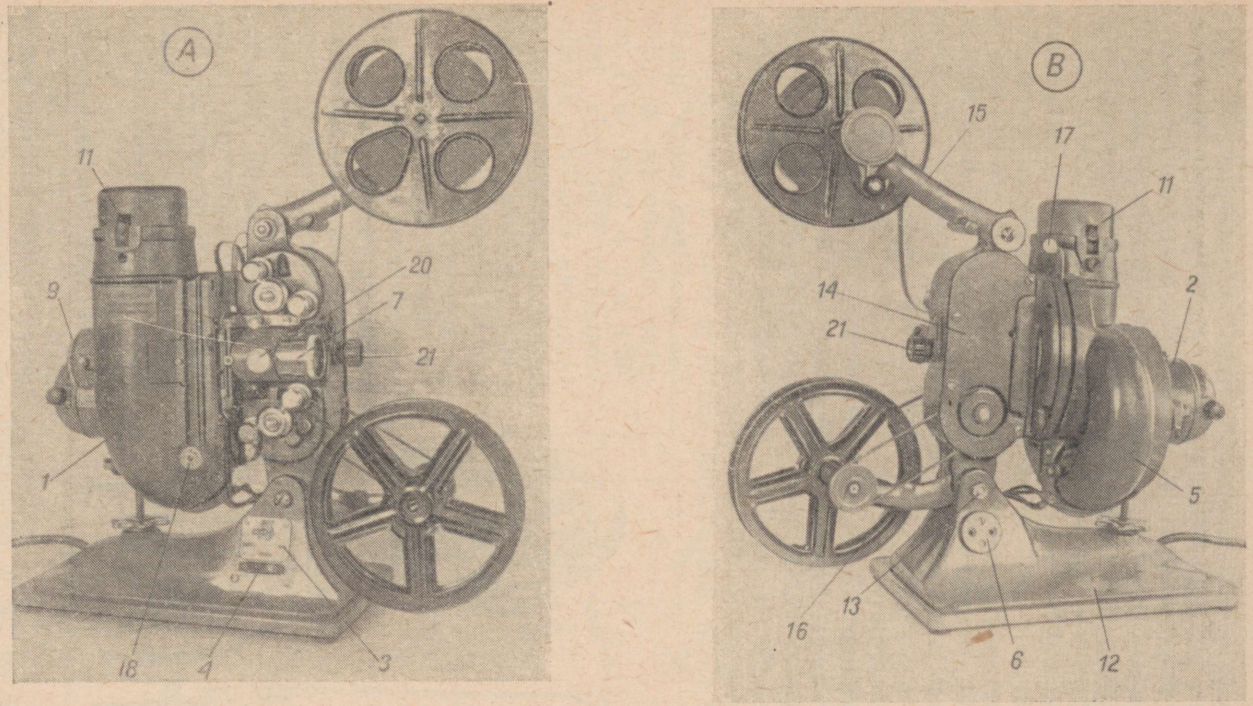


Joon. 360. УП-2 ümberlüliti ja tema abil saadavad mitmesugused lülitusskeemid.

V Ümberlüliti. Kinoaparaadi УП-2 ümberlüliti (joon. 360) võimaldab:

a) filmilindi päripidi liikumist sisselülitud lambi puhul, b) tagurpidi liikumist samuti sisselülitud lambi puhul, c) tagurpidi liikumist väljalülitud lambi puhul (lindi tagasikerimine) ja d) kogu kinoaparaadi väljalülimist.

Ümberlüliti koosneb pööratavast isoleerivast kettast *a*, mille ääresse on tehtud poolümmargused süvendid (väljalõiked). Mõnedes neist süvenditest asetsevad metallkontaktid, mis on omavahel elektrit juhtivalt ühendatud joonisel 360 jämeda joonega näidatud viisil. Neli vetruvat kontakti või harja *b* on ühendatud vooluringi detailidega, s. t. lambiga *c*, mootori induktoriga *dd*, tema ankruga *e* ja klemmidega, kuhu tuuakse valgustusvõrgu vool (~ 110 *V*). Ümberlüliti juurde on asetatud pealkirjad «перемотка» (tagasikerimine), «вперед» (edasi), «назад» (tagasi), millede kohale saab keerata ümberlüliti käepideme *3* (joon. 355) ja sellega saada üks ühendusviisidest joon. 360 toodud skeemi järgi.

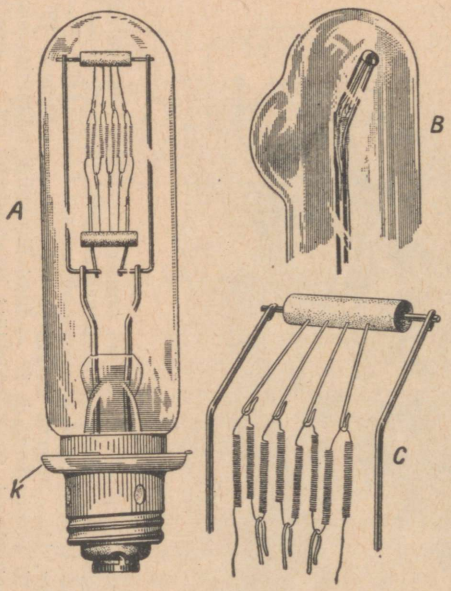


Joon. 361. Koolis kasutatav tumma kitsasfilmi kinoaparaat 16-НП-6. Sellel ja järgmistel kinoaparaati 16-НП-6 käsitlevatel joonistel tähendavad numbrid järgmist: 1 — lamp, 2 — elektrimootor, 3 — ümberlüliti, 4 — lüliti, 5 — ventilaator, 6 — «saalivalgustuse» kontaktpesa, 7 — objektiiv, 8 — kondensor, 9 — reflektor, 10 — valgusfilter, 11 — laterna rõngas ja lõks, 12 — postament, 13 — projektori seadekruvi, 14 — karter ja greiferikarp, 15 ja 16 — filmikerijad, 17 — filmi üksikpildi näitamise käepide, 18 — kiiruse muutmise käepide, 19 — reflektori kinnituskruvi, 20 — objektiivi kinnituskruvi, 21 — greiferi hammaste väljanihutamise käepide (käivitamisnupp), 22 — raami seadmise käepide.

3. Kinoaparaadi 16-НП-6 elektriline osa.

I Üldine skeem. Kinoaparaadi 16-НП-6 elektrilist osa toidetakse alalis- või vahelduvvooluga valgustusvõrgust pingega 120 *V*. Ta koosneb võimsast (500 *W* või 750 *W*), laternas *1* (joon. 361) asetsevast elektrilambist, mis annab valgusvoo; elektrimootorist *2*, mis paneb liikuma kinolindi ja käitab ventilaatorit; laternas *1* asetseva lambi lülitist *4*; ümberlülitist *3*, mille abil käsitsetakse lampi laternas *1*, mootorit *2* ja tavalist elektrilampi (joon. 383), mida saab soovi korral saali valgustamiseks ühendada kontaktpesa *6* kaudu kinoaparaadiga (joon. 361). Kinoaparaadil 16-НП-6 ei ole tagurpidikäiku; on aga võimalus käepideme *18* abil muuta lindi liikumise kiirust ja peatada käepideme *17* abil üksikpilti, kusjuures lamp põleb edasi. (joon. 361 ja 371). Lindi tagasikerimine toimub käsitsi (joon. 376).

II Elektrilamp. Aparaadis 16-НП-6 kasutatakse valgusallikana erilist elektrilampi «biplaan», võimsusega 500 *W* või veel võimsamat 750 *W* (joon. 362 *A*); tema hõõgspiraalid asetsevad kahes tasapinnas (joon. 362 *C*), mis lihtsustab valguse tsentreerimist ja võimaldab valguse paremat ärakasutamist kui 300-vatise lambiga aparaadis УП-2 (joon. 356). Lambi sokkel ja pesa on varustatud erilise seadisega, mida nimetatakse fiksaatoriks *k* (joon. 362) ja *c, b* (joon. 372), mis võimaldab paigutada lampi raskusteta vajalikku asendisse. Kuna lampide mõõted on väga väikesed, lambi poolt eraldatav soojushulk aga väga suur, siis ei saa neid lasta ka lühemat aega põleda ilma sundjahutuseta õhuga, mida puhub aparaadis olev ventilaator (joon. 361). Lambi ülesoojenemisel, mida mõnikord võib esineda ka ventilaatori töötamisel, lambi klaaskest loomulikult pehmeneb ja paisub välja (joon. 362 *B*). Mittetöötava ventilaatori puhul lamp hävib mõnekümne sekundi jooksul.

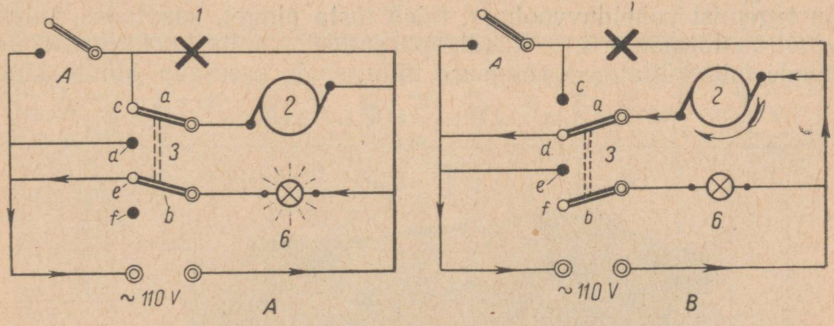


Joon. 362. 500 või 750 W biplaanlamp kinoaparaadile 16-НП-6 (*A*). Klaasmulli tekkimine lambi ülekuumenemisel (*B*). Bipaanlambi hõõgniidi ehitus (*C*).

III Elektrimootor. Kinoaparaadis 16-НП-6 kasutatakse universaalset kollektormootorit, võimsusega umbes 35 *W*, mis sarnaneb kinoaparaadi УП-2 mootoriga (joon. 357).

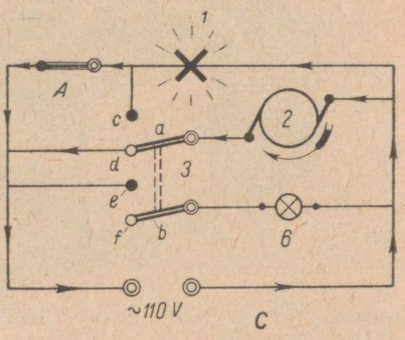
Mootor töötab nii alalisvoolul kui ka vahelduvvoolul pingega 110 *V*. Elektrimootori võllile on kinnitatud õhupuhumiseks ventilaatori tiivik. Mootor on sidestatud lintivedava seadmega friktsioonmehhanismi abil, mis on varustatud käepidemega *17* mootori eraldamiseks lintivedavast seadmest, mida on vaja filmi liikumatu üksikpildi projitseerimiseks diapositiivina (joon. 361 *B* ja 371). Mootori pöörete arvu, järelikult ka lindi liikumise kiirust saab reguleerida friktsioonketta mehhaanilise pidurdamisega. Selleks tuleb kiiruse vähendamiseks pöörata piduri pead *18* kellaosuti liikumise suunas, kiiruse suurendamiseks aga vastu kellaosuti liikumise suunda (joon. 361 *A*).

IV Ümberlüliti ja lüliti. Ümberlüliti *3* otstarve on kahesugune: a) elektrimootori *2* (järelikult ka ventilaatori ja lindi edasivedamise seadme) käivitamine ja peatamine, b) 500-vatise lambi põlemise vältimine seisva mootori, s. t. ka mittetöötava ventilaatori puhul (joon. 361 *A* ja 363). Peale selle kuulub ümberlüliti osaliselt ka kontaktpesa *6* juurde, kuhu saab harkpistiku abil lülida laualampi ruumi valgustamiseks (joon. 383). See lamp «зала» (saal) lülitakse välja mootori käivitamisel.



Ümberlüliti *3* (skemaatiliselt) koosneb kahest mehhaaniliselt (mitte aga elektriliselt!) ühendatud voolujuhtivast kangist *a* ja *b* ning neljast kontaktist *c, d, e* ja *f* (joon. 363). Need kangid võivad anda kaks võimalikku ühendust: esiteks *ca* ja *eb* (joon. 363 *A*) ja teiseks *da* ja *bf*, kusjuures *f* on tühikontakt (joon. 363 *B* ja *C*).

Esimesel juhul, mida kujutatakse joonisel 363 *A*, lülitakse ainult saali valgustamiseks vajalik lamp *b*, kuid ei mootor 2 ega aparaadi lamp *1* ei tööta. Teisel



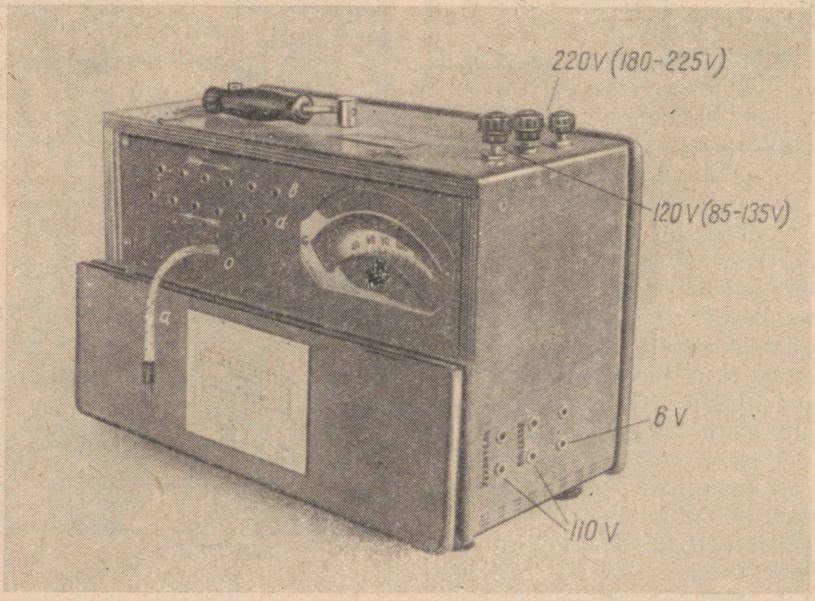
Joon. 363. Lüliti ja ümberlüliti abil teostatavad 16-НП-6 ümberlülimisskeemid.

juhul (joon. 363 *B*) on ühendatud kontaktid *d* ja *a* (*f* on tühikontakt), mille tõttu hakkab töötama mootor *2*, kuid saali lamp *6* lülitakse välja.

Aparaadi lambi *1* sisselülimiseks on eraldi lüliti *4* (joon. 363 *C*). Skeeme tundma õppides pole raske kindlaks teha, et aparaadi lampi *1* saab sisse lülida ainult siis, kui mootor, järelikult ka ventilaator, töötab. Mootori *2* väljalülimisel kustub ka alati lamp *1*. Vastupidi, lambi *1* sisselülimine lüliti *4* abil käivitab otsekohe ka mootori *2* (joon. 363 *A*).

4. Kinoaparaatide УП-2 ja 16-НП-6 ühendamine valgustusvõrguga.

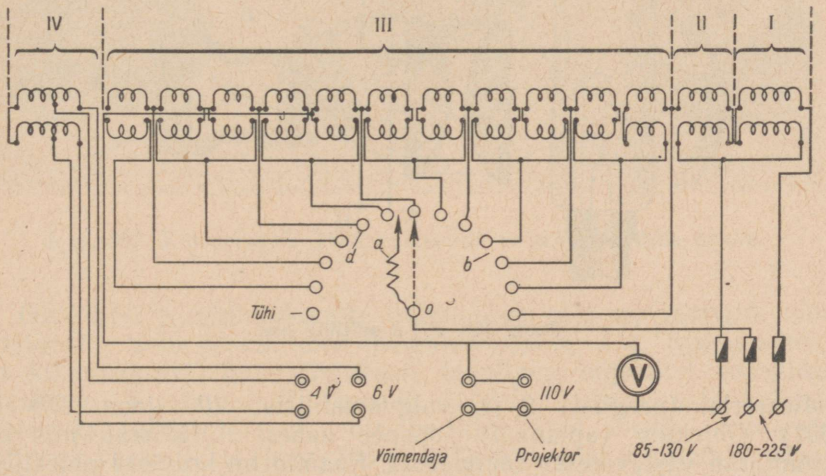
I Ühendamine transformaatori kaudu. Kinoaparaadid võivad töötada vooluga nii alalisvoolu- kui ka vahelduvvooluvõrgust. Lampide tööpinge on valitud 110 *V* selle arvestusega, et juhtmete takistuse tõttu tavaliselt 120 *V*-se valgustusinstallatsiooni puhul pinge langeb kinoaparaadi sisselülimisel umbes 10 *V* võrra. Tegelikult aga esineb veelgi suuremat pingelangust ja lamp selle tõttu ei hõõgu täisvalgusega ning mootor veab halvasti. Sel juhul, kui on tegemist vahelduvvooluga, tuleb tõsta pinget, kasutades selleks autotransformaatorit. Raadioaparaatide autotransformaatoreid, nende mitteküllaldase võimsuse tõttu, saab kasutada ainult kino-



Joon. 364. «Кинап» tehase autotransformaator «Кат-8» 110 *V*-se pinge hoidmiseks.

aparaadi УП-2, kuid mitte 16-НП-6 jaoks. Isegi УП-2 jaoks saab kasutada nimetatud transformaatorit ainult lühikeseks ajaks, kuna ta mähis soojeneb kiiresti ja põleb lõpuks läbi.

Müügil on spetsiaalseid autotransformaatoreid kinoaparaatidele УП-2 ja 16-НП-6, mis stabiliseerivad pinget 110 *V*-na, olgu toitepinge kas 120 *V* või ka 220 *V*. Niisuguseid autotransformaatoreid valmistab Leningradi tehas «Кинап» märkidega Кат-7» ja «Кат-8» (joon. 364). Niisuguse transformaatori skeem on toodud joonisel 365. Valgustusvõrku lülitakse transformaator vastavate klemmide 120 *V* või 220 *V* kaudu. Juhtme *a* kumbki ots on varustatud pistikuga, üks neist pistetakse pesasse *o*, teine ühte pesadest, mis asetsevad kahes reas (joon. 364). Pessa ülemises reas *b* pistes pinge langeb vastavalt pesa asendile, minimaalsest normaalseni, pessa alumises reas *d* pistes saadakse võrreldes võrgu pingega järk-järgulist pinge tõusu. Autotransformaatori kasti asetatud voltmeeter võimaldab otsustada väljumispinge üle. Pistikupesad 110 *V* (2 paari) kinoaparaatide УП-2, 16-НП-6 või 16-3П külge lülimiseks asetsevad kasti küljel. Samas asetsev kolmas pistiku pesade paar[1]



Joon. 365. Autotransformaator «Кат-8» skeem.

6 *V* on ette nähtud 6-voldise pinge saamiseks helifilmi aparaadile 16-3П. Autotransformaatorit ei tohi nagu teada mingil tingimusel lülida alalisvoolu võrku, sest sel juhul tema mähis põleb silmapilkselt läbi.

II Ühendamine läbi reostaadi. Alalisvoolu pinge madaldamiseks 220 voldilt kuni 110 voldini tuleb kinoaparaatidega УП-2 ja 16-НП-6

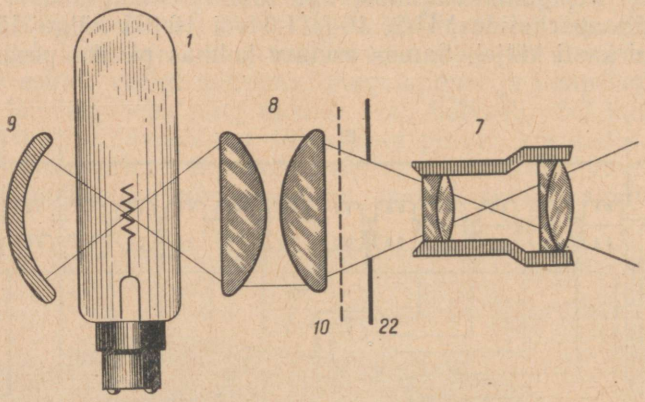
[1] Mõnedel autotransformaatoritel on veel neljas paar pistikupesi 4-voldise pinge saamiseks (joon. 365).

kasutada järjestikku lülitatud lampreostaati; parem aga on ehitada traatreostaat. Kõige lihtsam on reostaadina kasutada elektripliiti, valides vajaliku takistusega (pikkusega) spiraali.

Pinge hoidmiseks 110 *V* piirides juhul, kui ta alalisvoolu võrgus on 120 *V*, tuleb kinoaparaadiga järjestikku ühendada liugkontaktreostaat, mis suudab välja kannatada vähemalt 5—6 amprist voolu ja mille takistus on 3—5 oomi. Kui aga võrgu pinge on alla 110 *V*, siis pole olemas koolile kättesaadavaid vahendeid selle tõstmiseks vajaliku suuruseni.

5. Kinoaparaatide УП-2 ja 16-НП-6 optiline osa.

I УП-2 optiline osa. Kinoaparaadi УП-2 optiline osa koosneb objektiivist *7*, kondensorist *8*, projektsioonilambist *1* (jagu 2, II),



Joon. 366. УП-2 optiline osa.

reflektorist (peeglist) *9* ja valgustusfiltrist *10* (joon. 366 ja 367). Objektiiv (aplanaat) koosneb kahest liitläätsest, mis on kinnitatud vastavatesse raamidesse. Raamid on kruvitud objektiivtorusse. УП-2 objektiivid on kahesugused: fookusekaugusega 30 *mm* ja 50 *mm*. Valgusjõud on mõlemal ühesugune — 1:2. Suure fookusekaugusega objektiivi kasutatakse pikas ruumis projitseerimiseks, sest ta annab väiksema kujutise kui lühikese fookusekaugusega objektiiv, mis asetseb samal kaugusel.

Kauguse *l* leidmiseks, kuhu tuleb asetada aparaat, mille objektiivi fookusekaugus on *F*, et saada ekraanil kujutist laiusega *B*, võib kasutada valemit

$$l = F\frac{B}{b}$$

kus *b* on filmiakna laius, mis on alati 9,65 *mm*.

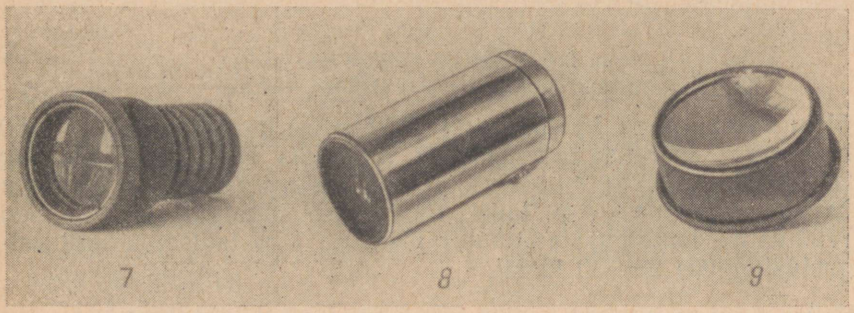
Nii võib valemile anda ligikaudse kuju

$$l = 0{,}1\ FB$$

s. t. kaugus ekraanini (meetrites) on 0,1 objektiivi fookusekauguse (*mm*) ja ekraani laiuse (*m*) korrutisest.

Kui näiteks tuleb katta ekraani laius 1 *m* objektiivi *F* olles 50 *mm*, siis on kerge arvutada, et aparaat peab asuma umbes 5 *m* kaugusel ekraanist. Sama ekraani laiuse puhul peab aparaat, millel on objektiiv $F = 30$ *mm*, asetsema 3 *m* kaugusel ekraanist.

Objektiivi kauguse muutmine projitseeritava kinolindi suhtes, mis on vajalik fookustamiseks, toimub tihvti abil, mis liigub kesta kruvijoonelises sisselõikes (joon. 367). Selle tõttu toimub objektiivi nihutamine paralleelselt optilise teljega tema keeramisega raamis.

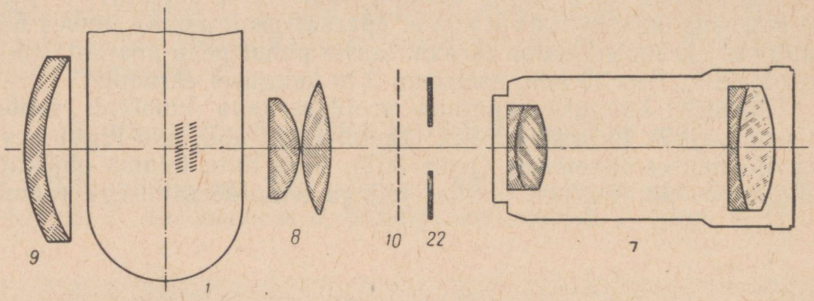


Joon. 367. Kinoaparaadi УП-2 valgustuse ja projitseerimise optika.

Objektiivi paigaltnihkumise vältimiseks, mis on võimalik vibratsioonide tõttu pärast tema paigaleseadmist, s. t. fookustamist, on kinnituskruvi, mis võimaldab kinnitada objektiivi vajalikku asendisse. Kondensor *8* koosneb kahest tasakumerast lühikese fookusekaugusega läätsest, mis on kinnitatud torusse kumerate pooltega vastastikku (joon. 366 ja 367). Reflektor *9* kujutab endast lühikese fookusekaugusega nõguspeeglit, mis on vajalik lambi valguse paremaks ärakasutamiseks (joon. 366 ja 367). Reflektor asetseb raamis, mis võimaldab teda pöörata, samuti nihutada, eemaldades teda lambist või lähendades lambile, mida vajatakse valguse tsentreerimiseks (jagu 6).

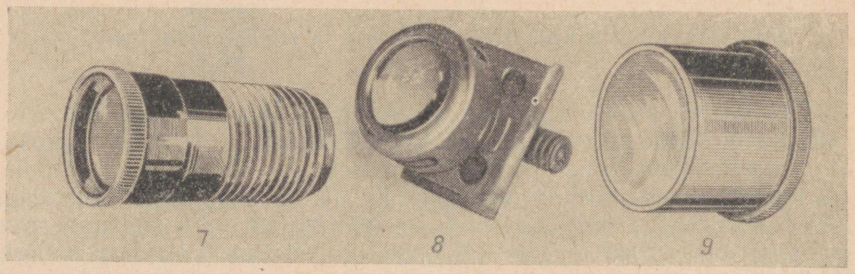
Valgusfilter *10* on ette nähtud infrapunaste kiirte neelamiseks, mis on vajalik liikumatu üksikpildi demonstreerimisel, s. t. filmilindi peatamisel. Ta koosneb kahest kokkupandud klaasist, millede vahel on väga õhuke kiht kullatolmu. Aparaadis УП-2 on ette nähtud seade, mis automaatselt nihutab valgusfiltri valgusvihu teelt kinolindi projitseerimisel ja asetab ta samuti automaatselt kohale, kui projitseeritav lint peatatakse.

II 16-НП-6 optiline osa. Kinoaparaadi 16-НП-6 optiline osa koosneb objektiivist *7*, kondensorist *8*, lambist *1*, reflektorist (peeglist) *9* ja valgusfiltrist *10*, nagu kinoaparaadis УП-2 (joon. 368 ja 369). Kinoaparaadi 16-НП-6 optiline osa aga on palju täiuslikum ja lamp palju võimsam kui УП-2-l, võimaldades saada kasu-



Joon. 368. 16-НП-6 optilise osa skeem.

likku valgusvoogu 120 luumenit (500-vatise lambi puhul) ja 150 luumenit (750-vatise lambi puhul) (apraadis УП-2 on valgusvoog 20—30 luumenit) ja 2 *m* laiuse ekraani valgustustugevust (töötava katteklapi puhul) — 40 luksi (500-vatise lambiga) ja 60 luksi (750-vatise lambiga); aparaadil УП-2 on 1 *m* laiuse ekraani valgustustugevus 25—30 luksi[1].



Joon. 369 16-НП-6 optika.

16-НП-6 objektiiv koosneb kahest liitläätsest fookusekaugusega 50 *mm* ja valgusjõuga 1:1,65. Fookustamiseks nihutatakse objektiivi *7* piki optilist telge tema pööramise teel selle telje ümber (joon. 361 *A*). Objektiivi vajaliku asendi fikseerimiseks kasutatakse kinnituskruvi *20* (361 *A*). Kondensor *8* koosneb kahest läätsest: tasakumerast ja kaksikkumerast (joon. 368 ja 369). Tasakumer

[1] УП-2 kasutegur on 0,002; 16-НП-6 kasutegur on 0,012 (500-vatise lambiga) või 0,009 (750-vatise lambiga).

lääts asetseb lambile lähemal ja on pööratud lambi poole oma tasase küljega. Kaksikkumer lääts asetatakse selle küljega, millel on suurem kõverus, kondensori sisemuse poole. Reflektorit (peeglit) *9* saab pöörata ja nihutada piki optilist telge, mis on vajalik valguse tsentreerimiseks (joon. 368 ja 369). Valgusfilter *10* on valmistatud vaskvõrgust ja tema asetumine toimub samuti automaatselt, nagu УП-2-gi (alljaotus 1).

III Optilise osa hooldamine. Optilisi läätsi tuleb aeg-ajalt seemisnahaga puhastada (§ 21, 2, III) või äärmisel juhul teha seda kõige pehmemast riidest lapiga. Selleks tuleb objektiiv, reflektor ja kondensor aparaadist välja võtta. Kui optilised klaasid on rasvaga määrdunud, siis tuleb neid puhastada piirituses niisutatud lapiga. Objektiivi ja kondensorit on küll võimalik lahti võtta, kuid seda ei tule teha, sest tolmu ei saa nende sisemusse sattuda. Kui aga nad siiski on lahti võetud, siis läätse tagasipanek peab toimuma II ja III alljaotuses ja joonistel 366—369 toodud juhendite järgi.

6. Valguse tsentreerimine kinoaparaadis УП-2.

Valguse tsentreerimise eesmärgiks on ekraanil suurima ja seejuures ühtlasema valgustuse saamine. Piirdume siinkohal ainult tsentreerimise võrdlemisi lühikeste ja tähtsamate juhenditega. УП-2 valguse tsentreerimine koosneb kolmest põhioperatsioonist: lambi seadmisest, reflektori seadmisest ja järgmistes alljaotustes kirjeldatud kontrollist.

I Lambi seadmine. Lambi õige asendi leidmiseks tuleb reflektor *9* välja võtta (joon. 370) ja jälgides reflektori avast, asetada lamp nii, et tema hõõgniidid asetseksid täiesti sümmeetriliselt kondensori optilise teljega ja oleksid sellega risti, s. t. kondensori keskkoha vastas. Lambi nihutamiseks keeratakse lambipesa haarava klambri kruvi veidi lahti, mille tõttu lambipesa koos lambiga saab vajalikul viisil pöörata, tõsta või langetada. Pärast lambi õigesse asendisse seadmist lambipesa klamber kinnitatakse uuesti ja reflektor paigutatakse kohale.

II Reflektori seadmine. Seadmiseks tuleb avada aparaadi ukseke (vt. joon. 373 ja jagu 13) ja ilma objektiivita, kondensori abil projitseerida valgusvihk paberilehele, mis asetatakse 20—30 *cm* kaugusele. Niisugusele ekraanile peab tekkima lambi hõõgniitide kahekordne kujutis, s. o. kaks kujutist, mis on teineteise suhtes nihutatud (joon. 356 *C*). Üks neist *a* on kondensori poolt projitseeritud niitide kujutiseks, teine *b* (vähema heledusega) aga saadakse sel teel, et sama kondensor projitseerib ta hõõgniitide tõelise kujutise, mis on tekitatud nõguspeegli reflektori poolt (joon. 370 ja 366) lambi sisemuses. Lähendades või eemaldades peeglit, tekib fookustamine, s. t. muutub teise kujutise teravus. Pöörates peeglit ümber telje saavutatakse olukord, kus teine kujutis *b* asetub põhikujutise *a* niitide vahele, nagu on näidatud joonisel 356 *C*.

III Kontroll. Lambi ja reflektori õiget seadmist kontrollitakse filmiaknakese fookustamisega objektiivi abil. Kui ekraani valgustus on ühtlane, s. t. ilma ühegi plekita, siis valguse tsentreerimine on toimunud õigesti.

7. Valguse tsentreerimine kinoaparaadis 16-НП-6.

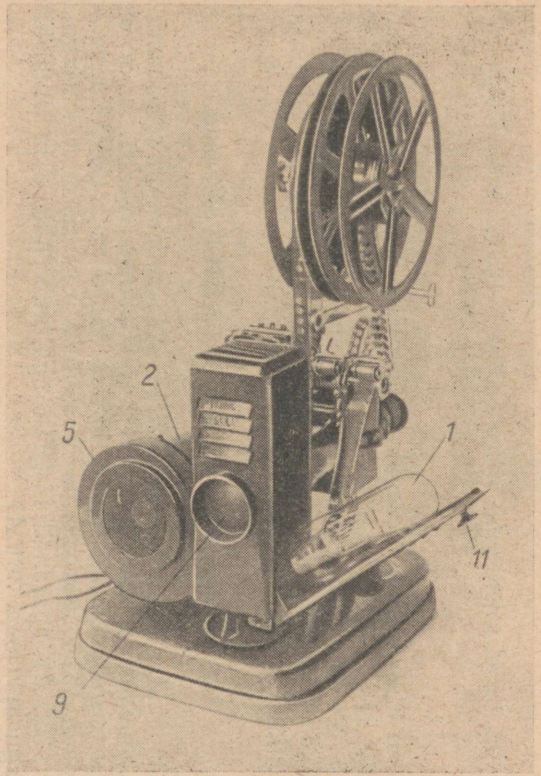
Valguse tsentreerimine kinoaparaadis 16-НП-6 on palju lihtsam kui aparaadis УП-2. See on tingitud kõigepealt lambi «biplaan» hõõgniidi ehitusest, kus selle üks spiraalide süsteem asetseb teises tasapinnas kui teine ja sealjuures teise süsteemi spiraalide vahel. Mõlemad süsteemid moodustavad nagu ühise valgustava pinna suurusega 1 cm^2 (joon. 362 *C*). Aparaadi 16-НП-6 lamp ei vaja eri seadmist (nagu aparaadi УП-2 oma), sest ta on varustatud erilise fiksaatorit omava sokliga. See fiksaator *k* (jagu 3, II ja joon. 362 *A*) ei võimalda lampi vääriti asetada (joon. 372). Reflektori 9 (joon. 361, 368, 369 ja 371) seadmiseks on kõige lihtsam käivitada aparaat ilma lindita ja projitseerida tema filmiaknake ekraanile. Eemaldades reflektorit lambist või lähendades sellele ja pöörates teda, on kerge saavutada ekraani ühtlast valgustust. Reflektor kinnitatakse kinnituskruviga *19* (joon. 371).

8. Aparaadi УП-2 latern ja jahutus.

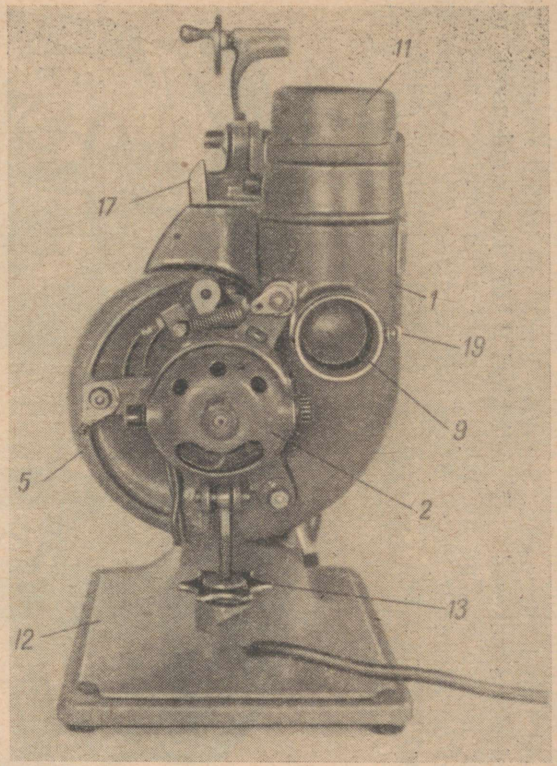
Aparaadi УП-2 lamp asetseb plekist laternas *1*, millel on ristтahuka (karbi) kuju (joon. 355). Mootori *2* (joon. 355 ja 370) poolt käitatav tiivik *c* (joon. 357), mis asetseb ventilaatori keres *5*, surub õhku laterna alumisse ossa; voolates mööda lampi, jahutab õhk seda ning surutakse laterna ülemisse ossa tehtud piludest välja. Külgseina koos sellele kinnitatud lambiga (pärast sulguri pööramist peast *11*) saab viia kaldasendisse (joon. 370), mis on vajalik lambi vahetamiseks. Aparaatides УП-2 esineb lambi kaks padrunisse kinnitamise viisi. Ühel tüübil tuleb padruni surverõngas *c* ära keerata ja pöörata lampi seni vastu kellaosuti liikumise suunda, kuni tema sokli tihvtid tulevad padruni sisselõigetest välja (joon. 356 *B*). Teisel tüübil on lamp kinnitatud vedru abil, mis asetseb padruni sees. Sel juhul tuleb lambi väljavõtmiseks litsuda lampi allapoole ja surudes sellega vedru kokku, keerata lampi kellaosuti liikumisele vastassuunas, kuni sokli tihvtid vabanevad padruni sisselõigetest. Lambi seadmisest (valguse tsentreerimisest) vt. jagu 6.

9. Aparaadi 16-НП-6 latern ja jahutussüsteem.

Aparaadi 16-НП-6 latern *1*, milles asetseb lamp, on valmistatud kergest sulandist (joon. 361 *A* ja 371). Ta on valatud ühes tükis tigukujulise ventilaatori kerega *5*, millesse on paigutatud mootori *2* (joon. 361 *B* ja 371) poolt käitatav tiivik. Ventilaatorist

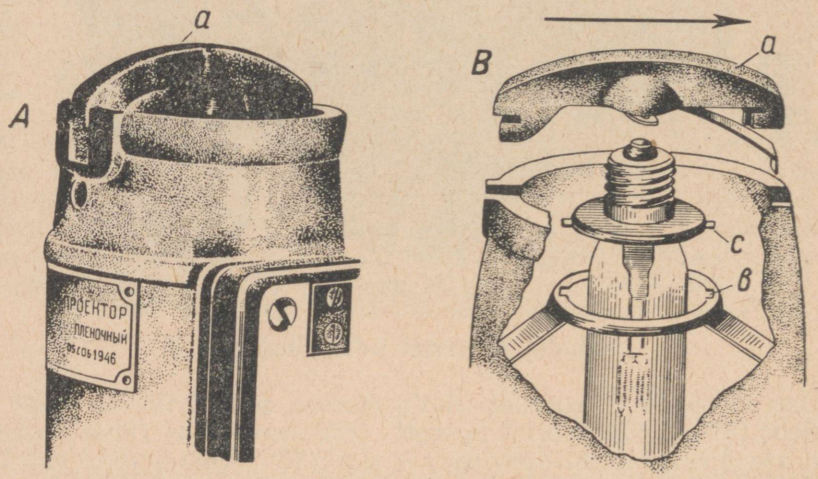


Joon. 370. Kinoaparaat УП-2.



Joon. 371. Kinoaparaat 16-НП-6.

tulev õhk voolab ümber lambi, jahutab seda ja surutakse pilude kaudu laterna peas välja. Laternasse on lambi ja laterna seinte vahele asetatud silindriline raudkest, mis kaitseb seinu soojenemast otsesest lambi kiirgusest. Sellesse kesta on tehtud valguse läbilaskmiseks aknakesed nii reflektori *9* kui ka kondensori pool. Lamp asetseb sokliga ülespoole. Lambi väljavõtmine vahetamise korral on äärmiselt lihtne. Kõigepealt võetakse ära lõksu abil kinnitatud laterna *1* pea *11* (joon. 361 ja 371). Ristsillake *a* lükatakse tagasi, s. t. reflektori poole ja tõstetakse üles (joon. 372). Pärast



Joon. 372. Lambi väljavõtmine kinoaparaadist 16-НП-6. Lambisoklil ja padrunil oleva fiksaatori ehitus.

seda on lihtne lampi ülespoole välja võtta. Lambi vahetamisel on vajalik, et fiksaatori *k* nukid *c* (joon. 362) lambi soklil läheksid lampi toetava rõnga vastavatesse sisselõigetesse *b* (joon. 372), mille järel asetatakse kohale ristsillake *a*.

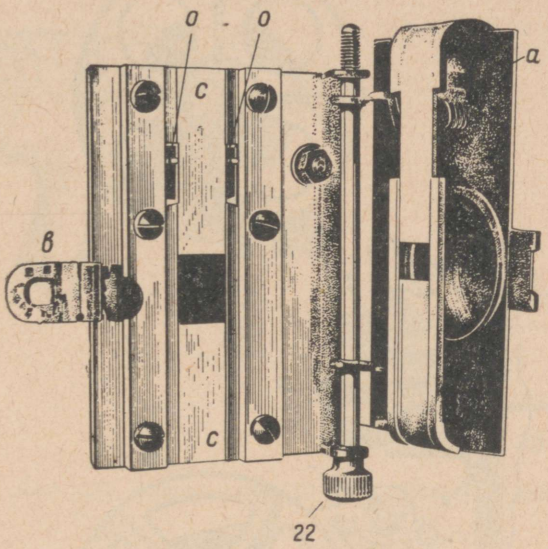
Valguse tsentreerimisest vaata jagu 7.

10. Kinoaparaatide УП-2 ja 16-НП-6 põhiosad.

Kinoaparaatide УП-2 ja 16-НП-6 põhiosadeks on postament *12* koos aluslauaga, mis šarniiri *13* abil kannab «pead», s. o. õieti öeldes kogu aparaati (joon. 355 *B*, 361 *B* ja 371). Alusesse on aparaadil УП-2 monteeritud ümberlüliti *3* ja reostaat *4* (jagu 2) (joon. 355 *A*), aparaadil 16-НП-6 aga ümberlüliti *3* ja lambi lüliti *4* (jagu 3) (joon. 361 *A*).

Aparaat ise (pea) koosneb laternast *1* koos lambiga, elektrimootorist *2* koos ventilaatoriga *5*, karterist ja greiferi karbist *14* ning

filmikerijast *15*. Karteris asetseb keerukas hammasratasmehhanism, mis annab liikumise mootorilt üle filmi edasivedavale seadmele, see aga paneb filmi tõugetega liikuma ja filmivärtnad pöörlema (nii filmi ette andma kui ära kerima). Peale selle karteris olev mehhanism paneb liikuma katteklapi, mis katkestab valguse projitseerimise ekraanile ühe üksikpildi asendumise momendiks teisega. Greiferi[1] (haaraja), lindivärtnate ja katteklapi mehhanism on monteeritud greiferikarpi. Aparaadi УП-2 greiferikarbi peal on uks *a* koos sellele kinnitatud objektiiviga, mis lõksule *b* vajutamisel ise avaneb (joon. 373). Uks võimaldab ligipääsu filmikanalile *c*, mis



Joon. 373. Kinoaparaadi УП-2 filmikanali kuju (lahtise ukse puhul).

