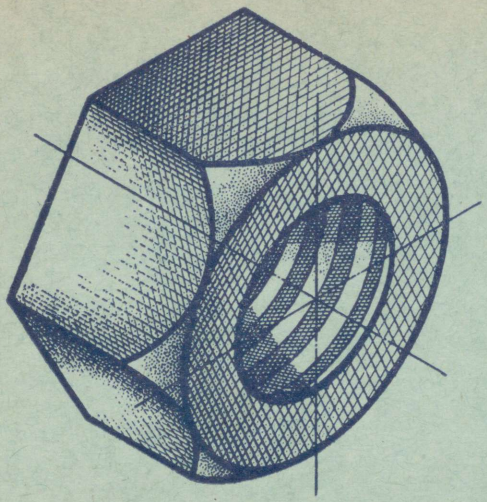


TEODOR
USSISOO

TEHNILINE JOONESTAMINE

METALLITÖÖ

RK
„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS" · TALLINN · 1948

TEODOR USSISOO

TEHNILINE JOONESTAMINE

METALLITÖÖ

3 1466

RK
„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS"
TALLINN 1948

2.
Bibliotheca
Universitatis
Tartuensis
~~1948:01052~~
35082
A 17335

EESSÕNA.

Riigi industrialiseerimisele asudes avab esimene sõjajärgne stalinlik viisaastak suurepärased ja otse hiiglaväljavaated meie kodumaa edasisele õitsengule.

See ülesehitustöö vaimustab ja innustab nõukogude inimesi uutele kangelastegudele.

Meil on kõigil teada, et on tärkamas ja asutamisel suuri tehaseid ja et meie Vabariigi kõigis nurkades hakkavad 1950. aastaks suitsema kümnete uute suur- ja väike-ettevõtete ja -tehaste korstnad.

Samuti on meil teada, kui suure innuga töötab praegu Nõukogude Liit nii taastamisel kui ka uute ehitiste püstitamisel.

Toodangu mahu poolest kuulub praegu Nõukogude Liidu tööstusele ja eriti masinaehitustööstusele esikoht Euroopas ja teine koht maailmas.

Nõukogude Liidu tööstus pidas sõja karmidele katsumustele auga vastu. Sõjaaja nõuetele vastavalt ümber kujunedes jätkas ta kiiret arenemist, varustades rinnet ülivõimsate tankide, kahurite ja lennukitega.

Et jõuda selliste hiiglatulemusteni, on NSV Liidus loodud tuhandeid tööstuskoole ja instituute, kus masinate ehitust õpetatakse kõige algelisemast võttest kuni kõige keerulisemate masinate projekteerimiseni ja kust võrsuvad sajad tuhanded võimsa Nõukogude riigi masinatehnikud, -insenerid ja kvalifitseeritud oskustöölised.

Sellise oskusliku kaadri osaliseks ettevalmistamiseks on mõeldud ka käesolev õpik, mis on koostatud NSV Liidu Tööjõureservide Ministeeriumi poolt väljatöötatud tööstus- ja raudteekoolide

metallitöö-erialade õppekavade järgi, nimelt lukksepa, masinalukksepa, treiali, freesija jne. ala õpilastele nimetatud koolides.

Õpik käsitab geomeetrilist ja projektsioon-joonestamist ja neile järgnevat tehnilist joonestamist.

Et tehnilise joonestamise õpikut nimetatud koolide õpilastele teha jõukohasemaks, on joonestamise kursust alatud kõige lihtsamaist ülesandeist, mis geneetilises järjekorras vähehaaval raskenedes võimaldavad läbi võtta nimetatud koolide tehnilise joonestamise kursuse ja lõpetada selle jooniste lugemisega.

Õpiku lõppu on paigutatud „Sõnastik", kus õpikus ettetulevad võõrsõnad leiavad seletust.

Selle õpiku esimene trükk leidis õpilaste keskel suurt tähelepanu, tunduvalt kergendades neile ainesse süvenemist.

Käesolev teine trükk on märksa täiendatud ja ühtlasi kooskõlastatud NSV Liidus kehtivate OCT- ja ГОСТ- (OST- ja GOST-) normidega, mispärast ta ka vajalise käsiraamatu ülesannet võib täita.