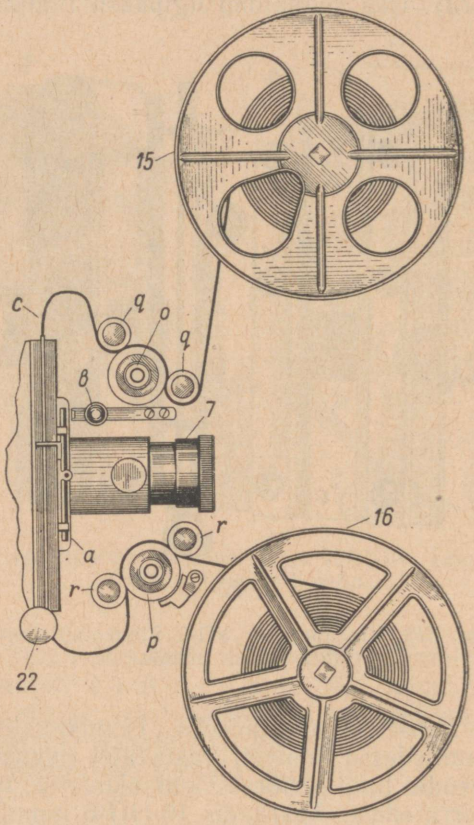
on vajalik filmi kanalisse asetamiseks. Filmikanalisse on tehtud sisselõiked *oo*, millesse ilmuvad vastavatel momentidel greiferi hambakesed ja asudes lindi perforatsiooniaukudesse, nihutavad teda ühe üksikpildi võrra edasi. Aparaadis 16-НП-6 nupule *b* vajutamisel raam *a* (koos objektiiviga *7*) eemaldub vedru toimel filmikanalist *c* (joon. 374). Nii tekkinud pilusse tuleb film serviti sisse panna ja tema perforatsioon asetada greiferi hammastele.

Eriliste pööratavate peadega *21*, mida nimetatakse käivituspeadeks, saab greiferi hambaid viia filmikanalisse, mis on vajalik aparaatidesse УП-2 ja 16-НП-6 filmi asetamisel (joon. 355 *B* ja 361).

[1] Greifer (haaraja) on mehhanism, mis oma hammastega haarab filmi perforatsioonist (ääreaukudest) ja veab teda edasi.

Läbi aknakese ehk valgusava, mis on filmi üksikpildist veidi suurem, pääseb valgus filmilindile. Ukse telje pööratav nupp *22* aparaadil УП-2 (joon. 373) või käepide *22* aparaadil 16-НП-6 (joon. 374) on üksikpildi raami seadmiseks, s. t. terve üksikpildi, mitte aga kahe naaberüksikpildi osade, projitseerimiseks ekraanile.

Filmikerijate ehitus aparaatidel УП-2 ja 16-НП-6 on niivõrd erinev, et neid käsitletakse järgnevates 11. ja 12. jaos.

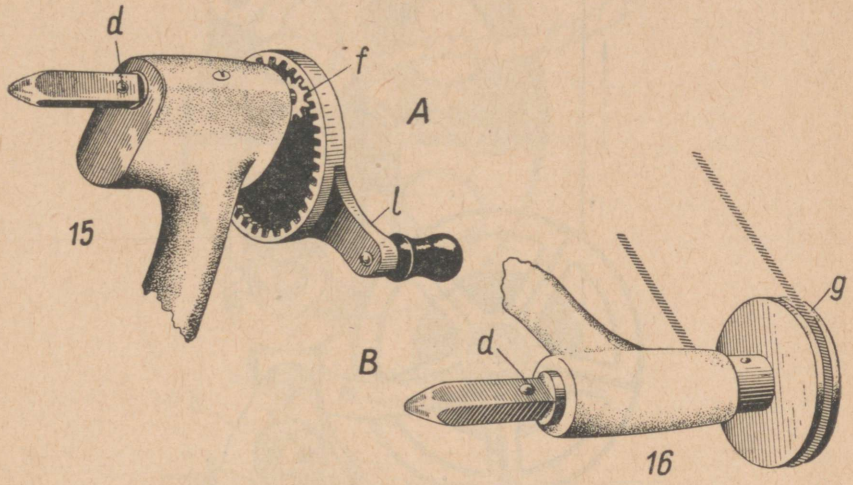


Joon. 374. Filmi teekond kinoaparaadis 16-НП-6.

11. Aparaadi 16-НП-6 filmikerija ja lindi tagasikerimine.

Kinoaparaadi 16-НП-6 filmikerija koosneb kahest kronsteinist — ülemisest *15* ja alumisest *16*, mis on šarniiri abil kinnitatud aparaadi kere külge; see võimaldab neid keerata vastu keret aparaadi säilitamisel ja transportimisel (joon. 361 *B*).

Kronsteinide otstesse on paigutatud ruudukujulise ristlõikega võllid (teljed), milledele asetatakse filmivärtnad (joon. 375). Võlli kandisse on monteeritud kuulikesed *d*, mis surutakse värtna võllile asetamisel sisse, pärast seda aga tõusevad vedru survel jälle üles. Need kuulikesed takistavad värtna võllilt maha kukkumist. Ülemise kronsteini võll on hammasrataste *f* kaudu ühendatud vändaga *l*, mida kasutatakse lindi käsitsi tagasikerimiseks (joon. 375 *A*). Alumise kronsteini võllile on asetatud rihmaratas *g*, mil-

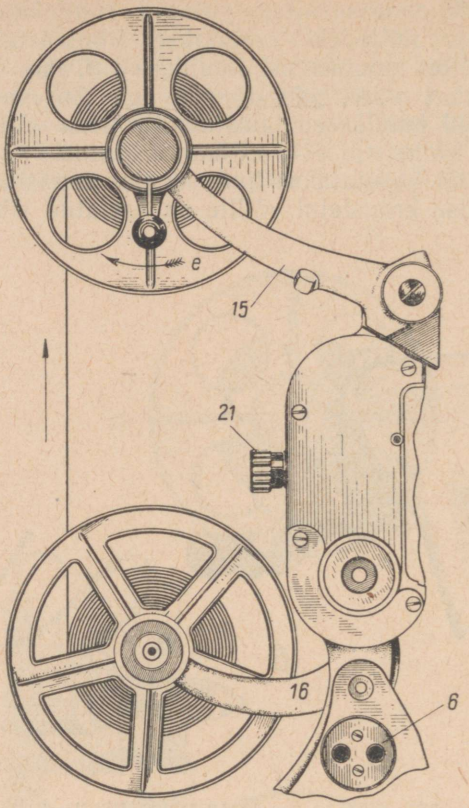


Joon. 375. Kinoaparaadi 16-НП-6 filmikerija ehitus.

lele käib «rihm», mis paneb värtna pöörlema. See «rihm» on valmistatud traatvedrust (§ **14**, 2 VII) ja kannab tehnilist nimetust «p a s s i k».

Aparaadi töötamisel filmilint keritakse maha ülemiselt värtnalt linti edasivedava mehhanismi trumli tõmbejõul. Lindi kerimine alumisele värtnale toimub eespoolnimetatud «rihma» passiku abil.

Lindi tagasikerimisel tuleb see «rihm» maha võtta. Tagasikeritava lindiga värten asetatakse alumisele kronsteinile *16* (joon. 376). Kinnitades filmilindi otsa igas värtnas olevasse lõhesse või lõksu alla (joon. 377), asetatakse tühi värten ülemisele kronsteinile. Seejuures on oluline, et filmi matt külg (emulsiooniga) oleks sissepoole ja läikiv külg väljapoole, mitte aga vastupidi. Tagasikerimine toimub vända *l* pööramisega kellaosuti liikumise suunas, vastavalt skeemile joonisel 376. Vänta tuleb pöörata ühtlaselt, et kerida lint küllalt tihedalt ülemisele värtnale.

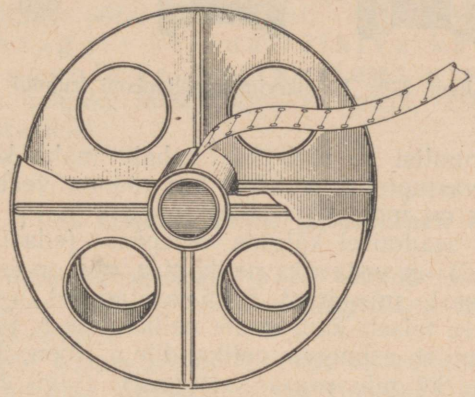


Joon. 376. Kinoaparaadi 16-НП-6 filmi ümberkerimine.

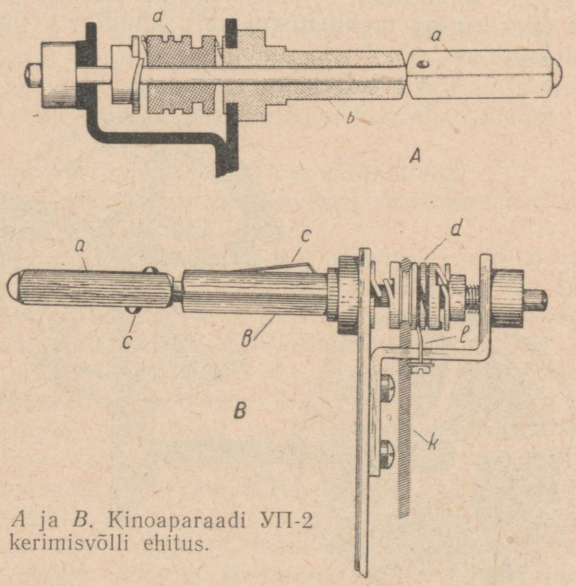
12. Kinoaparaadi УП-2 filmikerija ja lindi tagasikerimine.

Kinoaparaadi УП-2 filmikerija on oma ehituselt palju keerukam kui aparaadil 16-НП-6. Mahakeriv ja vastuvõttev värten asuvad filmi demonstreerimisel kõrvuti samal võllil *15*, mis on keeruka ehitusega (joon. 355 *B*). Niisugune konstruktsioon on loodud seepärast, et värtnate osad vahetuvad, s. t. kord keritakse linti maha ühelt, kord teiselt värtnalt. Vastuvõttev värten pannakse pöörlema «rihma» *k* abil, mis ühendab vedavat rihmaratast linti edasivedava mehhanismi rihmarattaga *l*, mis on kinnitatud liikumatult samale võllile hammastrumlitega *o* ja *p* (joon. 378 *A*, *B* ja *C*). Värtnate võlli otsale on tehtud kaks «nelikanti» *a* ja *b*, milledele asetatakse värtnad; nad on varustatud riividega kuulikeste *c* või mingi muu

seadme kujul (joon. 378 *B*). Käsitlemata võlli konstruktsiooni[1] detailsemalt märgime, et mehhanism töötab automaatselt, sidestades mootori poolt veetavat detaili *d* (rihma *k* kaudu) kas nelikandiga *a* või nelikandiga *b*. Nii võib mootori poolt veetavaks, järelikult ka linti pealekerivaks muutuda näiteks «nelikant» *a*, teine «nelikant» *b* aga jääb vabaks, mille tõttu temale asetatud värtnalt, vee-

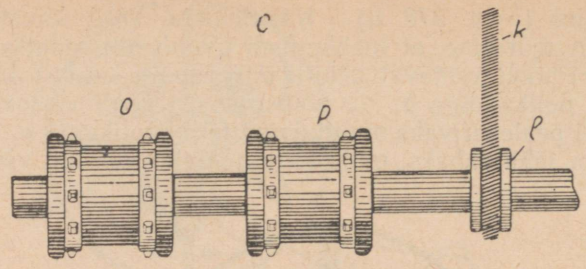


Joon. 377. Lindi otsa kinnitamine värtnale.



Joon. 378 *A* ja *B*. Kinoaparaadi УП-2 kerimisvõlli ehitus.

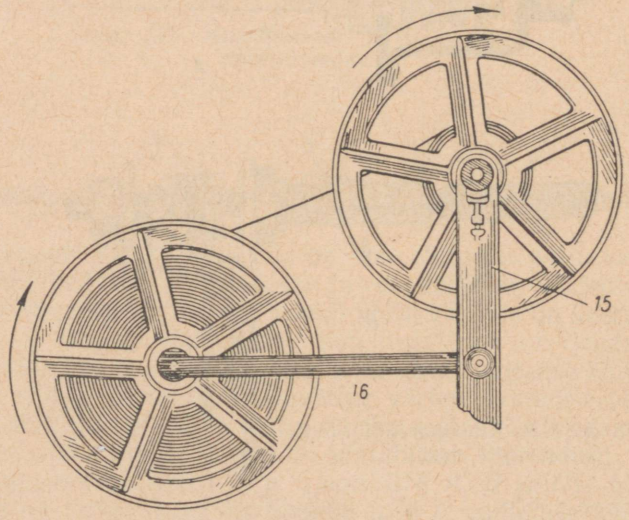
[1] Kasutades ehituse tundma õppimiseks joonist 378 *A* ja *B*, tuleb kerija võlli vaadelda tegelikkuses, s. t. aparaadil УП-2.



Joon. 379. Lindikerimismehhanismi trumlid.

tuna hammastrumlist *p*, võib lint vabalt maha kerida. Teiseks variandiks on vastupidine olukord, kus mootor veab «nelikanti» *b* ja «nelikant» *a* on mootoriga sidestamata.

Ümberlülija seadmisel käigule «вперёд» (edasi) (jagu 2 ja joon. 355 ja 360) on vedavaks nelikant *a*, mis on esimene, arvates võlli vabast otsast, mispärast filmi asetamisel aparaati filmiga värten asetatakse teisele kaugemale nelikandile *b*, tühi värten aga, mis vajab käitamist, esimesele nelikandile *a* (joon. 378 *B*). Ümberlülija asetamisel käigule «назад» (tagasi) (jagu 2, V ja joonis 355 ja 360) värtnate funktsioonid automaatselt muutuvad, s. t. värten kaugemal nelikandil *b* muutub veetavaks, filmi peale kerivaks, värten esimesel nelikandil *a* aga pöörleb vabalt kerides linti maha. Nagu juba nimetatud, toimub see automaatselt vedru *e* toimel töötava põrklingiga mehhanismi abil, nõudmata õpetaja poolt mingisugust tegevust.



Joon. 380. Lindi ümberkerimine kinoaparaadis УП-2.

Aparaadis УП-2 asetatakse filmi tagasikerimiseks täisnurkselt pööratava liistu *16* võllile filmiga värten (joon. 380); tühi värten, millele hakatakse filmi kerima, asetseb kerija *15* (joon. 380) nelikandil *b* (joon. 378 *B*). Seejuures filmiga värten asetatakse võllile nii, et filmi vaba ots oleks ülespoole, nagu on näidatud joonisel 380. Ümberlülija käepide (jagu 2, V, joonis 355 ja 360) asetatakse asendisse «перемотка» (tagasikerimine), mille tõttu mootor hakkab tööle, kuid lamp ei põle; reostaadiga aga (jagu 2., IV ja joon. 360) reguleeritakse pöörlemise kiirust.

Filmi tuleb tagasi kerida läikiva küljega tingimata väljapoole ja mattküljega sissepoole, millest praktikas kahjuks alati kinni ei peeta, eriti kinoaparaadi 16-НП-6 kasutamisel.

13. Filmi sisseasetamine kinoaparaati УП-2.

Filmi asetamine kinoaparaati УП-2 toimub joonisel 381 toodud skeemi järgi. See protsess koosneb järgmistest üksteisele järgnevatest operatsioonidest:

a) paigutada kohale kerija *15* (mis oli säilitamiseks ära võetud) ja kinnitada see kinnitusmutriga (joon. 355 *B*);

b) asetada «rihm» *k* (mitte keerdu!) kerija rihmarattale *d* ja rihmarattale *l* hammastrumlite *o* ja *p* võllil (joon. 378 *B* ja 379);

c) veenduda, et film (joon. 385) on värtnale keritud õigesti, s. t. läikiva küljega väljapoole;

d) asetada etteandev värten filmiga kerija võlli «nelikandile» *b* (võlli otsast kaugemale) (joon. 378 *B*) ja seejuures tingimata nii, et filmilindi vaba ots oleks objektiivi *7* poole (joon. 381). Kontrollida, kas fikseerivad kuulikesed *c* hoiavad värtnat kinni (joon. 378 *B*);

e) kerida värtnalt 80—100 *cm* filmi maha;

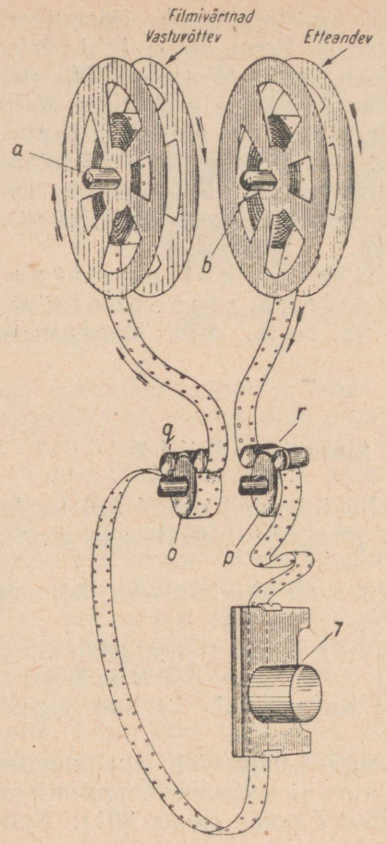
f) keerata eemale surverullikutega vankrikesed *q* ja *r* hammastrumlitelt *p* ja *o* (joon. 381 ja 382);

g) viia filmilint võlli otsast kaugema trumli *p* vankrikese *r* alla, asetada ta perforatsioonitrumli hammastele ja sulgeda vankrike (joon. 381). Veenduda, et lint on trumlil mati küljega;

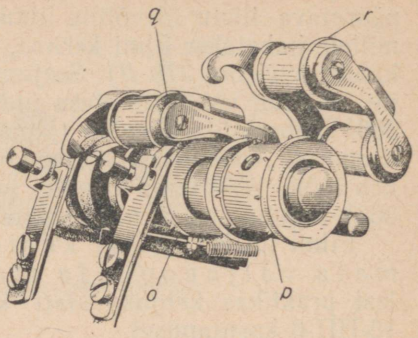
h) avada objektiiviga *7* varustatud uks (373) ja pöörates käivitusnupust *21* (joon. 355 *B*), viia greiferi hambad läbi aknakeste *oo* filmikanalisse (joon. 373);

i) tingimata jättes aasa, mille pikkus on 8—10 üksikpilti, asetada film filmikanalisse, paigutades perforatsiooniaugud greiferi hammastele (joon. 373 ja 381). Uks sulgeda lõksuga. Veenduda, et lint on pööratud objektiivi poole läikiva küljega;

j) jättes vabalt rippuma filmi aasa 20—30 üksikpildist, viia lint võlli otsale lähema hammastrumli *o* surverulliku vankrikese *q* alla nii, nagu see on näidatud joonisel 381. Vankrike sulgeda. Veenduda, et lint asetseb trumlil mati küljega;



Joon. 381. Filmi teekond kinoaparaadis УП-2.



Joon. 382. Hammastrumlid vankrikestega.

k) asetades lindi vaba otsa värtna pilusse (joon. 377), seejuures objektiivi suhtes välispidisest küljest, asetada see värten kerija võlli otsapoolsele nelikandile *a* (joon. 378 *B* ja 381) nii, et teda hoiaks võllil fikseeriv kuulike *c* (joon. 378);

l) kontrollida filmi asetumist aparaadis, pöörates lindi edasivedamisseadet käivituskäepideme *21* abil (joon. 376).

14. Filmi asetamine kinoaparaati 16-НП-6.

Film asetatakse aparaati vastavalt joonisel 374 toodud skeemile. See protsess koosneb järgmistest üksteisele järgnevatest operatsioonidest:

a) selgitada, kas film on värtnale keritud õigesti, s. t. läikiva küljega väljapoole;

b) asetada edasiandev värten filmiga kerija ülemisele kronsteinile *15* nii, et lindi vaba ots oleks oma läikiva küljega ekraani poole, mati küljega aga aparaadi poole (joon. 361 *A*, 374);

c) kerides lindi umbes 100 *cm* ulatuses lahti, asetada see aasana piludesse rullikute *qq* ja ülemise hammastrumli *o* vahel, paigutades perforatsiooniaugud selle trumli hammastele. Veenduda, et film asetseks läikiva küljega vastu trumlit *o* (joon. 374);

d) vajutades nupule *b*, avada filmikanal (joon. 374) ja pöörates käivitusnuppu *21* (joon. 361 *B*), viia greiferi hambad läbi aknakese filmikanalisse *c* (joon. 374);

e) jättes 8—10 üksikpildist koosneva aasa, paigutada filmilint filmikanalisse *c*, seades perforatsiooniaugud käsikaudu greiferi hammastele. «Uks» sulgeda lõksuga ja veenduda, et lint ei tulnud greiferi hammastelt maha, s. t. et teda ei saa tõmmata edasi;

f) jättes 8—10 üksikpildist aasa, asetada lint alumisele hammastrumlile *p* (tingimata läikiva poolega trumli poole) läbi pilude rullikute *rr* ja selle trumli vahel. Lint peab oma perforatsiooniaukudega asetsema trumli hammastel;

g) filmi vaba ots kinnitada vastuvõtva värtna pilusse või lõksu alla (joon. 377). Värten asetada alumise kronsteini *16* võllile, ühtlasi tõmmates «rihma» (passiku) kerija rihmarattale;

h) kontrollida operatsioonide korralikkust, pöörates käivitusnuppu *21* (joon. 361 *B*).

15. Filmi projitseerimine kinoaparaatidega УП-2 ja 16-НП-6.

Aparaatide УП-2 ja 16-НП-6 ettevalmistamisel ja filmi projitseerimisel tuleb kinni pidada järgmistest reeglitest:

a) tingimata õlitada aparaati (vastavalt 16. ja 17. jaos antud juhenditele);

b) paigutada aparaat tugevale, kõige parem massiivsele lauale, kas tavalisele või erilauale, vibreerimise vältimiseks;

c) lülides aparaadi valgustusvõrku, kontrollida voltmeetriga pinget töötava mootori ja põleva lambi puhul, mis peab olema 110 *V*. Vajaduse korral kasutada pinget tõstvat või madaldavat autotransformaatorit (jagu 4);

d) käivitades aparaadi, milleks ümberlülija pööratakse vastavasse asendisse, ja pannes lambi põlema (jagu 2 ja 3), fookustatakse (jagu 5, I ja II) raam ekraanile, s. t. püütakse saada tema äärte teravat kujutist;

e) saades teravalt joonestatud äärtega välja, lastakse kinoaparaadil УП-2 šarniiri kruvi *13* tema alusel järele (jagu 10 ja joon. 355), keeratakse aparaadi pead seni, kui kujutis on tõusnud vajalikule kõrgusele, s. t. kuni ühtumiseni ekraani väljaga. Pärast seda šarniiri kruvi *13* keeratakse tugevasti kinni. Samasuguseks seadmiseks on aparaadil 16-НП-6 käega keeratav mutter *13* (joon. 371);

f) kui filmiakna kujutise mõõted ekraanil ei ole küllaldased, siis laud koos aparaadiga viiakse ekraanist eemale; kui aga need mõõted on liiga suured, siis nihutatakse lauda ekraanile ligemale (jagu 5, I). Ekraani normaalsuuruseks on: УП-2 puhul — 150 *cm* × 120 *cm* ja 16-НП-6 puhul 180 *cm* × 156 *cm*. Kõige parem on, kui kujutise ääred langevad ühte musta kandiga, mis on ekraanile jäädavalt värvitud (jagu 22);

g) käivitades aparaati kontrollitakse, kuivõrd hästi on tsentreeritud valgus, mille üle saab otsustada ekraani valgustuse ühtluse järgi. Kui ekraanil on heledamaid ja tumedamaid kohti, siis tsentreeritakse vastavalt jaos 7 antud juhenditele;

h) peatades aparaadi, asetame filmi kohale nagu kirjeldatud jaos 13 ja 14, mitte unustades veenduda, kas film on pööratud mati küljega objektiivist eemale;

i) aparaat УП-2 käivitatakse ümberlüliti *3* käepideme pööramisega asendisse «вперёд» (edasi), kusjuures reostaadi *4* käepide on asendis «медленнее» (aeglasemalt) (joon. 355) (jagu 2, IV ja V). Pärast aparaadi käivitamist reguleeritakse kiirust, pöörates reostaadi *4* käepidet lähemale asendile «быстрее» (kiiremini);

j) aparaat 16-НП-6 käivitatakse ümberlüliti käepideme *3* viimisega asendisse «включено» (sisselülitatud), mille järel lüliti *4* abil süüdatakse lamp (joon. 361 *A*) (jagu 3, IV). Aparaadi kiiruse reguleerimine toimub mehhaanilise «piduri» (joon. 361 *A*) pea *18* pööramisega, kusjuures kiirus kõigub 12 ja 28 üksikpildi vahel sekundis. Pea *18* pööramisel kellaosuti liikumise suunas aparaadi käik aeglustub, pööramisel vastassuunas aga kiireneb;

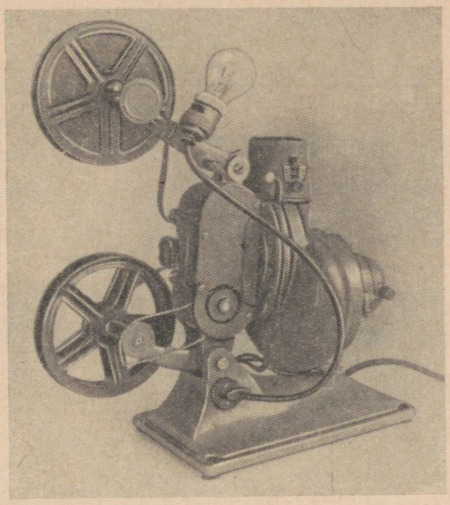
k) aparaadi УП-2 või 16-НП-6 käivitamise järel toimub filmi lõplik fookustamine, mille üle otsustatakse kujutise teravuse järgi ekraanil, ja kinnitatakse objektiiv *7* kinnituskruvi *20* abil (joon. 361 *A*);

l) filmi peatamiseks aparaadis УП-2 viiakse aparaadi töötamisel friktsioonsiduri käepide *17* lõpuni objektiivist eemale (joon. 355 *A* ja *B*). Filmi uueks liikumapanekuks nihutatakse sama käepidet lõpuni objektiivi suunas. Liikumatu projitseerimine ei tohi mingil juhul kesta üle 3 minuti, sest muidu võib lindi üksikpilt rikneda. Kui aparaadi valgusfilter *10* (joon. 366) on katki, siis liikumatu projitseerimine on kategooriliselt keelatud, sest see põhjustab tingimata üksikpildi läbipõlemist;

m) kinoaparaadi УП-2 tagurpidikäiku kasutatakse metoodilistel sihtidel selleks, et filmi ühte või teist fragmenti uuesti näidata. Tagurpidikäiguks tuleb filmi katkemise vältimiseks ümberlüliti *3* käepide viia esiteks neutraalasendisse (jagu 2, V), seejärel oodata filmi lõplikku seisujäämist ja alles pärast seda viia käepide asendisse «назад» (tagasi). Tagurpidikäiku ei saa mingil tingimusel lubada üle kahe minuti, sest ventilaator, pööreldes vastupidises suunas, jahutab lampi (300 *W*) halvasti, mille tõttu viimane võib ülekuumeneda, ta klaaskestal võib tekkida muhk ja hõõgniit põleb tingimata läbi (joon. 362 *B*);

n) liikumatuks projitseerimiseks, mis on võimalik 1—2 minuti vältel, kinoaparaadil 16-НП-6 viiakse friktsioonsiduri käepide *17* asendist «ход» (käik) asendisse «стоп» (seis) (jagu 10 ja joon. 361 *B* ja 371). Seejuures väheneb valgusfiltri automaatse sisselülimise tõttu tunduvalt ekraani valgustus. Kinoaparaadil 16-НП-6 tagurpidist käiku ei ole.

Lõpuks tuleb märkida, et aparaadil 16-НП-6 on ette nähtud võimalus saali valgustamise lambi sisselülimiseks (joon. 383); lamp süttib automaatselt filmi peatamisel (jagu 3, I ja IV). Aparaadil УП-2 niisugust seadist ei ole.



Joon. 383. «Saalilambi» ühendamine kinoaparaadiga 16-НП-6.

16. Kinoaparaadi УП-2 õlitamine.

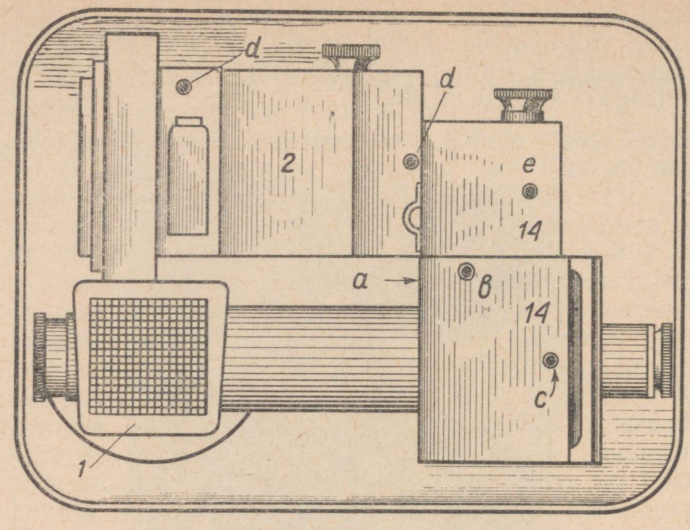
Kinoaparaat УП-2 vajab enne igat filmidemonstreerimist süstemaatilist õlitamist[1]. Selleks kasutatav õli peab olema parima kvaliteediga, näiteks kondiõli (§ 11, 17, II).

Joonisel 384 on skemaatiliselt näidatud avad, millede kaudu toimub aparaadi УП-2 õlitamine. Õlikannust (joon. 173) lastakse 3—5 tilka õli avasse *a* greiferikarbi külgseinas greiferi trumli õlitamiseks, kusjuures pööratakse käivitusnuppu *21* (joon. 355 *B*). Avadesse *b* ja *c* lastakse 3—5 tilka õli greiferi ja ekstsentriku õlitamiseks, pöörates sama käepidet. Mootori *2* laagreid õlitatakse 5—8 tilga õliga avade *dd* kaudu mootori töötamise ajal. Filmikerijat õlitatakse (käigul) 2—3 tilga õliga vastavate avade kaudu (tavaliselt punaseks värvitud).

Õhu väljumisava karteris saab kasutada õli juurdevalamiseks juhul, kui karterit täitev tavott[2] on muutunud madala temperatuuri tõttu paksuks.

---

[1] Kui aparaat töötab iga päev umbes 1—2 tundi, siis õlitatakse üle päeva.
[2] Tavotti tuleb karteris vahetada 2—3 korda aastas (§ 11, 17, II).



Joon. 384. Õlitusavade asetus kinoaparaadis УП-2.

17. Kinoaparaadi 16-НП-6 õlitamine.

Õlitamise üldised juhendid on antud jaos 16. Aparaadi 16-НП-6 õlitusavad on tavaliselt värvitud punaseks. Igasse neist lastakse enne seanssi 2—3 tilka õli. Tuleb üles leida greiferi mehhanismi, mootori ja filmikerija laagrite õlitusavad. Hammastrumlite avadesse tuleb lasta õli samas koguses iga 10—15 seansi tagant.

Avasse karteris võib õli valada siis, kui tavott hammasratasmehhanismis on ruumi madala temperatuuri tõttu paksenenud.

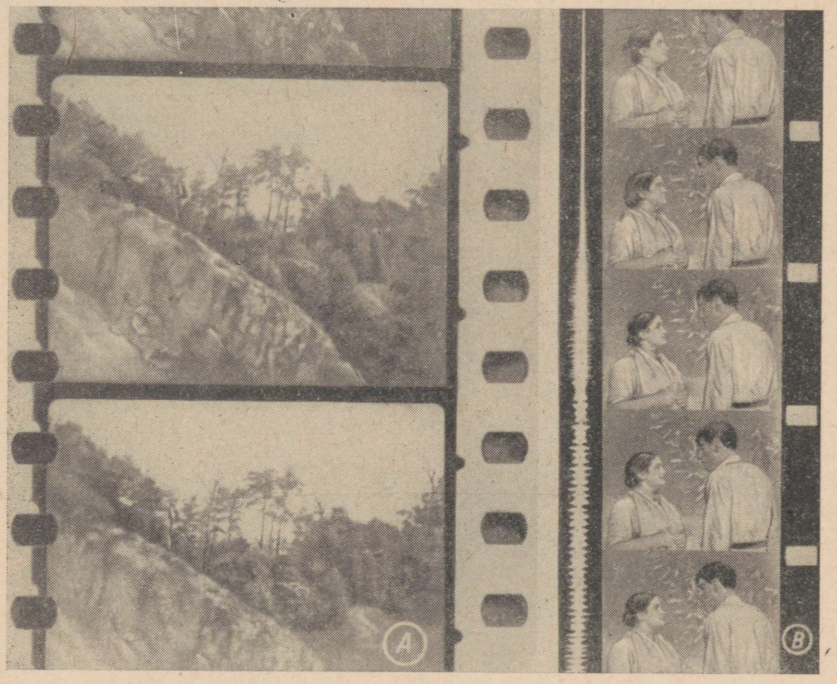
18. Rikete kõrvaldamine.

Kinoaparaatide mitmesuguste rikete kõrvaldamiseks tuleb üldiselt pöörduda kohaliku kinobaasi töökoja poole. Ainult juhul, kui õpetaja on vastava kirjanduse abil (jagu 22) kinoaparaadi kinemaatikat põhjalikult tundma õppinud, võib ta paljusid rikkeid ise kõrvaldada. Ühe sageli esineva rikke põhjustajana juhime tähelepanu «tagi» tekkimisele filmikanalis, mis võib põhjustada filmi rikkumist (joon. 373 ja 374). **Kui filmikanalis on tekkinud tumedad plekid, või mis veel halvem, kare kirme, mis on tolmu ja peamiselt mahahõõrdunud filmiosakeste sadestumise tulemuseks, siis niisugune tagi tuleb kõige hoolikamalt kõrvaldada.** Selleks kasutatakse lappi ja kui see ei aita, siis tuleb tagi maha kraapida vask- või messingkaabitsaga, mitte kunagi aga raud- või teraskaabitsaga.

19. Kinofilmi säilitamine ja kleepimine.

I Üldisi andmeid kinofilmi kohta. Koolikinoaparaatide kitsasfilmi valmistatakse atsetüültselluloosist, mitte aga tselluloidist, nagu normaalfilmi (laia), sest tselluloid on äärmiselt tuleohtlik. Kuigi kitsasfilmi nimetatakse mittepõlevaks, ta siiski põleb, kuigi mitte nii intensiivselt kui tselluloid. Kinoaparaati (ilma valgusfiltrita) seismajäänud filmi üksikpilt harilikult põleb kuumenemise tõttu läbi, ülejäänud lindi osa aga süttib seejuures harva.

Tumma kitsasfilmi laiuseks on 16 *mm* ja üksikpildi mõõdeteks 7,47 *mm* × 10,41 *mm*. Perforatsiooniaugud asetsevad mõlemal pool filmi äärel. Kitsal helifilmil on erinevalt tummfilmist perforatsioon ainult ühel äärel; teisel ääreI on heliriba ehk fonogramm, s. t. heli üleskirjutis (joon. 385 *B*).



Joon. 385. Normaalse (*A*) ja kitsasfilmi (*B*) suhtelised suurused.

Lindi ühe meetri pikkusel on 116 üksikpilti. Tummfilmi liikumise kiiruseks[1] on tavaliselt 16 kuni 28 üksikpilti sekundis, järelikult iga meetri filmi demonstreerimiseks kulub keskmiselt 5 sekun-

[1] Helifilmi kiirus on stabiilne ja vastab 24 üksikpildile sekundis.

dit. Ühele värtnale keritakse 120—150 *m* filmi. Värtnaid säilitatakse tihedalt suletavais plekk-karpides. Niisuguseid karpe avatuina hoida ei tohi tolmu sissesattumise ja filmi teatava tuleohtlikkuse tõttu. Kui filmid kuuluvad koolile ja neid hoitakse lahtiselt, siis 2—3 aasta jooksul nad «kuivavad» ära, muutuvad rabedateks ja hakkavad demonstreerimisel järjekindlalt katkema.

Matt, veidi kare filmi külg on kaetud emulsiooniga, teine emulsioonita külg on läikiv ja libe.

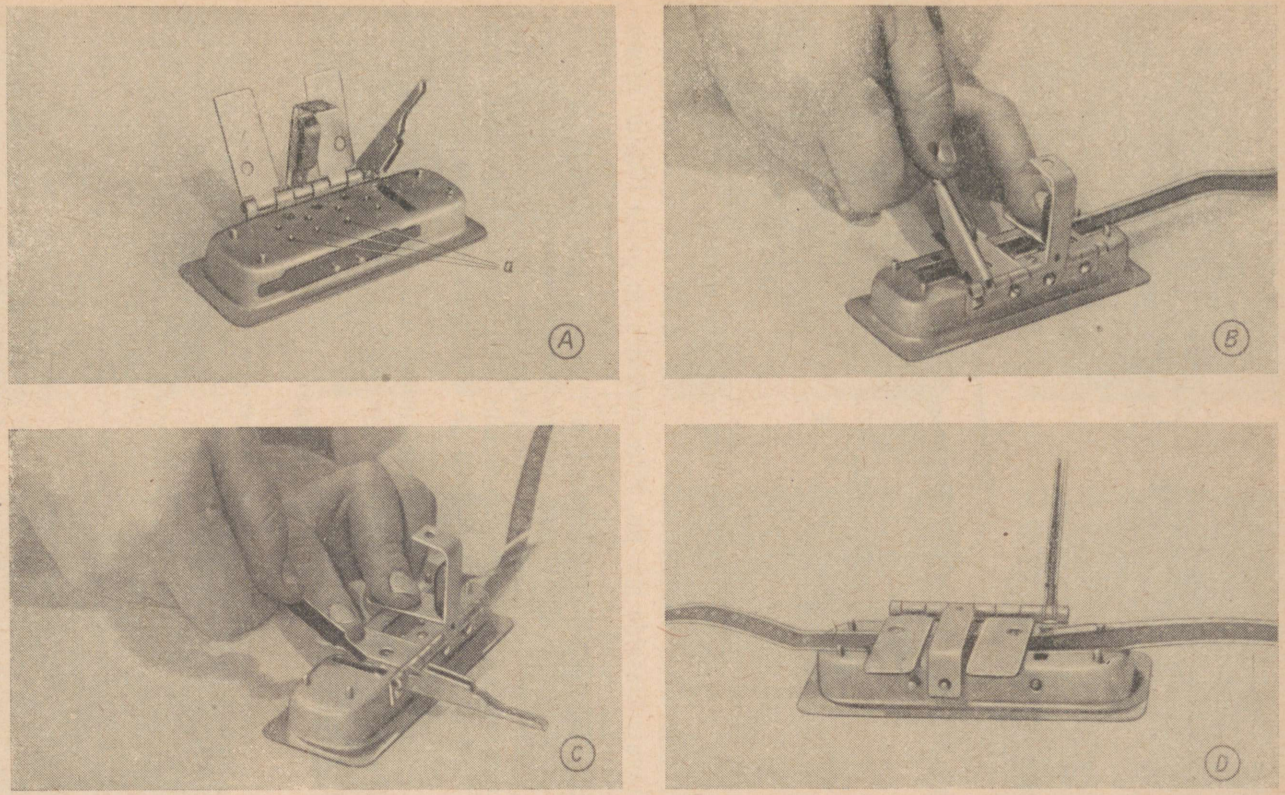
II Filmi kokkukleepimine. Rebenenud filmi otste kokkukleepimiseks on otstarbekohane hankida eriline seadis, mis peale käepärase töötamise tagab ka oma hammaste *aa* tõttu perforatsiooniaukude õigest vahest kinnipidamist (joon. 386)[1]. Kui see vahe pärast jätkamist osutub normaalsest suuremaks või väiksemaks, siis projitseerimisel on lindi katkemine paratamatu. Peale jätkamisseadise, ilma milleta saab korralik õpetaja ka hakkama, on tarvis veel kääre, žiletitera või väga teravat nuga (joon. 323 *C*), liimi ja juuspintslit (joon. 387 *E*). Müügil on eri liimi atsetaatfilmi jaoks, mis koosneb äädikhappest (50%) (§ **24**, 3), atsetoonist (30%) ja amüülatsetaadist (pirniessentsist) (20%) (§ **9**, 2). Eduga võib siiski kasutada ka ainult atsetooni. Kuna liim ja atsetoon on väga kergesti lenduvad, siis tuleb neid hoida tihedalt kinnikorgitud klaasis. On otstarbekohane pintsel kinnitada korgisse ja hoida teda liimiklaasi asetatuna.

Filmi katkemisel lõigatakse servad joonisel 387 *A* näidatud kriipsjooni mööda (täiesti sirgelt) ära ja saadakse lõiked, mis on toodud joonisel 387 *B*. Noaotsaga või žiletiteraga kaabitakse lõigatud servalt umbes 2,5 *mm* ulatuses emulsioon maha (joon. 387 *C*). Otstarbekohane on kraapida läikivat külge ka teisel filmi otsal. Pärast seda kokkukleebitavad otsad asetatakse teineteisele nii, et perforatsiooniaugud jääksid täpselt kohakuti (joon. 387 *D*) ja seejärel, lastes kleepimiskohale pintsliga atsetooni (joon. 387 *E*), surutakse otsad mõneks minutiks kokku. 2—3 minuti pärast on kokkukleebitud koht kuivanud. Perforatsioonihammastega varustatud seadme kasutamine võimaldab kokkukleebitavaid otsi täpsemalt teineteisele asetada (joon. 386).

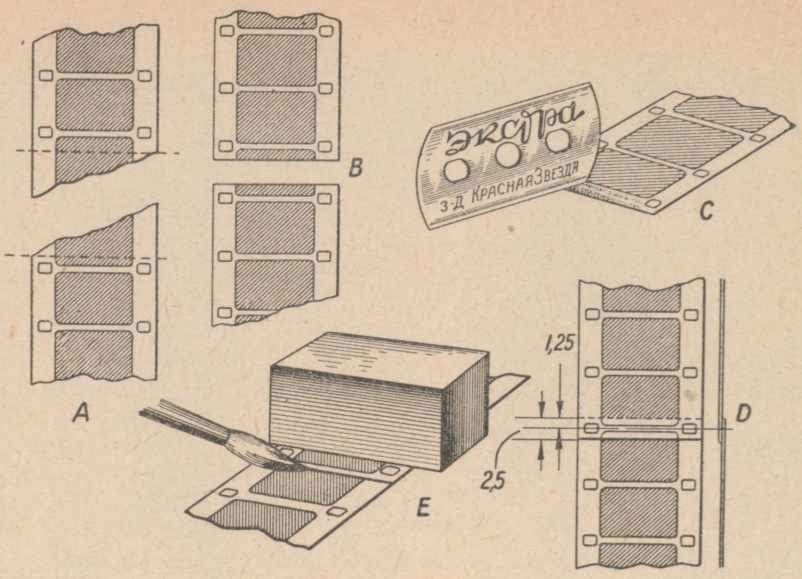
20. Õppefilmide soetamisest.

Õppetööle vastavaid kitsaid tummfilme võib õpetaja saada tasuta filmoteekidest, mis tavaliselt on rajooni haridusosakonna juures (joon. 388). Abonemendi avamiseks tuleb sinna esitada kinoaparaat ülevaatuseks ja registreerimiseks, vajaduse korral ka remondiks, peale selle aga veel avaldus kooli direktori poolt, milles on märgitud kooli kinotöö eest vastutav isik, kooli aadress ja andmed ruumi, valgustusvõrgu sisse- ja väljalülimise kohta, tee-

[1] Joonisel 386 kujutatud seadis, mis antakse kaasa aparaadile 16-НП-7, on varustatud lõikajaga ja kaabitsaga.



Joon. 386. Kinofilmi kokkukleepimise seade. Vetruvad klambrid tõstetakse üles (*A*), hammastele *a* asetatakse lint ja lõigatakse sirgeks (*B*). Kaabitsa abil kõrvaldatakse emulsioon (*C*), mille järel asetatakse lindi otsad teineteisele, määritakse ühendatavad kohad liimiga ja kuivatatakse pealesurutud keskmise klambri all (*D*).



Joon. 387. Kinolindi kokkukleepimine.

nindatavate klasside arv jm. Filmoteekides on peale filmide nimestike kasutada veel nn. m o n t a a ž i l e h e d, milledes on toodud kõikide filmi kuuluvate fragmentide iseloomustus (üldine või keskmine plaan, multiplikatsioon, pealkiri jne.), samuti ka nende sisu ja pikkus meetrites. Montaažilehe järgi saab filmist tavaliselt täieliku kujutluse. Kinofilmide nõudeleht koos nimetuste ja tähtaegade nimetamisega antakse filmoteeki ja kooskõlastatakse sellega harilikult poolaastate kaupa.

Kinofilmi füüsikatundides kasutamise metoodika ja filmide loetelu on antud I köites §§ **23**, 1—5 ja **49**, 2.

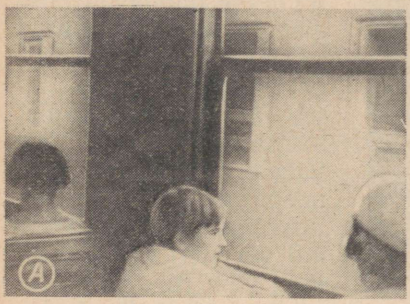
21. Ekraan.

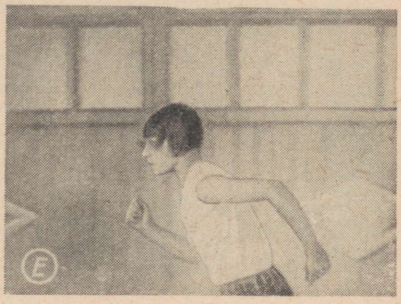
Kõige sobivamaks on võllile keritav allalastav ekraan, mida saab kergesti viia ühelt kohalt teisele ja paigutada mistahes kohale seinal.

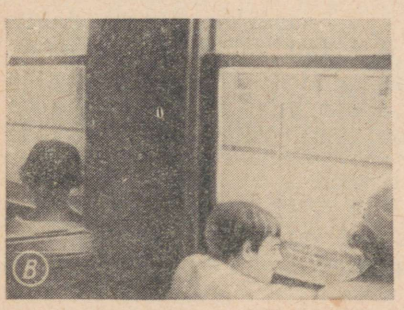
Vene NFSV Haridusministeeriumi keskkinolaboratoorium «Школьфильма» valmistab kokkupandavaid raamiga ja alusega ekraane, mis on kergesti kokku monteeritavad 10 kergest alumiiniumtorust (joon. 389). Kogu torude komplekt ja lina mahuvad mugavalt kantavasse presendist kesta. Ekraani mõõted on 150 *cm* × 120 *cm* ja 180 *cm* × 146 *cm*. Ekraanid on kaetud mahapestamatu valge või hõbedase emulsiooniga ja seepärast on puhastatavad veega pesemise teel.

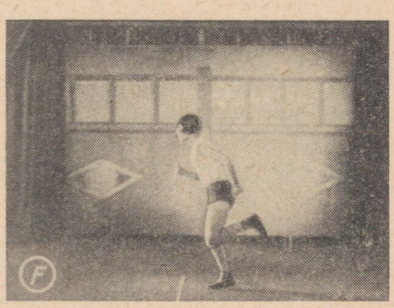


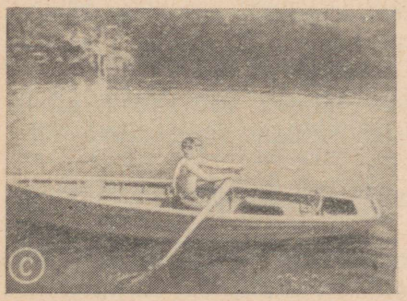


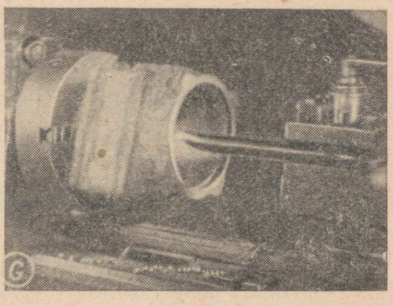






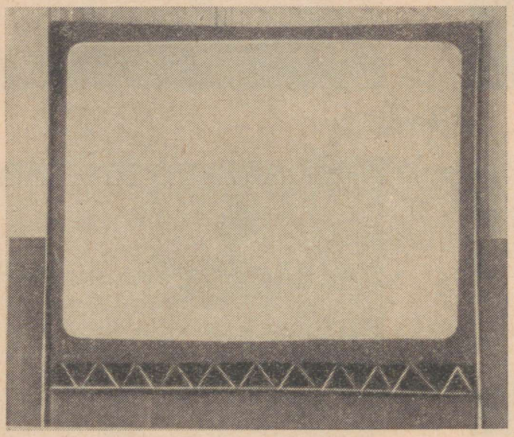






Joon. 388. Fragmendid kinofilmist «Suhteline liikumine».

Ekraanil, nagu teada, peab olema kare valgust hajutav pind. Sellele tingimusele vastab suurimal määral valge paber, linane riie ja valge matt kriidi värv. Alumiiniumipulbriga kaetud ekraanil on 8 korda suurem peegeldusvõime kui valgel paberil, ta hajutab aga kasulikult valgust umbes 60°-se nurga piirides. Seepärast on hõbeekraani mõtet kasutada pikkades kitsastes ruumides.



Joon. 389. Kokkupandav kinoekraan.

Paber on ekraani valmistamiseks kõlbmatu, välja arvatud juhus, kus ta on kleebitud mitmekordsele vineerile (§ 8, 2, IX), sest ekraanil ei ole lubatavad mingisugused ebatasasused ega voldid. Tavaline valge, värvimata riie laseb talle kinoaparaadist suunatud valgust koe vahelt osaliselt läbi, mispärast tema peegeldusvõime on väiksem kui värvitud riidel. Värvida võib riiet valge liimivärviga (§ 9, 4, I—III). Alumiiniumipind saadakse tiheda paberi või linoleumi katmisel hõbelakiga (§ 9, 4, IV). Suure tähtsusega on must raam ekraanile projitseeritava kujutise ümber. Niisugune raam kantakse ekraanile musta või sinise liimivärviga, kasutades värvainena tahma või pesusinet (joon. 389). Valge välja pikkuse suhe kõrgusega võetakse 4 : 3.

22. Kirjandus.

Kirjanduse loetelu kino metoodika kohta füüsika õpetamisel, ja peab ütlema, et kaunis lühike, on toodud I köites § 23, 5. Kinotehnika kohta ilmunud raamatutest väärivad kõige rohkem tähelepanu järgmised:

Ю. Кушнир, Звуковое кино, Киноиздат, М. 1941.

Populaarteaduslik raamat (täies ulatuses arusaadav ainult täieliku keskkooli õpilastele), tutvustab helikino füüsikaliste alustega ja ta ajalooga.

Коломийцев и Френкель, Рождение фильма, Госкиноиздат, 1939.

Н. Д. Анощенко, Общая кинотехника, Госкиноиздат, 1940.

Põhiline kinotehnika kursus, vajalik õpetajale, kes on huvitatud

kinotehnika küsimustest ja soovib seda võimalikult sügavalt tundma õppida.

Е. М. Голдовский, Узкоплёночная кинематография, Кинофотоиздат, М. 1936.

Raamatu annotatsioonist: «Raamatus põhjendatakse üksikasjaliselt erineva laiusega kinofilmide mitmesugusteks otstarveteks kasutamise otstarbekust. Üksikasjaliselt kirjeldatakse nii kodumaise kui ka välismaise kitsasfilmi kogu aparatuuri kompleksi nii tummfilmi kui ka helifilmi demonstreerimiseks. Käsitletakse kitsasfilmiga töötamise paremusi ja iseärasusi, nõukogude ja välismaa praktikat sel alal...» Raamatut võib soovitada õpetajatele, kes soovivad põhjalikult tutvuda kitsasfilmikino küsimusega.

Е. Голдовский, Проекция узких кинофильмов, Госкиноиздат, М. 1945.

Väike (64 lk.), kuid väga sisukas raamat, mis käsitleb kitsaste tumm- ja helifilmide demonstreerimist mitmesuguste kinoaparaatidega. On huvitav lugeda õpetajal, kes tahab tutvuda kitsa helifilmi kinoaparaadiga 16-3П.

С. М. Проворнов, Кинотехника, изд. Ленингр. о-ва учеб. и научн. кинематографии, Л. 1939.

С. М. Проворнов, Учебное пособие по проекционной и звуковой воспроизводящей аппаратуре, Госкиноиздат, 1940.

А. Н. Заварин, Кинопроекторы и их классификация, Госкиноиздат, 1940.

Я. А. Лейчик, Устройство и эксплуатация звукового узкоплёночника, Госкиноиздат, 1940.

Н. Косматов, Кинопроектор УП-2, Госкиноиздат, 1939.

В. Л. Никитин, Инструкция по обслуживанию узкопленочного кинопроектора УП-2, изд. Одесского завода «Кинап» имени Ф. Э. Дзержинского, Одесса, 1940.

В. Ф. Кобзарь, Новый школьный кинопроектор, журнал «Физика в школе», 1947, № 6.

Artiklis kirjeldatakse kinoaparaati 16-НП-6.

В. Ф. Кобзарь, Техника Экранизации учебного процесса в школе, Ленингр. ГПИ имени Герцена, Л. 1948.

Kogu loetelust tuleb seitsmeaastase kooli õpetajale seda raamatut eriti esile tõsta. Autor käsitleb elementaarsel kujul kõigepealt mõningaid optikaküsimusi, mis on otseselt seotud nii liikumatute kui ka liikuvate piltide projitseerimisega. Eriline ja küllalt täielik osa on pühendatud staatiliste kujutiste projitseerimise küsimusele ja tänapäeva kooli dia- ja epidiaskoopide konstruktsioonide kirjeldamisele. Erilist tähelepanu pühendab autor kinoaparaatide УП-2 ja 16-НП-6 kirjeldamisele ja kasutamisele.

Selles, pedagoogi poolt kirjutatud raamatus leiab õpetaja eranditult kõik, mida tal on tarvis teada kooli kinotehnika küsimustest, mitte aga kino metoodikast.

§ 23. AKUMULAATORID, NENDE TÜÜBID JA HOOLDAMINE.

1. Tööde otstarve.

Üldiselt on kasutusel kaks akumulaatorite tüüpi: hape- ehk seatina-akumulaator ja leelis- ehk kadmium-nikkelakumulaator. Hape- ja leelisakumulaatorite omaduste võrdlev tabel on toodud II köites. Samas köites on üksikasjaliselt käsitletud akulaadimise kõikvõimalikke viise mitmesuguste alalisvoolu allikate abil (dünamomasinad 120 ja 12 *V*, alaldajad). Sealsamas on toodud ka tunnused, mille järgi otsustatakse, kas akumulaatorid vajavad laadimist, või vastupidi, kas ei tule laadimist lõpetada.

Järgnevates jagudes: 1) tuuakse andmeid käesoleval ajal meie tööstuses toodetavate akumulaatorite kohta, 2) antakse juhendeid vedeliku esimest korda akusse valamise või vedeliku vahetamise ja esimese laadimise iseärasuste kohta, 3) käsitletakse akumulaatorite jooksva hooldamise põhireegleid ja 4) antakse mõningaid andmeid kaasaegsete galvaani elementide kohta.

2. Leelis- ja hapeakumulaatorite omaduste võrdlemine.

Antud töö tingimustele vastava akumulaatoritüübi õige valiku kergendamiseks on toodud järgnev tabel.

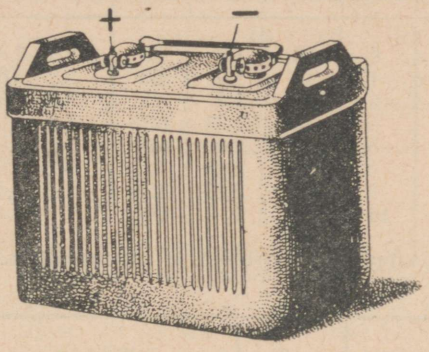
Leelis- ja hapeakumulaatorite omaduste võrdlus.

Tabel XXXI

	Akumulaatori tüüp	
	hapeakum.	leelisakum.
Kasutegur (energia tagasiand) . . .	0,75	0,45
Pinge langemine tühjenemisel %-des .	15	33
Erienergia kaaluühiku kohta *kWt/kg* .	10—30	25
Erienergia mahuühiku kohta *kWt/l* .	85	40
Lühistusvool akumulaatori mahu 1 liitri kohta amprites	1000	30
Isetühjenemine kuu jooksul %-des . .	10—30	2—30
Tugevaim lubatav koormusvool %-des normaalvoolust	800	500
	15 min. vältusega	15 min. vältusega
Remont	sagedane	ei toimu
Ületühjenemise, alatühjenemise pikaaegse laadimata olekus seismise, põrutuste suhtes	tundlik	mittetundlik
Temperatuuril üle 45°	mahtuvus suureneb	kaob tagastamatult 50% mahtuvusest
Temperatuuril alla 0°	mahtuvus väheneb	mahtuvus väheneb tugevasti

3. Seatina-akumulaatorite tüübid ja nende markeerimine.

Seatina-akudest sobivad nii katsete demonstreerimiseks kui ka laboratoorseteks töödeks kõige rohkem raadiolampide kütteakud, mis koosnevad kahest akupurgist.[1] Niisugune patarei on pandud puukasti ja tal on tugevad seatinast juhtmed klemmide juurde kasti välispinnal. Kõige sagedamini esinevad plastmassist plokkpurkidega akud ilma puukastita (joon. 390). Niisugused patareid on varustatud tugevate käepidemetega samast plastmassist ja seepärast mugavad kanda. Purkide rabeduse tõttu on nad aga puukastis akudest halvemad.



Joon. 390. Kahest seatina-akumulaatorist patarei plastmassist plokkpaagis.

Patareide markeerimine on standardne ja koosneb: a) arvust, mis näitab akude arvu patareis, b) tähtedest, mis tähendavad patarei tüüpi ja otstarvet, kusjuures tähed P ja H vastavad küttepatareile ja A — anoodpatareile, c) arvust, mis näitab aku mahtuvust (10-tunnisel aku tühjenemisel).

Nii näiteks markeering 2-PH-40 tähendab, et patarei on määratud raadiolampide kütteks, koosneb kahest akumulaatorist ja tema mahtuvus on 40 ampertundi. Järgnevates tabelites XXXII ja XXXVI on toodud andmed (elektrilised ja konstruktiivsed) raadiolampide kütteakumulaatorite ja anoodakumulaatorite (hapeakumulaatorite) kohta, mida võib koolis tarvis minna.

Seatina-akumulaatoritest on laboratoorseteks töödeks kõige sobivamad patareid 2-PH-40, mis kõlbavad ka tugevate voolude saamiseks (nende paralleelsel ühendamisel) vastavate katsete demonstreerimisel ja võimsate madalapingeliste lampide toitmiseks.

[1] Kolmest purgist koosnevad seatina-akud, mis on paigutatud puukasti, on hinnalt kallimad, raskemad ja tülikamad kui raadioakud. Autoakudel on tähistus CT, mis vastab nende kasutamise otstarbele — käiviti (starteri) toitmiseks. Tähistuses olevad arvud näitavad samuti, nagu raadioakudelgi, akupurkide arvu ja mahtuvust, näiteks 3-CT-100.

Raadio kütteakude (hapeakude) elektrilised karakteristikud.

Tabel XXXII

Patarei tüüp	Maksimaalne laadimisvool	Mahtuvus mitmesugustel tühjenemise režiimidel				Patarei pinge laadimise lõpul (*V*)	Minimaalne lubatav pinge tühjenemise lõpul (*V*)	Garanteeritud töötamise väitus tsüklites (tundi)
		10-tunnine režiim		50-tunnine režiim				
		Vool (*A*)	Mahtuvus (*A-t*)	Vool (*A*)	Mahtuvus (*A-t*)			
РНИ-60	6	6	60	1,5	75	2,6—2,8	1,8	150
2-РНИ-40	4	4	40	1,0	50	5,2—5,6	3,6	150
2-РНИ-60	6	6	60	1,5	75	5,2—5,6	3,6	150
2-НС-50	5	5	50	1,25	62,5	5,2—5,6	3,6	250
2-РНИ-80	8	8	80	2,0	100	5,2—5,6	3,6	150
2-НС-90	9	9	90	2,25	112,5	5,2—5,6	3,6	250
3-НС-90	9	9	90	2,25	112,5	7,8—8,4	5,4	250
3-НС-160	16	16	160	4	200	7,8—8,4	5,4	500

Hapeakupatareide elektrilised ja konstruktiivsed andmed.

Tabel XXXIII

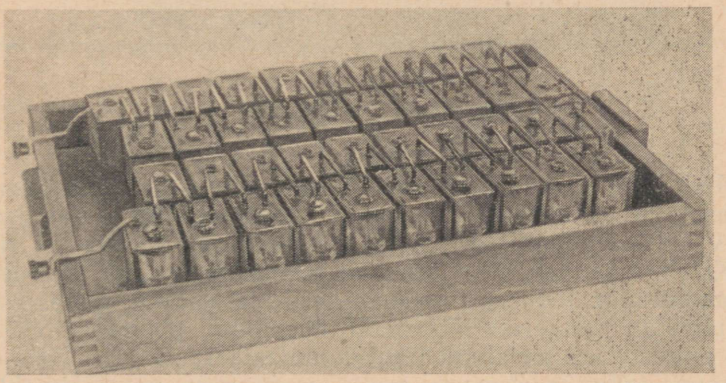
Tüüp	Nimipinge (*V*)	Mahtuvus (*A-t*)	Mõõted			Orienteeruvkaal (*kG*) ilma elektrolüüdita
			pikkus (*mm*)	laius (*mm*)	kõrgus (*mm*)	
			Raadio kütteakumulaatorid			
РНИ-60	2	60	169	111	281	7,0
2РНИ-40	4	40	168	153	282	9,4
2-РНИ-60	4	60	217	166	283	13,7
2-РНИ-80	4	80	247	167	280	17,8
2-НС-50	4	50	195	185	235	13,5
2-НС-90	4	90	257	185	235	19,0
3-НС-90	6	90	354	185	235	28,0
3-НС-160	6	160	526	216	343	68,0
			Raadio anoodakumulaatorid			
40-РАЭ-3	80	3	452	190	135	13,0
10-РАДАН-3	20	5	220	121	146	5,5
10-РАДАН-10	20	10	223	186	161	10,2
10-РАДАН-30	20	25	369	163	202	24,0
10-АС-12 puukastis	20	12	260	200	200	14,5
10-АС-20 puukastis	20	20	338	200	200	20,0
10-АС-12 monoplokkides	20	12	265	170	186	13,5
10-АС-20 monoplokkides	20	20	351	170	186	18,5

Raadio anoodakupatareide (hapeakud) elektrilised karakteristikud.

Tabel XXXIV

Patarei tüüp	Maksimaalne laadimisvool (*A*)	Mahtuvus mitmesugustel tühjenemisrežiimidel						Patarei pinge laadimise lõpul (*V*)	Minimaalne lubatav pinge tühjenemise lõpul (*V*)	Garanteeritud töötamise vältus tsüklites (tundi)
		10-tunnine režiim		25-tunnine režiim		125-tunnine režiim				
		Vool (*A*)	Mahtuvus (*A-t*)	Vool (*A*)	Mahtuvus (*A-t*)	Vool (*A*)	Mahtuvus (*A-t*)			
40-РАЭ-3	0,2	—	—	0,1	2,5	0,024	3,4	100—112	72	100
10-РАДАН-5	0,4	—	—	0,16	4,0	0,040	5,0	25— 28	18	100
10-РАДАН-10	0,8	—	—	0,32	8,0	0,080	10,0	25— 28	18	100
10-РАДАН-30	2,5	2,5	25	1,08	27,0	0,240	30,0	25— 28	18	60
10-АС-12	1,0	1,0	10	0,48	12,0	—	—	25— 28	18	150
10-АС-20	1,8	1,8	18	0,8	20,0	—	—	25— 28	18	150

Peale akumulaatorite nimetatud liikide väärivad tähelepanu (konstruktsiooni demonstreerimiseks) niisugused, millede plaadid on paigutatud klaasnõusse ja seetõttu on hästi nähtavad. Niisugusesse akumulaatorisse on parem hapet mitte valada, vaid demonstratsioonideks hoida kuivana. Seatina-akumulaatoritest anoodpatarei on toodud joonisel 391. Niisuguste akumulaatorite hooldamise keerukuse tõttu tuleb raadioringide töös neile eelistada kuivelementidest anoodpatareisid.



Joon. 391. Akumulaatorite (hapeakumulaatorite) patarei elektronlampide anoodi toitmiseks.

4. Leelisakumulaatorite tüübid ja markeerimine.

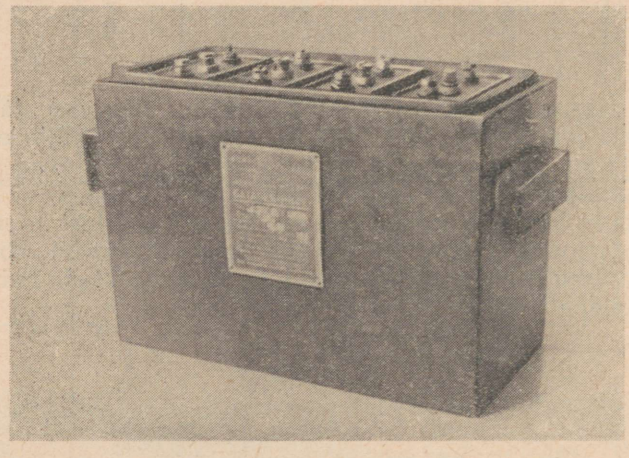
Müügil on olemas mitmesuguse mahtuvusega leelisakumulaatoreid (joon. 392). Akumulaatorite tüüpide tähistus koosneb tavaliselt kolmest tähest ja arvust.

a) Üks tähtedest näitab tavaliselt akumulaatori põhiotstarvet: näiteks A — anood, H — küte (накал).

b) Kaks järgmist tähte märgivad tavaliselt akumulaatori negatiivsete plaatide koostist: KH — kadmium-nikkel.

c) Arv vastab ampertundidele, s. t. akumulaatori mahtuvusele (8-tunnisel tühjenemisel).

Näiteks HKH-60 tähistab kadmium-nikkelakumulaatorit (joon. 392), mis on määratud lampide kütteks (H) ja mille mahtuvus on 60 ampertundi (60).



Joon. 392. Leelisakumulaatorite patarei.

Müügil olevatel leelisakumulaatorite patareidel on markeerimine samasugune, ainult selle vahega, et tähtede ette on asetatud arvud, mis vastavad patareisse kuuluvate akumulaatorite arvule. Näiteks 4-HKH-45 tähendab, et patareis on neli akumulaatorit mahtuvusega 45 ampertundi. Peale selle esineb veel markeering, milles esimene arv tähistab patareisse järjestikku ühendatud akumulaatorite arvu (arv puudub, kui on ainult üks akumulaator), tähed «СИ» — akumulaatori tüüpi ja viimane arv — mahtuvust normaalmahtuvuse osades, kusjuures normaalmahtuvuseks on võetud keskmiselt 10 ampertundi.

Järgnevalt toodud tabelites XXXV—XXXVII on antud raadiotarvete kauplustes müügil olevate leelisakumulaatorite põhiandmed.

Tabelites on antud: mahtuvus, laadimis- ja tühjenemisvoolu tugevused, välismõõted, elemendi ja elektrolüüdi kaal. Mõnikord õpetaja ei tea temal kasutada olevate leelisakumulaatorite tüüpi, järelikult ka elektrilisi andmeid (mahtuvust, laadimis- ja tühjenemisvoolu). Need andmed ja akumulaatori tüüp on kerge leida tabeli järgi, lähtudes akumulaatorite välismõõdetest.

Leelisakumulaatorite elemendid.

Tabel XXXV

	Tööpinge (*V*)	Mahtuvus (8-tunnisel tühjenemisel) (*A-t*)	Normaalne tühjenemisvool (*A*)	Normaalne laadimisvool (*A*)	Mõõted (*mm*)			Ühe elemendi kaal koos elektrolüüdiga (*kG*)	Elektrolüüdi maht ühes elemendis (liitrit)
					Pikkus	Laius	Kõrgus (äärtega)		
СИ-0,2	1,2	2	0,25	0,5	20	45	120	0,23	0,03
СИ-0,4	1,2	4	0,50	1,0	29	80	105	0,45	0,1
СИ-0,8	1,2	8	1,0	2,0	29	80	150	0,72	0,15
СИ-1	1,2	10	1,25	2,5	29	80	150	0,75	0,1
СИ-1,5	1,2	15	1,88	3,7	41	80	150	0,90	0,175
СИ-2	1,2	22	2,75	5,5	29	105	200	1,35	0,25
СИ-3	1,2	34	4,25	8,0	41	105	200	1,80	0,325
СИ-4	1,2	45	5,65	11,0	52	105	200	2,30	0,4
СИ-6	1,2	60	7,5	16	41	128	330	3,90	0,675
СИ-8	1,2	80	10,0	22	52	128	330	4,75	0,825
СИ-10	1,2	100	12,5	27	64	128	330	5,55	1,0

Leelisakumulaatorite kütte- ja anoodpatareid.

Tabel XXXVI

Patarei tüüp	Patarei anumate materjal	Elementide arv patareis	Patarei tööpinge (*V*)	Patarei mahtuvus (*A-t*)	Maksimaalne tühjenemisvool (*A*)	Pinge tühjenemise lõpul (*V*)
НКН-22	raud	1	1,25	22	2,75	1
НКН-45	„	1	1,25	45	5,63	1
НКН-60	„	1	1,25	60	7,5	1
4-НКН-45	„	4	5,00	45	5,63	4
4-НКН-60	„	4	5,00	60	7,50	4
		Anoodpatareid				
32-АКН-2	„	32	40	2,25	0,28	32
48-АКН-2	„	48	60	2,25	0,28	48
64-АКН-2	„	64	80	2,25	0,28	64

Leelisakumulaatorite patareid.

Tabel XXXVII

Patarei tüüp	Tööpinge (*V*)	Mahtuvus 8-tunnisel tühjenemisel (*A-t*)	Patarei välismõõted (*mm*)			Patarei kaal koos elektrolüüdiga (*kG*)
			pikkus	laius	kõrgus	
17-СИ-1,5	21,25	15	543	233	202	23,6
4-СИ-2	5	22	201	137	241	6,1
5-СИ 2	6,25	22	245	137	241	7,5
17-СИ-2	21,25	22	435	283	252	29,8
5-СИ-3	6,25	34	319	147	252	12,6
10-СИ-3	12,5	34	599	147	252	19,7
5-СИ-4	6,25	45	374	147	252	15,1
6-СИ-4-М	7,5	45	441	147	252	17,9
7-СИ-4	8,75	45	508	147	252	20,8
10-СИ-4	12,5	45	709	147	252	29,0
4-СИ-6-М	5	60	263	170	386	18,6
5-СИ-6	6,25	60	319	170	386	24,8
10-СИ-6-М	12,5	60	599	170	386	47,6

Hapeakumulaatori elektrolüüdi tiheduse muutumine olenevalt tühjenemise astmest.

Tabel XXXVIII

Ligikaudne tühjenemisaste %-des	Elektrolüüdi keskmine tihedus temper. 15°C	
	Tihedus	Baumè°
0	1,285	32
25	1,252	29
50	1,215	25,5
75	1,185	22,5
100 (ei ole lubatav)	1,153	19

Märkus. Leelisakude elektrolüüdi tihedus ei muutu.

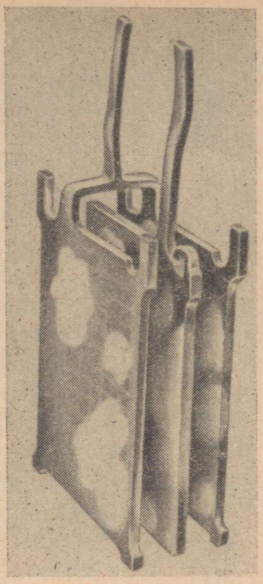
5. Lahuse vahetamise vajaduse tundemärgid.

Nii seatina- kui ka leelisakumulaatorid on harilikult müügil kuivadena ja seepärast tuleb neid kasutuselevõtmisel täita vastavate lahustega ja laadida. Seatina-akumulaatorid ei rikne, kui hoida neid kuivalt ja suletud punnidega; leelisakumulaatoreid tehas ei soovita kuivana hoida üle kahe kuu, kusjuures neid tuleb hoida tingimata suletud punnidega.

Õigel hooldamisel seatina-akumulaatorites olev lahus (väävelhape) ei vaja pika aja vältel vahetamist. Kui aga akumulaatori

lohaka käsitsemise tõttu plaatide mass osaliselt on välja langenud või purgi põhja on tekkinud tunduv hulk sadet või lahus on mustunud tolmuga, mida lahtiste punnide kaudu on sisse pääsenud, või lõpuks plaadid on tunduval määral kattunud sulfaatidega (jagu 7 ja joon. 393), siis tuleb lahust vahetada pärast akumulaatori anuma ja plaatide puhtaks pesemist.

Kaalium- või naatriumhüdroksüüdi lahus kadmium-nikkelakumulaatorites kuulub vahetamisele 8—10 kuu, maksimum 1 aasta pärast.[1] Lahuse vahetamise vajaduse tunnuseks on kadmium-nikkelakumulaatorite mahtuvuse tugev vähenemine ehk teiste sõnadega, akumulaatorid tühjenevad töötamisel kiiresti. Tavaline on lugu, et kogenematu õpetaja 6—8—10 kuu pärast veendub, et kadmium-nikkelakumulaatorid on «riknenud» ja ei pea laengut. See ei ole siiski akumulaatori riknemine, vaid ainult tunnus, et akumulaatoris tuleb vahetada lahust, mille järel nad hakkavad jälle normaalselt töötama.



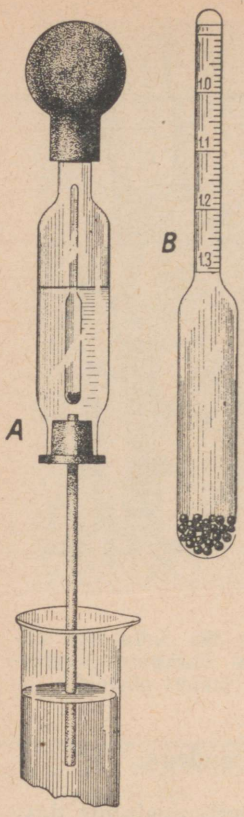
Joon. 393. Sulfaadiga kattuma hakkavad akumulaatori plaadid.

6. Lahused ja akumulaatorite täitmine nendega.

Seatina-akumulaatorite elektrolüüdiks on väävelhappelahus destilleeritud vees. Mitte ainult puhastamata, vaid ka mitteküllaldaselt puhastatud (purum) väävelhape rikub lühema või pikema aja jooksul seatina-akumulaatori. Eriti kahjulikud on tavalised lisandid puhastamata väävelhappes: kloor, arseen, lämmastikhape. Happe lahus valmistatakse vastavalt § **26**, 8 toodud juhenditele. Lahus sisaldab 25—26% H_2SO_4 ehk kontsentratsiooniga 22—23° Baumé järgi, ehk tihedusega 1,18—1,19 g/cm^3 (§ **24**, 6, III) (joon. 402). Nii näiteks, kui võtta hape erikaaluga 1,84 G/cm^3, siis lahuse saamiseks tuleb võtta ühe liitri destilleeritud vee kohta 218 *ml* niisugust hapet. Lahuse tihedust tuleb pärast jahtumist kontrollida areomeetriga. Niisugused areomeetrid[2], mida kasutatakse spetsiaalselt hapeakumulaatorite puhul, koosnevad kummipalliga varustatud pipetist (joon. 394 *A*). Pipeti laiemasse ossa on paigutatud areomeeter (joon. 394 *B*). Elektrolüüt imetakse pipetti ja siin mõõdetakse selle tihedust. Niisugune pipett võimaldab määrata ka seda, kuivõrd laetud on laaditav akumulaator. Niisugune määramine on võimalik

[1] Ilma punnideta või kummirõngasteta hoitavates akumulaatorites rikneb lahus juba mõne päeva jooksul.

[2] Kirjeldatud areomeetriga pipette on müügil õppetarvete kauplustes.



Joon. 394. Areomeetriga varustatud pipett hapeakumulaatori elektrolüüdi tiheduse määramiseks.

seetõttu, et elektrolüüdi esialgne tihedus 1,18 tõuseb hapeakumulaatori täielikul laadimisel kuni 1,28 g/cm^3 ehk 32°-ni Baumé järgi (vt. tabelit).

Kadmium-nikkelakumulaatorite elektrolüüdiks on (joon. 329) 20—21%-ne keemiliselt puhta kaaliumhüdroksüüdi või naatriumhüdroksüüdi[1] (kuid mitte väävelhappe!) lahus destilleeritud vees[2], mis vastab temperatuuril 15°C tihedusele 1,19—1,21 g/cm^3 ehk 23° — 25°-le Baumé järgi (joon. 402). Niisuguse lahuse valmistamisel kulub 0,76 *l* vee kohta umbes 200 *g* sööbeleelist. Lahuse valmistamist, mis nõuab äärmist ettevaatust, käsitletakse § 24, 9.

Kuivalt, s. o. elektrolüüdita saadud uued akumulaatorid on soovitav enne valmistatud lahusega täitmist loputada seest destilleeritud veega, mitte aga kraanist võetud või kaevuveega. Vee temperatuur peab seejuures olema 15—20°, s. t. toatemperatuur. Pärast läbipesemist pööratakse akumulaator $^1/_2$—1 tunniks kummuli, selleks et võimaldada veel täielikult akumulaatorist välja nõrguda.

Elektrolüüt, nii happene kui ka leelisene, soojeneb valmistamisel tugevasti; kuuma lahust akumulaatorisse valada on absoluutselt keelatud, seda tuleb lasta jahtuda kuni toatemperatuurini. Nii hape- kui ka leelisakumulaatorisse valatakse (klaaslehtri abil) niisugune kogus lahust, et selle nivoo oleks mitte vähem kui 10—12 *mm* üle plaatide; selle nivoo kõrgust saab mõõta, lastes punniavasse klaaspulga. Pärast lahusega täitmist suletakse tihedalt (!) avad aku kaanes — leelisakumulaatoritel metallpunnidega, seatina-akumulaatoritel kummipunnidega. Täidetud akumulaatorit lastakse nii mõned tunnid seista ja lisatakse korduvalt lahust juurde, olenevalt sellest, kui palju seda on imbunud plaatidesse, ning seejärel pannakse kohe laadima.

[1] Akumulaatori töötamise erinevusest kaaliumhüdroksüüdiga ja naatriumhüdroksüüdiga — vt. jagu 7, I.

[2] Äärmisel juhul võib tarvitada lumest sulatatud või vihmavett, mida on kogutud puhtasse emailitud nõusse sademete ajal ja seda ainult siis, kui destilleeritud vett ei ole võimalik saada.

7. Akumulaatorite riknemise põhjused ja rikete «ravimine».

«Ravida» riknenud akumulaatoreid on keerukas toiming ja seepärast on otstarbekohasem niisugust riknemist vältida. Vaatleme peamisi põhjusi, millest on tingitud akumulaatorite riknemine, mis tavaliselt väljendub tunduvas mahtuvuse kaos.

I Leelisakumulaatorid. Kooli tingimustes riknevad leelisakumulaatorid harvemini kui seatina-akumulaatorid, mispärast füüsikakabinetile soovitatakse osta nimelt leelisakumulaatoreid, mitte seatina-akumulaatoreid. Kahjuks tunneb õpetaja vähe **leelisakumulaatorite riknemise peapõhjust, nimelt elektrolüüdi ülekuumenemist,** mida muuseas on kerge vältida (vt. edasi punkt *b*). Leelisakumulaatorite riknemise peamised põhjused võivad olla järgmised:

a) Elektrolüüdil (lahusel) on võimaldatud ülekuumeneda[1] lühise tõttu või tühjenemisel, samuti ka laadimisel normaalsest palju tugevama vooluga. Mingil tingimusel e i t o h i l u b a d a k a a l i u m h ü d r o k s ü ü d i l a h u s e t e m p e r a t u u r i l l e e l i s a k u m u l a a t o r i s t õ u s t a ü l e 40—45°, s e s t s e l j u h u l a k u m u l a a t o r i m a h t u v u s v ä h e n e b j ä ä d a v a l t umbes 50% võrra ja seda taastada ei ole võimalik mingite abinõudega. Naatriumhüdroksüüdilahuse puhul aga akumulaator kannatab ilma mahtuvuse vähenemiseta välja temperatuuri kuni 50—55°. Ülekuumenemise oht on väga reaalne suvel, eriti lõunarajoonides, kus õhu temperatuur tõuseb mõnikord üle +30°.

b) Leelisakumulaatori punnidel on kadunud kummirõngad *a* (joon. 299 *A*), mille tõttu kaalium- või naatriumhüdroksüüdilahus, ühinedes õhu süsihappegaasiga, muutub vastavalt potase- või soodalahuseks (§ 24, 9). Kui see on juhtunud, tuleb lahus kohe välja valada, akumulaator destilleeritud veega hästi loputada ja täites ta uue lahusega, panna laadima.

c) Punni ventiil, mis koosneb kummirõngast *a* (joon. 299 *A* ja *B*) on lakanud töötamast kanali *b* ummistumise tõttu potase- või soodakristallidega. Akumulaator paisub seejuures anuma keskkohas, võttes «vaadi» kuju. Sel juhul tuleb ventiil puhastada, läbi pesta ja vajaduse korral vahetada kummirõngas, valmistades selleks uue rõnga kummitorust.

[1] Elektrolüüdi soojenemist iseloomustab nii laadimisel kui ka tühjenemisel (seal hulgas ka lühise puhul) seos $0{,}24\ I^2 rt$, kus I on laadimis- või tühjenemisvool, r — akumulaatori sisetakistus (mis on palju suurem kui hapeakumulaatoritel) ja t — aeg. Seepärast pole lühis ja ülekoormamine leelisakule kardetavad, ainult tingimusel, et nad pole kestvad.

d) Polaarsuse (pooluste märkide) muutumine toimub samal põhjusel nagu seatina-akumulaatoritelgi (alljaotus II). «Ravimine» seisab normaalsest laadimisvoolust 2—3 korda nõrgema vooluga pikaaegses laadimises (õiges suunas).

II Hape-seatina-akumulaatorid.

a) Seatina-akumulaatori normaalne isetühjenemine ulatub 1%-ni mahtuvusest ööpäevas, nii et $2^1/_2$ kuni 3 kuu jooksul tühjeneb patarei ise täielikult. Kui aga isetühjenemine toimub suurema kiirusega, siis see viitab akumulaatori «haigestumisele».

b) Võrdlemisi aeglane, kuid normaalsest suurem isetühjenemine viitab elektrolüüdi erineva tiheduse tekkimisele nõu ülemises ja alumises osas või, mis sagedam, seatina ülihapendi kihi tekkimisele nõu põhjas, kuhu ta sadestub pulbri kujul. «Raviks», nii ühel kui ka teisel juhul, valatakse elektrolüüt akumulaatorist välja; vajaduse korral, s. t. kui ta on sogane, filtreeritakse (§ **24**, 18) ja kontrollitakse areomeetriga tihedust (joon. 394). Akumulaator pestakse mitu korda destilleeritud veega läbi, loksutades seda akumulaatoris, ja pärast seda, kui väljakallatav vesi on täiesti selge, valatakse lahus tagasi ja laetakse akumulaator kuni normini.

c) Kiire isetühjenemine viitab lühise tekkimisele plaatide vahel massi väljalangemise tulemusena. Sel juhul võib katsetada eelmises punktis kirjeldatud läbipesemist, mis aga alati ei anna tulemusi.

d) Plaatide sulfateerumine seisab naatriumsulfaadi tekkimises nende pinnal. Naatriumsulfaat juhib halvasti voolu. Sulfaadil on helehallide plekkide kuju, mis sarnaneb hallitusega; need plekid suurenevad järk-järgult ja haaravad järjest suurema pindala (joon. 393). Vahetult võib sulfateerumist märgata ainult klaasanumatega akumulaatorites. Sulfateerumise tavaliseks tunnuseks on akumulaatori mahtuvuse vähenemine, mis aja jooksul muutub järjest tunduvamaks ja võib viia isegi mahtuvuse täieliku kadumiseni. See tähendab, et täiesti laetud akumulaator tühjeneb töötamisel järjest kiiremini ja kiiremini ning lõpuks ei laadu üldse enam. Niisugune on sageli esinev ja raske akumulaatori «haigus», mis vajab juhul, kui ta pole arenenud veel liiga kaugele, pikaajalist «arstimist», mida on raske teha kooli tingimustes.

Sulfateerumist on kergem vältida kui «ravida». Tema peapõhjuseks on tühjenenud akumulaatori mitte õigeaegne laadimine. Kui seatina-akumulaatori pinge on lähenenud alampiirile, s. o. 1,8 voldile iga purgi kohta, ja laadimist ei ole alustatud kas või ühe ööpäeva vältel, rääkimata veel suurematest hilinemistest, mis küünib päevadeni ja nädalateni, siis algab tingimata sulfaadi tekkimine. Eriti tugevasti tekib sulfaat akumulaatori pooluste vastupidiseks muutumisel (vt. punkt *f*).

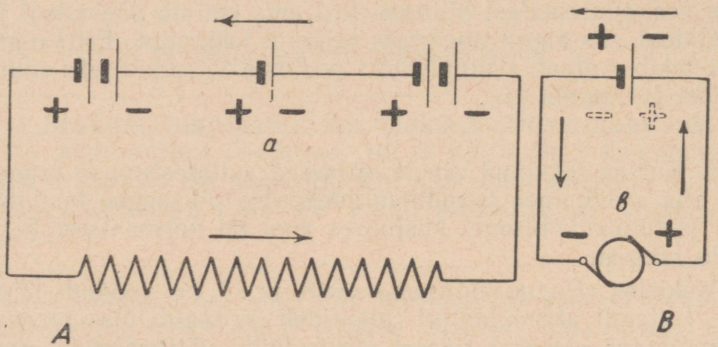
e) Kui on tekkinud ainult esimesed sulfateerumise tunnused, siis «ravimine» toimub mitmekordse pikaaegse laadimisega ja tühjendamisega, kusjuures vool on normaalsest 3—4 korda nõrgem.

Ajakirjas «Радиолюбитель» 1948, nr. 7 on toodud järgmine sulfaadi akumulaatori plaatidelt kõrvaldamise retsept. Akumulaator pestakse pärast elektrolüüdi väljavalamist destilleeritud veega ja täidetakse 25% ulatuses söögisoodalahusega väävelhappe neutraliseerimiseks. 2—3 tunni pärast valatakse soodalahus välja ja akumulaator täidetakse 20—30%-se keedusoolalahusega ning laetakse normaalvooluga 1 tund. Seejärel valatakse keedusoolalahus välja, akumulaator loputatakse destilleeritud veega, täidetakse 40%-se söögisoodalahusega ning laetakse täielikult normaalvooluga. Autori kinnituse järgi lõpeb sellega plaatide taastamine. Soodalahus valatakse välja, akumulaator pestakse veega läbi, täidetakse väävelhappelahusega ja laetakse kasutamise otstarbeks. Niisugust meetodit võib katsuda rakendada ainult siis, kui sulfateerumine on niivõrd suur, et akumulaator üldse ei laadu.

f) Akumulaatori pooluste muutumine vastupidiseks, s. t. positiivse pooluse muutumine negatiivseks ja vastupidi, toimub kõigepealt õpetaja või õpilaste lohakuse tõttu, kui akumulaator on laadimiseks lülitud vastupidiselt. Pooluste muutumine võib toimuda ka akumulaatorite tühjenemisel, kui nad ühte patareisse ühendatuna ei ole ühetugevuselt laetud või on erineva mahtuvusega. Olgu näiteks akumulaatorid ühendatud järjestikku ja üks neist *a* on töötamisel tühjenenud (joon. 395 *A*)[1]. Sel juhul teiste akumulaatorite poolt arendatav vool on suunatud noole suunas ja ta hakkab laadima akumulaatorit *a* vastupidises suunas. Tõepoolest, niisugune voolu suund

[1] Nähtust kirjeldatakse siin tugevasti lihtsustatud kujul. Tegelikult algab pooluste muutumine vastupidiseks tunduvalt varem.

vastab akumulaatori ebaõigele, vastupidisele lülimisele vooluallikaga *b*, mis annab laadimisvoolu (joon. 395 *B*), mille tõttu akumulaatori polaarsus muutub ja hakkab vastama



Joon. 395. Skeem akumulaatorite pooluste vastupidiseks muutumise põhjuste selgitamiseks.

kriipsjoontega märgitud polaarsusele. Niisugune polaarsuse muutumine toob alati endaga kaasa harilikult plaatide intensiivse ja kiire sulfateerumise. Polaarsuse muutumise vältimiseks peab õpetaja patarei töötamise ajal jälgima iga üksiku akumulaatori pinget. Niipea kui patarei mingisuguse elemendi pinge langeb 1,8 voldini või isegi alla seda, tuleb see element patareist välja lülida ja aega viitmata panna laadima.

g) Seatina-akumulaatorid, nagu juba korduvalt osutasime, ei kannata absoluutselt lühiseid ja liiga tugevat voolu nii laadimisel kui ka tühjenemisel. Kui seda juhtub, siis aktiivmass langeb välja, plaadid kõverduvad, ja akumulaator hävib jäädavalt.