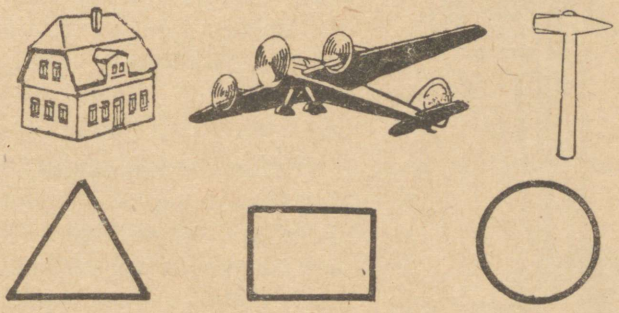
F. Ustisoo

SISSEJUHATUS.

1. Mida õpetab tehniline joonestamine?

Tehniline joonestamine õpetab meid õigesti ja täpselt kujutama paberil tehnilisteks tarvidusteks igasuguseid esemeid ja asju, nagu maju, masinaid, nende osi jne. Asjade kujutamist joonestusriistade abil nimetatakse tehniliseks joonestamiseks.

Kui töölisele tööstuses antakse korraldusi tööks, siis ei tehta seda mitte suusõnal, vaid selleks antakse vastav joonis, kus kõik on selgesti kujutatud.



Joon. 1.

Mitte üksi tööstuses, vaid ka igapäevases elus on joonis ning selle tundmine ja lugemine väga vajalik.

Vaadates joonisele 1, võime kohe ütelda, et joonis kujutab maja, millel näeme alumisel korrusel seitset akent ja ühte ust, teisel korrusel nelja akent jne. Samuti näeme siin lennukit, vasarat, geomeetrilist kolm- ja nelinurka ning ringi.

Nii võime ütelda, et üks joonis seletab rohkem, kui seda suudavad kümme lehekülge teksti.

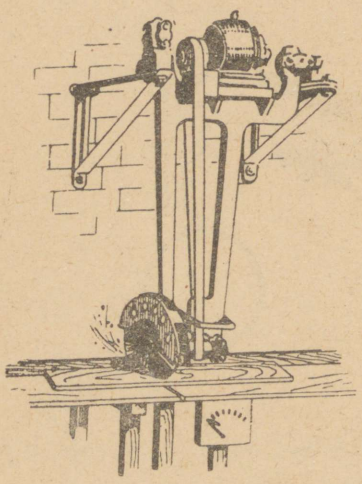
Peale jooniste valmistamise õpetab tehniline joonestamine ka õigesti ja asjatundlikult tehniliste jooniste arutlemist, nende järgi töötamist ja peaasjalikult nende õiget l u g e m i s t.

Tehniliste jooniste tundmine ei kuulu mitte ainult inseneride ja tehnikute teadmiste valda, vaid neid peab tundma ja eriti l u g e d a oskama iga tööline, kellel tuleb tehniliste jooniste järgi töötada.

Joonestust, eriti aga tehnilist joonestust võib nimetada rahvusvaheliseks keeleks, ja selle tundmine ning lugemine on vajalik igale kvalifitseeritud töölisele.

2. Graafiliste kujunduste meetodid.

Praegusel tehnilisel ajastul on lihtsaim abinõu esemetest ja asjadest kujutiste saamiseks päevapildistamine. Sel teel saadakse näiteks masina välimusest küllalt selge pilt. Samuti võib saada päevapildistamise teel ülesvõtteid ka masina üksikutest sisemistest osadest. Kuid need ülesvõtted ei ole tehnilised joonised: nad ei võimalda nende järgi tööde valmistamist, olgugi et annavad pildistatud asjust selge pildi. Sellist ülesvõtet nimetatakse ka perspektiivpildiks (tsentraal-perspektiiv — joon. 2). Perspektiivjoonis, mis näitab eset kolmest küljest, on sageli tehniliste jooniste selgitamiseks väga kasulik ja vahel isegi vajalik.



Joon. 2.

Kuid perspektiivjoonistel on see puudus, et neile on raske asetada mõõtjooni.

Tehnilistes joonistes esineb veel teine perspektiivi liik — paral-

leel-perspektiiv. Niisugust paralleel-perspektiivis joonist nimetatakse aksonomeetriliseks jooniseks.

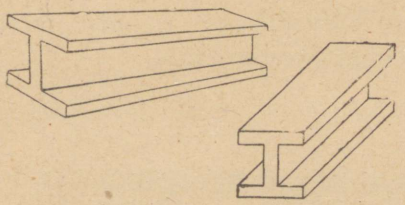
Joonisel 3 on toodud perspektiivne vaade I-talast, kus kaugenedes tala küljed paistavad kitsenevatena.