8. Akumulaatorite hooldamise reeglid.

a) Mingil juhul ei tohi lubada akumulaatorite pinge langemist hapeakumulaatorite puhul alla 1,8 *V* ja leelisakumulaatorite puhul alla 1,1 *V*. Kontrollida tuleb pinget usaldatava voltmeetriga. Nimetatud pingetele lähedaste pingete puhul tuleb akumulaatorid panna laadima.

b) Ei tule lubada lühiseid, eriti hapeakumulaatoritel. Niisuguste lühiste vältimiseks ei tule lubada elektrivooluringi kokkupanekut, ilma et täidetaks kõrvalekaldumatult sellekohaseid juhiseid. Leelisakumulaatorite puhul tuleb meeles pidada seda, et nende metallanumad on ühendatud positiivsete plaatidega, mis võib põhjustada lühist anumate omavahelisel kokkupuutumisel patareis, või negatiivse pooluse ühendusjuhtme rikutud isolatsiooni puhul.

c) Ei tule lubada normist tugevamat voolu nii akumulaatori laadimisel kui ka tühjenemisel s. t. elektri vooluringi toitmisel.

d) Tuleb pöörata tähelepanu sellele, kas akumulaatorite mahtuvus, s. t. pärast täielikku laadimist äraantav energia hulk ei ole vähenenud. Seatina-akumulaatorite mahtuvuse vähenemine on sulfateerumisprotsessi alguse kindlaks tunnuseks (jagu 7, II), leelisakumulaatoritel aga — lahuse vahetamise vajaduse tunnuseks (jagu 5).

e) Enne akumulaatorite kasutamise pikemat vaheaega (suvel) tuleb leelisakumulaatorid laadida täielikult ja nii hoida neid sügiseni, kuid mitte kauemini kui 2—2,5 kuud. Hapeakumulaatorite puhul tuleb pärast erilist täielikku tühjendamist[1] valada lahus välja ja hoida kummipunniga suletud pudelis. Akumulaatorid tuleb seest destilleeritud veega loputada ja lastes hästi kuivaks nõrguda, hoida neid punniga suletuina kuivalt kuni sügiseni.

f) Tuleb tähelepanelikult jälgida, et leelisakumulaatorite lahus ei soojeneks nii laadimisel kui ka tühjenemisel üle 35—36° (vt. jagu 7, I, b), mida eriti kergesti võib juhtuda soojal aastaajal.

g) Tuleb süstemaatiliselt jälgida, et leelisakumulaatorite punnide ventiilid oleksid korras, eriti mitte lubades kummirõnga *a* (joon. 299 *A*) puudumist. Seatina-akumulaatorite puhul tuleb jälgida seda, et ava punnis ei ummistuks. See ava on gaaside väljalaskmiseks.

h) Tuleb jälgida, et akumulaatorite kaaned ja klemmid oleksid laitmatult puhtad ja otsekohe kõrvaldada valge kirme või kristalne sade, mis harilikult tekib leelisakumulaatoritel.

[1] Patareid tühjendatakse vooluga, mis vastab 1/20-le tema mahtuvusest kuni pingeni 1,7 *V* purgi kohta.

Niisuguse sademe kõrvaldamine ei tohi toimuda noaga kaapimise ega viiliga või smirgelpaberiga hõõrumise teel; tuleb kasutada puupulka või lappi. Otstarbekohane on määrida kaaned vaseliiniga.

i) Nii leelis- kui ka hapeakumulaatorite laadimisel tuleb punnid välja keerata. 10—15 minutit pärast laadimise lõpetamist, mitte aga varem, tuleb punn oma kohale keerata ja lapiga kõrvaldada kaanelt lahuse tilgad, mis sinna on välja pritsinud laadimise lõpul esineva «keemise» tõttu (tugeva gaaside tekkimisega).

j) Ei tule läheneda tulega akumulaatorite punnidele, sest nende kaane all on paukgaas.

9. Galvaani elementide tüübid.

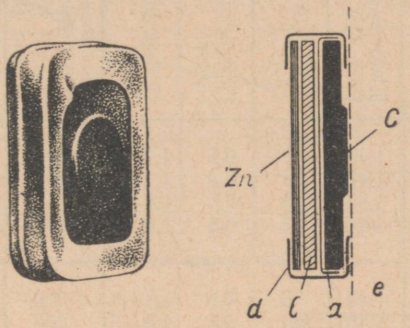
Toome rea andmeid meie tööstuse poolt valmistatavate nüüdisaegsete galvaani elementide tüüpide kohta, mis pakuvad huvi koolipraktika seisukohalt.[1]

I Elementide tüübid. Galvaani elemente saab jaotada kolmeks põhitüübiks: a) vedela elektrolüüdiga, b) kuivad ja c) veega täidetavad. Esimese, laialt levinud tüübi esindajaks on vaskoksüüdelement, mis suudab anda tugevat voolu, on küllalt suure mahtuvusega ja mida kasutatakse raudtee plokeerimisseadmetes. Element koosneb klaasnõust, mis on täidetud naatrium- või kaaliumhüdroksüüdilahusega, millesse on asetatud kaks tsinkplaati (elavhõbedalisandiga) ja üks raudvõre, mille silmad on täidetud vaskoksüüdiga; viimane on depolarisaatoriks. Tavaliste ja õhkdepolarisaatoritega kuivelemente kirjeldasime II köites, § 17, 7. Täienduseks seal toodud andmetele nimetame, et õhkdepolarisaatoriga elementide aglomeraat koosneb aktiviseeritud sõest grafiidi- ja mangaanimaagilisandiga (МВД). Depolarisaatoriks on õhu hapnik, mis satub aglomeraati mitme «hingamisava» kaudu elemendi kaanes. Niisuguse kuivelemendi (МВД) kasutamisel vooluallikana peavad need avad olema lahti, hoidmisel aga tuleb nad kummipunnikestega sulgeda.

Konstruktsioonilt jagunevad kuivelemendid anumaga (tsink- või muu anum) elementideks ja kuivik- ehk brikettelementideks. Anumaga elementide tüüp on õpetajale hästi tuntud ja seetõttu

[1] Andmed elementidest on toodud füüsikaõpetajate poolt autorile saadetud kirjades avaldatud palvete peale.

seda siin ei kirjeldata. Brikettelemente kasutatakse nõrkade voolude saamiseks ja nad on sobivad selle poolest, et neist saab voltasamba taoliselt võrdlemisi kompaktselt koostada, näiteks anoodpatareid. Niisugune element on kujutatud joonisel 396 (väliskuju ja lõige). Ta koosneb positiivsest poolusest (aglomeraadist) *C*,



Joon. 396. Brikettelemendi väliskuju ja ehitus.

mis on kokku pressitud mangaanülihapendist, siidpaberilehest *a*, elektrolüüdiga immutatud papist *b* ja tsinkplaadist *Zn*. Plastmassist kest *d* väldib elektrolüüdi kuivamist. Iga element eraldatakse naaberelemendist veekindla, kuid voolu juhtiva kihiga, mille tõttu üksteisele asetatud elemendid on ühendatud järjestikku.

Veega täidetavate elementide kohta on toodud andmed II köites § 71, 7.

II Galvaani elementide ja patareide markeerimine. Galvaani elemente markeeritakse numbrite ja tähtedega — «C» — kuivad ja «B» — veega täidetavad. Õhkdepolarisaatoriga elemendid markeeritakse numbritega N° ja tähtedega «ВД»; kui aga niisuguse depolarisaatori koostisse kuulub ka mangaanimaak, siis markeeritakse tähtedega МВД. Tavalise depolarisaatoriga patarei markeerimisel kasutatakse tähte «Б»[1]; täht «Н» või «А» näitab harilikult patarei kasutamise otstarvet kas kütte- või anoodpatareina; täht «С» tähistab kuivelementidest patareid, täht «Г» viitab patarei brikett-tüübile. Arv sidekriipsu järel vastab patarei mahtuvusele. Õhkdepolarisaatoriga patareid markeeritakse tähtedega «МВД» ja arvuga, mis näitab patarei mahtuvust.

Galvaani elementide ja patareide elektrilised ja teised andmed on toodud tabelis XXXIX.

---

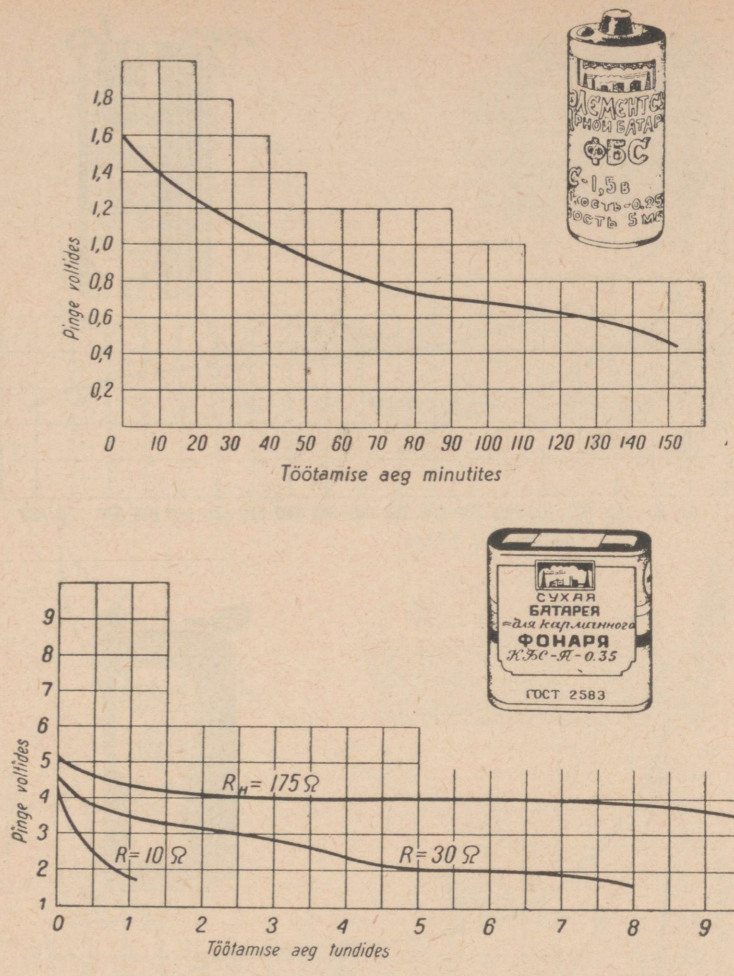
[1] Täht «К» tähendab, et patarei on määratud taskulambile.

Tabel XXXIX

Iseloomustus	Markeering	Elektromotoorne jõud (*V*)	Mahtuvus (*A-t*)	Sisetakistus (*Ω*)		Maksimaalne tühjenemisvool pideval töötamisel (*mA*)	Säilivus pärast aastast hoidmist	Mõõted (*mm*)
				Tühjenemise alguses	Tühjenemise lõpul			
Kuivelemendid	N° 4 C	1,45	42	0,5	1,7—3	300	30%	40×80×175
	N° 3 C	1,45	23	0,5	1,7—3	250	40%	55×55×125
	N° 2 C	1,45	6	0,6	1,8—5	150	50%	40×40×90
	N° 1 C	1,45	3	0,6	1,8—5	100	60%	32×32×75
Veega täidetavad elemendid	N° 4 B	1,45	35	0,6	1,4—3	300	50%	40×80×175
	N° 3 B	1,45	20	0,6	1,4—5	250	60%	55×55×125
	N° 2 B	1,45	5	0,7	1,5—5	150	70%	40×40×90
	УТВ	1,45	3,5	0,7	1,5—5	100	80%	35×35×90
	N° 1 B	1,45	2,5	0,7	3,5—5	100	80%	32×32×75
Kuivpatareid	БНС-100	2,64	100				80%	120×150×120
	КЬС-Х-0,55	4,8	0,55				50%	62×21×65
	КБС-Х-0,35	4,5	0,35				40%	62×21×65
	БАС-60	70	0,5				80%	110×172×48
	БАС-Г—60	74	1,3				80%	110×172×48
	БАС-80	104	1,05				80%	135×215×70
	БС-70	75	7,0				80%	185×350×120
	Б-72	72	3,0				70%	450×360×177
	Б-30	30	13,0				80%	450×350×250
Ohkdepolarisaatoriga patareid	БС-МВД	1,4	150				80%	78×78×178
	МВД-45	50	10				60%	310×225×115

Joonistel 397, 398 ja 399 on kujutatud elementide ja patareide tööpinge ja tühjenemisaja olenevused mitmesugustel koormustel, mida iseloomustavad vooluringi lülitud takistused $R_н$ suurused.[1]

[1] Patareide ja elementide üksikasjalikumad iseloomustused vt. illustreeritud brošüüris «Каталог на гальванические элементы и батареи». Ред-изд. отдел БТИ, М. 1947.

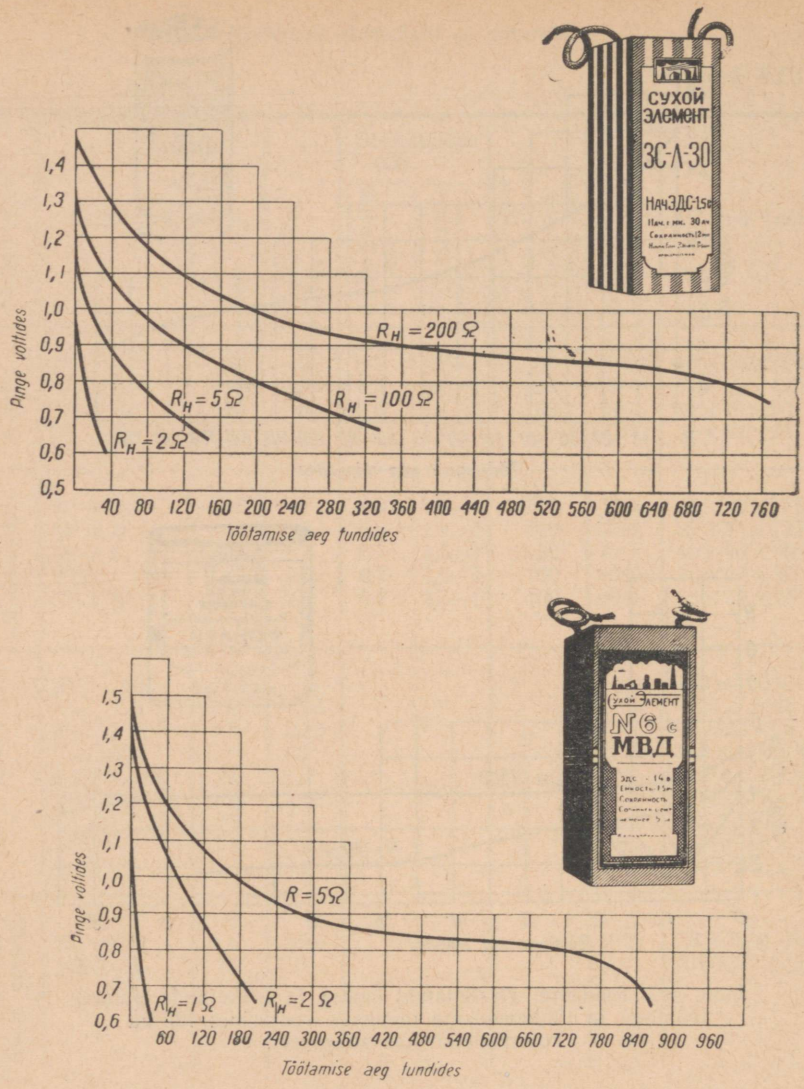


Joon. 397. Elemendi (taskulambi jaoks) ja taskulambi patarei tööpinge ja tühjenemisaja olenevus vooluringi lülitud koormustakistuse suurusest.

§ 24. LAHUSTE VALMISTAMINE.

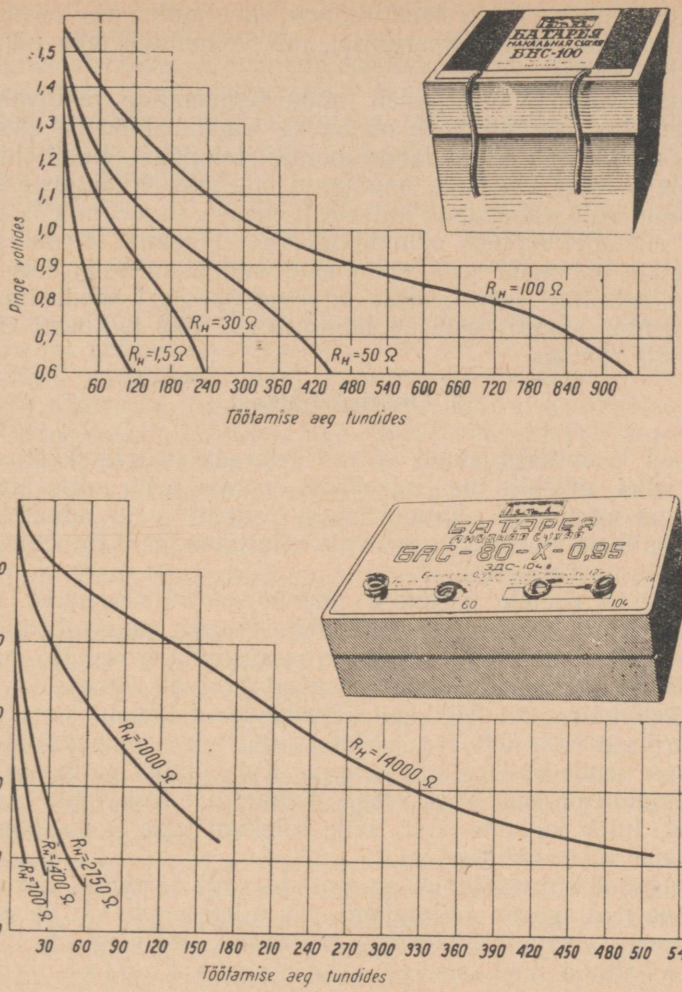
1. Tööde otstarve.

Füüsika õpetamisel ja mõnede ringide juhtimisel tuleb paratamatult tegemist teha mõnede keemia-alaste töödega. Nii baseerub elektrolüütiliste nähtuste tundmaõppimine elektrokeemia katsetel; gaaside põhiomaduste käsitlemisel tuleb õpetajal valmistada süsihappegaasi ja vesinikku. Tsinkkloriidi valmistamine jootmiseks



Joon. 398. Elementide 3C-Л-30 ja 6-c-MBD tööpinge ja tühjenemisaja olenevus vooluringi lülitud koormustakistuse suurusest.

(§ **12**, 2, IV), klaasi hõbetamine, elavhõbeda puhastamine, metallide peitsimine (§ **26** ja § **11**, 14), galvanosteegia (§ **25**) jm., — on tüüpilised keemiatööd. Enamiku selliste tööde kirjeldus on toodud § **26**. Siin vaatleme mitmesuguste keemiliste ainete, lahuste, sealhulgas ka värvide valmistamist.



Joon. 399. Küttepatarei БНС-100 ja anoodpatarei БАС-80 tööpinge ja tühjenemisaja olenevus vooluringi lülitud koormustakistuse suurusest.

Hapete, leeliste ja soolade lahuseid vajatakse peamiselt elektrikatsetel (elektrolüüs), samuti ka galvaani elementide laadimisel ja akumulaatorite täitmisel (§ 23, 6). Peale selle on mõned lahused vajalikud vedelikkude omaduste tundmaõppimisel (erikaal, ujumine jne.). Parema nähtavuse tagamiseks hüdrostaatika-, osaliselt ka soojusekatsetes (vedelikkude paisumine) tuleb vett värvida. Sellised riistad, nagu vesi- ja piiritusmanomeetrid, vajavad täitmisel samuti värvitud vedelikku. Värvi lisamine soojendatavale veele võimaldab teha nähtavaks soojendamisel tekkinud konvektsioonivoolu.

Sama tähtis on ka fluorestseiinilahuse kasutamine vee asemel valguse murdumise demonstreerimisel, mis võimaldab teha nähtavaks valguskiire käigu.

Lahuste valmistamisel tuleb tunda kemikaalide teatavaid keemilisi omadusi, samuti peab olema ka kogemusi nende käsitsemises, mis moodustab eriosa laboratoorsest tehnikast. Kooli tingimustes ei ole lubatav kasutada mustunud lahuseid. Niisuguste lahuste kasutamine võib vähendada katsete tõhusust, sageli aga isegi põhjustada riistade, näiteks akumulaatorite, riknemist. Peale selle ei tohi õpetaja unustada seda, et lahuste valmistamine on üks tähtsamaid polütehnilisi oskusi, mida vajavad õpilased nende igapäevases elus, ning samuti seda, et laboratoorse töö kultuuril on suur kasvatuslik tähtsus.

2. Ohutustehnikast.

Mõned keemilised ained võivad tekitada nahale põletushaavu, rikkuda riiet, mööblit jne., mispärast õpetaja peab mitte ainult ise omandama «keemilise ohutustehnika» reeglid, vaid juhul, kui töö toimub õpilaste osavõtul, vastavalt selgitama neid õnnetusjuhtude vältimiseks ka õpilastele.

Nahale ja riietele sattunud hapete neutraliseerimine toimub, nagu käsitleme edaspidi, leeliste abil, (sooda, nuuskpiiritus), leeliste neutraliseerimine (kaalium- ja naatriumhüdroksüüd) aga lahjendatud äädikhappega. Nende neutraliseerivate ainete varu peab füüsikakabinetis alati kõikidele kättesaadaval kohal olema. Kõige kategoorilisemalt tuleb ära keelata reaktiivide nuusutamine, seda enam aga nende keelega maitsemine. Kui reaktiiv sattus suhu, siis tuleb sundida õpilast suud veega loputama. Kui reaktiiv on alla neelatud, tuleb kutsuda arst, selle tulekuni aga anda ohustatule juua piima või tooreid mune.

Niisugused õnnetusjuhud on koolides küll äärmiselt haruldased, kuid kuna nad aga on võimalikud, siis tuleb nende vältimiseks õpilasi mõnede ainete käsitsemisel hoiatada. Kategooriliselt on keelatud õpilastel käsitseda kontsentreeritud happeid (väävelhape, soolhape, lämmastikhape ja kontsentreeritud äädikhape) ja sööbeleeliste lahuseid.

Kui kabinetis on katki või ümber läinud happe pudel (eriti lämmastikhappe pudel), siis tuleb õpilased viivitamata välja saata, gaasitorbik pähe panna ning kõigepealt avada aknad. Seejärel puistatakse loik saepuru või liivaga üle, pühitakse kokku ja visatakse välja. Järelejäänud märg koht neutraliseeritakse 3. jaos loetletud leelistega.

3. Kemikaalid.

Füüsikaõpetaja võib talle vähestes kogustes vajalikke kemikaale saada kooli keemiakabinetist. Niisuguseid kemikaale aga, nagu vää-

velhape, kaaliumhüdroksüüd, vasksulfaat, kaaliumbikromaat jm. tuleb osta keemiakauplustest.

Järgnevalt tuuakse andmeid kemikaalidest, mis on vajalikud seitsmeaastase kooli tingimustes. Neil andmetel on esile tõstetud peamiselt praktiline külg; keemilise iseloomustuse (koostis, saamisviis, tüüpilised reaktsioonid jms.) leiab õpetaja vajaduse korral vastavast keemiaõpikust.

I Väävelhape. (Acidum sulfuricum). Kontsentreeritud, kuid mitte täielikult puhastatud väävelhapet nimetatakse vitrioolõliks. Seda hapet eristatakse ka lisanditest puhastamise määra järgi: tehniline (crudum) — kollakaspruuni värvusega, puhastatud (purum) — läbipaistev ja keemiliselt puhas (purissimum). Müügil oleva väävelhappe erikaal on tavaliselt 1,84 G/cm^3. Keemiliselt puhast väävelhapet vajatakse ainult seatina-akumulaatorite täitmiseks (§ 23, 6). Galvaani elementide puhul, samuti elektrolüüsi katseteks on otstarbekohasem kasutada puhastatud väävelhapet; kui aga seda ei ole, siis võib kasutada ka tehnilist väävelhapet.

Väävelhape toimib orgaanilistele ainetele (nahale, puidule, paberile) hävitavalt, tekitab inimese nahale põletushaavu, mispärast teda tuleb käsitseda väga ettevaatlikult. Eriti intensiivselt mõjub kontsentreeritud hape, söestades puitu ja teisi orgaanilisi aineid.

Õnnetusjuhtude vältimiseks ei tule seitsmeaastase kooli õpilastele ülesandeks teha happe lahjendamist; parem on, kui nad väävelhappega ei tegele üldse, välja arvatud lahjendatud (10—20%) hape. Laua rikkumise vältimiseks happega töötamisel tuleb kasutada emailitud kandikut või suurt fotoküvetti. Kui hape, kuigi ka lahjendatud, on sattunud põrandale, lauale, riietele, saab tema mõju neutraliseerida soodalahusega, nuuskpiiritusega või äärmisel juhul tavalise tuhaga.

II Soolhape (Acidum hydrochloricum). Soolhapet vajatakse kõigepealt metallide jootmisel kasutatava tsinkkloriidi valmistamiseks (§ 12, 2, IV). Peale selle kasutatakse teda peitsimisel, s. t. vase ja messingi pinna puhastamiseks oksüüdidest ja mustusest (§ 25, 4). Lõpuks vajatakse soolhapet süsihappegaasi saamiseks Kippi aparaadis, kus ta reageerib marmoriga (§ 26, 2 ,I). Kõikidel neil juhtudel saab kasutada tehnilist (puhastamata) soolhapet. Soovitatavam aga on puhastatud soolhappe tarvitamine, seda enam, et ta hind on ainult veidi tehnilise soolhappe hinnast kallim. Hapet neutraliseeritakse tema sööbiva toime kõrvaldamiseks nuuskpiiritusega või soodalahusega ja äärmisel juhul kriidipulbriga.

III Lämmastikhape (Acidum nitricum). Ta nõuab erilist ettevaatust kasutamisel elavhõbeda keemilisel puhastamisel (§ 26, 2, II) ja metallide peitsimisel (§ 25, 4). Nende reaktsioonide kulgemisel tekivad sööbivad mürgised aurud ja gaasid, mispärast peitsimist tuleb toimetada tõmbekapis või väljas vabas õhus. Õpilasi selle töö juurde ei tohi absoluutselt lubada. Lämmastikhapet neutraliseeritakse samuti nagu väävelhapetki. Elavhõbeda puhastami-

seks on vajalik keemiliselt puhas lämmastikhape. Hapet tuleb säilitada sobivaks lihvitud klaaspunniga pudelis.

IV Äädikhape. Tavalises elus tuntakse teda äädikaessentsi nimega. Vajatakse teda minimaalsel hulgal soga kõrvaldamiseks äädikhappeseatina lahusest (saturni puu). Lahjendatud kujul (3%) on ta vajalik inimese nahale (käele, näole) või riietele sattunud leeliste neutraliseerimiseks. Selleks otstarbeks on küllaldane varu 200—300 grammi.

Kontsentreeritud äädikhape, mida tuntakse äädikhappejää nime all, tekitab raskeid põletushaavu ja hävitab orgaanilist ainet. Neutraliseeritakse nuuskpiiritusega või soodalahusega.

V Oblikhape. Kindlaim, kui mitte ainuke kättesaadav vahend kaaliumpermanganaadiplekkide kõrvaldamiseks klaasilt. Saada võib teda kas keemiaõpetajalt või apteegist. Vajalik kogus 5—10 *g*.

VI Sööbeleelised (kaalium- ja naatriumhüdroksüüd). Kaaliumhüdroksüüdi, tingimata keemiliselt puhast, vajatakse tunduvas koguses kadmium-nikkelakumulaatorite lahuse perioodiliseks vahetamiseks (§ 23, 4—6). Ta on, nagu ka naatriumhüdroksüüd, müügil poolläbipaistvate kristallide tükkidena, harvemini pulkadena. Õhu käes reageerib ta süsihappegaasiga järgmise valemi kohaselt.

$$2KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O$$

muutudes potaseks ja veeks, järelikult rikneb. Seepärast tuleb kaaliumhüdroksüüdi, nii lahuses kui ka kuivalt, säilitada hermeetiliselt suletud purkides (savist, metallist, klaasist (jagu 5)). Pikaaegsel säilitamisel ta rikub klaasi, hävitades seda aeglaselt; kooli tingimustes võib teda sellele vaatamata hoida klaasnõudes. Samalaadiliste omadustega on ka naatriumhüdroksüüd (NaOH).

Kui kaalium- või naatriumhüdroksüüd hakkab nõus muutuma vedelaks, siis see näitab, et ta on riknenud neeldunud süsihappegaasi toimel, mille juures on tekkinud potas (K_2CO_3) või sooda (Na_2CO_3) ja vesi.

Sööbeleelised ei mõju metallile, välja arvatud alumiinium ja vähesed teised. Sööbeleelised tekitavad inimese nahale raskeid põletushaavu ja mõjuvad hävitavalt orgaanilistele ainetele (nahk, puit, paber, kork jne.). Vulkaniseeritud kummile (kummitorud, kummipunnid) sööbeleelised praktiliselt ei mõju. Sööbeleeliste käsitsemisel tuleb olla sama ettevaatlik nagu kangete hapete puhulgi. Nende sattumisel näo- või käenahale tuleb neutraliseerida äädikhappega või sidrunimahlaga.

Sööbeleeliselahus, mida müüakse majandustarvete kauplustes «kaustika» nime all, ei kõlba absoluutselt akumulaatorite täitmiseks. Seda võib lahjendatuna kasutada lakikorra mahapesemiseks puu- ja metallesemetelt (§ 9, 6) ja orgaaniliste õlide, rasvade ja värvide lahustamiseks (§ 12, 14). «Kaustikat» saab muuseas kasutada ka kuivanud toiduainete jäänuseid sisaldavate konservipurkide puhastamiseks.

VII Vasksulfaat. Vasesooladest on tähtsamaks vasksulfaat $CuSO_4$ (sinine silmakivi), mida kasutatakse elektrolüüsikatsetel, galvanosteegia- ja galvanoplastikatöödel ja kristallide kasvatamisel (§ 26, 8). Lahust kasutatakse ka laboratoorsetel töödel erikaalu määramiseks.

Vasksulfaat moodustab sinakasrohelise värvusega kristalle ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$). Soojendamisel sool kaotab vee, muutudes valgeks pulbriks, mis õhu käes kiiresti muutub siniseks ja kristalliseerub vee neelamise tõttu õhust. Lahustuvuse kohta vt. jagu 6, IV.

VIII Kaalium- ja naatriumbikromaat. Kaaliumbikromaat, mida nimetatakse ka krombikaks, on heleda oranžvärvusega kristalne aine ($K_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$). Selle soola lahust väävelhappes kasutatakse depolarisaatorina kroomvedelikuga galvaani elementides (Grenet', Trouvè jt.). Samuti kasutatakse soola puidu peitsimiseks (§ 9, 6, II) ja kristallide kasvatamiseks (§ 26, 8). Naatriumbikromaati saab kasutada kaaliumbikromaadi asemel, sest tal on peaaegu samad omadused. Soolad on vees hästi lahustuvad (jagu 6, IV).

IX Sooda ja söögisooda. Söögisoodat (naatriumbikarbonaat $NaHCO_3$) ei kasutata tavaliselt kooli füüsika-keemiatöödel. Selleks on vajalik naatriumkarbonaat (Na_2CO_3), mis on kange leeline. Tema lahustuvuse kohta vt. jagu 6, IV.

X Kaalium- ja naatriumjodiid. Kaaliumjodiid või naatriumjodiid on vajalikud soolade lahuste elektrolüüsi demonstreerimiseks (vt. I köide, § 93, 3 ja joon. 205) (§ 26, 4). Kaaliumjodiidi vajatakse ka soojustundliku värvi valmistamiseks (§ 26, 4, II ja III). Neid soolasid saab osta apteegist. Lahustuvuse kohta vt. jagu 6, IV.

XI Hõbenitraat. Hõbenitraat ($AgNO_3$) ehk põrgukivi on vajalik peeglite hõbetamiseks (§ 26, 6 ja joon. 420). Seda soola on kõige lihtsam hankida apteegist. Kuna hõbenitraat valguse toimel lagundub, siis tuleb teda hoida kollasest klaasist või väljastpoolt musta lakiga või värviga kaetud harilikust klaasist nõus. Lahustuvuse kohta vt. jagu 6, IV.

XII Elavhõbesoolad. Kõik elavhõbesoolad on äärmiselt mürgised, mispärast nendega töötamist ei tule mingil juhul usaldada õpilastele. Samal põhjusel tuleb neid soolasid hoida ainult luku taga ja seejuures selgesti loetavate pealkirjadega «mürk». Elavhõbesooladest peab soojustundliku värvi valmistamiseks tingimata olema elavhõbekloriidi ehk sublimaati ($HgCl_2$) (§ 26, 4, III). Sublimaati tuleb kasutamise korral lahustada soojas vees, sest külmas vees lahustub ta halvasti. Apteegist ostetav sublimaat sisaldab harilikult lisandina punast värvi, selleks et selle värvuse tõttu ei saaks teda ära vahetada mõne muu ainega. Niisugune sublimaat ei kõlba soojustundliku värvi valmistamiseks.

XIII Seatina-atsetaat. Seda soola vajatakse väga efektse katse «Saturni puu» jaoks, mis demonstreerib elektrolüüsil metalli eraldumist katoodil ja näitab, et anoodil toimub metalli lahustumine. Lahustuvusest vt. (jagu 6, IV). Lahuse valmistamiseks tuleb

kasutada destilleeritud vett; tavalise vee kasutamisel tekib lahustumatute soolade tekkimise tõttu soga. Soga saab kõrvaldada filtreerimise (§ **24**, 17) või lihtsamini äädikhappe tilkhaaval juurdelisamise teel, segades seejuures klaaspulgaga. Lahus tuleb pärast «Saturni puu» katse demonstreerimist valada pudelisse ja säilitada järgneva aasta katsete jaoks. Tuleb meeles pidada, et äädikhappeseatina on mürgine aine, seepärast tuleb temaga töötavaid õpilasi hoiatada ta mürgisuse kohta.

XIV Ammooniumhüdroksüüd. Ammooniumhüdroksüüdi ehk ammoniaagivett tuntakse tavalises elus nuuskpiirituse nime all (ammonium causticum solutum), on kõige lihtsam hankida apteegist. Selle erikaal on harilikult 0,91 G/cm^3 (25%). Erikaalu olenevust ammoniaagi sisalduse protsendist vees iseloomustavad järgmised andmed:

Nuuskpiirituse erikaal ja kontsentratsioon.

Tabel XL

%	Erikaal	%	Erikaal	%	Erikaal
4	0,983	16	0,939	28	0,903
8	0,967	20	0,926	32	0,893
12	0,953	24	0,913	36	0,884

Nuuskpiiritus kui leelis on kasulik hapete neutraliseerimisel ja rasvade lahustamisel, seepärast esineb ta mitmesuguste klaasi, metalli jms. puhastuspastade koostises (§ **11**, 14, III). Nuuskpiiritust vajatakse ka klaasi hõbetamisel (§ **26**, 6).

Nuuskpiiritust vajab füüsikakabinet väga vähe — 10—20 *g*. Teda tuleb hoida kummipunniga tihedalt suletud pudelis; kui aga kummipunni ei ole, siis korkpunn tuleb stanniooliga ümber mähkida kaitseks korgi söövitamise vastu (§ **13**, 2, VIII).

XV Mitmesuguseid kemikaale. Hüposulfit. Selle ebaõige nime all tuntakse naatriumtiosulfaati ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$). Naatriumtiosulfaat on vajalik soojuse eraldumise demonstreerimiseks ülejahutatud lahuse kristalliseerimisel (vt. I köide, § **74**, 4). Seda soola vajatakse fototöödel kinnistina ja muuseas on ta kasulik õpetajale, kel on tarvis ilmutamata fotoplaati muuta läbipaistvaks, näiteks joonestatud diapositiivide valmistamiseks.

Salmiaak. Salmiaak ehk ammooniumkloriid (NH_4Cl) on õpetajale üheks tähtsamaks kemikaaliks. Teda läheb tarvis, parem kristalsena kui pulbrina, jootmisel jootekolvi puhastamiseks oksüüdidest (§ **12**, 2, IV). Seda soola on vaja ka Leclanchè elemendi lahuse valmistamisel.

Glütseriin. Glütseriini vajatakse väga väikesel hulgal (20—30 *g*) sitke (viskoosse) vedeliku näitena (vt. I köide, § **64**, 3). Eriti suure tähtsusega on glütseriin seebikelmete ja mullide valmistamisel (jagu 13) ja mõnede kõvastuvate määrete koosteosana (§ **18**, 12, VIII).

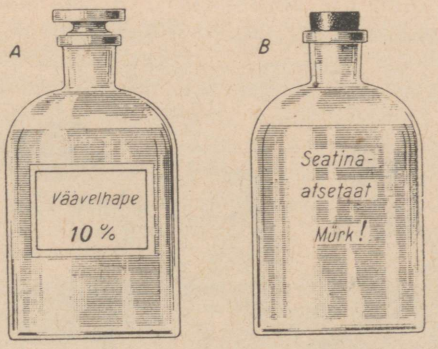
Mangaankahelishapend. See sool MnO_2, mida kõige sagedamini müüakse tükilisena, on paratamatult vajalik Leclanchè tüüpi galvaani elementide depolarisaatorina. Mangaankahelishapendit vajatakse ka värnitsa keetmisel (§ 9, 2, VII).

4. Kemikaalide säilitamine.

Kemikaale (happeid, leelisi ja soolasid) tuleb füüsikakabinetis hoida selleks eriliselt määratud kapis, mis tingimata peab olema lukustatud. Nende hoidmine koos katseriistadega teeb nad õpilastele kättesaadavaks, mis pole soovitav; peale selle tekitavad happed söövitavaid aure, mis panevad riistade raudosad tugevasti roostetama, vask- ja nikeldatud osad aga tuhmuvad oksüdeerumise tõttu.

Happeid on kõige parem hoida teistest kemikaalidest eraldi, eraldades neile kapis eri riiuli või osa. Soolhapet ei tohi üldse paigutada kemikaalide kappi, sest tema aurud, ühinedes ammoniaagiga, sadestuvad ammoniumkloriidi valge kirmena pudelitel, mis annab neile ebapuhta välimuse.

Kõikide kemikaalide jaoks tuleb muretseda klaasnõud, mida saab sulgeda kas klaas-, kummi- või korkpunnidega, vastavalt kemikaali laadile (jagu 5). Pudelitele tuleb kleepida paberist etiketid, milledele kirjutatakse selgelt kemikaali nimetus ja lahuste puhul ka kontsentratsioon. Väga mürgistele ainetele lisatakse pealkirjad: «mürk», tuldkardetavale — «tulekardetav» (joon. 400 *A* ja *B*) jne.



Joon. 400. Kemikaalide pudelite etikettide ja pealkirjade näidiseid.

Kuna paberist etiketid määrduvad kergesti ja seetõttu tuleb neid perioodiliselt uuendada, siis on parem pealkirjad kirjutada pudelitele jäädavalt õlivärviga (§ 9, 2, II), või kui pudelit kasutatakse ajutiselt, siis vahapliiatsiga (§ 12, 12, IV) (joon. 400 *B*).

Täiesti lubamatu on õpetajal loota oma mälule või kemikaalide äratundmisele (etikettide puudumisel) värvuse, lõhna ja teiste tunnuste järgi. Praktika on näidanud, et see põhjustab mõnikord suuri pahandusi ja isegi õnnetusi.

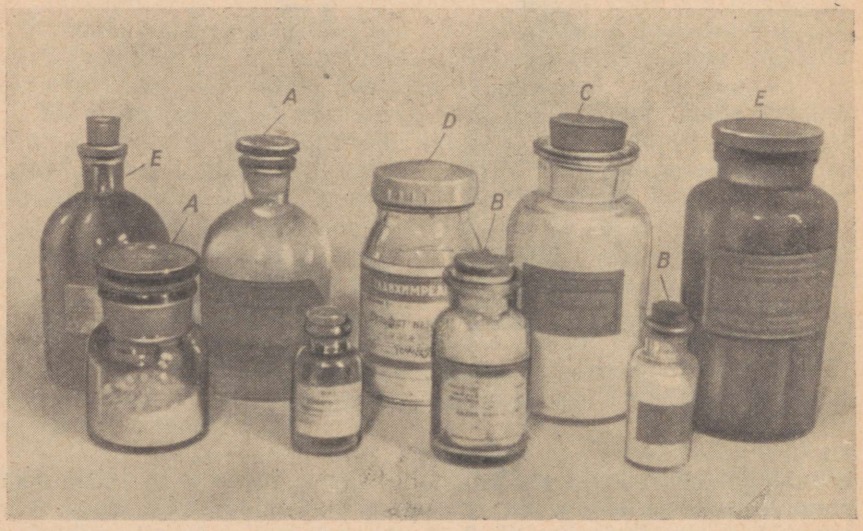
Sagedasti kasutatavaid väävelhappe- (10%), vasksulfaadi- ja soodalahuseid tuleb valmistada varuks ja hoida neid pudelites (1—2 *l*), kulutades sealt vajadust mööda.

Vähesel määral võib vajalikke kemikaale hoida ka punniga suletud ja etikettidega varustatud katseklaasides. Katseklaase hoitakse mugavuse pärast alusel.

Kemikaalide töötanud lahuseid, mis edasiseks kasutamiseks pole kõlblikud, ei tule valada kanalisatsioonitorustikku torude riknemise ohu tõttu. Neid tuleb ruumist välja viia ja valada solgiauku. Leelisakumulaatorite äratöötanud lahust ei tule välja valada. Teda saab kasutada leelisena (potase ja kaaliumhüdroksüüdi jäänused) nõude pesemiseks ja teisteks otstarveteks.

5. Kemikaalide säilitamise nõud.

Happeid ja lahuseid tuleb säilitada kitsakaelalistes paksust klaasist pudelites, igal juhul mitte kolbides. Kristalsete ja pulbriliste kemikaalide jaoks on vajalikud laia kaelaga nn. k e m i k a a l i p u r g i d (joon. 401 *B, C* ja *D*). Nende kemikaalide säilitamine pakendites, karbikestes ja kottides raskendab kõigepealt nende leidmist; peale selle on mõned kemikaalid hügroskoopilised, mille tõttu nad «niiskuvad» või muutuvad pulbrist monoliitseks massiks.



Joon. 401. Kemikaalide säilitamise nõud.

Kemikaalide säilitamise nõusid, välja arvatud lihvitud klaaspunnidega pudelid, ei ole mõtet osta; aasta-kahe jooksul korjab õpetaja need kokku igapäevasest majapidamisest. Lihvitud punniga pudelid (joon. 401 *A*) on tingimata vajalikud kange väävelhappe, soolhappe ja lämmastikhappe jaoks. Soovitavad on sellised pudelid ka bensiini ja etüüleetri jaoks, mis on eriti tuldkartvad. Lihvitud klaaspunnidega purkides (joon. 401 *E*) ei tohi mingil juhul hoida sööbeleelisi (KOH ja NaOH), ei kuivalt ega ka lahustena, samuti ka sooda- (Na_2CO_3) või potase- (K_2CO_3) lahuseid. Lühikese aja jooksul sööbib punn purgi kaela külge kinni ja teda ei saa mingisuguste abinõudega kaelast välja võtta ning ta tuleb katki lüüa. Niisama ei ole lubatav lihvitud punniga pudelis hoida soolade lahuseid, sest niisugused kristalliseeruvad lahused «kleebivad» punnid kaela külge kinni; neid punne aga on võimalik, kuigi suurte raskustega, pärast lahti võtta.

Kummipunniga pudelid (§ **17**, 2, VII) on vajalikud väävelhappe-, äädikhappe, sööbeleeliste (KOH ja NaOH), nuuskpiirituse, sooda- ja potaselahuste hoidmiseks (joon. 401 *E*). Kummipunnide puudumisel võib kasutada tavalisi parafineeritud korke (§ **10**, 5, III), nad ei ole aga küllalt elastsed ja mis peaasi, ei taga hermeetilisust. Lühikeseks ajaks, mõne päeva piirides, saab korkpunne kaitsta leelise mõju eest stannioliga mähkimise teel (§ **13**, 2, VIII).

Hõbenitraadi ($AgNO_3$), samuti ka kaalium- ja naatriumjodiidi lahuste säilitamiseks on vajalikud kollasest klaasist pudelid (joon. 401 *E*), sest need ained lagunduvad valguse mõjul. Selliste pudelite puudumisel võib tavalisi läbipaistvaid pudeleid väljastpoolt üle värvida või katta musta lakiga (§ **9**, 2, IX).

Kuivade kemikaalide, s. t. kristallide või pulbrite säilitamiseks on vajalikud laia kaelaga kemikaalipurgid, mis suletakse punnidega või pealekruvitavate plastmassist kaantega (joon. 401 *B, C, D*). Niisuguste purkidena võib ära kasutada standardseid konservipurke (joon. 274 *N*). Kui kohe ei õnnestu leida vastavat punni, siis võib purgi ajutiselt sulgeda vaha- või parafineeritud paberiga, mitte aga jätta kemikaale lahtisena. Kui kemikaalid on saadud suurte tükkidena, siis enne nende puistamist kemikaalide purkidesse, tuleb neid tükeldada, mõningaid isegi pulbristada, vastavalt jaos 6, IV toodud juhenditele.

Kuivalt säilitatavad sööbeleelised (KOH ja NaOH) vajavad tingimata mitte ainult parafineeritud korke, vaid ka viimaste täielikku hermeetilisust. Selleks valitakse niisugune kork, mis pärast parafineerimist mahuks purgi kaelasse nii, et tema ülemine pind asuks allpool kaela ülemist äärt, moodustades nagu süvendi, mis valatakse täis parafiini kaela ääreni, sulatades selle äärtelt kuuma metallesemega kinni (joon. 289). Kaitset õhuniiskuse eest vajab veel kips, mis muidu kemikaalide purgis kivineb (§ **10**, 2, XIV). Keedusoola, mida hoitakse lahtises purgis, on sealt tema kõvastumise tõttu raske kätte saada.

6. Lahuste kontsentratsioon.

Enamik füüsikakabinetis kasutatavaid lahuseid on vesilahused, osa vajalikke aineid lahustub aga ainult piirituses ja teistes lahustites. Mõnede lahuste valmistamiseks tuleb tarvitada destilleeritud vett (jagu 7), enamikul juhtudel aga kõlbab selleks harilik joogivesi; juhul, kui see osutub kõvaks, tuleb kasutada lumest sulatatud või vihmavett.

I Kontsentratsiooni arvutamine. Lahuse kontsentratsioon iseloomustab ühe või teise vees või mõnes teises vedelikus lahustunud aine kogust. Kontsentratsioon peab olema enamikul juhtudel täpselt kindlaks määratud. Ei ole vajadust raisata võrdlemisi kalleid kemikaale, valmistades suurema kontsentratsiooniga lahuseid, kui see on küllaldase efekti saamiseks tarvilik; teiselt poolt aga ebakohane kokkuhoid võib vähendada katse tõhusust. Seepärast peab õpetaja lõplikult loobuma lahuste valmistamisest «silma järgi» ja alati kinni pidama kirjanduses ühe või teise katse kirjeldamisel lahuste kontsentratsiooni kohta antavatest juhenditest, kui katse vajab kemikaalide kasutamist. Sellega tuleb harjutada ka õpilasi.

Lahuste kontsentratsiooni märgitakse kahel viisil: 1) osadena (näiteks 100 osa vett, 37 osa väävelhapet ja 16 osa kaaliumbikromaati) või 2) protsentides (näiteks 21%-line kaaliumhüdroksüüdi vesilahus). Mõnikord toimub osadena märkimine suhtena veega (näiteks väävelhappe vesilahus 1:10, s. t. 1 osa väävelhapet ja 10 osa vett). Kõikidel juhtudel (osad ja protsendid) on tegemist ainete kaalusuhetega.

Vee kaaluliste koguste kindlaksmääramiseks saab kasutada mõõtesilindrit, lugedes kuupsentimeetrite arvu vastavaks grammide arvule, kemikaalide kaalumiseks aga kasutatakse Berangèr (l. beranžee) või apteegi kaalusid. Kaalumine toimub mitte suurema täpsusega kui 0,5 *g*. Ainult erandjuhtudel, näiteks aine väikeste koguste puhul, tuleb kasutada tehnilisi kaalusid, kaaludes nende abil vett ja kemikaale täpsusega kuni 10 *mg*.

Lahuste valmistamisel, millede kontsentratsiooni väljendatakse protsentides, arvatakse lahuse kaal võrdseks 100%-ga. Seepärast näiteks 21%-lise kaaliumhüdroksüüdilahuse valmistamiseks võetakse 21 osa seda ainet ja 79 osa vett. Niisugused kaalumised ei ole aga alati tegelikult sobivad, kuna kõige sagedamini tuleb lähtuda vajaliku lahuse enda mahulisest või kaalulisest kogusest, selleks et mitte valmistada rohkem, kui tarvis läheb. Sel juhul tuleb kasutada aritmeetilisi ümberarvutusi või, mis palju lihtsam, kasutada II alljaotuses toodud tabelit. Nii näiteks vajatakse 500 cm^3 lahust, siis 21%-lise lahuse saamiseks tuleb võtta 26,58 osa kaaliumhüdraati iga 100 osa vee kohta; 77%-lise lahuse valmistamiseks — 334,8 osa mingisugust ainet 100 osa vee kohta.

II Vesilahuste kontsentratsiooni ümberarvutamine kaaluprotsentidest osadeks. Tabeli XLI järgi on võimalik kindlaks määrata,

missugune kaaluline kogus ainet tuleb lahustada 100 osas või 100 cm^3-s vees, lähtudes lahuse protsendilisest koostisest (seletus vt. alljaotus I).

Vesilahuste ümberarvutamine kaaluprotsentidest osadeks.

Tabel XLI

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,00	1,01	2,04	3,10	4,17	5,26	6,43	7,53	8,70	9,89
10	11,11	12,44	13,63	14,94	16,28	17,65	19,05	20,48	21,95	23,46
20	25,01	26,58	28,20	29,87	31,58	33,33	35,14	36,99	38,90	40,84
30	42,85	44,94	47,05	49,25	51,52	53,85	56,24	58,74	61,29	63,94
40	66,67	69,49	72,41	75,44	78,60	81,81	85,20	88,67	92,30	96,07
50	100,0	104,1	108,3	112,8	117,4	122,2	127,3	132,6	138,1	143,9
60	150,0	156,4	163,2	170,3	177,8	185,7	191,2	208,0	212,5	229,5
70	233,3	244,9	257,6	270,3	284,6	300,0	316,7	334,8	354,6	376,2
80	400,0	426,3	455,5	488,3	525,0	566,6	614,3	669,3	733,3	876,2
90	900,0	1011	1150	1329	1566	1900	2400	3234	4900	9900

III Kontsentratsioon Baumè kraadide ja erikaalu järgi. Kui valmistatakse vesilahust, siis tema kontsentratsiooni märkimine protsentides või osades ei ole lahustatavate vedelike puhul alati küllaldane. Tõepoolest, happed, kui nad ei ole võetud kontsentreerituina, on ise juba vesilahused. Seepärast on retsepti andmed täielikud ainult siis, kui peale vahekorra osades või protsentides on antud veel, missuguse erikaaluga peab olema lahustatav hape (näiteks väävelhappe lahus 1:10, kui lahustatava happe erikaal on 1,84 G/cm^3). Vastutavatel juhtudel antakse tavaliselt see erikaal või tihedus, mis peab olema valmistataval lahusel (näiteks hapeakumulaatoritesse valatava elektrolüüdi erikaal peab olema 1,18—1,19 G/cm^3). Sel juhul, koostanud lahuse tema valmistamisjuhendis antud osade või protsentide järgi, kontrollitakse erikaalu areomeetriga (§ 23, 6, joon. 394). Vajaduse korral lisatakse kas vett või hapet, kui erikaal osutus vastavalt suuremaks või väiksemaks kui tarvilik.

Hapete, leeliste ja mõnede teiste lahuste kontsentratsioonide (kaaluprotsentides) ja erikaalude suhted on toodud jaos 10 leiduvates tabelites.

Vanades käsiraamatutes on mõnikord kontsentratsioon antud erilistes kraadimõõtudes, mida võttis kasutusele Baumè ja seepärast nimetatakse Baumè kraadideks. Kõige sagedamini leiab õpetaja niisuguseid andmeid akumulaatorite lahuste kohta (§ 23, 6). Kui on vaja, siis saab veest raskemate vedelike erikaalu leida Baumè kraadide järgi valemi abil:

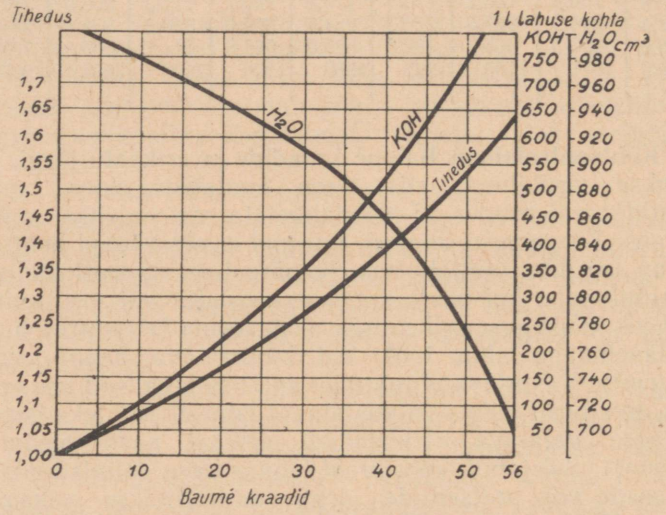
$$D = \frac{144,3}{144,3 - B};$$

kus B on Baumè kraadide arv.

Veest väiksema erikaaluga vedelike puhul, s. t. alla ühe, toimub ümberarvutus valemi järgi:

$$D = \frac{144{,}3}{144{,}3 + B}$$

Väsitavate arvutuste asemel on käepärasem kasutada graafikut tiheduse kõveraga (joon. 402). Graafik osutub väga kasulikuks vee (cm^3) ja KOH (g) koguste kindlaksmääramiseks, mis on vajalikud ühe liitri ühe või teise lahuse vastavas kontsentratsioonis valmistamiseks (Baumè kraadides).



Joon. 402. Baumè kraadide tiheduseks üleviimise (tiheduse graafik) ja kaaliumhüdroksüüdi ja väävelhappe kaalulise koguse (KOH ja H_2SO_4 graafikud) määramise graafikud, mis on vajalikud 1 liitri lahuse saamiseks vajaliku tihedusega Baumè järgi.

IV Küllastatud lahused. Vees või teistes vedelikes ei lahustu tavaliselt ühte või teist ainet üle teatud määra. See kogus oleneb kemikaali liigist, samuti ka temperatuurist, suurenedes selle tõusuga. Niisuguseid lahuseid nimetatakse küllastatuiks. Küllastatud lahuste valmistamisel, milleks on mõnikord vajadus, saab juhinduda järgnevas tabelis XLII toodud andmetest.

Soolade ja leeliste lahustuvus vees temperatuuril 18°.

Tabel XLII

Nimetus	Keemiline koostis	Veetu soola kogus (*g*) 100 *g* vees
Kaaliumhüdroksüüd	KOH	141
Kaaliumnitraat (salpeeter)	KNO_3	31,7
Kaaliumbikromaat (krombik)	$K_2Cr_2O_7$	12,4
Kaaliumjodiid	KJ	59,1
Kaaliumpermanganaat	$KMnO_4$	6,5
Kaaliumkloriid	KCl	34,3
Kaaliumkarbonaat (potas)	K_2CO_3	94,1
Naatriumhüdroksüüd (seebikivi)	$NaOH$	50
Naatriumnitraat (salpeeter)	$NaNO_3$	87,5
Naatriumbikromaat (krombik)	$Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$	180,0
Naatriumjodiid	$NaJ \cdot 2H_2O$	178,0
Naatriumbikarbonaat (söögisooda)	$NaHCO_3$	9,6
Naatriumkarbonaat (veetu)	Na_2CO_3	21,4
Naatriumsulfaat (glaubersool)	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	58,4
Naatriumkloriid (keedusool)	$NaCl$	35,8
Naatriumtiosulfaat (hüposulfit)	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	196,9
Vasksulfaat (sinine silmakivi)	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	42,3
Raudsulfaat (raudvitriool)	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	92,4
Alumiiniummaarjajää	$K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$	15,13
Kroommaarjajää	$K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$	17
Elavhõbekloriid (sublimaat)	$HgCl_2$	7,4
Hõbenitraat (põrgukivi)	$AgNO_3$	215

7. Soolade ja vesilahuste valmistamise reeglid.

Sööbeleeliste lahuste valmistamine vajab eri teadmisi, seepärast on nende valmistamist kirjeldatud jaos 9. Ühtede või teiste soolade (kemikaalide) lahuste valmistamisel tuleb juhinduda järgnevalt toodud reeglitest. Erijuhendeid mõnede ainete lahustamise kohta on antud kemikaalide loetelus (jagu 3) või järgnevates alljaotustes.

a) Lahuste valmistamisel tuleb kasutada täiesti puhtaid nõusid, milles ei leidu ei tolmu, mustust ega mingisuguste kemikaalide jäänuseid. Kui lahus valmistatakse destilleeritud vees (jagu 10), keemiliselt puhastest kemikaalidest, siis pärast pesemist tuleb nõu destilleeritud veega üle loputada. Tavaliste lahuste valmistamiseks kasutatakse kraanivett või parem lumest sulatatud ja vihmavett.[1] Sogasel veel lastakse seista, et soga põhja vajuks ja vajaduse korral tuleb teda pärast filtreerida (jagu 11).

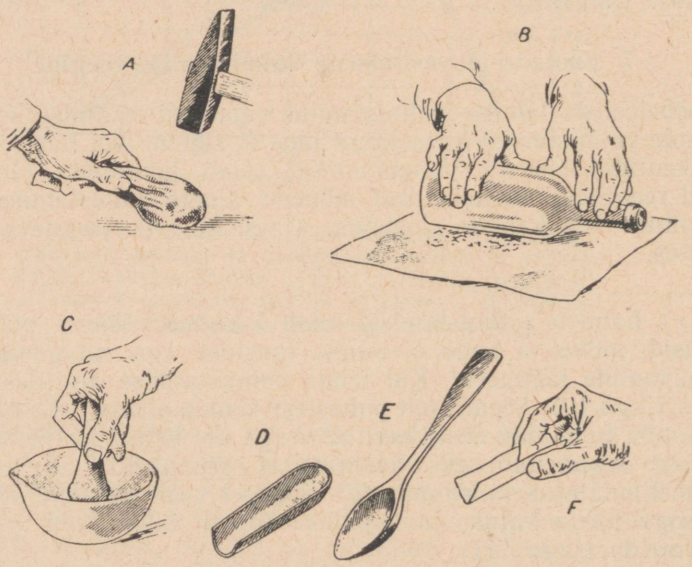
[1] Lumi ja vihmavesi korjatakse puhtasse emaileeritud nõusse, mis pannakse sademete puhul välja.

b) Lahuseid on kõige käepärasem valmistada laia kaelaga kemikaalipurkides.

c) Lahustatav sool kaalutakse kaaludel; retseptiga või lahuse kontsentratsiooniga ettenähtud veehulk mõõdetakse mõõtesilindriga nagu seda käsitlesime jaos 6, I.

d) Kemikaali tükeldamine või pulbristamine kiirendab lahustumist. Kui lahustatav sool koosneb suurtest tükkidest, siis tuleb need purustada (enne kaalumist) vasaraga, pannes tükid puhtasse linasest riidest «kotti» (joon. 403 *A*). Tükikesi, mis on väiksemad kui hernetera, saab pulbriks rullida tugeva paksuseinalise pudeliga lauale pandud paberil (joon. 403 *B*). Kallite ainete väikeste koguste pulbrikshõõrumine toimub portselanuhmris (joon. 403 *C*).

e) Kemikaalipurgist tuleb kemikaale välja võtta luust pahtli, luust lusika[1] või äärmisel juhul nurgana kokkukeeratud papitüki abil (joon. 403 *D*—*F*), mitte aga vahetult käega. Niisugune töövõte pole ainult hea laboratoorse töö kultuuri tunnuseks, vaid kaitseb töötaja nahka mõnede kemikaalide määriva ja sööbiva toime eest.



Joon. 403. Ainete peenestamine (*A*—*C*). Kemikaalide puistamise labidakesi.

[1] On müügil keemia- ja näitlike õppevahendite kauplustes.

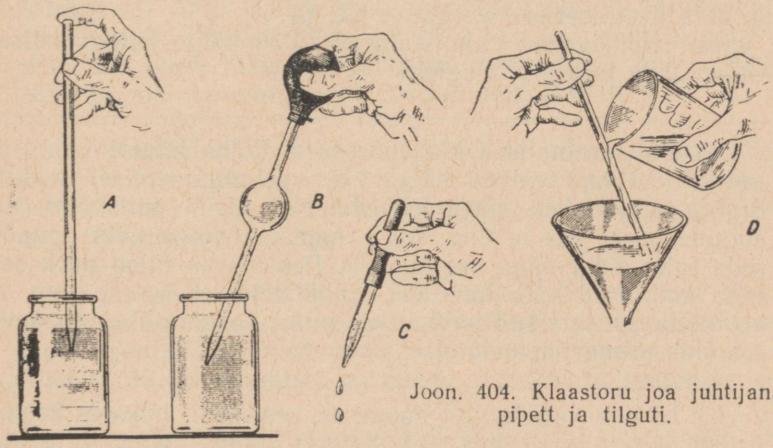
f) Kemikaale ei tohi puistata otse kaalukausile; sinna tuleb asetada leht paberit, millega sool pärast kaalumist puistatakse lahuse valmistamiseks ettenähtud purki.

g) Pärast soola purki puistamist valatakse sinna vett, parem kui see on soojendatud temperatuurini 40—50°, mis kiirendab lahustumisprotsessi. Eriti tähtis on vee soojendamine küllastatud lahuste valmistamisel (jagu 6, V). Vee eelsoojendamine ei ole absoluutselt vajalik ja on isegi ohtlik juhul, kui kemikaal lahustub vees soojuse eraldumisega, nagu näiteks sööbeleelised (jagu 9).

h) Pärast vee juurdevalamist tuleb valmistatavat lahust segada klaaspulgaga (mitte aga klaastoruga!) või täiesti puhta pirruga, seni kui sool on täielikult lahustunud. Mõnede halvasti lahustuvate ainete lahustamisel ja küllastatud lahuste valmistamisel on niisugune segamine aegaviitev töö. Seepärast kaetakse lahuse purk pärast segamist puhta paberiga ja jäetakse seisma, korrates segamist teatud ajavahemike järele.[1]

i) Kui lahus on sogane, mida juhtub ebapuhtate kemikaalide puhul ja nende reageerimisel vees lahustunud soladega, siis filtreeritakse teda läbi paberist filtri (jagu 17).

j) Valmistatud lahus valatakse klaaslehtri abil kummi- või korkpunniga suletavasse pudelisse (jagu 5). Väikesed lahuse kogused võib välja valada tilaga varustatud nõust ka ilma lehtrita mööda klaaspulka, mis on molekulaarjõudude tõttu joa juhtijaks (joon. 404 *D*).



Joon. 404. Klaastoru joa juhtijana, pipett ja tilguti.

[1] Põhjas oleva soola ümber tekib küllastatud lahus ja lahustumine lakkab.

8. Hapete lahused.

Hapete vesilahuste valmistamisel tuleb lähtuda nende hapete kontsentratsioonist, mõõtes seda ühest suurema erikaaluga ($D>1$) vedelikkude erikaalu mõõtmiseks määratud areomeetriga. Müügil olevatel hapetel on tavaliselt järgmised kontsentratsioonid:

Hape	Kontsentratsioon (%)	Erikaal G/cm^3
Väävelhape	98,5	1,84
Soolhape	37,2	1,19
„	23,8	1,12
Lämmastikhape	65,3	1,4
Äädikhape	80	—

Vahekorrad happe kontsentratsiooni (kaaluprotsentides) ja erikaalu vahel on toodud jaos 10. tabelis XLIII.

Soolhappe ja lämmastikhappe segamine veega, mida füüsikakabinetis praktiseeritakse harva, võib toimuda ilma erilise ettevaatuseta. Sedasama võib öelda ka äädikhappe kohta, kui ta pole kontsentreeritud äädikhappejää. Väävelhappe segamisel veega tuleb olla ettevaatlik mitte ainult happe söövitavate omaduste, vaid ka segamisel eralduva suure soojushulga tõttu.

Väävelhappelahuseid (jagu 3, I) tuleb valmistada võrdlemisi suurtes kogustes galvaani elementidele, Hoffmanni riista ja teiste elektrolüüsitööde jaoks. Neil juhtudel saab kasutada tehnilist väävelhapet; soovitatavam on aga puhastatud hape, seda enam et hinnavahe on väike. Seatina-akumulaatorite jaoks on tingimata vajalik kõige puhtam (purissimum) hape, mida tuleb lahjendada tingimata destilleeritud veega (§ 23, 6).

Väävelhappelahuse valmistamisel tuleb kõige kategoorilisemalt silmas pidada järgmisi reegleid.

a) Paksuseinalised klaaspurgid ei kõlba lahuse valmistamisel, sest nad võivad happe ja vee segunemisel tekkiva tugeva soojenemise tõttu lõhkeda. Kui siiski tuli võtta niisugune purk, siis ei tule kogu hapet korraga vette valada; seda tuleb teha väga aegamööda. Peale selle tuleb purk asetada emailitud kandikule või fotoküvetti. Kõige parem on kasutada glasuuritud savipurke, mida kasutatakse igapäevases elus piima hapendamiseks.

b) Ei tule valada vett happesse, sest vesi, hakates keema, pritsib lahuse laiali, mis võib sattuda inimese näole, vaid hape tuleb valada vette.

c) Hapet tuleb valada peene joana, lahust kogu aeg klaaspulgaga segades (äärmisel juhul võib segamiseks kasutada pirdu).

d) Neutraliseerimiseks tuleb hoida käepärast sooda- või mõne teise leelise lahust, vastavalt jaos 2 ja 3, I toodud juhenditele.

e) Riistadesse ei tohi valada jahtumata happelahust, selleks et hoiduda käte põletamisest ja vältida klaaside pragunemist katseriistas või akumulaatori plaatide riknemist. Lahus tuleb esmalt jahutada temperatuurini 23—25°.

9. Sööbeleeliste lahused.

Kaaliumhüdroksüüdi-, harvemini naatriumhüdroksüüdilahust (jagu 3, VI) vajatakse võrdlemisi suures koguses leelisakumulaatorite täitmiseks. Niisuguste lahuste valmistamise keerukus on tingitud nende erakordsest söövitustoimest, samuti ka nende lahustumisel tekkivast suurest soojushulgast. Kaaliumhüdroksüüdilahuse kontsentratsiooni (kaaluprotsentides) ja erikaalu vahekorrad on toodud jaos 10, tabel XLIII.

Kaaliumhüdroksüüdi-, vajaduse korral ka naatriumhüdroksüüdilahuse valmistamise reeglid on järgmised:

a) Põletushaavade vältimiseks ei tohi kaaliumhüdroksüüdi puudutada vahetult käega. Tuleb kätte tõmmata kummikinnas või võtta leelise tükke metallpintsetiga[1], äärmisel juhul paberi abil. Kaaliumhüdroksüüdi tükke peenendada pole tarvis, sest suure tükina ta lahustub aeglasemalt kui peenendatuna ja soojuse eraldumine toimub aeglasemalt.

b) Kaaliumhüdroksüüdi võib panna lahuse jaoks võetud vette, kuid pritsimise vältimiseks ettevaatlikult. Segada on lahustamisel kõige parem klaaspulgaga või täiesti puhta leelisega läbipestud traadiga.

c) Anumana võib lahuse valmistamisel kasutada glasuuritud savinõud või leelisega hästi puhtaks pestud metallpurki. Võib kasutada ka klaaspurki, kuid tuleb meeles pidada, et klaas võib soojenemisel puruneda, siis kui ta seinad on paksud.

[1] Enamikule metallidest kaaliumhüdroksüüd ei mõju.

d) Neutraliseerimiseks tuleb käepärast hoida lahjendatud äädikhapet vastavalt jaos 2 ja 3 antud juhenditele.

e) Tuleb hoiduda tulise lahuse poolt tekitatavatest põletushaavadest. Lahust ei tohi enne teise nõusse või raud-nikkelakumulaatorisse valada, kui ta on jahtunud toatemperatuurini.

10. Hapete, sööbeleeliste ja soolade lahuste mõningate füüsikaliste andmete tabelid. ($CuSO_4$ ja NH_4Cl).

Hapete ja leeliste vesilahuste mõningaid füüsikalisi andmeid (temperatuuril +18°).

Tabel XLIII

Elektrolüüt	Kontsentratsioon kaalu %-des	Erikaal (G/cm^3)	1 cm^3 takistus oomides	Takistuse temperatuuriline koefitsient
Soolhape HCl	5	1,024	2,53	0,0158—0,0150
	10	1,094	1,59	
	25	1,100	1,31	
	30	1,152	1,51	
	40	1,201	1,94	
Väävelhape H_2SO_4	5	1,033	4,80	0,0121—0,0280
	10	1,067	2,56	
	20	1,141	1,53	
	30	1,221	1,35	
	40	1,306	1,47	
	60	1,502	2,69	
	80	1,732	9,05	
	90	1,817	9,30	
	99,08	1,836	27,7	
Naatriumhüdroksüüd NaOH	2,5	1,028	9,21	0,0194—0,0648
	5	1,057	5,08	
	10	1,113	3,20	
	20	1,226	3,06	
	30	1,337	4,95	
	40	1,442	8,59	
Kaaliumhüdroksüüd KOH (joon. 402)	4,2	1,038	6,83	0,0187—0,0283
	8,2	1,078	3,67	
	16,8	1,159	2,20	
	25,2	1,244	1,84	
	42,0	1,430	2,37	

$CuSO_4$ ja NH_4Cl soolade vesilahuste mõningaid füüsikalisi andmeid (temperatuuril +18° C).

Tabel XLIV

Elektrolüüt	Kontsentratsioon kaaluprotsentides	Erikaal $\left(\frac{G}{cm^3}\right)$	1 cm^3 takistus oomides	Takistuse termiline koefitsient
Ammooniumkloriid (salmiaak) (NH_4Cl)	5	1,014	10,88	0,020—0,015
	10	1,028	5,63	
	15	1,043	3,87	
	20	1,057	2,98	
	25	1,071	2,49	
Vasksulfaat (sinine silmakivi) $CuSO_4$	2,5	1,025	91,8	0,021—0,023
	5	1,051	52,9	
	10	1,107	31,3	
	15	1,167	23,8	

11. Vesilahuste keemistemperatuur.

Demonstreerimiseks, et vesilahuste keemistemperatuur on kõrgem kui veel, kasutatakse tavaliselt keedusoolalahust või mis veel parem, ammooniumkloriidi- (salmiaagi-) lahust. Tabelis XLV on antud mitmesuguse kontsentratsiooniga lahuste keemistemperatuurid, kusjuures kontsentratsioon on antud aine kaaluosade arvuga 100 osa vee kohta.

Mitmesuguse kontsentratsiooniga NaCl ja NH_4Cl lahuste keemistemperatuurid.

Tabel XLV

Naatriumkloriid (keedusool) NaCl	Keemistemperatuur	Ammooniumkloriid (salmiaak) HN_4Cl	Keemistemperatuur
6,6 osa	101°	6,5 osa	101°
17,2 „	103°	19,0 „	103°
25,5 „	105°	29,7 „	105°
37,5 „	108°	56,2 „	110°
40,7 „	108°,8	81,3 „	114°
(küllastatud)		87,1 „ (küllastatud)	114°,8

Eriti sobiv on kasutada salmiaagi küllastatud lahust kolmel põhjusel: 1) salmiaagi lahustumisel vees langeb vee temperatuur umbes 15° võrra, mida saab kasutada huvitavaks demonstratsiooniks (jagu 12, II), 2) lahuse keemistemperatuur on vee keemistemperatuurist palju kõrgem ja 3) lahust saab kasutada Leclanché elemendis.

12. Jahutussegud.

Jahutust ehk temperatuuri alanemist saab füüsilisel teel tekitada vedeliku intensiivsel aurumisel, mida saab kasutada omaette demonstratsiooniks aurumissoojuse käsitlemisel. Nii näiteks põhjustades eetri intensiivset aurumist õhu läbipuhumise teel, ei ole raske panna õhus sisalduvat veeauru kondenseeruma nõu seintel (kastepunkti leidmine) või jäätada torus veetilku. On võimalik muuta ka vett jääks, sundides teda auruma hõrendatud ruumis õhupumba kupli all (vt. k. I, § 75, 5 ja joon. 168) või krüofooriks nimetatavas riistas.

Mõnedel juhtudel, kui tähtis on külmutada tunduvat kogust vett, näiteks malmkuuli või pudeli purunemise demonstreerimiseks vee külmumise toimel, kasutatakse füüsikalis-keemilist viisi, koostades selleks jahutussegu.

Kõige kergem on koolis koostada jahutussegu 100 osast lumest (kaalu järgi) ja 33 osast keedusoolast, mis jahutab kuni —20°-ni. Segu koostamiseks puistatakse pange või plekkpurki (välisseinad peavad olema soojuse vastu isoleeritud vildi või riidega) vaheldumisi kihtide kaupa lund ja peenikest soola.

Jahutust, võrreldes ümbritseva keskkonnaga, võib samuti saavutada:

18° võrra — 30 osa ammooniumkloriidi (salmiaagi, jagu 11) lahustumisel 100 osas vees;

36° võrra — lahjendatud (68%) väävelhappe ja lume võrdsete kaaluosade segamisel.

Esimene neist retseptidest on huvitav selle poolest, et kasutatakse mitte lund, vaid vett, teine on rakendatav selle tõttu, et segu saab kasutada väävelhappelahusena, s. t. ei lähe kaotsi. Neid mõlemaid retsepte tuleb kasutada väikeste koguste valmistamisel, tehes temperatuuri languse kindlaks termomeetriga, mitte aga kasutades neid segusid vee külmutamiseks, milleks on lume ja soola segu.

13. Seebilahus seebimullide ja kelmete valmistamiseks.

Lahuse valmistamiseks tuleb võtta parima kvaliteediga (näiteks tualettseep, habemeajamispulber), mitte aga harilikku seepi. Kasutada võib ka *v e d e l a t* seepi, kuid samuti mitte majapidamisseepi, vaid apteekides müüdavat rohelist seepi. Laastudeks lõigatud seep või seebipulber puistatakse pudelisse ja valatakse sinna leiget (mitte aga kuuma) vett ja jäetakse nii mõneks päevaks seisma. Kui lahust on kohe vaja, siis «hõõrutakse» seepi väheses vees, kas alustassil või, mis on veel parem, portselanuhmris (joon. 403 *C*), millel nagu teada, on kare pind, mis soodustab lahuse valmistamisel aja kokkuhoidu.

Vee kvaliteet on samuti suure tähtsusega, parimaid tulemusi annab destilleeritud (jagu 16) vesi. Väga halb lahus saadakse kõva veega.

Lahuse valmistamisel proovitakse sellest puhuda mulle; saavutanud mulli läbimõõduks 5—6 *cm*, võib seebi hõõrumise lõpetada. Kui aga lahusele lisada mõni tilk apteegist ostetud puhast glütseriini, siis võib saada umbes kaks korda suuremaid mulle ja nad on palju kestvamad.

14. Vee värvimine.

Vedeliku värvimisel on ideaalseks värviks niisugune, mille tarvitamisel on hästi nähtavad nii vedeliku enda piirjooned kui ka vedelikus asetsevad esemed ning, mis on kõige tähtsam, vedelikuga kokkupuutuv klaas ei värvu pärast vedeliku väljavalamist.

Vett värvitakse mitmesuguste värvidega (vt. § **9**, 2, IV), milledest mitmesugustel põhjustel väärivad tähelepanu kaaliumpermanganaat, eosiin, fenoolftaleiin ja fluorestseiin.

I Kaaliumpermanganaati kasutatakse tavaliselt selle tõttu, et teda on võimalik alati apteegist saada ja ta lahustub hästi. Tõepoolest, jätkub 1—2 väikesest kristallist mitmesaja kuupsentimeetri vee intensiivselt punaseks värvimiseks. Ta aga jätab nõude seintele kollakaspruune plekke, mida ei saa veega ära pesta. Nende plekkide kõrvaldamisest vt. § **16**, 3, VI.

II Eosiin on punase tindi valmistamisel kasutatav värvaine. Niisuguse tindiga võib vett värvida ainult siis, kui puuduvad teised värvained, sest selle värvi jäljed jäävad klaasile. Eosiin on huvitav kui heleroheliselt fluorestseeriv aine, mispärast eosiini nõrka lahust saab kasutada valguskiire käigu jälgimiseks vees.

III Fenoolftaleiin on valge pulber, mis lahustub piirituses, äärmisel juhul viinas. Müüakse keemiakauplustes või apteekides tablettidena purgeeni nime all kui lahtistajat. Fenoolftaleiini on alati keemiakabinetis, sest teda kasutatakse parima indikaatorina sööbeleeliste puhul. Fenoolftaleiini piirituslahust tuleb valmistada 5—10 cm^3-ses tilaga rohuklaasis ja nii alal hoida. Värvimisele kuuluvasse vette lastakse mõni tilk seda lahust, millest tekib veepinnale sogane kiht, mis kaob vee segamisel. Helepunane värvus tekib (vt. k. I, joon. 205) veele mõne tilga nuuskpiirituse või sööbeleeliste lahuse lisamisel (jagu 3, VI). Klaasi fenoolftaleiin ei värvi.

IV Fluorestseiin on parim, peaaegu ideaalne värvaine. Teda saab osta keemiakauplustest. Vees otseselt ei lahustu. Tema lahuse saamiseks lisatakse veele mõni tilk sööbeleelist (jagu 3, VI) või nuuskpiiritust. Nii valmistatakse $^1/_2$—1 *l* kontsentreeritud lahust ja hoitakse seda kummipunniga suletud pudelis. Vee värvimiseks kolvis või akvaariumis vajatakse seda kontsentreeritud lahust mõni kuupsentimeeter. Lahus on läbi vaadates nõrga kollase värvusega, peegeldavas valguses aga fluorestseerib ta intensiivselt rohelise värvusega. Selle tõttu on lahuse piirjooned väga hästi nähtavad, seda enam aga kiirte vihk optiliste katsete puhul.

V Riidevärvid (aniliin), mida müüakse apteekides ja majapidamistarvete kauplustes nii puuvillase kui villase riide värvimiseks,

on samuti kasutatavad katsetel vee värvimiseks. Mõned neist jätavad klaasile nõrgad jäljed. Nende kasutamist vedelike värvimiseks mainisime seepärast, et neid on kerge saada majapidamistarvete kauplustest ja neid tuleb üldse soovitada puidu ja paberi värvimiseks heledatesse värvustesse.

15. Piirituse ja petrooleumi värvimine.

I Piirituse fluorestseeriv värvus. Kuna koolis kasutatakse denatureeritud piiritust, siis ei ole vaja seda värvida. Mainime ainult puhta piirituse värvimist fluorestsentsi saamiseks. Mai alguses korjatakse tavalise nõgese värskeid kasve ja pannes need katseklaasi või kolbi, valatakse piiritusega üle. 2—3 päeva pärast valatakse vedelik puhtasse, punniga suletavasse katseklaasi. Leotis on läbivas valguses heleroheline, peegeldavas valguses aga ta fluorestseerib kirsspunase helgiga.

II Petrooleumi värvimine. Petrooleumi kollaseks värvimiseks võib kasutada joodilahust või joodikristalle. Kollakaspruun värvus saadakse kõige lihtsamini tavalise musta kingakreemi lahustamisel petrooleumis. Kui aga sulatatud kampolile (§ **12**, 2, IV) lisada vaskoksüüdi ja soojendada segu segades 15—20 minutit, siis saadud aine värvib bensiini ja petrooleumi rohekassiniseks.

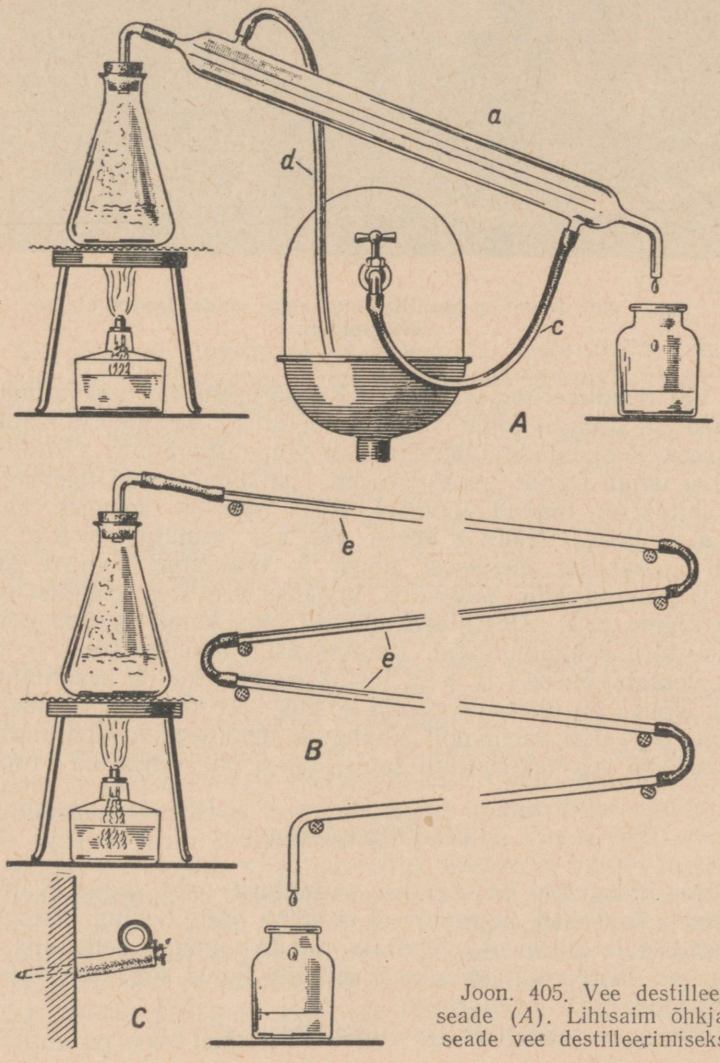
16. Vee destilleerimine.

Süstemaatilist vajadust destilleeritud vee järele füüsikakabinetis ei ole. Tavaliselt vajatakse niisugust vett suuremas koguses üks kord aastas leelisakumulaatorite lahuse vahetamisel (§ **23**, 6). Kui aga füüsikakabinet kasutab väga kõva kaevu- või jõevett, siis on destilleeritud vett vaja mitte ainult lahuste valmistamisel, vaid ka nõude loputamiseks enne nende kuivatamist (§ **16**, 5). Kuna aga 7. klassis õpitakse ka keemiat, siis tuleb vee destilleerimist organiseerida koos keemiaõpetajaga. Vähesel hulgal vajalikku destilleeritud vett võib alati saada apteegist.

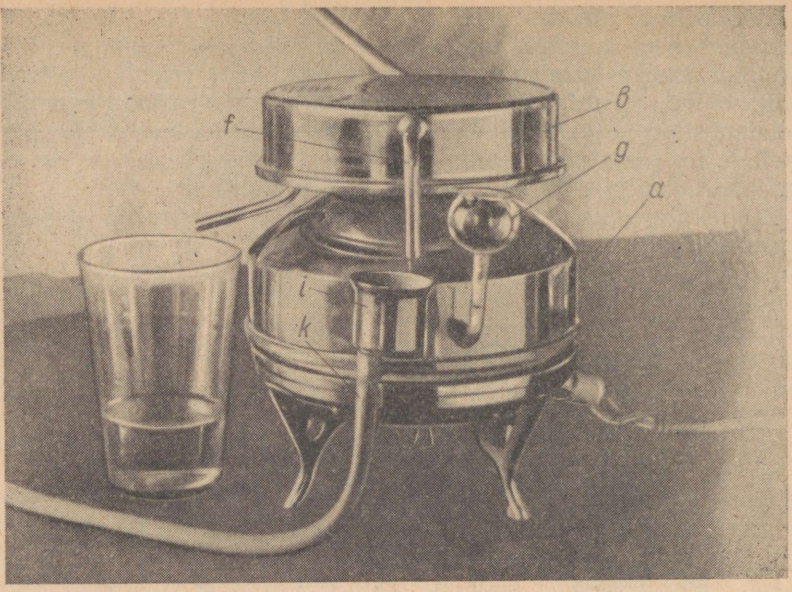
Destilleeritud vett tuleb hoida klaaspudelis; parem kui see on lihvitud punniga.

I Omavalmistatud seadmed. Destilleerimisseade, mis on koostatud klaasnõudest ja klaasist jahutajast, mida saab osta õppevahendite kauplusest, on toodud joonisel 405 *A*. Tema kokkumonteerimine on lihtne vastavalt juhenditele, mis on toodud § **17**, 8 ja 14 korgi ja kummi töötlemise kohta. Veeauru jahutamine toimub külma vee läbivoolamise teel jahutajast torude *c* ja *d* kaudu. Külm vesi võetakse veevärgikraanist või teatud kõrgusele paigutatud paagist. Suurema tõhususe saamiseks tuleb külm vesi juhtida jahutajasse alumisest torust (*c*), soojenenud vesi aga välja lasta ülemisest torust (*d*), mitte aga vastupidi. Niisugune seade on soovitav kabinetis paigutada jäädavalt kindlale kohale, kõige kohasem riiulile kraanialuse kausi lähedal.