Joonis 4 kujutab sama tala paralleel-perspektiivis (aksonomeetriliselt), ilma talakülgede kitsenemiseta nende kaugenemisel.

Sellist paralleel-perspektiivi kasutatakse tehnilisel joonestamisel, ja tal on see hea külg, et saab joonisele sobivamalt märkida vajalisi mõõteid.

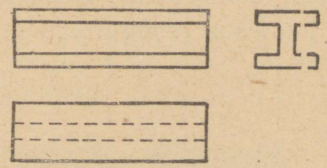
Joonis 5 annab lähema ettekujutuse rist- ehk ortogonaal-projektsioonist eeltoodud I-tala joonestamiseks. Vajame kolme tasapinda, et saada selle profiilterase joonestamiseks kolme vaadet.

Nimetatud projektsioonide valmistamise võtetega tutvume kursuse ulatusel edaspidi.



Joon. 3.

Joon. 4.



Joon. 5.

3. Joonestamise liigitus ja jooniste tähtsus tehnikas.

Joonestamise liigitame kolme ossa:

1) geomeetriline joonestamine;
2) projektsioon-joonestamine;
3) tehniline joonestamine.

Geomeetriline joonestamine õpetab tundma geomeetriliste ülesannete lahendamise seadusi ja võtteid ühel tasapinnal. Geomeetriline joonestamine on joonestamise aabits.

Projektsioon-joonestamine õpetab tundma kujundeid kolmel tasapinnal, see on joonestamise grammatika.

Tehniline joonestamine on joonestamise lõpptulemus, kus on tegemist üksikute asjade joonestamisega. Tehniline

joonestamine jaguneb järgmistesse tähtsamatesse osadesse: masinaehitus-, laevaehitus-, elektrotehnika-, ehitus-, arhitektuur- jne. alade joonestamine.

Tehnilised joonised leiavad laialdast kasutamist tehnikas, kuna nende abil teostatakse hiigelehitiste, sildade, tunnelite, masinate jne. ehitamine, mis ilma tehniliste joonisteta osutuks täiesti võimatuks.

Eriti laialdaselt kasutatakse tehnilisi jooniseid masinaehituse alal, nimelt eriliste üleliiduliselt kehtimapandud standardite OCT ja ГОСТ (OST ja GOST) normide ja süsteemi alusel, mis on sundduslikud kogu Nõukogude Liidu tööstuses.

Eespool vaatlesime möödaminnes tsentraal- ja paralleel-perspektiivi, mis on aga ainult selgitusabinõuks tehniliste jooniste kujundamisel, kuna päris tehniline joonestamine toimub rist- ehk täisnurkses (ortogonaal-) projektsioonis.

Enne tegelike joonestusvõtete käsitlemisele asumist tuleb tutvuda joonestusvahenditega ja nende kasutamisega.

I peatükk.

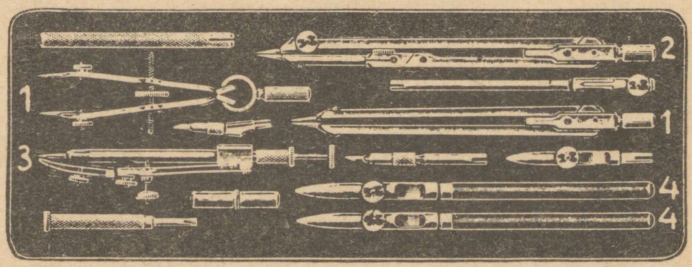
JOONESTUSVAHENDID JA JOONISE ÜLDKUJUNDAMINE.

1. Joonestusvahendid ja nende kasutamine.

a. Sirklikarp. Joonisel 6 on esitatud komplekt joonestusvahendeid, nn. sirklikarp. Üksikud esemed on märgitud numbritega:

1 — mõõtesirklid;
2 — joonestussirkel;
3 — nullsirkel;
4 — joonsuled.

Mõõtesirklil (joon. 6$_1$) on kaks haru. Teda tarvitatakse joonte mõõtmiseks ja mõõdete ülekandmiseks.



Joon. 6.

Mõõtesirkli harude alumistesse otstesse on kruvikeste abil kinnitatud kaks teravat nõelakest — mõõdete võtmiseks ja nende ülekandmiseks jooniseile.