Kui õpetaja käsutuses on pikad klaastorud (1—1,5 *m*), siis ühendades neid kummitorude abil ja kinnitades sik-sakina seinale, võib läbi saada loomuliku õhkjahutusega, eriti jahedal aastaajal (joon. 405 *B*). Torud *e* tuleb paigutada kaldu vee äravoolu poole ja otstest ning keskelt siduda nööriga seinasse löödud naelte külge (naeltele on tõmmatud kummitorujupid). Otstarbekohane on seejuures torud kinnitada seinast veidi eemale (joon. 405 *C*). Vee parema läbilaskmise tagamiseks on soovitav torud võtta läbimõõduga mitte alla 4—5 *mm*.



Joon. 405. Vee destilleerimise seade (*A*). Lihtsaim õhkjaotuse seade vee destilleerimiseks (*B*).



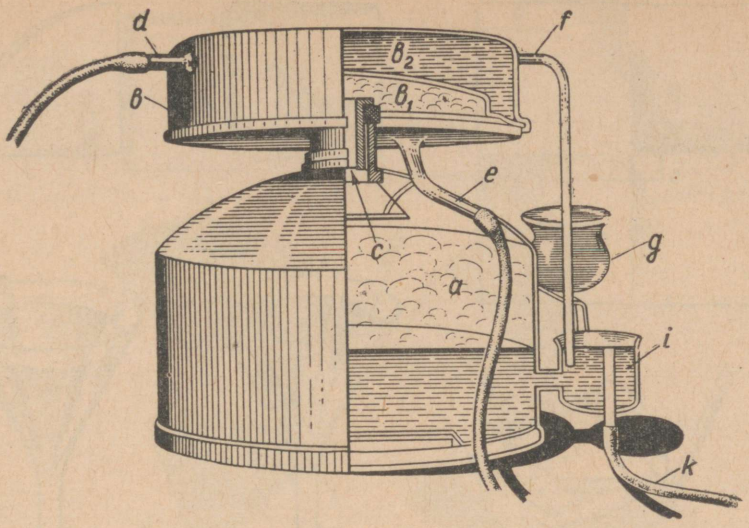
Joon. 406. Metallist destilleerimisseade, mida soojendatakse elektripliidil.

II Vee destilleerimise aparaat. Käepärasem kui omavalmistatud seadmed on müügil olev kantav metallist destilleerimisaparaat, mida saab soojendada tahtpriimusel või elektripliidil (joon. 406). Kuid see vajab samuti jooksvat vett. Niisuguse destilleerimisaparaadi ehitus on toodud joonisel 407. Aparaat koosneb kolmest nõust *a*, b_1 ja b_2. Nõus *a* keeva vee aur suundub toru *c* kaudu nõusse b_1, mis on ülemisest nõust b_2 eraldatud soojust juhtiva (vasest) vaheseinaga. Nõusse b_2 lastakse veevärgi kraanist toru *d* kaudu külma vett. Destilleeritud vesi, mis kondenseerub nõus b_1, lastakse toru *e* kaudu välja. Jahutusvesi, lahkudes nõust b_2 toru *f* kaudu, voolab nõusse *i* ja sealt lastakse toru *k* kaudu kraanialusesse kaussi. Nõul *i* on ühendus nõuga *a*, kus vett keedetakse, mis säilitab nõus *a* püsiva veenivoo.[1] Niisuguse destilleerimisaparaadi tootlikkus 600 *W*-sel elektripliidil soojendades on umbes 0,5 *l* tunnis.

17. Filtreerimine.

Filtreerimise teel eraldatakse vedelikust teda sogastavate tahkete ainete osakesed. Sogane vesi ei kõlba mingil juhul lahuste valmistamiseks ja kui ei ole võimalik saada puhast vett, siis tuleb sogast vett filtreerida. Mõnikord muutub lahus sogaseks valmista-

[1] Lehter *g* on veeseisunäitajaks (joon. 406 ja 407).

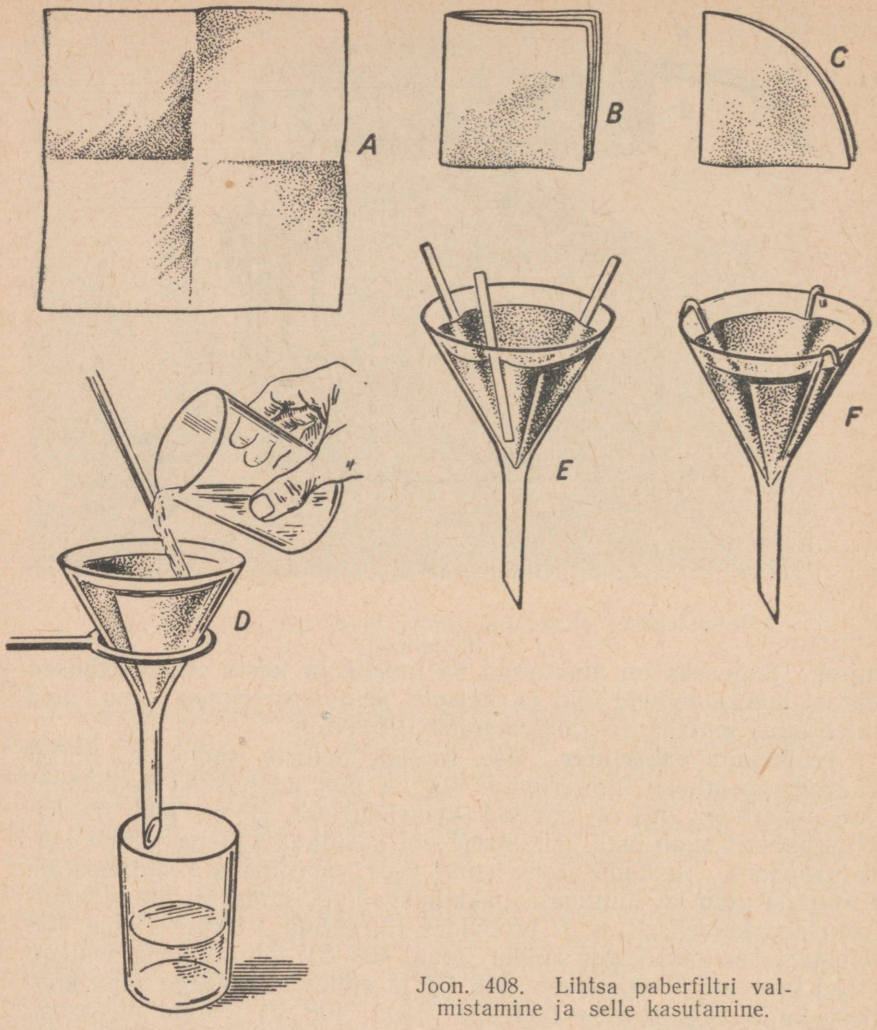


Joon. 407. Destilleerimisaparaadi ehitus.

misel. Sogaseks on muutunud ka hapete ja teiste ainete lahused pärast laboratoorseid töid ja katsete demonstreerimist ning neid tuleb enne pudelisse tagasivalamist filtreerida.

I Lihtsaim paberfilter. Vee, soolade lahuste, samuti ka nõrga väävelhappelahuse filtreerimine toimub läbi koonusena kokkupandud paberfiltri, mis on pandud klaaslehtrisse (joon. 408 *A*—*F*). Filterpaberit saab osta kauplusest või kasutada sellena vihiku kuivatuspaberit, leotades teda enne vees värvaine kõrvaldamiseks. Kasutada võib ka liimimata pakkimispaberit, mida on lihtne kindlaks teha katseliselt, s. t. proovides filtreerida. Paber (joon. 408 *A*) murtakse kaks korda kokku (joon. 408 *B*), lõigatakse kääridega otsad kaarekujuliseks (joon. 408 *C*) ja andes sõrmedega talle koonuse kuju, paigutatakse lehtrisse (joon. 408 *D*). Läbi niisuguse lihtsa filtri toimub filtreerimine väga aeglaselt, protsessi kiirendamiseks soovitatakse asetada lehtri ja paberi vahele kolm-neli pirdu või konksu keeratud otstega klaaspulgakest (joon. 408 *E* ja *F*).

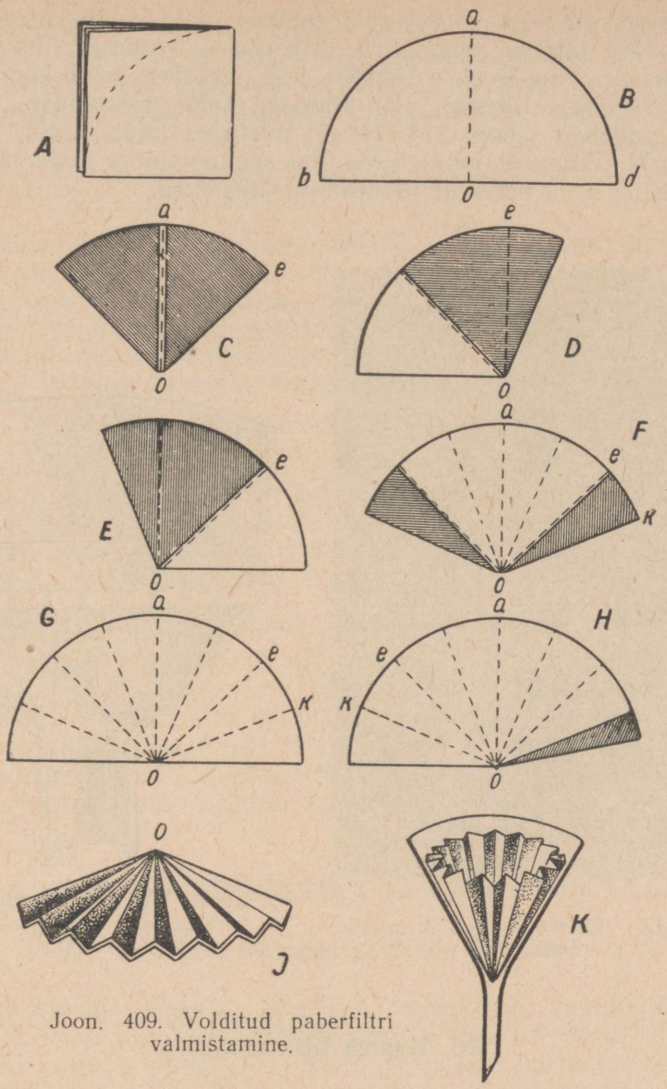
II Volditud paberfilter. Palju kiiremini toimub filtreerimine läbi volditud filtri, mis on kokku pandud lõõtsana (joon. 409). Soovitame õpetajal ära õppida niisuguse filtri kokkumurdmine, sest selle minuti, mis läheb filtri valmistamiseks, korvab küllaga kiirem filtreerimine. Niisuguse filtri valmistamise järkjärgulised operatsioonid on toodud joonisel 409, kusjuures kokkumurdmise selgitamiseks on tingimisi võetud, et vaatleja poole pööratud ringi osa on valge, vaatlejast eemale pööratud osa aga viirutatud. Kokkumurdmisel tuleb vältida teravaid murdekohti filtri tipu *o* läheduses, sest nende



Joon. 408. Lihtsa paberfiltri valmistamine ja selle kasutamine.

tõttu võib seal tekkida paberisse auk. Kokkumurdmise tulemusena saadakse «lehvik» (joon. 409 *J*), millele antakse õhku sisse puhudes koonuse kuju (joon. 409 *K*) ja asetatakse lehtrisse.

III Filtreerimine vähendatud rõhuga. Kui filtreerida tuleb süstemaatiliselt, mis on tavaline korrashoitavas füüsikakabinetis, siis filtreerimisprotsessi tunduvaks kiirendamiseks soovitatakse kasutada erilist lihtsat seadet, milles vedelik aetakse läbi filtri atmosfääri rõhu toimel. Niisuguse seadme jaoks tuleb hankida paksuseinaline kooniline Bunseni kolb gaasiärajuhtimistoruga (joon. 410) ja eriline portselanist lehter, mis joonisel 411 on kujutatud lõikes.

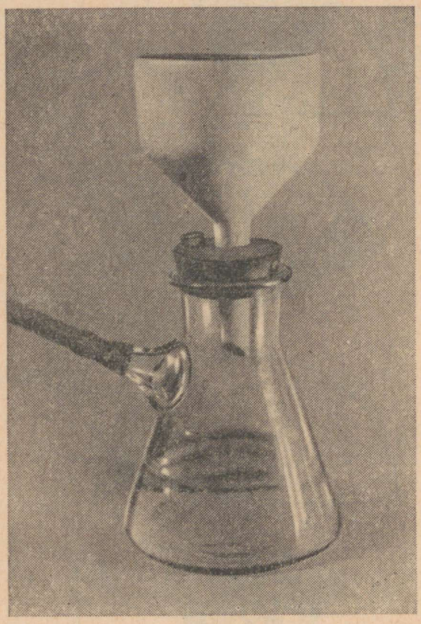


Joon. 409. Volditud paberfiltri valmistamine.

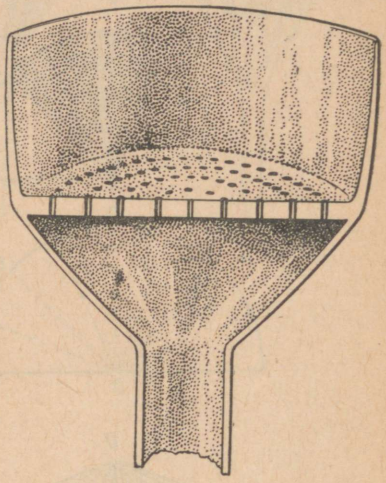
Niisuguses lehtris on koonilise ja silindrilise osa piiril portselanist vahesein, milles on palju peeni auke. Sellele vaheseinale asetatakse filterpaberist ketas, mille atmosfääri rõhk pärast surub tihedalt vastu vaheseina.

Lehter pistetakse kummipunni (§ 17, 11), mis on valitud selliselt, et ta tihedalt läheks kolvi kaelasse. Kui tekitame näiteks Šintsi hõrenduspumba abil kolvi sisemuses teatava väikese hõrenduse,

hakkab vedelik mitte ainult enda raskuse, vaid ka õhu ülerõhu tõttu (joon. 410) läbima paberfiltrit. Niisuguses seadmes lihtsa filtriga lehtri kasutamine ei ole võimalik, sest paberisse tekib koonuse tipu läheduses auk. Ilmsesti võib Bunseni kolvi puudumisel kasutada Wulffi pudeleid (joon. 274 *K*) või mistahes laiakaelalist kemikaalide purki. Viimasel juhul tuleb õhu äraimemiseks pista läbi punni peale lehtri veel nurkselt painutatud klaastoru.



Joon. 410. Filtreerimine vähendatud rõhu all.



Joon. 411. Vähendatud rõhu all filtreerimisel kasutatava lehtri ehitus.

18. Hapete filtreerimine.

Koolipraktikas tuleb filtreerida lahuseid, mis sisaldavad väävel- või soolhapet. Väävelhappelahuseid, tavaliselt akumulaatori elektrolüüti, saab filtreerida läbi tavalise paberfiltri (joon. 408 ja 409) või kasutades selleks Büchneri lehtrit (joon. 410 ja 411). Viimasel juhul tuleb tingimata kasutada veejoapumpa, mitte aga Šintsi või Komovski pumpa, sest viimased kannatavad väävelhappe aurude all. Samasugusel viisil saab filtreerida ka soolhappelahust.

Kanged happed «põletavad» paberfiltri ära, mispärast neid tuleb filtreerida läbi müügil oleva klaasvati. Selleks asetatakse lehtri ahenevasse ossa tihedalt tükike klaasvatti.

Sööbeleeliste lahuseid (KOH ja NaOH) ei tohi filtreerida läbi klaasvati, sest need mõjuvad klaasile. Sööbeleeliste filtreerimine ei ole soovitatav veel seepärast, et nad neelavad seejuures õhust süsihappegaasi ja muutuvad osaliselt potaseks ja soodaks.

19. Lahused Plateau katseks.

Plateau katse, nagu teada, näitab, et üks kahest mittesegunevast vedelikust, mis hõljub teises, võtab seejuures sfäärilise kuju. Katset tuleb demonstreerida tasapinnaliste klaasseintega riistas, mis on klaasidest kokku kleebitud vastavalt § 10, 7, II (joon. 124) toodud juhendi'e. Välise vedelikuna kasutatakse kahte erineva erikaaluga keedusoolalahust. Olgu nende erikaalud vastavalt 1,020 ja 1,025[1] $\frac{G}{cm^3}$. Niisuguste lahuste valmistamiseks tuleb ühel juhul 100 *ml* (cm^3) kohta võtta 36 *g* soola, teisel juhul — 40 *g*. Alguses valatakse nõusse kuni selle pooleni väiksema tihedusega lahus ja seejärel pika toruga lehtri kaudu, mille alumine ots ulatub kuni nõu põhjani, tihedam lahus. Nii on nõus kaks lahust — tihedam allpool ja vähem tihe pealpool. Sisemiseks vedelikuks on aniliin (erikaal 1,022 $\frac{G}{cm^3}$), mis viiakse nõusse pipetiga (joon. 404 *C*), mille ots lastakse 2—3 *cm* allapoole vedeliku pinda, sest muidu võivad aniliinitilgad molekulaarsete jõudude toimel hoiduda pinnal. Kui nõu keskel tekkinud kera osutub lapikuks, siis tuleb segajaga (rõngakskeeratud otsaga traat) lahuseid kera ümbruses segada. Selleks liigutatakse segajat, hoides seda vertikaalselt, ettevaatlikult kera ekvatoriaaltasapinna suhtes üles-alla.

§ 25. GALVANOPLASTIKA JA GALVANOSTEEGIA.

1. Tööde otstarve ja nende järjekord.

Ühe metalli teisega (tavaliselt keemiliselt vastupidavamaga) katmise, teiste sõnadega galvanosteegia vajadust, kooli tingimustes ei esine. See protsess aga pakub õpilastele harilikult suurt huvi, tutvustades neid praktiliselt kaasaegse elektrotehnika tähtsama haruga.

Nikeldamine on selle protsessi keerukuse ja vajalike kemikaalide kalliduse tõttu vähem kättesaadav kui vasetamine. Kuna nad teostamise põhimõttelt teineteisest kuigi oluliselt ei erine, siis ringide töös võib piirduda ainult vasetamisega. Järgnevalt kirjeldatakse üldist protsessi, s. t. nikeldamist ja vasetamist; erinevused on märgitud eraldi, mis muuseas seisavad anoodide materjalis ja

[1] Vaata А. Б. Млодзеевский, Демонстрации по молекулярной физике, 1934, lk. 88, joon. 28.

elektrolüüdi koostises. Vasetamise esimeseks töödeks võivad olla rauast, vasest ja söest plaadikeste vasetamine, selleks et omandada eraldunud metallikihi tiheda ja tugeva sadestise saamise võtteid. Seejärel tuleb muuta töö keerukamaks, tutvustades õpilasi voolu mittejuhtivate ainete vasega katmise viisiga, milleks tuleb nende pind enne katta grafiidiga. On soovitav katsetada muuseas puu- ja koksitükikeste või kipsasjakeste vasega katmist, mille tulemusena nad omandavad omapärase ilusa välimuse. Suure huviga vasetavad õpilased kuivatatud mardikaid, kuivatatud lilli (õlglilli), lehti jne. (joon. 415 ja 416).

Viimaseks ja kõige huvitavamaks protsessiks on galvanoplastika, s. t. mingisuguste esemete, näiteks vanade rahade, medalite jne. koopiate saamine.

2. Materjalid.

Vajalikud kemikaalid olenevad mitte ainult katva metalli, vaid ka kaetava metalli omadustest. Vajalikud kemikaalid on loetletud jaos 12.

I Viini lubi. Peale tavaliste materjalide, mida kasutatakse mehhaaniliseks puhastamiseks ja poleerimiseks, mida kirjeldasime § 11, 14, on otstarbekohane, kuid mitte kohustuslik kasutada nn. viini lupja — valget pulbrit. Seda tarvitatakse nikeldamisele või vasetamisele kuuluvate esemete rasvast puhastamiseks kui ka nende metallidega kaetud esemete poleerimiseks.

II Grafiit. Mittejuhtide pindade katmiseks neile elektrijuhtivuse andmiseks kasutatakse grafiiti, mida müüakse keemiakaupade kauplustes pulbrina, sagedamini aga tükkides. Vähestes kogustes saab grafiiti kõige pehmemate pliiatsite kaapimisel, millest jätkub väiksemate esemete katmiseks.

III Vask ja nikkel anoodideks. Anoodplaatideks on tarvis vask- või nikkelplekki (§ 13, 2, IV), mida saab osta ainult keemiakaupade, mõnikord ka elektritarvete kauplustest, kõige kindlamini aga tööstusorganisatsioonilt, mis on kooli šefiks. Selleks kõlbab igasugune vaskplekk, kui aga teda saab puhastada pinda katvast mustusest ja oksüüdidest; teda võib asendada vasktraat, mis on keeratud spiraaliks või võetud kimbuna anoodi küllaldase pinna tagamiseks. 1—2 dm^2 suurusest ja 2—3 *mm* paksusest nikkelpleki tükist jätkub kooli tingimustes mitmeks aastaks, s. t. kümneteks, kui mitte sadadeks galvanosteegilisteks protsessideks.

3. Metalli ettevalmistamine galvanosteegiaks.

Töö õnnestumiseks, s. t. ühtlase, tiheda ja tugevasti kinniseisva metallikihi saamiseks on eriti tähtis metalliga kaetava eseme hoolikas ettevalmistus. Kui see ettevalmistus on tehtud lohakalt, siis mitte ainult, et ese kattub metalliga halvasti, vaid rikneda võib ka galvanosteegilises vannis olev lahus. Metallesemete ettevalmistus

koosneb järgmistest operatsioonidest: 1) mehhaanilisest või keemilisest puhastamisest (peitsimisest) (jagu 4) ja 2) rasvast puhastamisest.

Pinna mehhaaniline puhastamine toimub viili, smirgelpaberi jms. abil nii, nagu on kirjeldatud § **11**, 13 ja 14. Puhastamise eesmärgiks on mustuse ja oksüüdide kõrvaldamine metalli pinnalt. Seejuures tuleb eriti hoolikalt puhastada kõik süvendid, kuni puhta metallini. Oksüüdidega kaetud kohale metall galvanosteegilises protsessis ei sadene või seisab seal nõrgalt või moodustab märgatava «määrdunud» laigu.

Kui sadestunud metalli tuleb pärast poleerida, näiteks metallpeegli valmistamisel, siis tuleb eseme pind tingimata ka enne metalliga katmist poleerida kuni peegelläikeni (§ **11**, 14, IV), sest sadestunud metall katab eseme pinda ühtlase kihina, mispärast kõik kriimustused ja ebatasasused jäävad nähtavaks ja nende suhteline tasandamine vajab väga paksu, järelikult ka väga kestva protsessiga saadavat kihti.

4. Keemiline puhastamine ehk peitsimine.

Esemed, milledel ei ole siledat pinda, nagu kunstitooted, puhastatakse keemilisel teel peitsimisega. Kuna peitsimisel sagedasti eraldub mürgiseid aure ja gaase, siis tuleb seda teha tõmbekapis või äärmisel juhul lahtise akna juures või veel parem, väljas. Peitsimiseks kastetakse traadi külge kõidetud ese mingisse keeduklaasi või purki valatud lahusesse. Enne peitsimist tuleb eseme pind, niipalju kui see on võimalik, puhastada mehhaaniliselt, kõige parem metallharja abil (141 *A*).

Peitsimiseks kasutatakse järgmisi lahuseid:

rauda peitsitakse 5—10%-lises väävelhappe- või soolhappelahuses;[1]

tsinki ja alumiiniumi — 10%-lises väävelhappelahuses;

niklit — 10%-lises soolhappelahuses.

Vaske ja vasesulandeid (messing, pronks, uushõbe) peitsitakse mõni sekund segus, mis koosneb 100 osast lämmastikhappest, 1 osast tahmast ja 1 osast keedusoolast. Seejärel valatakse ese üle kuuma veega ja kastetakse mõneks sekundiks «läike andmiseks» järgmisse segusse: 100 osa kanget väävelhapet, 75 osa lämmastikhapet ja 1 osa keedusoola.

Pärast peitsimist pestakse ese kuumas vees ja vaadatakse üle. Juhul, kui on jäänud peitsimata kohti, korratakse peitsimist. Eset ei tohi pärast peitsimist käega puudutada. Käed on alati kaetud rasvaga ja see rasv jääb puudutamisel eseme külge. Pärast pesemist pannakse peitsitud ese vanni lahusesse või puhtasse vette.

---

[1] Hapetest ja lahuste valmistamisest vt. § **24**, 2 ja 8.

5. Rasvast puhastamine.

Pärast plaadikese või mõne muu eseme mehhaanilist puhastamist ja poleerimist tuleb temalt kõrvaldada igasugused rasva jäljed, sest vastupidisel juhul metall kas üldse ei kata neid kohti või langeb pärast ära. Tõepoolest, rasv on isoleerivaks aineks ja elektrolüüsil vool ei läbi plaadi pinna seda osa, mis on rasvaga kaetud, järelikult see koht ei kattu metalliga. Lõpuks kuigi see koht, vaatamata teatava hulga rasva olemasolule, siiski juhib voolu, siis metall sadestub rasvale ja tal pole tugevat naket kaetava metalliga.

Rasv kõrvaldatakse nikeldamisele kuuluvalt esemelt alguses pesemisega puhtas bensiinis, mis lahustab rasva, seejärel puhastamise teel erilise rasva kõrvaldava ainega — viini lubjaga. Viini lubi segatakse enne tarvitamist veega hapukoort meenutavaks kõrdiks, võetakse seda pehme harjaga (selleks võib kasutada kuumas vees pehmitatud hambaharja) ja kantakse esemele. Viini lubjaga kaetud harjaga tuleb puhastada kogu eseme pind. Viini lubi kõrvaldab seejuures viimased rasva jäljed ja annab peale selle pinnale lõpliku poleeri. Pärast viini lubja abil rasva kõrvaldamist ei tohi eset mingil tingimusel käega enam puudutada. Seepärast tuleb juba varem kinnitada plaadi külge vasktraadid, mida kasutatakse pärast eseme vanni riputamiseks, ja võtta kinni ainult neist traatidest. Tunnuseks, et ese on küllaldasel määral rasvast puhastatud, on see, et vesi märgab eseme pinda terves ulatuses. Kui aga vesi pärast eseme vette kastmist koguneb üksikute laikudena, siis ei ole kogu rasv kõrvaldatud.

Pärast rasvast puhastamist ja veega pesemist lastakse ese mõnda puhtasse nõusse valatud vette ja hoitakse selles kuni elektrolüütilisse vanni üleviimiseni.

Väga hästi toimub rasvast puhastamine esemete kastmisel 10—20%-lisse naatrium- või kaaliumhüdroksüüdilahusesse (§ **24**, 9). Kui ese on tugevasti määrdunud, siis soovitatakse lahust soojendada temperatuurini kuni 50—80°. Seejuures tuleb olla ettevaatlik, et leelise lahust, eriti kuuma, mitte maha valada. On seda juhtunud, siis tuleb sellele kohale valada äädikhappelahust (§ **24**, 2).

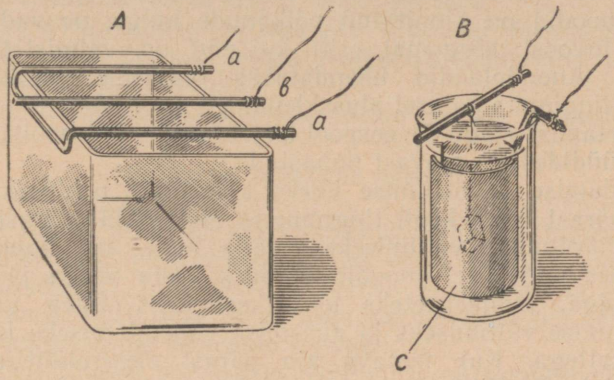
6. Galvanosteegilise vanni ehitus.

Galvanosteegilise vannina võib kasutada mistahes klaaspurki, mille mõõted on niisugused, et nikeldatav[1] ese vabalt temasse mahuks ega oleks seejuures anoodplaatidele liiga ligidal.

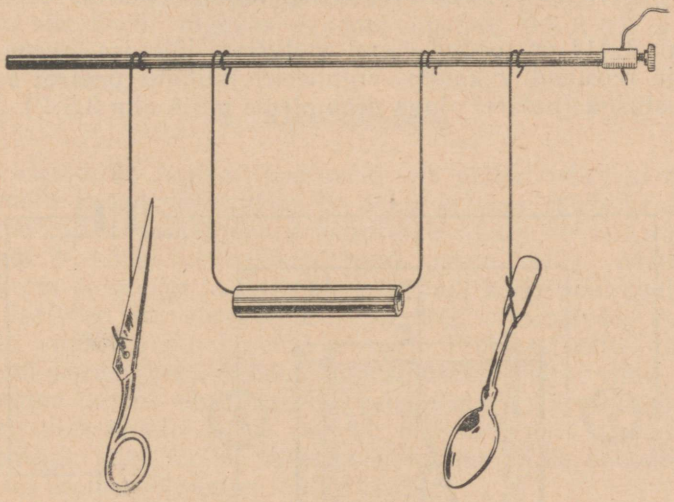
Kõige sobivam on kasutada neljakandilisi akumulaatoripurke (joon. 412 *A*). Jämedast vasktraadist tehakse põikpuud, milledest kahte *a* kasutatakse nikkel- või vaskplaatide — anoodide-, ühte *b* aga nikeldatavate esemete vanni riputamiseks. Ümmarguses purgis

[1] Edasises kirjelduses arvestatakse nii nikeldamise kui ka vasetamisega.

painutatakse plaat silindriks (joon. 412 *B*). Esemete traadile riputamise viise on kujutatud joonisel 413. Anoodplaate tuleb võtta kaks, teravate kontuuridega või suuremate esemete puhul aga neli.



Joon. 412. Galvanosteegiliste vannide nõud.



Joon. 413. Esemete ülesriputamine.

Tähtis on, et nikeldatavad esemed oleksid oma suuremate tahkudega pööratud anoodide poole ja asetseksid nendega umbes paralleelsetes tasapindades. Need eseme küljed, kus on mingisuguseid teravikke või kante[1], peavad olema pööratud nõu vabade seinte poole.

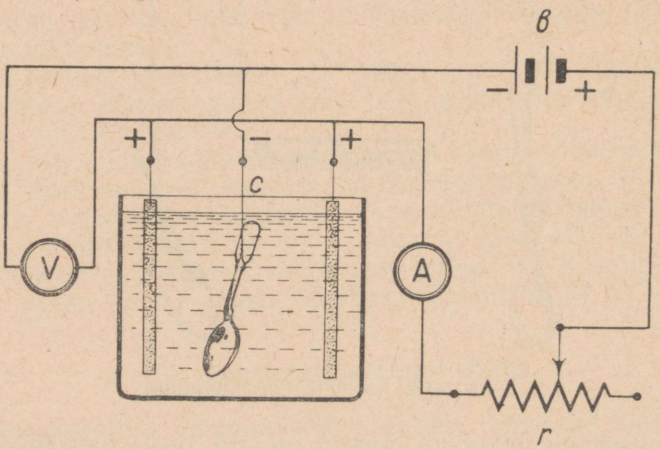
[1] Teravikkudel on voolutihedus suurem ja metall sadestub siin intensiivsemalt.

Põikpuud, millede külge riputatakse anoodid ja nikeldatavad esemed, tuleb varustada ühenduste kindluse ja käepärasuse tagamiseks klemmidega. Nikeldamiseks või vasetamiseks tehakse anoodid vask- või nikkelplekist, vastavalt purgi mõõdetele. Traadid, milledega anoodid on kinnitatud põikpuude külge, peavad asetsema vedeliku nivoost kõrgemal, eriti kui nad on valmistatud teisest metallist. Anoodplaadid ühendatakse omavahel paralleelselt ja lülitakse tingimata patarei plussklemmiga (+). Anoodid tuleb enne vanni asetamist (jagu 5) eespool kirjeldatud viisil hoolikalt mustusest, oksüüdidest ja rasvast puhastada.

Nikeldamise õnnestumise üheks suurimaks eelduseks on puhtus. Seepärast tuleb kooli tingimustes elektrolüüt pärast töö lõpetamist määrdumise vältimiseks valada kork- või kummipunniga suletavasse pudelisse, anoodid ja purk pesta veega ja kuivatada puhta lapiga. Lühiaegseteks töökatkestusteks tuleb vann tolmu sissesattumise vältimiseks ja aurumise vähendamiseks katta vahariidest kattega. Kui teatava aja pärast elektrolüüt on kergelt sogastunud, siis filtreeritakse vedelikku tavalisel viisil (§ **24**, 17).

7. Vanni elektrivooluringi lülimise skeem.

Joonisel 414 on toodud vanni vooluringi lülimise skeem ampermeetri ja reostaadi *r* kaudu. Voltmeetri lülimine patarei *b* juurde on kohustuslik (patarei pinge peab olema mitte alla 3,5 *V*). Patarei



Joon. 414. Vanni elektrivooluringi lülimise skeem.

koosneb kahest-kolmest akumulaatorist, kuivelemendist või Leclanchè tüüpi märgelemendist (§ **23**, 9 ja joon. 398). Võib kasutada ka taskulambipatareid. Ampermeetri mõõtepiirkond peab ulatuma kuni 1 *A* ja tal peavad olema jaotused 0,1 *A*, kui metalliga

kaetava eseme pind on alla 2 dm^2, mis on kooli tingimustes tavaline. Kõige sobivamaks tuleb selleks otstarbeks lugeda kooligalvanomeetrit šundiga 1 *A* (joon. 21). Reostaat valitakse takistusega mõni oom, et muuta voolu ampri osade piirides.

Vooluringi koostamisel ei tohi ära vahetada patarei pooluseid, sest anoodplaadid peavad olema tingimata ühendatud positiivse, ese aga negatiivse poolusega.

Ebaõigel ühendamisel hakkab eseme metall «lahustuma» ja lahus rikneb.

8. Voolu tugevuse normid.

Ühtlase tiheda nikli või vase sadestise saamise tingimuseks on peale eelkirjeldatud ettevalmistuse veel voolu tugevus, mis ei tohi ületada teatud piiri, mille suurus oleneb eseme pinna suurusest. Selle tingimuse täitmisele pööratakse harva vajalikku tähelepanu, mispärast nikeldamine õnnestub halvasti.

Järgnevalt toodud retseptides (jagu 10) on voolutihedus antud 1 dm^2 pinna kohta.

Nii näiteks kui norm on 0,5 *A* 1 dm^2 kohta, eseme pind aga umbkaudse arvutuse järgi (arvestades seda pinda igalt poolt) 0,5 dm^2, siis voolu tugevus ei tohi ületada $0{,}5 \times 0{,}5 = 0{,}25$ *A*. Tugevama voolu puhul nikkel ja vask sadestuvad tumeda, kergesti eralduva kihina.

9. Katmisprotsess.

Kui esemel on teravad kontuurid või pinnal teravaid osi, siis tuleb voolu normi vähendada 2—3 korda. Ese tuleb vanni lasta voolu all, milleks ta kõigepealt kinnitatakse paljaste vasktraatidega põikpuude *b* külge ($d = 0{,}5 - 1$ *mm*) (joon. 412), ühendatakse kogu skeem patareiga ja lülitades reostaadi kõige suuremale takistusele, lastakse ese elektrolüüti. Seejärel, vähendades reostaadi takistust, viiakse voolu tugevus normini. Protsessi vältel tuleb ese kaks-kolm korda elektrolüüdist ülevaatuseks välja võtta ja kui sadestumine toimub ebaühtlaselt (valgenemine või punaseks muutumine), tuleb muuta eseme asendit, pöörates teda anoodi poole selle poolega, kuhu metall sadestub nõrgemini. Ühe anoodplaadiga vannis on eseme pööramine eriti vajalik.

Protsessi õigel kulgemisel sadestub nikkel igal pool ühtlase mati hõbedase korrana. Tumedate laikude tekkimine viitab halvale rasva kõrvaldamisele. Õhukese kihi saamiseks kulub 20—30 minutit. Paksu kihi saamiseks kestab elektrolüüs mitu tundi.

10. Pinna viimistlemine pärast metalliga katmist.

Vannist välja võetud ese, ehkki ta enne oli hästi poleeritud, on mati pinnaga ja tavalise läike andmiseks poleeritakse teda viini lubjaga või peenima kriidipulbriga (hambapulbriga) villase lapi abil. Võib poleerida ka krookusega (lk. 232), seejuures aga

olles ettevaatlik, et mitte niklikihti maha hõõruda. Kuna koolis esemeid nikeldatakse mitte niivõrd ilu pärast kui kaitseks oksüdeerimise vastu, siis võib niklit ka mitte poleerida ja piirduda pinna pesemisega vees.

11. Vanni lahuste retseptid.

I Vasetamine. Enamik vasetamise retsepte sisaldab väga mürgist kaaliumtsüaniidi. Niisuguste vannide kasutamine keskkoolis ei ole lubatav.

Eduga saab kasutada järgmist Etteli koostist:

a) Vasksulfaati 3 osa, kanget väävelhapet 1 osa, viinpiiritust (etüülalkoholi) 1 osa, vett 20 osa. Voolu tihedus 0,2—2 *A* 1 dm^2. Temperatuur 16—20°.

Veidi halvemaid tulemusi annab järgmine lahus:

b) Vasksulfaati 3 osa, seigneti soola 15 osa, naatriumhüdroksüüdi 8 osa, vett 100 osa.

II Nikeldamine. Lahuste koostised on järgmised:

a) Nikkelsulfaadi ja ammoniaagi kaksiksoola 8 osa, vett 100 osa. Pinge 15 *cm* kauguse korral 3,5 *V*, 10 *cm* kauguse korral 3 *V*[1]. Voolu tihedus 0,3 A/dm^2 kohta. Ühes tunnis sadestuva kihi paksus — 0,0034 *mm*.

b) Nikkelsulfaati 2 osa, ammooniumkloriidi 1 osa, vett 40 osa. Pinge 15 *cm* kauguse korral — 2,3 *V*. Voolu tihedus 0,5 A/dm^2 kohta. Kihi paksus ühetunnise katmise järel — 0,006 *mm*. Koostis on kasutatav ka tsinkesemete puhul. Sel juhul võetakse voolu tihedus 1 A/dm^2 kohta ja pinge 15 *cm* kauguse korral — 3,6 *V*.

c) Nikkelsulfaadi ja ammoniaagi kaksiksoola 10 osa, boorhapet 4 osa, ammooniumkloriidi — 3 osa, vett — 20 osa. Lahus kõlbab seatinast ja tinast esemete nikeldamiseks.

Tuleb meeles pidada, et töötamise vältel happesisaldus vannis järk-järgult suureneb, mis on ebasoovitav, sest metallikiht muutub ebapüsivaks ja kihistub kergesti. Lahuse osaliseks neutraliseerimiseks kuni vajaliku nõrga happelisuseni lisatakse vajaduse järgi veidi soodat või ammooniumkarbonaati.

III Tsingitamine. Tsinksulfaati — 40 osa, glaubrisoola — 8 osa, tsinkkloriidi — 2 osa, boorhapet — 1 osa, vett — 200 osa. Voolu tihedus 0,55—1,9 A/dm^2 kohta. Pinge — 1,1—3,7 *V*. Temperatuur 18°. Temperatuuril 45° on voolu tihedus 0,7—2,7 A/dm^2 kohta, pinge 0,9—3,5 *V*.

Takistuse vähendamiseks lahust soojendatakse.

IV Rauaga katmine. Raudsulfaati — 10 osa, magneesiumsulfaati 10 osa, vett — 100 osa. Voolu tihedus 0,2—0,25 A/dm^2 kohta.

Lahuste valmistamisel tuleb silmas pidada nii § 24, 7 kui ka jaos 6 toodud reegleid, pidada hoolikalt puhtust elektrolüüdi tarvitamisel ja säilitamisel.

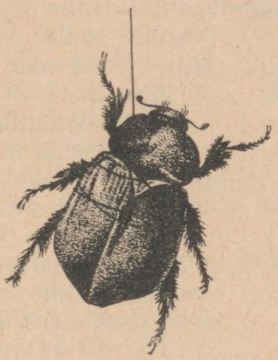
---

[1] Pinge oleneb peale muude tingimuste veel anoodi ja eseme vahelisest kaugusest. Pinge suurus näidatakse siin patarei orienteeruvaks valikuks.

12. Voolu mittejuhtivate esemete katmine metalliga.

Poorsed ja vees lahustuvad ained tuleb kõigepealt teha vett mitteläbilaskvaks, milleks nende pind immutatakse parafiiniga, vahaga jms. (§ **10**, 5, III) või kaetakse värnitsaga või lakiga (§ **9**, 5, III ja **9**, 6, IV). Seejärel tehakse eseme pind voolu juhtivaks, määrides talle pintsli abil vee või piiritusega kördiks tehtud grafiiti. Pärast grafiidi kuivamist kõrvaldatakse ta sealt, kus teda on palju. Kui pind on sile ja tasane, võib seda hõõruda ka kuiva grafiidiga villase lapi abil.

Ese, mille pind on tehtud voolujuhtivaks, riputatakse vanni mitme peene traadikese abil ($d = 0{,}1 - 0{,}2\ mm$), milleks talle keerutatakse mitu korda traati risti ümber (joon. 415 ja 110 *D*).



Joon. 415. Mardika üles-riputamine vasetamiseks.



Joon. 416. Vasega kaetud mardikas.

Metalli eraldumine algab kõigepealt nende traatide läheduses, levides seejärel väga aeglaselt ja järk-järgult üle kogu ülejäänud pinna. Seepärast võetakse vool protsessi alguses mitu korda arvutatust nõrgem ja viiakse see normini siis, kui kogu pind on metalliga kaetud. Metalliga katmise protsess vältab enamikul juhtudel tunde, mispärast tuleb seadet voolu all hoida kogu päev.

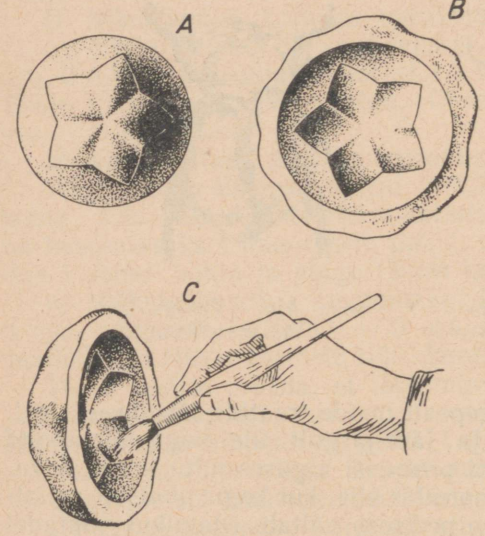
13. Galvanoplastika.

Galvanoplastikaks nimetatakse mingisugustelt esemetelt, nagu medalid, vanad rahad, kunstipärased skulptuuresemed jne., elektrolüütilisel teel koopiate võtmist. Kõigepealt võetakse kopeeritavalt esemelt vorm, mis valmistatakse kergesti sulavast metallist, vahast või kipsist.

Metallvormid valmistatakse kergestisulavast Wood'i, d'Arce (l. darsi) või Rose metallist (§ **10**, 4, IV). Kopeeritav ese, näiteks

vana raha[1], mille pind on seebiga hõõrutud, pannakse siledale papile ja ümbritsetakse paberist või papist äärisega. Ääris piiratakse kuiva liivaga, sest muidu metalli sissevalamisel ääris kerkib üles ja metall voolab igale poole laiali. Pärast valamist (vt. § **10**, 4, VII) võetakse ese välja, saadud vorm puhastatakse rasvast ning vasetatakse elektrolüütilises vannis. Selleks, et metall ei sadestuks vormi nendel külgedel, kus puudub äratõmme, kaetakse need pintsli abil sulatatud vahaga või allpooltoodud vahaseguga. Pärast vasetamist sulatatakse kergesti sulav metall kuumas vees ja saadakse matriits. Matriitsi valatakse kipsi või seatina ja saadakse valmis koopia.

Metallvormist on lihtsam valmistada vahast vormi. Vahamass vormi jaoks valmistatakse 24 osast vahast, 8 osast asfaldist, 8—12 osast stearriinist, 6 osast searasvast (§ **10**, 2, VI) ja 1 osast grafiidist. Lihtsamatel juhtudel võib kasutada ainult vaha või parafiini, lisades neile 4—5% grafiiti. Vormi võib valmistada ka kipsist (§ **10**, 3, IV).



Joon. 417. Koopiavõtmise protsess galvanoplastilisel teel.

Kipsi valamine vahast vormidesse ja metalli valamine kipsist vormidesse toimub § **10**, 3 ja 4 toodud juhendite järgi. Vahast vormi on võimalik saada ka eseme *A* vahasse surumise teel (joon. 417 *A* ja *B*).

Et vältida vaha kleepumist kopeeritava eseme külge, tuleb seda enne valamist hõõruda grafiidiga või määrida seebiga. Kipsvorm on vähem sobiv, sest teda on valmistatavalt koopialt raskem kõrvaldada kui vaha sulatada. Et valmistatud kipsvormi ei imbuks lahust, selleks on kõige parem teda pintsli abil katta piirituslakiga, värnitsaga või sulatatud vahaseguga. Viimasel juhul pärast katmist soojendatakse vormi pinda (osade kaupa) väga ettevaatlikult ja seejuures mitte eriti tugevasti piirituslambi väikesel leegil.

Vormi pind (välja arvatud metallvorm) tuleb voolu juhtivaks muutmiseks katta grafiidiga. Puhas grafiidipulber segatakse veega

[1] Kaasaegsete rahade, medalite, aumärkide jne. kopeerimine on riiklik kuritegu ja seaduse poolt raskelt karistatav.

ja kantakse pintsli abil vormi pinnale (joon. 417 *C*). Elektrivoolu juhtimiseks vormi pinnale mähitakse vorm mitmes suunas peene vasktraadiga ja riputatakse vanni.

Galvanoplastilisteks töödeks soovitatakse kasutada järgmisi segusid (vasetamiseks): vasksulfaati — 340 osa, väävelhapet — 2 osa, vett 1000 osa. Temperatuur — 26—28°. Voolu tihedus 6—8 A/dm^2 kohta.

Juhul kui vormil on tunduvad süvendid, võetakse järgmine segu: vasksulfaati — 260 osa, väävelhapet — 8 osa, vett — 1000 osa. Temperatuur mitte alla 24°. Voolu tihedus 5 A/dm^2 kohta.

§ 26. FÜÜSIKALIS-KEEMILISED TÖÖD.

1. Tööde otstarve.

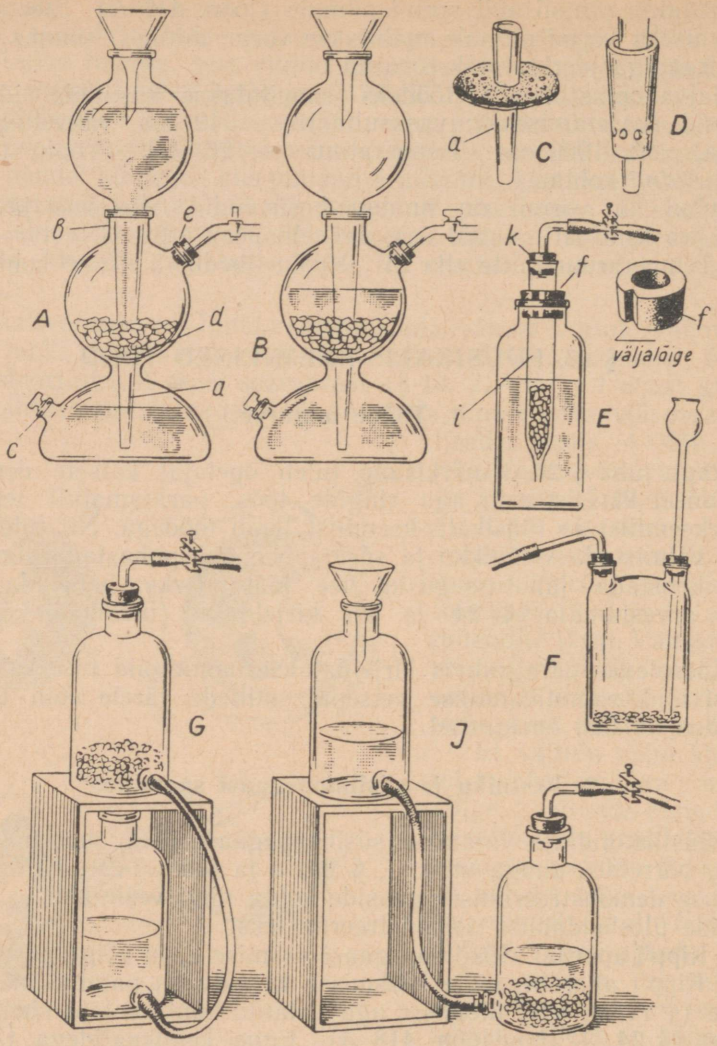
Nagu juba § **25**, 1 märkisime, tuleb õpetajal katsete demonstreerimisel klassis, eriti aga ringide töös, paratamatult tegemist teha keemilist ja füüsikalis-keemilist laadi töödega. Nii tuleb õpetajal valmistada vesinikku ja süsihappegaasi, puhastada elavhõbedat, koostada jahutussegusid vee jäätamiseks, hõbetada klaasi jne., arvestamata §§ **24** ja **25** kirjeldatud füüsikalis-keemilisi töid.

Käesolevas paragrahvis kirjeldatakse mõningaid füüsikalis-keemilisi töid, samuti antakse retsepte, millede järele võib tekkida vajadus füüsika õpetamisel.

2. Vesiniku ja süsihappegaasi saamine.

Füüsikatundides vajatakse süsihappegaasi (CO_2 suurema kaalu tõttu, võrreldes õhuga vt. k. I, § **63**, 3 ja joon. 149). Arhimedese seaduse demonstreerimisel gaaside kohta ning vesinikku — seebimullide üleslendamise demonstreerimiseks.

I Kipp'i aparaat. Süsihappegaasi saamiseks on kõige parem soetada Kipp'i aparaat, mille keskmisse kerasse on pandud marmoritükke (§ **11**, 2, VI), ülemisse aga valatud kuni kaelani soolhappelahust (§ **24**, 3, II ja joon. 418 *A*). Enne kemikaalidega täitmist võetakse aparaat lahti, võttes ülemise, toruga *a* varustatud kera välja ja määritakse aparaadi lihvitud osa *b* ja klaaspunn *c* vaseliiniga. Kipp'i aparaatidel pole alati kohal *d* augulisest klaastorust koosnevat seadet (joon. 418 *D*), mis takistab väikesi marmoritükikesi kukkumast alumisse nõusse. Seepärast tuleb siia sobitada auguline kummist «seib» (joon. 418 *C*) (§ **17**, 13), mis asetatakse aparaadi kokkupanekul torule *a*. Tuubulusse (ava) *e* pistetakse kummipunn koos gaasi ärajuhtimise toruga, mis on suletav kraani või Hoffmanni näpitsa abil (§ **17**, 16 ja joon. 296). Kui kummipunni asemel on võetud korkpunn, siis gaasi läbilaskmise vältimiseks välisõhku tuleb see üle määrida mendelejevi kitiga või kinni valada



Joon. 418. Mitmesuguseid seadmeid vesiniku ja süsihappegaasi saamiseks.

kirjalakiga (§ 10, 7, IV). Marmortükikeste aparaati puistamine toimub tuubuluse *e* kaudu. Happelahus valatakse läbi suudme ülemisse kerasse. Gaasi saamiseks avatakse kraan või näpits gaasi ärajuhtimistorul, mille tõttu lahus oma raskuse mõjul läbib avad *d* ja suubub keskmisse kerasse; seal, reageerides marmoriga, annab ta süsihappegaasi (joon. 418 *B*).

Näpitsa ja kraani sulgemisel surub süsihappegaasi rõhk lahuse ülemisse kerasse ja reaktsioon lakkab (joon. 418 *A*).

Niisugune aparaat, olles kord täidetud, on süsihappegaasi saamiseks füüsikatundides kasutatav kogu õppeaasta või isegi pikema aja vältel.

II Omavalmistatud katseriistad. Joonisel 418 *E* on kujutatud riist süsihappegaasi saamiseks, mida pole raske koostada oma jõududega: laia kaelaga pudelist, punnist *f*, millel peab tingimata olema väljalõige õhu läbipääsuks, jämedast klaastorust *i*, mille ots on peeneks tõmmatud ja punnist *k* koos gaasi ärajuhtimise toruga, mida saab sulgeda Hoffmanni näpitsaga. Torusse *i* puistatakse marmoritükikesi ja suletakse hermeetiliselt punniga *k*. Punnisse *f*, mis kannab toru *i*, peab olema tehtud, nagu juba eespool nimetatud, väljalõige välisõhu läbilaskmiseks. Pudelisse valatakse soolhapet umbes joonisel 418 *E* näidatud tasemeni. Näpitsa avamisel gaasi ärajuhtimise torul hape tungib läbi ava peenemaks venitatud torusse *i*, kus tekib happe reaktsioon marmoriga, eraldub süsihappegaasi, mis väljub gaasi ärajuhtimise toru kaudu. Näpitsa sulgemisel gaas tõrjub happe torust *i* välja pudelisse ja reaktsioon lakkab. Nii on ka see omavalmistatud katseriist automaatselt töötav. Pikemateks seisakuteks on otstarbekohane toru *i* koos punniga *f* pudelist välja võtta, pudel terve punniga sulgeda ja säilitada riista osad eraldi.

Kuna vesinikku vajatakse üks kuni kaks korda kogu õppeaasta vältel, siis selle saamiseks võib kasutada lihtsamaid riistu, näiteks kahe kaelaga Wulffi pudeleid (joon. 418 *F*) või kahte ühe kaelaga ja tuubulustega varustatud pudelit, mis asetatakse gaasi tootmisel ja säilitamisel nii, nagu on näidatud joonisel 418 *G* ja *J*.

Vesiniku saamise niisuguse primitiivse viisi puhul ilma kaitsmeta **ei tohi vesinikku põlema süüdata,** sest võib juhtuda tugev plahvatus pudeli seinte purunemisega.[1]

Vesiniku saamiseks võetakse tsinki (tükikestena või teradena) ja soolhapet või väävelhapet, kuid eelistades soolhapet, sest siis on reaktsiooni tulemusena saadav lahus (tsinkkloriid) kasutatav jootmiseks (§ **12**, 2, IV). Võib aga kasutada ka tsinki või isegi rauda ühelt poolt ja väävelhapet teiselt poolt.

3. Elavhõbeda puhastamine.

Elavhõbe on koolis tingimata vajalik ühe tähtsama katse — Torricelli katse demonstreerimiseks, samuti ka elavhõbemanomeetrite ja -baromeetrite täitmiseks. Peale selle on elavhõbe asendamatu tema ja vee meniskite võrdlemisel, samuti tasemete tõusu kõrguste võrdlemisel kapillaartorudes.

---

[1] Täiesti kindlaks kaitsmeks on spiraalina keeratud ja vesiniku voolutorusse asetatud vaskvõrgu riba.

Kõigil neil juhtudel on vajalik täiesti puhas elavhõbe, mis ei sisalda: a) oma pinnal tolmu, seda enam aga oksüüde ja b) temas lahustunud metalle. Määrdunud elavhõbe jätab paremal juhul klaasile tumedad laigud, halvemal juhul kleepub üksikutes kohtades klaasi külge. Seepärast tuleb kõigepealt vältida elavhõbeda määrdumist, kasutades katsetel hästi puhastatud klaasnõusid (§ **16**) ja hoides elavhõbedat puhtas, kummi- või lihvitud klaaspunniga suletud pudelis.

Amalgameerimiseks kasutatavat elavhõbedat tuleb hoida eraldi nõus. Kui niisugust elavhõbedat vajatakse eespoolnimetatud katseteks, siis tuleb teda tingimata puhastada keemilisel teel temas lahustunud metallidest (alljaotus II).

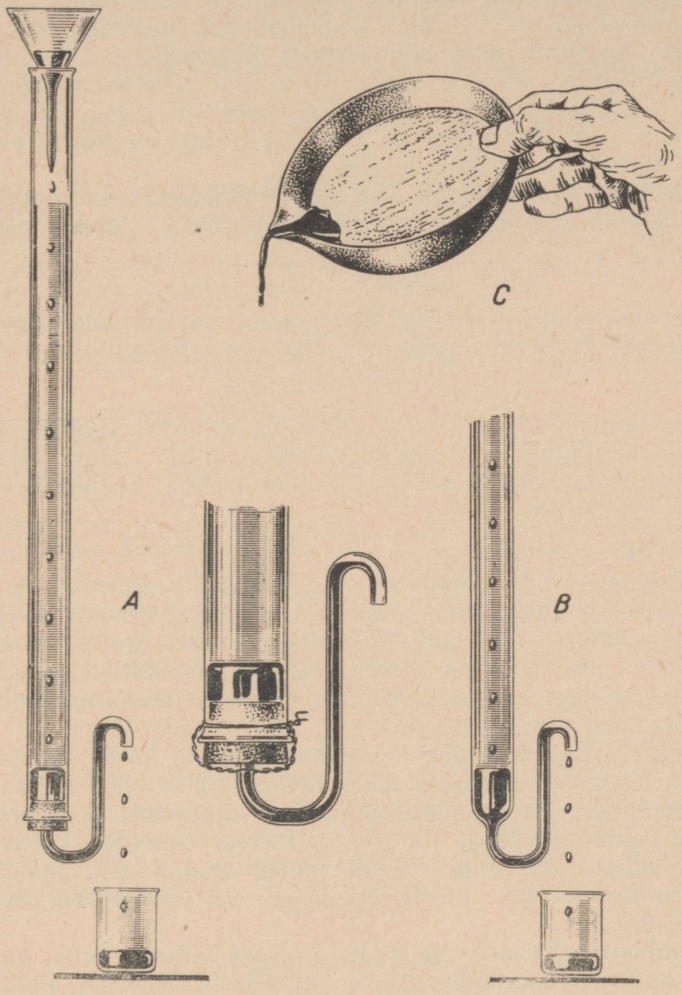
I Mehhaaniline puhastamine. Elavhõbeda pinnalt tolmu ja mustuse kõrvaldamiseks kasutatakse tükikest hügroskoopilist vatti (§ **21**, 2, I), pühkides sellega mitu korda laia madalasse nõusse valatud elavhõbeda pinda. Veel parem on kasutada paberfiltriga varustatud lehtrit, kusjuures filter torgatakse tipu lähedal mitmest kohast peene nõelaga läbi. Elavhõbe, voolates läbi nende aukude, vabaneb teataval määral tolmust. Veel parem on, kasutades alarõhu abil filtreerimist (joon. 410), filtreerida elavhõbedat läbi tavalise klaaslehtri põhja asetatud vatitüki, s. t. kasutada võtet, mida rakendatakse hapete filtreerimisel (§ **24**, 18).

II Keemiline puhastamine. Elavhõbeda täielikuks puhastamiseks igasugustest mehhaanilistest lisanditest ja lahustunud metallidest on kõige parem joonisel 419 kujutatud riist, mida aga kahjuks koolis peaaegu ei kasutata. Müügil niisugust riista ei ole ja teda tuleb valmistada ise jämedast klaastorust ja peenest torukesest (d = = 3—4 *mm*), mis on otsast peeneks venitatud ja painutatud joonisel 419 *A* kujutatud viisil. Kummipunn, mis võtab vastu elavhõbedasamba raskuse, tuleb kinni siduda (§ **21**, 4, II), äärtelt aga kinnitada mendelejevi kitiga (§ **10**, 7, IV). Kui õpetaja klaasipuhumisoskused seda võimaldavad, siis on parem jämedam ja peenem toru otseti kokku sulatada (joon. 419 *B*). Otstarbekohane on niisugune riist tellida klaasipuhujalt.

Riista valatakse alguses teatav kogus puhast elavhõbedat ja seejärel täidetakse toru nõrga (10%) lämmastikhappelahusega. Happesammast hoiab siis ülal elavhõbedasammas peenes torus (elavhõbedast punn). Puhastatavat elavhõbedat valatakse peeneksvenitatud otsaga lehtrisse selleks, et ta sealt voolaks tilkhaaval välja. Alumisest torukesest voolab elavhõbe samuti tilkhaaval klaasi, olles seejuures täiesti puhas ja kuiv.

Teine viis elavhõbedat keemiliselt täielikult puhastada on järgmine. Portselankaussi valatakse elavhõbedat ja selle peale 3—4 *mm* paksune kiht lämmastikhapet (joon. 419 *C*). Seejärel soojendatakse kaussi 5 minuti vältel kergelt piirituslambi väkesel leegil, selleks et tekitada elavhõbeda segunemist konvektsiooni teel. Neid operatsioone tuleb tingimata teostada tõmbekapis, sest eralduvad aurud põhjustavad inimese kiiret ja teravakujulist mürgistumist.

Pärast kausi soojendamist jäetakse ta 10—12 tunniks kappi, mille järel elavhõbe osutub kaetuks kõva koorikuga. See koorik lüüakse katki ja elavhõbe valatakse täiesti puhtasse klaasnõusse.



Joon. 419. Elavhõbeda puhastamise seade.

4. Soojustundlikkude ja luminestseerivate värvide valmistamine.

Soojustundlikku, s. t. niisugust värvi, mis temperatuuri muutumisel muudab oma värvust (see on väga efektne), kasutatakse soojusjuhtivuse ja soojuse levimise tundmaõppimisel (kiirte neeldumine).

Soovitame tungivalt õpetajal mitte karta ajakulu soojustundliku värvi, eriti Ag_2HgJ_4 valmistamisel (alljaotus II). Niisuguse värvi kasutamine avab laialdased metoodilised võimalused soojuseküsimuste käsitlemise tõhustamiseks.

I Soojustundlik sool $CuHgJ_3$. Õpetaja V. K. Špakov (Kursk, tütarlaste keskkool nr. 3), kes füüsikakatsetel kasutab soojustundlikku värvi, kirjeldab selle valmistamist järgmiselt.

«Kuuma (võib ka keevasse) vette puistatakse elavhõbekloriidi ehk sublimaadi $HgCl_2$ pulbrit (näiteks 2 *g* $HgCl_2$ 50 cm^3 vee kohta) ja soojendatakse lahust 15—20 minutini, seejuures pidevalt segades, kuni kogu pulber lahustub.[1]

Pärast pulbri lahustumist lisatakse vähehaaval kaaliumjodiidilahust (näiteks 5 *g* KJ 10 cm^3 vees). Alguses toimub reaktsioon järgmiselt:

$$HgCl_2 + 2KJ = HgJ_2 + 2KCl,$$

mille tulemusena tekib punane HgJ_2 sade; edasisel kaaliumjodiidilahuse lisamisel viimane reageerib HgJ_2-ga võrrandi järgi:

$$HgJ_2 + 2KJ = K_2HgJ_4.$$

Seejuures punane HgJ_2 sade lahustub ja tekib komplekssoola K_2HgJ_4 — kaaliumelavhõbejodiidi värvitu lahus. Lahus tuleb filtreerida ja lisada talle vasksulfaadilahust (40%). Seejuures toimub järgmine reaktsioon:

$$K_2HgJ_4 + CuSO_4 \cdot 5H_2O = CuHgJ_4 + K_2SO_4 \cdot 5H_20.$$

Saadud lahus tuleb ajada keema, jälgides seejuures, et ta ei pritsiks laiali. Keeta tuleb kas tõmbekapis või väljas ja seni, kuni tekib võimalikult püdel kõrt. Keetmisel lendub ära peale vee ka komplekssoolast osaliselt J. Jääk $CuHgJ_3$ ongi selleks aineks, millel on omadus temperatuuril üle 70° olla musta, temperatuuril alla 70° aga helepunase värvusega».

Keetmist ei tarvitse pikendada kuni püdela kördi tekkimiseni. Võib lahusel lasta seista, et sade setiks põhja, ja ettevaatlikult valada pealpool olev peaaegu läbipaistev lahus ära, sade aga 4—5 korda destilleeritud veega läbi pesta. Pärast pesemist tuleb sade, mis on $CuHgJ_3$, kuivatada. Kuiv pulber hoidub alal määramatu aja. Värvimiseks tuleb pulbrit segada õli- või veel parem, sapoonlakiga (§ 9, 2 ja 7).

II Soojustundlik sool Ag_2HgJ_4. Palju efektsem oma muutuva värvuse kontrastsuse poolest on komplekssool Ag_2HgJ_4. Peale selle reageerib see sool madalamale temperatuurile kui $CuHgJ_3$. Selle värvi värvus muutub sidrunkollasest karmiinpunaseks kui temperatuur tõuseb 35—50°-ni. Edasisel soojenemisel (üle 50°) värvuse intensiivsus ei muutu. Jahtumisel alla 35° värvus muutub jälle sidrunkollaseks.

---

[1] Ei tule unustada, et $HgCl_2$ on tugevamaid mürke, mis mõjub suhu sattumisel. Sublimaati tuleb hoida tingimata luku taga. Õpilastel ei tule selle soolaga töötamine üldse kõne alla.

Värvi ei tohi soojendada üle 125—130°, sest siis ta laguneb ja rikneb. Otseste päikesekiirte ja tugeva valguse toimel värv rikneb, mispärast teda tuleb säilitada poolpimedas kohas või väljastpoolt musta lakiga kaetud klaasis (§ **9**, 2, IX).

Värvi ei saa osta, teda aga on võimalik ise valmistada, kasutades selleks keemiaõpetaja abi.

Selle valmistamise retsept on järgmine: elavhõbekloriidi $HgCl_2$ lahus sadestatakse kaaliumjodiidiga KJ. Tekkinud HgJ_2 sade lahustatakse kaaliumjodiidi liias ja saadakse lahustatud komplekssool K_2HgJ_4. Kõik need operatsioonid teostatakse samade võtete ja abinõudega, nagu seda kirjeldasime alljaotuses I. Seejärel lisatakse K_2HgJ_4 lahusele hõbenitraadi $AgNO_3$ lahust. Sadestub hõbesoola Ag_2HgJ_4 kollane sade. Sade filtreeritakse (§ **24**, 17), pestakse veega, kuivatatakse ja peenestatakse.

Värvimiseks segatakse teda sapoonlakiga.

III Luminestseeriva segu valmistamine. Õpetaja N. I. Võganovski[1] annab järgmise lihtsa luminestseeriva segu valmistamise viisi.

«Boorhape (5—10 *g*) hõõrutakse portselanuhmris või mingil teisel viisil pulbriks ja lisatakse sinna 1—2 teelusika täit vett ning 4—8 tilka fluorestseiini kontsentreeritud lahust (§ **24**, 14, IV). Pärast hoolikat segamist pannakse mass väikesesse metallpurki. Seejärel toimub massi sulatamine, mida võib teatava ettevaatusega teha piirituslambi leegil või veel parem köögi pliidil. Tähtis on, nagu hoiatab Võganovski, et fosfoor ei kõrbeks; samuti on halb, kui massi soojendamist lõpetada enne tema sulamist. Järelikult peab soojendamine olema järkjärguline ja ühtlane, milleks tuleb massi ka segada. Pärast fosfoori sulamist lastakse tal jahtuda. Õigesti valmistatud fosfoor peab olema kahvatu rohekaskollase värvusega mass; kui teda ülekuumendada, siis muutub ta pruuniks massiks, mis ei ole demonstratsiooniks kõlblik. Fosfoori toimet võib demonstreerida sellisena, nagu ta on purgis hangunud või pulbristatuna ja segatuna sapoonlakiga (§ **9**, 7) kanda värvina mingisugusele pinnale. Fosfoor ergutub tema valgustamisel päevavalgusega või elektrilambiga ja helendab pimedas sinakalt mõne sekundi.»

5. Happekindel puuvärv.

Niisuguse happekindla värviga soovitatakse katta demonstratsioonilaua plaat. Peale selle on soovitav teda kasutada preparatsioonilaua ja õpilaste laudade pealispindade katmiseks.

V. N. Verhovski[2] soovitab järgmisi retsepte ja värvimisviise:

[1] Vaata ajakiri «Физика в школе», 1949, № 4, artikkel «Демонстрация люминесценции».

[2] Vaata В. Н. Верховский, Методика и техника химического эксперимента.

«Värskelt hööveldatud, immutamata ja pahteldamata puit (oksad võib pahteldamise asemel katta ja kinni liimida sissesobitatavate puutükikestega) kaetakse järgmise lahusega:

vett	2500 *g*
soolhaput aniliini	400 *g*
salmiaaki	60 *g*

Lahus kantakse puidule kuumalt tavalise jõhvpintsli abil. Kui lahus on imbunud puitu ja puit täiesti ära kuivanud, kaetakse pind teise, samuti kuuma lahusega:

vett	2500 *g*
vasksulfaati	400 *g*
bertolee soola	200 *g*

Puit lastakse ära kuivada ja kaetakse seejärel uuesti esimese lahusega, korrates selliselt mõlema lahusega vaheldumisi katmist 4 korda, lastes iga kord puidul hästi ära kuivada. Puit võtab lõpuks tumerohelise värvuse ja kattub nende ainete kristallilise pulbriga, mis ei ole jõudnud sisse imbuda. Sellest pulbrist puhastatakse pind klaasipulbriga, hästi lihvitud puit aga kaetakse mitu korda värnitsaga, mille järel ta muutub täiesti mustaks.

Värv on väga vastupidav, ei määri, ei ole mahapestav ei veega, ei piirituse ega eetriga, pisut ainult kannatab ta kontsentreeritud hapete ja leeliste toimest. Kui niisugusele lauale valada piiritust ja see süüdata, siis piiritus põleb ära jätmata vähimatki jälge.»

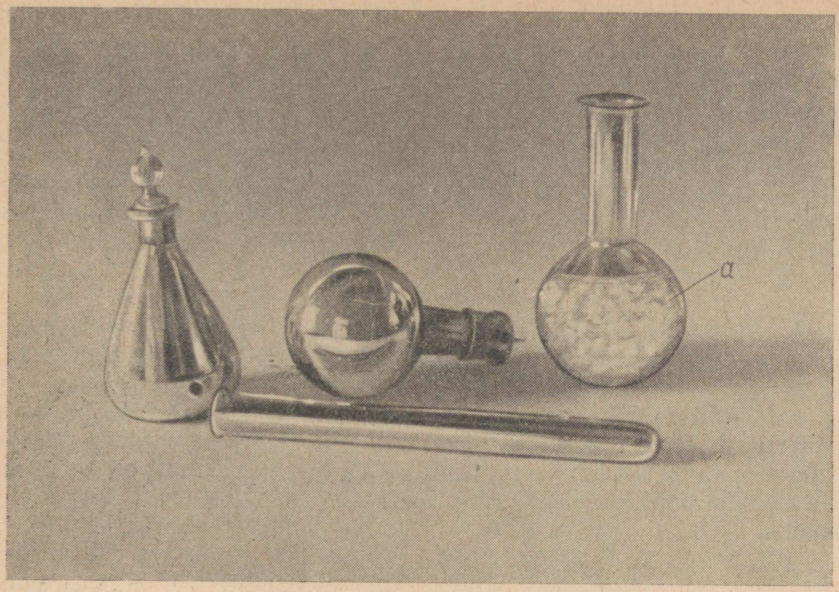
Niisugust värvi on otstarbekohane kasutada ka omavalmistatud katseriistade puuosade happekindlaks tegemiseks.

6. Klaasi ja metalli hõbetamine.

Hõbetamise otstarve. Klaasi hõbetatakse kõver- ja sfääriliste peeglite saamiseks. Kolbide ja katseklaaside sisepinna hõbetamine on vajalik kiirgamise ja kiirguse neeldumise katseteks, samuti ka katsepunkti mõõtmiseks aurude olemasolu kindlakstegemisel atmosfääriõhus või niiskuse mõõtmisel (joon. 420).

Klaasi või pleksiklaasi (§ **11**, 2, XI) hõbetamine võib toimuda füüsikalisel teel hõbedaamalgaami pealekandmisega või, mis on palju lihtsam, keemilisel teel, mis seisab hõbeda väljasadestamises tema soola lahusest. Selleks et keemilisel teel saada tugevasti pinnal püsivat sadet, on põhieelduseks kaetava pinna absoluutne puhtus ja destilleeritud vee tarvitamine lahuste valmistamisel (§ **24**, 16). Tavalise vee tarvitamisel hõbekiht tuhmub ja muutub kohati valgeks pulbriks (joon. 420 *a*). Vasktraati hõbetatakse nende takistuse vähendamiseks (skinefekt) täiuslikumate raadioaparaatide monteerimisel.

II Lumière'i (l. lumjeeri) meetod. See meetod on õpetajale kõige kättesaadavam, sest vajalikke kemikaale on võimalik kergesti saada igast apteegist. Hõbedasade aga ei osutu seejuures küllalt vastupidavaks, mispärast Lumière'i meetodit saab kasutada klaasnõude sisepinna (kolvid, katseklaasid) ja tasapinnaliste klaa-



Joon. 420. Hõbetatud nõude näidiseid.

side hõbetamiseks vaid juhul, kui hõbekiht kaetakse pärast värvi või lakiga. Nagu juba nimetatud, peab hõbetamisele tulev pind olema pestud alguses veega, seejärel rasva kõrvaldamiseks 10—15%-lise kaalium- või naatriumhüdroksüüdilahusega (§ **24**, 2, ja **24**, 9) ja lõpuks destilleeritud veega.

Hõbetamiseks valmistatakse puhtas nõus kaks lahust (tarvitades selleks tingimata destilleeritud vett):

a) hõbenitraati 10%
destilleeritud vett 90%.

Sellesse lahusesse (§ **24**, 6, I) lisatakse ettevaatlikult tilkhaaval ammoniaaki (nuuskpiiritust), kuni alguses tekkiv sade täiesti lahustub. Väga tähtis on, et ei tekiks ammoniaaki liiga, sest sel juhul hõbe sadestub halvasti. Selle operatsiooni ajal tuleb lahust segada puhta klaaspulgaga. Seda lahust valmistatakse 100 cm^3 ja täiendatakse teda destilleeritud vee juurdelisamisega kuni 1 liitrini.

b) Apteegis müüdav formaliin[1] (40%) lahjendatakse destilleeritud veega kuni 1%-ni (vt. § **24**, 6, I.)

Mõlemaid lahuseid saab säilitada (eraldi) mõned päevad või isegi nädala kinnikorgitud pudelis suhteliselt pimedas kohas.

Kolvi või katseklaasi hõbetamiseks valatakse sinna kaks mahuosa lahust a) ja üks mahuosa lahust b) (formaliini),

[1] Formaliini asemel võib mitte väiksema, võib olla isegi suurema eduga kasutada glükoosi, mida müüakse arstimina apteegis. Glükoosist valmistatakse destilleeritud veega 5—6%-line lahus.

loksutatakse ja jäetakse 15—20 minutiks seisma kuni hõbeda sadestumiseni peegelsileda kihina klaasi pinnale. Tasapinnaline peegel asetatakse tihedalt küveti põhjale ja valatakse lahusega üle. Pärast hõbetamist tuleb sadestunud kihti hoolikalt pesta destilleeritud veega.

III Brashear'i (l. brešiiri) meetod. See meetod annab niivõrd tugeva hõbedasademe, et seda saab poleerida, mispärast seda meetodit tuleb soovitada välispinnalt hõbetatud peeglite valmistamiseks. Erikirjanduses[1] leidub selle meetodi järgmine kirjeldus.

«Taandav lahus:

suhkrut (rafinaadi)	90 *g*
kontsentreeritud lämmastikhapet . .	4 *cm*³
viinpiiritust	175 *cm*³
destilleeritud vett	1000 *cm*³

Suhkur lahustatakse vees ja seejärel lisatakse piiritus ja hape; lahus peab enne tarvitamist vähemalt nädal aega seisma. Mida kauemini ta seisab, seda paremaks ta muutub. Ümmarguste peeglite valmistamiseks arvestatud ainete kogused on toodud järgnevas tabelis.

Kemikaalide kogus peeglite hõbetamiseks.

Tabel XLVI

Peegli läbimõõt	Hõbenitraati	Kaaliumhüdroksüüdi	Ammoniaaki erik. 0,880 *G*/*cm*³	Taandavat lahust
30 *cm*	15,0 *g*	7,5 *g*	12,0 *cm*³	85 *cm*³
25 „	11,0 „	5,5 „	9,0 „	65 „
20 „	7,0 „	3,5 „	6,0 „	40 „
15 „	4,0 „	2,0 „	3,0 „	25 „
10 „	1,8 „	0,9 „	1,5 „	10 „
5 „	0,5 „	0,25 „	0,5 „	3 „

Hõbedalahus valmistatakse vahetult enne tarvitamist järgmiselt. Vajalik kogus hõbenitraati ja kaaliumhüdroksüüdi lahustatakse eraldi selliselt, et saadakse 1%-lised lahused. Üheksale kümnendikule esimesest lahusest lisatakse ammoniaaki, seni kui tekkiv sade uuesti lahustub; seejärel lisatakse uuesti hõbedalahust, kuni tekib sade; pärast seda valatakse juurde kaaliumhüdroksüüdilahus, mis suurendab sademe hulka. Siis lisatakse jälle ammoniaaki kuni sademe lahustumiseni; seejärel valatakse juurde hõbenitraati ja jätkatakse neid juurdevalamisi, seni kui kogu ülejäänud hõbenitraat on juurde valatud. Tähtis on hoolitseda selle eest, et viimasena valatakse juurde hõbenitraadi lahus. Nii saadakse hõbeoksüüdi liia tõttu veidi opaliseeruv[2] vedelik. See opaliseerumine on tin-

[1] С. Покровский, Известия физ. лаб. Электротехнического института, 1915.

[2] Opaliseeruv — sinakalt opaalisarnaselt sätendav.

gimata vajalik. Kui vedelikus on märgata sademe nähtavaid osakesi, siis tuleb teda filtreerida; seejärel valatakse juurde eespool-nimetatud kogus taandavat lahust, segatakse hästi segamini ja asetatakse segusse peegel pinnaga ülespoole, sest nii on parem jälgida hõbeda sadestumist. Kasulik on vanni veidi kiigutada, et takistada eralduva hõbeda lestadel peegli pinnale jääda. Parimaks hõbetamise temperatuuriks on umbes 21°. Hõbetamise lõpetamisel pestakse peegli pinda küllaldase hulga puhta veega, siis hõõrutakse ta pinda vatitükiga seni, kui valge kirme kõrvaldub ja kogu peeglipind muutub läikivaks; edasist poleerimist peegel ei vaja.»

IV Vase ja teiste metallide hõbetamine. Hõbetamine toimub vahetusreaktsiooni abil, kusjuures metalli sulfiidi asendab hõbe eseme kokkuhõõrumisel erilise seguga. Selle segu valmistamiseks lisatakse hõbenitraadi lahusele (§ **24**, 3, XI) keedusoola küllastatud lahust. Reaktsiooni tulemusena saadakse kohupiimataoline kloorhõbeda sade. Sadet pestakse hoolikalt veega ja seejärel lahustatakse küllastatud hüposulfitilahuses, võttes seda lahust minimaalsel hulgal. Saadud lahusele lisatakse kõige peenemaks pulbriks hõõrutud kriiti. Metallplaadilt või traadilt kõrvaldatakse rasv sööbeleelises või soodas (§ **24**, 3, VI) pesemisega, mille järel loputatakse puhta veega. Siis võetakse valmistatud segu puhtale lapile ja hõõrutakse sellega metalli pinda kuni hõbekirme tekkimiseni. Pärast hõbetamist tuleb eset hoolikalt veega pesta.

Hõbetatud pinda on kõige parem poleerida villase riide tükiga. Kui metallplaadikese pind oli vastavalt § **11**, 13 toodud juhenditele poleeritud, siis pärast hõbetamist saab teda kasutada peeglina. Hõbetatud pinna kaitseks tuleb ta siiski katta sapoonlakiga (§ **9**, 7). Kirjeldatud viis ei kõlba tsingi ja alumiiniumi hõbetamiseks.

7. Tahmaga katmine.

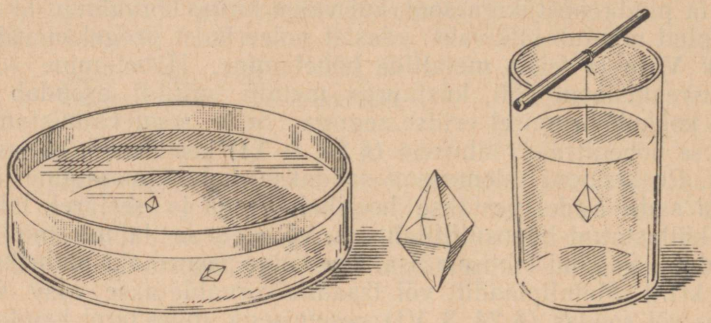
Tahmaga kaetakse: 1) plaate, millele märgitakse võnkliikumise graafik (näit. helihargi võnkumise), 2) kiirgamise ja kiirguse neeldumise tundmaõppimiseks kasutatavaid riistu, 3) vihte valguse täieliku sisepeegeldumise jälgimiseks.

Tahmavat leeki annab petrooleum, kuid selle auru halva lõhna tõttu on parem kasutada tärpentini. Tahmamiseks on kasulik omada eraldi piirituselampi, mis täidetakse tärpentiniga. Kui kasutada väikest tahmavat leeki, siis võib tahmamist toimetada toas, parem on siiski seda teha väljaspool ruume.

8. Kristallide kasvatamine.

Õpetaja ja õpilased võivad kergesti kasvatada võrdlemisi suuri kristalle, mis on vajalikud molekulaar-kineetilise teooria aluste käsitlemisel (vt. k. I, § **69** ja **76**). Kristallide saamiseks on kõige kättesaadavamateks aineteks alumiiniummaarjas (värvusetud kristallid), kroommaarjas (punakaslillad kristallid), vasksulfaat ja kaa-

liumbikromaat (§ 24, 3). Kuuma veega valmistatakse ühest nimetatud soolast küllastatud vesilahus, mis seejärel valatakse kristallisaatorisse või klaasi. Kristallisaator on kasulik siis, kui kristalli kasvatatakse täiesti vabalt; klaasi kasutatakse siis, kui kristalli kasvatamine toimub niidi või juukse otsas, mis on lastud lahusesse (joon. 421). Ööpäeva möödumisel valatakse lahus puhtasse nõusse ja nõu seintel ning põhjas võib avastada hulk väikesi kristalli



Joon. 421. Kristalli kasvatamine kristallisaatoris ja ülesriputatuna klaasis.

«lapsukesi». Üks neist, kogult kõige suurem ja kujult kõige korrapärasem[1], võetakse ettevaatlikult pintsetiga lahti. Kui kristalli kasvatatakse niidi otsas, siis sinna tekkinud kristallidest jäetakse alles üks. Seejärel, pestes kristallisaatori või klaasi puhtaks, peaasi, kõrvaldades sealt kõik kristallikesed, täidetakse ta uuesti enne seda väljavalatud lahusega ja asetatakse kristallisaatori põhja väljavalitud kristallike või lastakse klaasi niit koos tema otsas oleva kristallikesega. Päev-päevalt hakkavad kristallid kasvama, kusjuures põhjale pandud kristalli tuleb vähemalt üks kord päeva jooksul pöörata (klaaspulgaga). Kui seintele tekib veel väikesi kristallikesi, siis need tuleb otsekohe kõrvaldada.

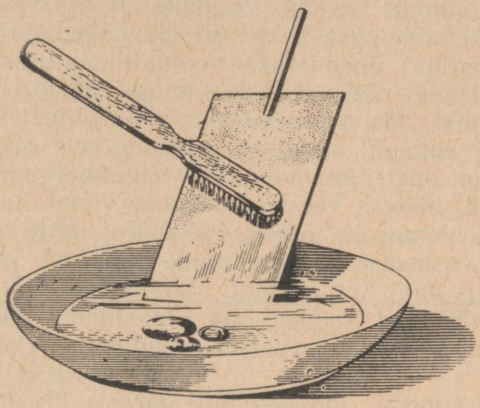
Kõige suuremaid kristalle saab kasvatada maarjatest. Kasvatades vaheldumisi kord alumiiniummaarjases, kord kroommaarjases, võib saada ilusa kihilise kristalli, mis selgub kristalli katkimurdmisel või — saagimisel. Samal viisil saab kasvatada ka keedusoola- või salpeetrikristalle, nad on aga murenemise tõttu lühikese eaga.

9. Metallide amalgameerimine ja märgtinutamine.

I Tsingi amalgameerimine. Tsingi amalgameerimine on vajalik Leclanché elementide ja kroomelementide elektroodide valmistamisel. Amalgameerimine toimub järgmiselt.

[1] Kui kristall osutub vigastatuks, näiteks on nurk ära murdunud, siis kõlbab ta ikkagi edasiseks kasvatamiseks, sest tema korrapärane kuju taastub.

Tsinkplaadike või -pulgake puhastatakse oksüüdist smirgelpaberiga. Oksüüdid kõrvaldatakse kõikidest süvenditest noa või viili otsaga. Tsink pestakse veega, lastakse seejärel otsapidi nõusse, mis sisaldab väävelhappe 10%-list lahust ja mõne tilga elavhõbedat. Elavhõbeda tilka puudutatakse plaadikese või pulgakesega ja see jääb tsingi pinna külge; hambaharja või lapist tampooniga hõõrutakse elavhõbe pulgakese pinnale laiali (joon. 422). Jõudes amalgameerimisega kuni poole pulgani, pööratakse ots ümber ja kaetakse ka see elavhõbedaga. Kui plaadikesele on jäänud kas või väga väikesed laigud ja amalgameerimata otsad, tuleb kraapida need noaga puhtaks ja amalgameerida uuesti.



Joon. 422. Tsingi amalgameerimine.

II Raua amalgameerimine. Vabas õhus või tõmbekapis valmistatakse portselan- või savinõus (glasuuritud) järgmine segu:

elavhõbedat	12 osa
tsinki	1 osa
raudsulfaati (raudvitrioli)	2 osa
soolhapet ($D = 1{,}2$)	1,5 osa
vett	12 osa

Segu valmistamise kord on järgmine: alguses lahustatakse tsink elavhõbedas ja raudsulfaat vees, seejärel valatakse amalgaam ja lahus kokku ning lisatakse sinna hape.

Raudplaadike või pulk, mille pind on puhastatud oksüüdidest, (§ 11, 14, II) lastakse segusse ja soojendatakse kuni keemisele lähedase temperatuurini. Raua pind kattub lühikese aja jooksul elavhõbedaga.

III Vase ja raua märgtinutamine. Tinaga katmiseks puhastatakse metalli pind oksüüdidest ja rasvast (§ 11, 14) ning keedetakse järgmises lahuses:

tinakloriidi	20 osa
kaaliumhüdroksüüdi (§ 24, 3, VI) . .	10 „
vett	900 „

10. Soolad elektrolüüsiks ja indikaatorid.

I Soolade lagundumine metalli eraldumisega. Vasksulfaadi elektrolüüs põhjustab selgesti nähtavat metalli eraldumist katoodil (söel). Seatina-atsetaadi lahuse elektrolüüsil (§ 24, 3, XIII) eraldub metall kristallidena ja moodustab haralist puud meenutava vormi.