Mõõtesirkliga töötamisel tuleb osutada suurt hoolt ja tähelepanu sellele, et sirkli teravad nõelotsad oleksid hästi hoitud ja ühepikkused (joon. 7), mis võimaldab täpset mõõdete võtmist (joon. 9).

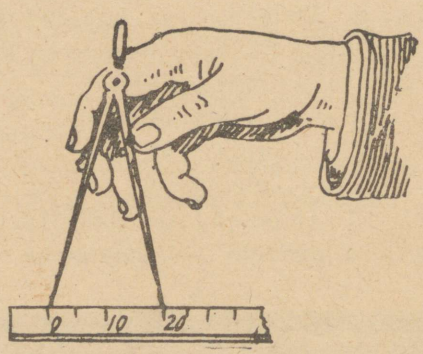
Joonestussirklil (joon. 6₂ ja 8) on üks haru varustatud nõelotsaga ja teine pliiatsi või joonsulega ringide joonestamiseks.

Peale eelkirjeldatud sirklite on olemas veel nõndanimetatud abisirkel (joon. 10), mis kinnitatakse pliiatsi külge ja mis annab teatavat abi jooniste valmistamisel.

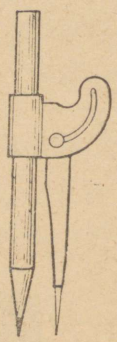
Sirkli hoid väiksemate ringide joonestamisel.



Joon. 7. Joon. 8.



Joon. 9.



Joon. 10.

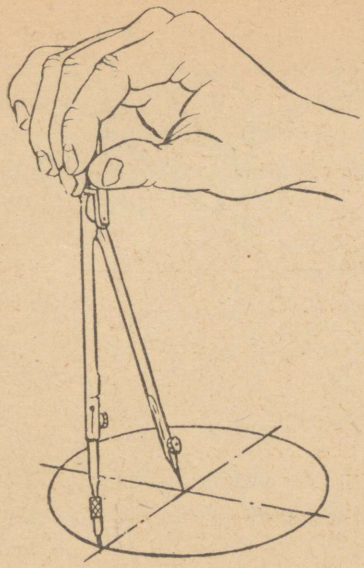
Kui sirkli harud on võrdse pikkusega, siis tuleb hoida sirkel püstloodis ja sirkli peast kinni hoides kujutada ringjooni (joon. 11).

Mittevõrdse pikkusega sirkliharud põhjustavad sirkli kallakhoidu. Sirkli terav ots libiseb keskpunktist ja kujutatav ringjoon ei ole täpne (joon. 12).

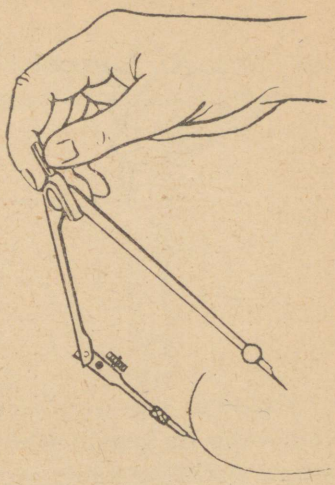
Sirkli hoid suuremate ringide joonestamisel (joon. 13). Sirkli harude hoid kaldseisus võimaldab sirkli teravharu otsa libisemist keskpunktist ja ringjoon ei saa täpne (joon. 14). Sirkli otstele tuleb anda täisnurkne seis joonise tasapinnaga.

Eriti suurte ringide kujutamisel kasutatakse sirkli haru pikendamiseks erilist vahetükki (joon. 15).

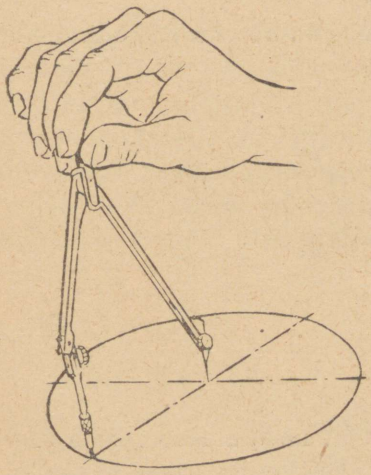
Nullsirkel (joon. 6₃). Väikeste ringide joonestamiseks tarvitatakse nullsirklit, mille teravikke lähendatakse kruvikese abil.



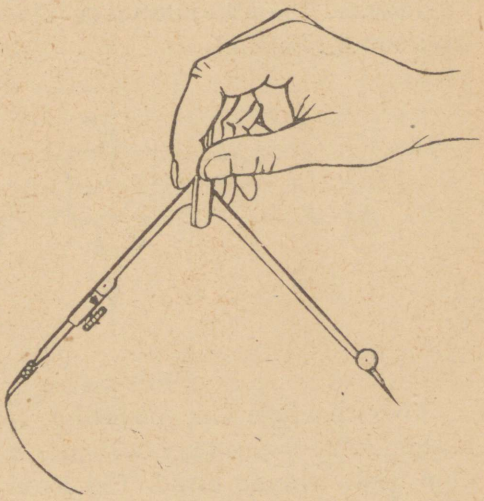
Joon. 11.



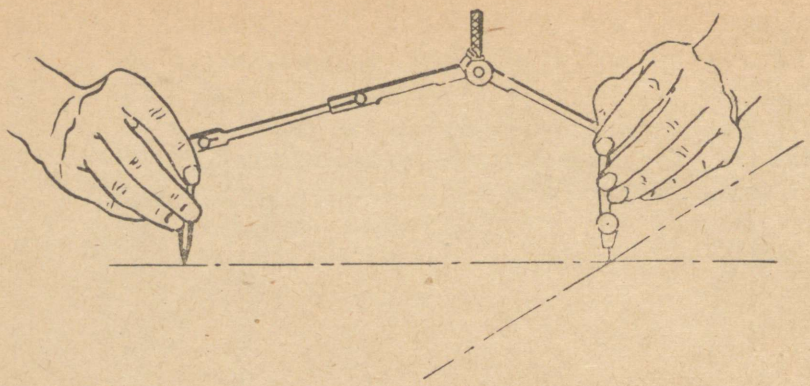
Joon. 12



Joon. 13.



Joon. 14.

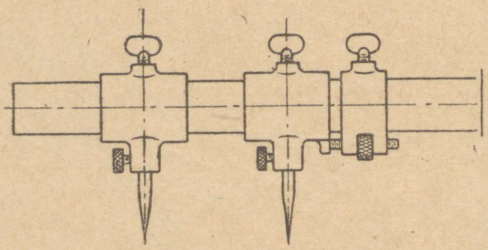


Joon. 15.

Vedru- ehk jaotussirkel (joon. 6$_1$ vasakul). Tema nõelotste vahe on reguleeritav vastava kruvikesega. Teda tarvitatakse täpsete pikkuste kandmiseks joonisele.

Sirklite hoidmine. Sirkleid tuleb iga kord enne karpi panemist pehme riidest lapiga puhastada, et vältida roostetamist. Sirklite teravikke tuleb hoida hästi, et nad ei murduks ega kõverduks, vaid oleksid alati teravad ja korras.

Joonisel 16 on kujutatud reguleeritav varbsirkel suuremate ringjoonte tõmbamiseks.

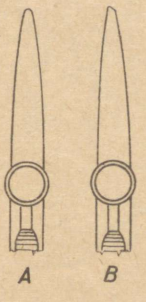


Joon. 16.

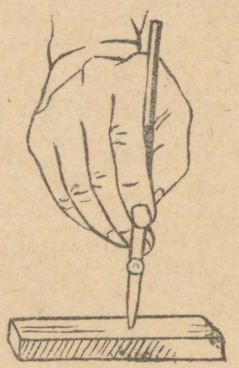
Joonsulge ehk reisfeedrit (joon. 6$_4$) kasutatakse tušiga joonestamiseks. Joonsulg nõuab korralikku käitlemist. Heal joonsulel olgu hästi teravad otsad. Töö lõpul tuleb ta puhastada lapikesega, sest sule otste vahele jäänud tušš rikuks sulge.

Joonsulgede kordaseadmine ja teritamine. Joonsulg vajab erilist korrashoidu, et saavutada temaga head joonte tõmbamist.

Sageli joonsulg ei anna joonte tõmbamisel häid tagajärgi. Sel juhul tuleb asuda tema kordaseadmisele ja teritamisele. Teritamisel



Joon. 17. A — joonsulg parabooli-kujuliste huultega; B — joonsulg kulunud huultega — joonestamiseks kõlbmatu.