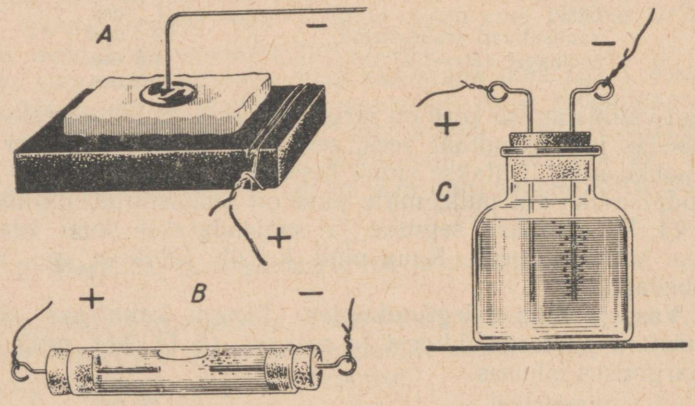
Sööbeleeliste KOH ja NaOH elektrolüüsimine on väga lihtne. Võetakse tükike naatriumhüdroksüüdi ja kaabitakse teda noaga mõlemalt poolt selliselt, et tekiks plaadike (§ 24, 3, VI). Sööbeleelise tugeva toime tõttu nahale ei tule seda teha paljaste kätega, vaid ainet tuleb hoida näpitsatega. Plaadikese ülemisele poolele tuleb teha noaga väike süvend. Plaadike asetatakse sõe või seatina tükile ja süvend täidetakse kuhjuvalt elavhõbedaga (joon. 423 *A*). Süsi (või seatina) ühendatakse vooluallika plussklemmiga, elavhõbe aga vasktraadi abil miinusklemmiga. Voolu läbimisel naatriumhüdroksüüdist, mis muutub elektrijuhiks õhust imetud niiskuse toimel, eraldub katoodil metalne naatrium, mis otsekohe moodustab elavhõbedaga naatriumamalgaami. See amalgaam säilitab naatriumi omadused, näiteks vee lagundamise võime, mida saab kasutada naatriumi olemasolu tõestamiseks. Kui mitte kasutada elavhõbedat, vaid vasktraadiga puudutada vahetult naatriumhüdroksüüdi pinda, siis naatrium eraldub peenikeste terakeste kujul.

II Poolusemäärajad. Toome kõige lihtsamad vooluallika pooluste määramise viisid, nimelt vaskelektroodidega (kahe vasktraadi otsaga).

a) Piim — anoodil (mõne minuti pärast) kliistritaolisest massist sinaka värvusega kate, katoodil — gaasimullide tekkimine.

b) Kartul — anoodi läheduses (mõne minuti pärast) sinakaks värvumine.

c) Väävelhappelahus või keedusoolalahus — katoodil (kohe) gaasi eraldumine.



Joon. 423. Naatrium- või kaaliumhüdroksüüdi elektrolüüs (*A*). Poolusemäärajad (*B* ja *C*).

Poolusepaberi valmistamiseks immutatakse teda alguses järgmise lahusega:

salpeetrit	1 osa
vett	4 osa

ja seejärel pärast kuivatamist — fenoolftaleiinilahusega (§ 24, 14, III) piirituses. Paberit tuleb enne tarvitamist niisutada veega. Punase värvuse tekkimine vastab negatiivsele poolusele.

Klaastorukeste ja purgikeste täitmiseks (joon. 423 *B* ja *C*), mis suletakse punnidega, mida läbivad vasktraadid, valmistatakse alguses salpeetri (1 osa) lahus vees (4 osa). Sellele lahusele lisatakse võrdses mahus glütseriini- (5 osa) ja fenoolftaleiini (0,1 osa) lahust piirituses (1 osa). Täidetud toruke töötab aastate viisi, värvudes negatiivse pooluse juures punaseks. Värvuse kaotamiseks loksutatakse.

III Soolad ja indikaatorid elektrolüüsiks. Soolade elektrolüüsi demonstreerimisel U-kujulistes torudes süsielektroodidega on kõige otstarbekohasem kasutada järgmises tabelis toodud soolasid ja indikaatoreid (k. I joon. 205).

Soolad ja indikaatorid elektrolüüsi demonstreerimiseks.

Tabel XLVII

Soola nimetus	Reaktsioon	Reaktsiooni tulemus		Indikaator	Indikaatori värvuv toime	
		katood	anood		katoodil	anoodil
Naatriumsulfaat (glaubrisool)	$Na_2SO_4 = Na_2 + SO_4$ $Na_2 + 2H_2O = 2NaOH + H_2$ $2SO_4 + 2H_2O = 2H_2SO_4 + O_2$	NaOH	H_2SO_4	Lakmuse neutraalne lahus (violett)	sinine	punane
Naatriumnitraat (salpeeter) või kaaliumnitraat	$2KNO_3 = K_2 + 2NO_3$ $K_2 + 2H_2O = 2KOH + H_2O$ $4NO_3 + 2H_2O = 4HNO_3 + O_2$	KOH või NaOH	HNO_3	punase kapsa leotis	hele-sinine	punane
Kaalium- või naatriumjodiid	$2KJ = K_2 + J_2$ $K_2 + 2H_2O = 2KOH + H_2$	KOH või NaOH	J	Fenoolftaleiini lahus (§ 24). Tärklise-lahus	hele-punane	pruuni-kaskollane (indikaatorita) (vt. k. I, joon. 205) sinine

11. Mitmesugused retseptid.

I Rasvaplekkide kõrvaldamine paberilt. Kui rasvaplekile panna bensiini ja magneesiumoksüüdi segu (kõrti), siis plekk kaob. Kui plekk ei kao 1—2 tunni jooksul, tuleb operatsiooni korrata.

II Rooste- ja rasvaplekkide kõrvaldamine marmorilt. Roosteplekkide kõrvaldamiseks koostatakse segu, milles on ühe-palju valget savi ja ammooniumsulfiidi. Segu pannakse marmorile, hõõrutakse sellega plekki mõni minut, seejärel pestakse seebi ja veega. Rasvaplekid kaovad, kui neile panna 1—2 tunniks bensiinist ja kriidist valmistatud tainast. Pesemine toimub seebi ja veega.

III Suitsu tekitamine. Suitsu tekitamiseks, mis on vajalik katseteks suitsurõngastega, valatakse ühele kahest alustassist ammoniaaki ja teisele — kanget soolhapet (§ 24, 3, II ja XII). Aurude keemilise reaktsiooni tulemusena tekib suitsukujuline ammooniumkloriid (salmiaak). Reaktsioon toimub intensiivsemalt, kui vedelikkude kohal puhuda õhku.

SISUKORD

Autori eessõna 3

ESIMENE OSA.

OMAVALMISTATUD JA LIHTSUSTATUD KATSERIISTADE TÄHTSUS.

§ 1. **Omavalmistatud katseriistad** 9
1. Omavalmistatud katseriista põhitunnus 9
2. Demonstratsiooniseadmetest 12
3. Õpetaja poolt katseriistade valmistamise tähtsus 12
4. Õpilaste poolt katseriistade valmistamise tähtsus 16
5. Tööriistadest katseriistade valmistamisel 18
6. Materjalid katseriistade valmistamiseks 19
7. Poolfabrikaatide kasutamine katseriistade valmistamisel 26

§ 2. **Lihtsustatud katseriistad** 28
1. Metoodilisi põhinõudeid katseriistade kohta 28
2. Lihtsustatud ja omavalmistatud katseriistade erinevused 35
3. Lihtsustatud katseriistade liike 36
4. Universaal- ja liitkatseriistad 42

§ 3. **Õpilaste ja õpetajate käsitööoskused** 43
1. Õpilastele edasiantavate käsitööoskuste laad 43
2. Käsitöö osa ringitöös 45
3. Õpetaja käsitööalased oskused 48

§ 4. **Katseriistade konstrueerimisest** 48
§ 5. **Katseriistade arvutamisest ja kopeerimisest** 52
§ 6. **Kirjandust** 58

TEINE OSA.

KÄSITÖÖVÕTTED JA LABORATOORNE TEHNIKA.

§ 7. **Füüsikakabineti töökoda** 69
1. Töökoja tähtsus 69
2. Tööriistade komplekt 70
3. Töökoht 71

§ 8. **Puutöö** 75
1. Tööde otstarve 75
2. Materjalid (I — Üldisi teatmeid metsamaterjali kohta. II — Puidu seesmine ehitus. III — Mänd. IV — Kuusk. V — Kask. VI — Pärn. VII — Tamm. VIII — Mitmesuguseid puiduliike. IX — Liimitud vineer. X — Puukruvid. XI — Naelad. XII — Tisleriliim. XIII — Klaasipaber) 76
3. Tööriistad (I — Höövelpink. II — Höövelplank. III — Saed. IV —

Jõhvsaag, saelehed ja alus väljasaagimiseks. V — Höövlid. VI — Peitlid. VII — Puurivänt. VIII — Puurid. IX — Naaskel. X — Kruvikeerajad. XI — Naelatangid. XII — Puuvasar. XIII — Raspel. XIV — Mõõteriistad. XV — Pitskruvid. XVI — Luisud. XVII — Liimianum) 83
4. Puidu kuivatamine 100
5. Tööriistade teritamine (I — Üldisi teatmeid. II — Rikutud fasseti parandamine. III — Sirge lõiketeraga tööriista teritamine. IV — Tööriista tera lihvimine. V — Naaskli teritamine. VI — Sae teritamine. VII — Saehammaste räsamine) 101
6. Saagimine (I — Märkimine. II — Põikisaagimine. III — Laua lõikamine liistudeks) 109
7. Hööveldamine (I — Höövliraudade seadmine. II — Hööveldamine piki kiudu. III — Hööveldamine risti kiudu. IV — Tasapindsuse kontrollimine) 112
8. Peitlitöö (I — Peitliga lõikamine põiki kiudu. II — Peitliga lõikamine piki kiudu. III — Aukude raiumine. IV — Puurimise ja peiteldamise kombineerimine) 117
9. Puurimine ja avade tegemine 121
10. Liimimine (I — Tingimused tugevaks kokkuliimimiseks. II — Liimi keetmine. III — Veekindel tisleriliim) 122
11. Naelte ja kruvidega ühendamine (I — Naelte sisselöömine ja väljatõmbamine. II — Kruvide sissekeeramine) 124
12. Koolis valmistatavate puuesemete põhiliigid 128
13. Alused ja tugijalgade ehitus (I — Alused. II — Tugijalad) . . 130
14. Laudade ja prussikute täisnurkne ühendamine (I — Sirgtapp. II — Prussikute ühendamine «pool poolega» ja plankude kinnitamine serviti pealelöömise teel. III — Laudade ja plankude ühendamine lapiti pealelöömise teel) 131
15. Tugede valmistamine (I — Mitmesuguseid tugede kinnitamise viise. II — Toe tugevuse suurendamine) 137
16. Kiilumine 139
17. Vineeri saagimine ja lõikamine 139
18. Liimitud vineerplaatide ühendamine 140
19. Puidu lihvimine (I — Kaaplehe ja klaasiga lihvimine. II — Klaasipaberiga lihvimine) 141

§ 9. Värvimine ja lakkimine 143
1. Tööde otstarve 143
2. Materjalid (I — Kuivad mineraalvärvid. II — Õlivärvid. III — Auruvate lahustitega värvid. IV — Aniliinvärvid. V — Akvarellvärvid. VI — Õlilakk. VII — Värnits ja tema keetmine. VIII — Sikatiiv. IX — Piirituslakk. X — Piiritused. XI — Tärpentin. XII — Atsetoon, amüülatsetaat ja bumüülatsetaat. XIII — Vesiklaas (lahustuv klaas). XIV — Pimss) 144
3. Tööriistad (I — Harjaspintslid. II — Juuspintslid. III — Pahtel) 150
4. Projektsiooniekraanide värvimine (I — Liimvärvide koostis. II — Must liimvärv. III — Valge värv ekraanide värvimiseks. IV — Hõbevärv ekraanide värvimiseks. V — Ekraani värvimine) . . 151
5. Õli- ja emailvärvidega värvimine (I — Pinna ettevalmistamine. II — Pahteldamine. III — Värnitsaga katmine. IV — Õlilakiga katmine. V — Õli- ja emailvärvidega värvimine. VI — Mattvärv) 153
6. Puidu lakkimine (I — Pinna ettevalmistamine. II — Puidu värvimine enne lakkimist. III — Puidu vahatamine. IV — Piirituslakiga katmine) 156
7. Sapoonlakk ja tema valmistamine 160
8. Lakk metallide, valgusfiltrite ja elektrilampide värvimiseks . . . 160
9. Hõbe- ja kuldlakk 161
10. Asfaltlakk 162
11. Tulekindel värv 162
12. Klassitahvli värvimine 162

§ 10. Valamine ja tööd plastiliste materjalidega 163
1. Tööde otstarve 163
2. Materjalid (I — Alumiinium. II — Seatina ja trükitina (hart). III — Tsink. IV — Tina. V — Parafiin. VI — Vaha. VII — Kampol. VIII — Asfalt. IX — Pigi. X — Plastiliin. XI — Kirjalakk. XII — Savi. XIII — Leivasisu. XIV — Kips) 165
3. Kipsi ja metallide valamise vormid (I — Kipsisegu valmistamine. II — Mudelid. III — Vormid kipsi valamiseks. IV — Kipsist ja savist vormid metallide valamiseks. V — Lihtsamaid vorme metallide valamiseks) 168
4. Sulatamine ja valamine (I — Metallide sulatamine. II — Sulandite valmistamine. III — Seatina- ja tinasulandid jootmiseks. IV — Wood'i ja d'Arce sulandid. V — Joodisepulkade valmistamine. VI — Taara (haavlite) valamine. VII — Metallide valamine vormidesse. VIII — Vaha, parafiini jt. ainete sulatamine. IX — Parafiinivalu) 175
5. Juhtmete isolatsiooni, paberi ja puidu immutamine parafiiniga (I — Parafiiniga ja vahaga immutamise otstarve. II — Paberi ja paberist esemete immutamine parafiiniga. III — Puidu, korgi ja teiste poorsete materjalide immutamine parafiiniga. IV — Juhtmete isolatsiooni immutamine parafiiniga) 181
6. Vahast ja parafiinist voolimine (I — Parafiinile plastiliste omaduste andmine. II — Kuulikeste valmistamine) 184
7. Kitid (I — Kittide liike. II — Tähtsamaid tingimusi kindlate kittühendite valmistamiseks. III — Õlikitid (aknakitid). IV — Mendelejevi ja faradei kitt. V — Mitmesuguseid kitte) 185
8. Pleksiklaasi painutamine ja liimimine (I — Kuumutamine. II — Nurgipainutamine. III — Pleksiklaasi vormimine pressimisstantsidega. IV — Liimimine) 189

§ 11. Lukksepatöödest 193
1. Tööde otstarve 193
2. Materjalid (I — Raud. II — Messing. III — Punane vask. IV — Alumiinium. V — Tsink. VI — Marmor. VII — Kiltkivi, asbestotsement. VIII — Fiiber. IX — Tekstoliit. X — Eboniit. XI — Pleksiklaas. XII — Retortsüsi) 193
3. Tööriistad (I — Kruustangid. II — Alasi. III — Vasarad. IV — Mutrivõti. V — Kruvikeeraja. VI — Trill ja puurid. VII — Viilid. VIII — Lukksepa metallisaag. IX — Meisel, kärn, torn. X — Mõõte- ja joonestamiseriistad. XI — Smirgelpaber) 198
4. Lõõmutamine 210
5. Terase noolutamisest ja karastamisest 210
6. Sepistamine (I — Sepistamise otstarve. II — Traadi otsa labidakujuliseks tagumine. III — Elastseks muutmine tagumise teel) . 211
7. Raiumine (I — Traadi ja varda raiumine nurga serval. II — Raiumine meisliga) 213
8. Lõikamine metallisaega (I — Lõikamise võtteid. II — Ketaste väljasaagimine metallisaega) 215
9. Aukude tegemine (I — Aukude läbilöömine. II — Märkimine. III — Puurimise võtteid. IV — Süvitamine. V — Suurte aukude tegemine. VI — Väikeste aukude vähendamine ja laiendamine. VII — Pleksiklaasi ja marmori puurimise iseärasusi) 218
10. Metalli viilimine (I — Viilimise põhivõtteid. II — Nurkade ja tasapindade viilimise kontrollimine. III — Viilimise erivõtteid) . 223
11. Metalli nurkne painutamine 228
12. Metallosade ühendused (I — Ühendamine poltidega. II — Neetimine) 228
13. Metalli pinna viimistlemine (I — Värvimine. II — Värviliste metallide poleerimine. III — Terase (raua) oksüdeerimine. IV — Pinna värvimise keemilisi menetlusi) 230

14. Rooste ja oksüüdide kõrvaldamine metallidelt (I — Mehhaaniline ja keemiline puhastamine. II — Rooste kõrvaldamine. III — Keemiline söövitamine. IV — Koostised metallosade puhastamiseks. V — Kaitsest korrosiooni vastu) 233
15. Katseriistade pöörlevate võllide konstruktsioone (I — Üldisi nõudeid konstruktsioonide kohta. II — Horisontaalvõllid mudelitele. III — Vertikaalvõllid mudelitele. IV — Rootorite ja rataste kinnitamine võllidele) 235
16. Laagrid (I — Kuullaagrid. II — Omavalmistatud laagrite konstruktsioone. III — Laagrite konstruktsioone osutitele) 240
17. Määrimine (I — Määrimise otstarve. II — Määrdeained. III — Katseriistadel ja kooli masinatel kasutatavate laagrite liike. IV — Mittemääritavad mehhanismid. V — Mehhanismide pesemine ja määrimine) 243

§ 12. **Jootmine** 247
1. Jootmise otstarve 247
2. Tööriistad ja materjalid (I — Jootekolvid ja nende valmistamine. II — Tina- ja seatinajoodis. III — Tinool. IV — Räbustajad) . . 247
3. Eseme ettevalmistamine jootmiseks 254
4. Jootekolvi ettevalmistamine 256
5. Jootekoha tinutamine 258
6. Jootmine 258
7. Lehtmetalli jootmine 260
8. Traadi ja lehtmetalli jootmine 260
9. Traatide jootmine 261
10. Aukude kinnijootmine 263
11. Tsingi, seatina ja alumiiniumi jootmise iseärasusi (I — Tsingi jootmine. II — Alumiiniumi jootmine. III — Seatina jootmine) . 264

§ 13. **Lehtmetalli- (pleki-) tööd** 264
1. Tööde otstarve 264
2. Materjalid (I — Valgeplekk. II — Konservikarbid. III — Katuseplekk. IV — Lehtmessing ja -vask. V — Lehtalumiinium. VI — Lehtseatina. VII — Metallpaber. VIII — Stanniol. IX — Lehtkuld. X — «Kard». XI — Metallvõrk. XII — Metalltorud) 267
3. Tööriistad (I — Vasar ja puuhaamer. II — Käärid. III — Toetusseadmed) 270
4. Pleki kaitsmine roostetamise eest 272
5. Pleki, metallpaberi ja stannioli õgvendamine 272
6. Pleki lõikamine 273
7. Aukude tegemine 274
8. Pleki nurgipainutamine (I — Painutamise otstarve. II — Operatsioonide järjekord. III — Kahetahuline nurgik. IV — Kolmetahuline nurgik. V — П- ja Г-kujulised toed. VI — Klambrid) . . . 275
9. Ääre tagasipainutamine ja tagasikeeramine 279
10. Pannikese või künakese kokkukeeramine 279
11. Lehtede ühendamine jootmise teel 279
12. Lehtede valtsiga ühendamine 281
13. Silindri valmistamine 283
14. Purgikese valmistamine (I — Põhja allajootmine. II — Põhja allapanemine valtsiga) 282
15. Koonuse valmistamine 285
16. Metalltorude töötlemine (I — Torude lõikamine. II — Torude painutamine. III — Toruotste sulgemine. IV — Torude keeramine plekist) 285
17. Stannioli kleepimine klaasile 286

§ 14. **Traaditööd** 287
1. Tööde otstarve 287
2. Materjalid (I — Vasktraat. II — Raudtraat. III — Terastraat. IV — Alumiiniumtraat. V — Messingtraat. VI — Nikeliin ja kroomnikkel. VII — Traatvedrud) 288

3. Tööriistad (I — Lõiketangid. II — Lapiktangid. III — Ümartangid) . . . 291
4. Traadi jämeduse mõõtmine (I — Varbsirkel. II — Kruvimikromeeter. III — Kaudseid mõõtmise võtteid) . . . 292
5. Traadi õgvendamine (I — Õgvendamine vasaraga. II — Õgvendamine tõmbamisega) . . . 296
6. Traadi lõikamine . . . 297
7. Traadi painutamine (I — Täisnurkne painutamine. II — Konksude ja rõngakeste valmistamine. III — Suure läbimõõduga rõngaste painutamine) . . . 298
8. Traatide kokkukeerutamisest . . . 301
9. Sidumine (I — Esemete sidumine traadiga. II — Detailide ühendamine ümbermähkimise teel. III — Traatide jätkamine. IV — Sidumine rullikeste külge) . . . 304
10. Spiraalide ja spiraalvedrude valmistamine (I — Spiraalide ja vedrude otstarve. II — Spiraalide mähkimine. III — Vedru mähkimine. IV — Vedru keeru sammu muutmine. V — Spiraalide ja vedrude sirgestamine. VI — Vedru otste töötlemine ja osutite valmistamine) . . . 306
11. Ümmarguse ristlõikega traadist silindervedrude arvutamine (I — Põhivalemid vedru arvutamiseks. II — Vedru andmete määramine tabeli järgi. III — Tornid silindervedrude kerimiseks) . . 313
12. Vedru mootorina ja pidurina . . . 320

§ 15. **Elektrimontaaž** . . . 321

1. Tööde otstarve . . . 321
2. Materjalid (I — Elektrijuhtmete konstruktsiooni tähistused OCT — 7885 järgi. II — Elektrijuhtmete ristlõiked. III — Madala ja kõrge isolatsiooniga juhtmete margid. IV — Lubatav koormus ja sulamisvool. V — Nikeliin ja kroomnikkel. VI — Isoleerpael. VII — Montaažiarmatuur) . . . 322
3. Tööriistad . . . 334
4. «Kuurud» . . . 334
5. Juhtmete säilitamisest . . . 336
6. Juhtmete õgvendamine . . . 337
7. Juhtmete lõikamine . . . 338
8. Juhtmetelt isolatsiooni kõrvaldamine (I — Emaili kõrvaldamine. II — Puuvillisolatsiooni kõrvaldamine. III — Kummist isolatsiooni kõrvaldamine) . . . 338
9. Juhtmete ja nöörjuhtmete jätkamine ja haruühenduste tegemine (I — Mähkimisjuhtmete jätkamine. II — Juhtmete ПР ja ШР jätkamine. III — Haruühenduste tegemine juhtmete ja nöörjuhtmetega) . . . 341
10. Juhtmete kokkujootmine (I — Valgustusjuhtmete kokkujootmine. II — Keerutuste kokkukeevitamine. III — Mähkimis- ja montaažijuhtmete jootmine. IV — Jootmine tinooliga. V — Alumiiniumjuhtmete jootmine) . . . 344
11. Juhtmete isoleerimine (I — Sidemealuse juhtme mähkimine paelaga. II — Juhtmete ПР kokkukeerutuste isoleerimine. III — Mähkimisjuhtmete isoleerimine) . . . 348
12. Montaažiarmatuuri ühendamine juhtmetega (I — Juhtme otste töötlemine aasana. II — Juhtme otste töötlemine pistikuna. III — Juhtme otste töötlemine kahvlikesena) . . . 350
13. Klemmide ja pukside monteerimine . . . 352
14. Raadiomontaažist . . . 354
15. Isoleerrullikeste ülesseadmine . . . 354
16. Magnetojuhtmete ja mähiste arvutamisest (I — Mähiste otstarve. II — Magnetringist. III — Rauast magnetojuhet läbiva magnetvoo arvutamisest. IV — Magnetvoo suurus rauavabade mähiste jaoks. V — Elektromagneti tõstejõu arvutamine. VI — Elektromagneti pooli arvutamine) . . . 355

17. Südamikkude valmistamine (I — Südamikkude materjal. II — Raua lõõmutamise tähtsus. III — Vahelduvvoolu riistade südamikkude iseärasusi. IV — Südamikkude põhikujud. V — Elektromagnetite südamikkude ehitus. VI — Lihtsaimad transformaatorite südamikud. VII — Transformaatorite normaalsüdamikud) . 363
18. Väikese võimsusega transformaatorite arvutamisest (I — Arvutamise otstarve ja järjestus. II — Võimsuse arvutamine. III — Raudsüdamiku arvutamine. IV — Mähiste arvutamine) 371
19. Poolide mähkimine (I — Südamiku isoleerimine mähisest. II — Otste väljatoomine ja mähiste väljavõtted. III — Käsitsi ja pingikesel mähkimine. IV — Mähise otste töötlemine) 376
20. Magneetimine ja demagneetimine vooluga (I — Magneeditav materjal. II — Magneetimine alalisvooluga. III —Magneetimine vahelduvvooluga. IV — Demagneetimine) 379
§ 16. Klaasnõude pesemine ja kuivatamine 381
1. Tööde otstarve 381
2. Klaasnõud (I — Kolvid. II — Keeduklaasid. III — Katseklaasid. IV — Koonilised kolvid. V — Lehtrid. VI — Klaassilindrid. VII — Wulffi pudelid. VIII — Silindrilised purgid. IX — Kristallisaatorid. X — Akvaariumid. XI — U-kujulised torud) 382
3. Kõvastunud ainete ja laikude kõrvaldamine (I — Kristallid ja sadestused. II — Värnits, õlid, lakk. III — Petrooleum. IV — Elavhõbe. V — Sadestused elektroodidel. VI — Laigud klaasil) . 386
4. Veega pesemine 387
5. Pesemine destilleeritud veega 389
6. Torricelli toru pesemine 389
7. Nõude kuivatamine (I — Loomulik kuivatamine. II — Kuivatamine õhu soojendamise ja läbipuhumise teel) 389
§ 17. Töö korgiga ja kummiga 391
1. Tööde otstarve 391
2. Materjalid (I — Korkpunnid. II — Vulkaniseeritud kautšuki ehk kummi sordid. III — Kummitorud. IV — Lehtkummi. V — Kumminiidid. VI — Kummiesemed. VII — Kummipunnid) 393
3. Tööriistad (I — Korgimuljuja. II — Korgipuurid. III — Puuride teritamise nuga. Puuride teritamine) 398
4. Korkide alalhoidmine. Pehmekskeetmine 400
5. Kummiesemete hooldamine ja säilitamine 402
6. Punnide lõikamine noaga 402
7. Punnide viilimine 403
8. Punnide valik ja kohandamine nõu kaelale 404
9. Korkide kinnivalamine 405
10. Korkidesse aukude puurimine ja põletamine 407
11. Kummipunnide puurimine 409
12. Lehtkummi lõikamine 409
13. Aukude tegemine läbi kummi 409
14. Kummitorude ühendamine 410
15. Kummitoru otste sulgemine 412
16. Näpitsad kummitorude jaoks 412
17. Kummi liimimine 414
18. Õhukeseseinaliste kummitorude tugevdamine 416
19. Kummi- ja korkventiilid 416
20. Korgid ehitusmaterjalina 417
§ 18. Klaasi lõikamine, puurimine ja lihvimine 418
1. Tööde otstarve 418
2. Materjalid (I — Tahvel- ehk lehtklaas. II — Pudelid ja purgid. III — Silindriline klaas (klaastorud). IV — Mitmesuguseid materjale) 420
3. Tööriistad (I — Teemant. II — Klaasilõikaja. III — Klaasilõikamisnuga. IV — Klaasipuurid) 422
4. Tahvelklaasi lõikamine (I — Üldisi lõikamise juhendeid. II —

Klaasi murdmine pärast sisselõike tegemist) 425
5. Klaaskettakeste väljalõikamine 428
6. Peenikeste torude lõikamine 429
7. Jämedate torude ja pudelite lõikamine (I — Üldisi juhendeid. II — Klaasi lõikamine tulise traatsilmusega. III — Elektrivooluga kuumutatava traadiga lõikamine. IV — Lõikamine teravaotsalise leegiga. V — Lõikamine hõõruva nööri abil) 430
8. Klaasi servade viimistlemine 432
9. Klaasi sobivaks lihvimine (I — Üldisi juhendeid. II — Silindrilise klaasi ja klaasplaadi sobitamine. III — Kraanide ja klaaspunnide sobitamine) 434
10. Klaasi puurimine 435
11. Tasaparalleelsete seintega anuma valmistamine 436
12. Mitmesuguseid retsepte ja nõuandeid (I — Klaasi mateerimine. II — Peegeldava kihi tekitamine. III — Pealkirjade söövitamine klaasile. IV — Klaasile kirjutamise pliiats. V — Klaasi pesemine ja puhtakshõõrumine. VI — Liim klaasi, portselani jt. liimimiseks. VII — Klaasi värvimine läbipaistvate lakkidega. VIII — Kitte metallplaadikeste klaasile kleepimiseks) 437

§ 19. Klaasipuhumine. Põletid. 440
1. Tööde otstarve 440
2. Kergesti sulavad klaastorud 441
3. Põletid klaasi ja teiste materjalide töötlemiseks (I — Puhutavad gaasipõletid (klaasipuhumispõletid). II — Jootelamp. III — Barteli lamp. IV — Priimus. V — Piirituselamp. VI — Petrooleumipõleti) 442
4. Õhupuhumis-seade (I — Puhumise otstarve. II — Jootetoru. III — Pulverisaatori õhupump. IV — Lõõts) 448
5. Leegi omadused (I — Leegi ehitus. II — Leegi kuju. III — Leegi temperatuur) 451
6. Molekulaarjõudude ja raskusjõu osa klaasipuhumistöödel . . . 455
7. Mõned üldjuhendid 455
8. Torude painutamine nurgi ja U-kujuliselt 456
9. Toru otste viimistlemine 458
10. Torude peenemaks venitamine 459
11. Kapillaari valmistamine 460
12. Toru otsa kinnisulatamine 460
13. Torude kokkusulatamine 461
14. Kolmiktoru (T-toru) valmistamine 461
15. Kuulikese puhumine toru otsa 462
16. Lehtrikese valmistamine 463

§ 20. Kartonaažitööd 464
1. Tööde otstarve 464
2. Materjalid (I — Papp. II — Paber. III — Liim) 465
3. Tööriistad (I — Kartonaažinuga. II — Käärid. III — Terasjoonlaud. IV — Valtsimisluuke. V — Lõikelaud. VI — Pintsel) . . . 467
4. Kortsunud paberi silumine 469
5. Lõike valmistamine (joonestamine) 470
6. Paberi ja papi lõikamine 470
7. Paberi nurkselt painutamine 472
8. Papi painutamine ja nurkselt ühendamine 473
9. Aukude tegemine 476
10. Niidi kinnitamine paberile ja papile 477
11. Geomeetriliste kehade kokkukleepimine 477
12. Paberi pealekleepimine. Papi kokkukleepimine 480
13. Poolikerede valmistamine (I — Poolikerede otstarve ja liigid. II — Ümmarguse ristlõikega poolikere. III — Neljakandiline poolikere) 482

§ 21. Tööd kiudainetega 485
1. Tööde otstarve 485
2. Materjalid (I — Vatt. II — Nahk. III — Niit. IV — Asbest.

V — Siid. VI — Puukoor) 486
3. Sõlmed (I — Niidi ja nööri otste kokkusidumine. II — Niidiotsa sidumine keha külge. III — Kimbu sidumine) 489
4. Erilisi sidumisviise (I — Torude kokkusidumine ja otste kinnisidumine. II — Punnide kinnisidumine pudelisuudmel. III — Pidenöörid (taagid) ja tuginiidid) 493
5. Riputid (I — Ühe niidiga orienteeritava peaga riputi. II — Kaheniidiline orienteeruv riputi. III — Pendlite riputid) 497
6 Niidi abil pöörlemise tekitamine 501
7. Orgaaniliste kiudude ja kudede deformeerumine niiskuse toimel . 502
8. Puidu painutamine 503
9. Kolbide remont (I — Klaaskolbide mähkimine niidiga. II — Naha vahetamine pumba kolbidel) 504
10. Hõõrdumise vähendamine ja suurendamine puidul ja teistel kiudainetel 506
§ 22. **Tummfilmide kinoprojitseerimine** 507
1. Õpetaja ettevalmistusest kinoaparaadi kasutamiseks 507
2. Kinoaparaadi УП-2 elektriline osa (I — Elektrilise osa üldskeem. II — Elektrilamp. III — Elektrimootor. IV — Reostaat. V — Ümberlüliti) 507
3. Kinoaparaadi 16-НП-6 elektriline osa (I — Üldine skeem. II — Elektrilamp. III — Elektrimootor. IV — Ümberlüliti ja lüliti) . . 514
4. Kinoaparaatide УП-2 ja 16-НП-6 ühendamine valgustusvõrguga (I — Ühendamine transformaatori kaudu. II — Ühendamine läbi reostaadi) 516
5. Kinoaparaatide УП-2 ja 16-НП-6 optiline osa (I — УП-2 optiline osa. II — 16-НП-6 optiline osa. III — Optilise osa hooldamine) . 518
6. Valguse tsentreerimine kinoaparaadis УП-2 (I — Lambi seadmine. II — Reflektori seadmine. III — Kontroll) 521
7. Valguse tsentreerimine kinoaparaadis 16-НП-6 522
8. Aparaadi УП-2 latern ja jahutus 522
9. Aparaadi 16-НП-6 latern ja jahutussüsteem 522
10. Kinoaparaatide УП-2 ja 16-НП-6 põhiosad 524
11. Aparaadi 16-НП-6 filmikerija ja lindi tagasikerimine 526
12. Kinoaparaadi УП-2 filmikerija ja lindi tagasikerimine 528
13. Filmi sisseasetamine kinoaparaati УП-2 531
14. Filmi asetamine kinoaparaati 16-НП-6 532
15. Filmi projitseerimine kinoaparaatidega УП-2 ja 16-НП-6 533
16. Kinoaparaadi УП-2 õlitamine 535
17. Kinoaparaadi 16-НП-6 õlitamine 536
18. Rikete kõrvaldamine 536
19. Kinofilmi säilitamine ja kleepimine (I — Üldisi andmeid kinofilmi kohta. II — Filmi kokkukleepimine) 537
20. Õppefilmide soetamisest 538
21. Ekraan 540
22. Kirjandus 542
§ 23. **Akumulaatorid, nende tüübid ja hooldamine** 544
1. Tööde otstarve 544
2. Leelis- ja hapeakumulaatorite omaduste võrdlemine 544
3. Seatina akumulaatorite tüübid ja nende markeerimine 545
4. Leelisakumulaatorite tüübid ja markeerimine 548
5. Lahuse vahetamise vajaduse tundemärgid 550
6. Lahused ja akumulaatorite täitmine nendega 551
7. Akumulaatorite riknemise põhjused ja rikete «ravimine» (I — Leelisakumulaatorid. II — Hape-seatina-akumulaatorid) 553
8. Akumulaatorite hooldamise reeglid 556
9. Galvaani elementide tüübid (I — Elementide tüübid. II — Galvaani elementide ja patareide markeerimine) 558
§ 24. **Lahuste valmistamine** 561
1. Tööde otstarve 561

2. Ohutustehnikast 564
3. Kemikaalid (I — Väävelhape. II — Soolhape. III — Lämmastikhape. IV — Äädikhape. V — Oblikhape. VI — Sööbeleelised. VII — Vasksulfaat. VIII — Kaalium- ja naatriumbikromaat. IX — Sooda ja söögisooda. X — Kaalium- ja naatriumjodiid. XI — Hõbenitraat. XII — Elavhõbesoolad. XIII — Seatinaatsetaat. XIV — Ammooniumhüdroksüüd. XV — Mitmesuguseid kemikaale) 564
4. Kemikaalide säilitamine 569
5. Kemikaalide säilitamise nõud 570
6. Lahuste kontsentratsioon (I — Kontsentratsiooni arvutamine. II — Vesilahuste kontsentratsiooni ümberarvutamine kaaluprotsentidest osadeks. III — Kontsentratsioon Baumè kraadide ja erikaalu järgi. IV — Küllastatud lahused) 572
7. Soolade vesilahuste valmistamise reeglid 575
8. Hapete lahused 578
9. Sööbeleeliste lahused 579
10. Hapete, sööbeleeliste ja soolade lahuste mõningate füüsikaliste andmete tabelid 580
11. Vesilahuste keemistemperatuur 581
12. Jahutussegud 582
13. Seebilahus seebimullide ja kelmete valmistamiseks 582
14. Vee värvimine (I — Kaaliumpermanganaat. II — Eosiin. III — Fenoolftaleiin. IV — Fluorestseiin. V — Riidevärvid) 583
15. Piirituse ja petrooleumi värvimine (I — Piirituse fluorestseeriv värvus. II — Petrooleumi värvimine) 584
16. Vee destilleerimine (I — Omavalmistatud seadmed. II — Vee destilleerimise aparaat) 584
17. Filtreerimine (I — Lihtsaim paberfilter. II — Voldidud paberfilter. III — Filtreerimine vähendatud rõhuga) 586
18. Hapete filtreerimine 590
19. Lahused Plateau katseks 591

§ 25. **Galvanoplastika ja galvanosteegia** 591
1. Tööde otstarve ja nende järjekord 591
2. Materjalid (I — Viini lubi. II — Grafiit. III — Vask ja nikkel anoodideks) 592
3. Metalli ettevalmistamine galvanosteegiaks 592
4. Keemiline puhastamine ehk peitsimine 593
5. Rasvast puhastamine 594
6. Galvanosteegilise vanni ehitus 594
7. Vanni elektrivooluringi lülimise skeem 596
8. Voolu tugevuse normid 597
9. Katmisprotsess 597
10. Pinna viimistlemine pärast metalliga katmist 597
11. Vanni lahuste retseptid (I — Vasetamine. II — Nikeldamine. III — Tsingitamine. IV — Rauaga katmine) 598
12. Voolu mittejuhtivate esemete katmine metalliga 599
13. Galvanoplastika 599

§ 26. **Füüsikalis-keemilised tööd** 601
1. Tööde otstarve 601
2. Vesiniku ja süsihappegaasi saamine (I — Kipp'i aparaat. II — Omavalmistatud katseriistad) 601
3. Elavhõbeda puhastamine (I — Mehhaaniline puhastamine. II — Keemiline puhastamine) 603
4. Soojustundlikkude ja luminestseerivate värvide valmistamine (I — Soojustundlik sool $CuHgJ_3$. II — Soojustundlik sool Ag_2HgJ_4. III — Luminestseeriva segu valmistamine) 605
5. Happekindel puuvärv 607
6. Klaasi ja metalli hõbetamine (I — Hõbetamise otstarve. II — Lumière'i (l. lumjeeri) meetod. III — Brashear'i (l. brešiiri) mee-

tod. IV — Vase ja teiste metallide hõbetamine) 608
7. Tahmaga katmine 611
8. Kristallide kasvatamine 611
9. Metallide amalgameerimine ja märgtinutamine (I — Tsingi amalgameerimine. II — Raua amalgameerimine. III — Vase ja raua märgtinutamine) 612
10. Soolad elektrolüüsiks ja indikaatorid (I — Soolade lagundumine metalli eraldumisega. II — Poolusemäärajad. III — Soolad ja indikaatorid elektrolüüsiks) 614
11. Mitmesugused retseptid (I — Rasvaplekkide kõrvaldamine paberilt. II — Rooste- ja rasvaplekkide kõrvaldamine marmorilt. III — Suitsu tekitamine) 616

TEKSTI PAIGUTATUD TABELITE NÄITAJA.

I Saematerjalid (paksus ja laius) 76
II Mitmesuguste tööriistade teritusnurgad 102
III Eri materjalides augu tegemiseks kasutatava puuri diameetri ja kruvi diameetri suhe 127
IV Omavalmistatud katseriistade jaoks plankudest, laudadest ja teistest materjalidest valmistatud detailid 129
V Mõningaid aniliin- ja teisi värve 146
VI Liim- ja õli-liimkittide koostis (osades) 155
VII Peitse mõnede puiduliikide jaoks 157
VIII Tina-seatinajoodised 177
IX Kergestisulavad sulandid 177
X Füüsikalis-tehnilised andmed pleksiklaasi kohta 197
XI Jootekolbide mõõted 249
XII Räbustajad jootmiseks tina- ja seatinajoodistega 253
XIII Traadist ПК silindervedrud 315
XIV Traadist ПК silindervedrud 316
XV Tornid silindervedrude kerimiseks traadist ПК 317
XVI Läbimõõduga 0,05 kuni 5,00 *mm* vasktraadi jämedus, ristlõikepindala, kaal ja takistus 15°C juures 323
XVII Ühe- ja mitmekiuliste vaskjuhtmete ristlõikepindala, jämedus, kaal ja takistus 326
XVIII Kestvalt lubatud koormus normaalse kummiisolatsiooniga vaskjuhtmetele, mis kannatavad voolukandvate soonte soojenemist kuni 30°-ni ümbritseva keskkonna temperatuuri puhul +25°C . . 328
XIX Mitmesuguste juhtmete sulamisvool 328
XX Suure eritakistusega sulandite keemiline koostis ja põhiandmed . 329
XXI Nikeliintraadi läbimõõdu valik (reostaatidele) sõltuvalt koormusest 329
XXII Nikeliintraadi jämedus, ristlõikepindala, kaal ja takistus (erikaal 8,8 $\frac{G}{cm^3}$, eritakistus 0,4 $\frac{oomi \cdot mm^2}{m}$) 330
XXIII Kroomnikkeltraadi jämedus, ristlõikepindala, kaal ja takistus (erikaal 8,2 $\frac{G}{cm^3}$, eritakistus 1,08 $\frac{oomi \cdot mm^2}{m}$) 330
XXIV Puidust rosetid ja puukruvid valgustusarmatuuride ja riistade kinnitamiseks 332
XXV Installatsioonimaterjalide sortiment nöörjuhtmele margiga ШР ja juhtmele margiga ПРД 333
XXVI Installatsioonimaterjalide sortiment margiga ПР juhtmetele . . 333
XXVII Kolbide standardsuurused 383
XXVIII Standardklaasid 384
XXIX Kummipunnide suurused OST-i järgi (*mm*) 398
XXX 1 *kg* klaastorude üldine pikkus 421
XXXI Leelis- ja hapeakumulaatorite omaduste võrdlus 544

XXXII Raadio kütteakude (hapeakude) elektrilised karakteristikud . . . 546
XXXIII Hapeakupatareide elektrilised ja konstruktiivsed andmed 546
XXXIV Raadio anoodakupatareide (hapeakud) elektrilised karakteristikud 547
XXXV Leelisakumulaatorite elemendid 549
XXXVI Leelisakumulaatorite kütte- ja anoodpatareid 549
XXXVII Leelisakumulaatorite patareid 550
XXXVIII Hapeakumulaatori elektrolüüdi tiheduse muutumine olenevalt tühjenemise astmest 550
XXXIX Galvaani elemendid ja patareid 560
XL Nuuskpiirituse erikaal ja kontsentratsioon 568
XLI Vesilahuste ümberarvutamine kaaluprotsentidest osadeks 573
XLII Soolade ja leeliste lahustuvus vees temperatuuril 18° 575
XLIII Hapete ja leeliste vesilahuste mõningaid füüsikalisi andmeid (temperatuuril +18°) 580
XLIV $CuSO_4$ ja NH_4Cl soolade vesilahuste mõningaid füüsikalisi andmeid (temperatuuril +18°C) 581
XLV Mitmesuguse kontsentratsiooniga NaCl ja NH_4Cl lahuste keemistemperatuurid 581
XLVI Kemikaalide kogus peeglite hõbetamiseks 610
XLVII Soolad ja indikaatorid elektrolüüsi demonstreerimiseks 615

Toimetaja A. Emmo.

Tehniline toimetaja A. Sepp.

Korrektorid H. Allik ja E. Oper.

Ladumisele antud 1. XII 1953. Trükkimisele antud 18. III 1954. Paber 60×92 sm. 1/16. Trükiarv 3000. Trükipoognaid 39,25. Arvutus-poognaid 41,22. Tellimise nr. 186. MB-07135.
Trükikoda „Kommunist", Tallinn, Pikk tän. 2.

На эстонском языке.

Hind rbl. 12.15.

6—5

Rbl. 12.15

A-19366

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00382754 2