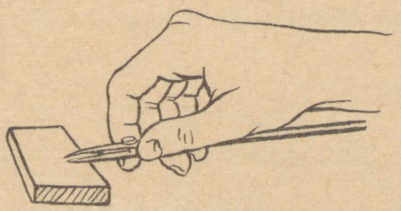


Joon. 18. — Joonsule lihvimine õlikivil, parabooli-kujuliste otste saamiseks (esimene võte).

tuleb olla eriti ettevaatlik, sest väiksemgi väärvõte võib joonsulge rikkuda või sootuks kõlbmatuks teha.

Hea joonsule huuled on parabooli-kujulised (joon. 17). Joonsule huulte otsad ei tohi olla niivõrd teravad, et nad lõikaksid paberit, mille tagajärjel ei saa tušiga joonestamisel küllalt puhtaid jooni.

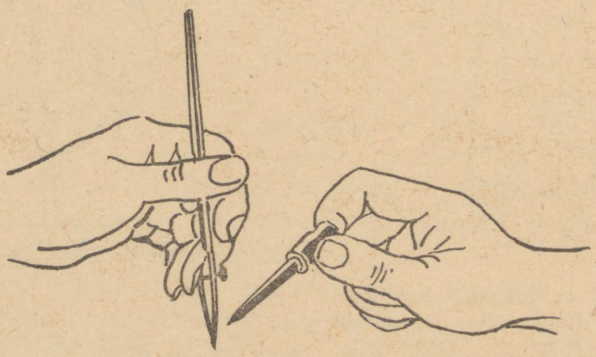
Joonsule parabooli-kujulise otsa saamiseks tuleb mõlemad sule-huuled kruvikese abil tihedasti kokku suruda ja siis lihvida. Para-



Joon. 19. — Joonsule nürinenud otste teritamine külgpindade lihvimise teel parabooli-kujuliste otste saamiseks (lõppvõte).

boolse kuju saamisel nürinevad ühes sellega veidi ka joonsule otsad. Nürinenud otsi tuleb omakorda õlikivil joonsule külgedelt teritada, jälgides, et otsad ei muutuks liiga teravaks ega lõikaks paberit. Avades uuesti joonsule huuled, tuleb veenduda, kas nad on ühtlaselt teritatud, kui mitte — siis korrata teritamist.

J o o n s u l e t ä i t m i n e. Joonsulge mitte kasta tušipotti, vaid täita tušipoti korgi küljes oleva tušisulega (joon. 20).

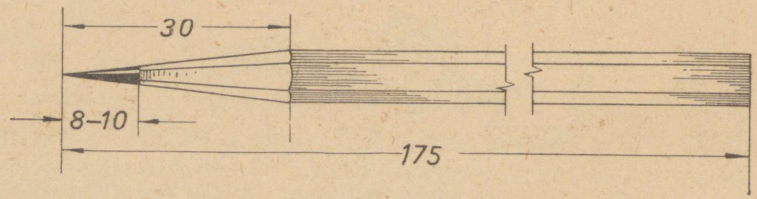


Joon. 20.

b. T u š š peab jooksma voolavalt ja jätma paberile täiesti musta joone. Tušš olgu veekindel. Ta ei tohi kuivanult olla pühitav ega pestav. Paksuks kuivanud tušši lahjendatakse keedetud veega.

c. P l i i a t s i d. Joonestamisel tarvitatagu häid pliiatseid. Head pliiatsit saab hästi teritada: ta süda ei tohi murduda ega puit lõikamisel tükelduda. Joonestamisel tarvitatakse pliiatseid kõvadusega H — 5H, visandi valmistamiseks F või HB.

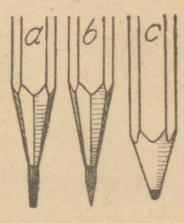
Joonis 21 kujutab hästiteritatud joonestamispliiatsit.



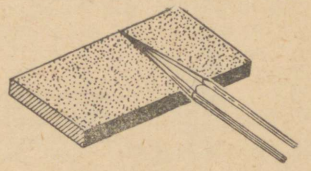
Joon. 21.

Joonisel 22 a ja b on näidatud hästiteritatud pliiatsid: a — meislikujuliselt, eriti peenjoonte tõmbamiseks, ja b — kooniliselt; c — vääralt teritatud — liiga tömp.

Grafiidiotsa tuleb teritada peenel liivapaberil, mis on kleebitud puitplaadikesele (joon. 23).



Joon. 22.



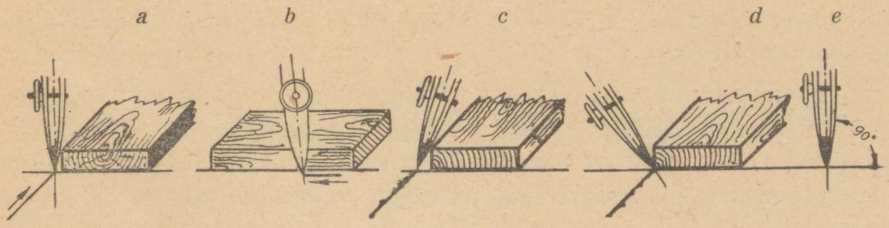
Joon. 23.



Joon. 24.

Pliiatsi teritamine. Pliiatsit tuleb teritada terava noaga; pliiatsit hoida vasakus käes; pliiatsi ots toetub parema käe pöidlale (joon. 24).

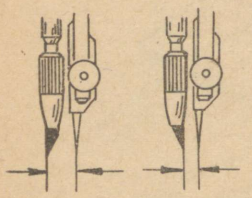
Pliiatsi ja joonsule hoidmine joonestamisel. Pliiatsit või joonsulge tuleb hoida teravotsaga hästi joonlaua serva vastu (joon. 25 a, b, e).



Joon. 25.

Pliiatsi või joonsule teravotsa hoidmisel joonlauast eemal või längakil (joon. 25 c, d) tekivad kas kõver- või hambulised jooned.

Pliiatsi südamiku asetamine sirkliharu otsasse. Pliiatsi südamikku tuleb teritada liivapaberil peitlikujuliselt, s. o. ainult ühest küljest. Teritatud pliiatsisüdamik tuleb asetada sirkliharu otsasse joonisel 26 näidatud võttel.



Väär Õige

Joon. 26.



Joon. 27.

d. Joonlauad ja kolmnurgad. Rööpjoonlauda (reissiin) (joon. 27) kasutatakse rööpjoonte tõmbamiseks ja kolmnurkade toetamiseks (vt. joon. 32).

Rööpjoonlauad nagu kolmnurgadki on harilikult tehtud ühtlasest ja oksteta kõvast puidust. Parimad kolmnurgad ja rööpjoonlauad on varustatud mustast puidust servadega. Nii joonlaua kui kolmnurkade servad olgu võimalikult sirged ja tasased. Ka väiksemgi ebatäpsus on nendes lubamatu.

Harilikku joonlauda (joon. 28) kasutab joonestaja harva, kuna niisuguse joonlaua aset täidab hästi kolmnurga hüpotenuus.

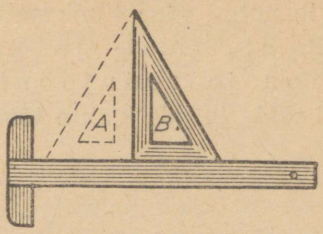
Kolmnurgad. Geomeetrilise ja tehnilise joonestamise ülesannete lahendamisel kasutatakse täisnurkseid kolmnurki, millel on teravnurgad 45° ja 45° või 30° ja 60°. Kolmnurga servad olgu siledad ja sirged.

Joonlaua ja kolmnurkade kontrollimine. Joonestusi tuleb valmistada hästi täpselt. Täpsus oleneb mitte ainult hoolsast tööst, vaid ka tööriistade korralikkusest. Seepärast tuleb enne joonestamist kontrollida joonlaua ja kolmnurga servade täpsust.

Joonlaua ja kolmnurga proovimine. Tõstame joonlaua silma kõrgusele ja sihime vastu valgust (joon. 28). Kui ühtegi konarust, nõgu ega kühmu pole märgata, on joonlaud sirge ja töötamiseks kõlblik.



Joon. 28.



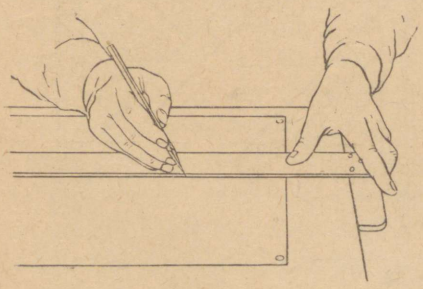
Joon. 29.

Kolmnurga täpsust kontrollitakse järgmiselt: asetatakse rööpjoonlaud ja kolmnurk paberile, surutakse üks täisnurga külgedest vastu rööpjoonlaua serva, kuna täisnurga teist külge mööda tõmmatakse pliiatsiga sirgjoon. Siis kolmnurka nagu raamatulehte ümber pöörates tõmmatakse tema serva mööda uus joon. Kui saadud jooned täiesti ühtivad, on kolmnurga täisnurk täpne (joon. 29).

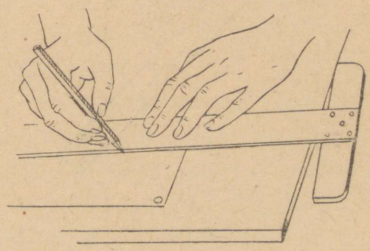
Joonestamine. Joonestuslaud tuleb asetada nii, et valgus paistaks joonisele vasakult.

Joonestatagu aegamööda, tehtud tööd alatasa kontrollides, et ei tekiks vigu. Ühtlasi peetagu meeles, et esimesest tunnist alates tuleb hoiduda ümberjoonestamisest — iga alatud töö püütagu tingimata lõpetada. Raske on harjuda sellega kannatamatul, kes iga väiksemagi äparduse puhul võtab uue paberi. See harjumus ei tohi muutuda kombeks.

Rööpjoonlaua õige ja väär hoid. Rööpjoonlaua pea tuleb vasaku käega kindlalt suruda vastu joonestuslaua vasakut serva, mis tagab joonlaua õiget hoidu (joon. 30).



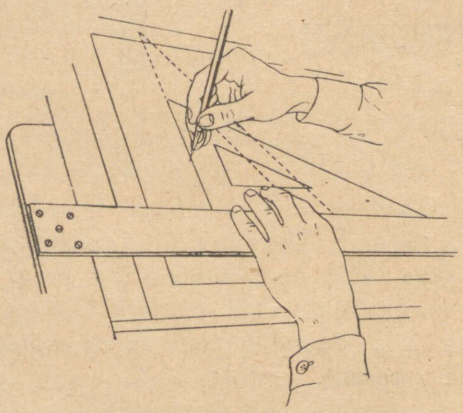
Joon. 30.



Joon. 31.

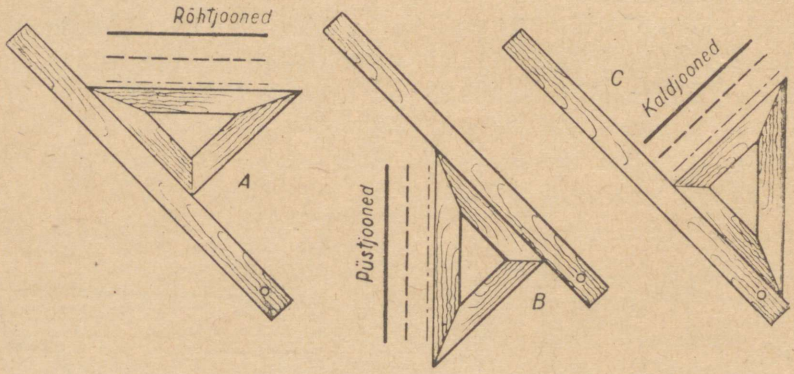
Joonisel 31 puutub rööpjoonlaua pea ainult ühe punktiga vastu joonestuslaua vasakut serva, mis on väär hoid (ka pliiatsiots on teritatud liiga lühikeselt).

Rõht-, püst- ja kaldjoonte tõmbamine kolmnurga ja rööpjoonlaua abil. Joonised 30 ja 32 kujutavad rõht- ja püstjoonte tõmbamist rööpjoonlaua ja kolmnurga abil.



Joon. 32.

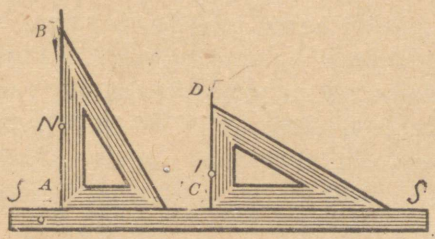
Joonis 33 kujutab ülalnimetatud joonte tõmbamist kolmnurga ja joonlaua abil: A — rõht-, B — püst- ja C — kaldjoonte tõmba-



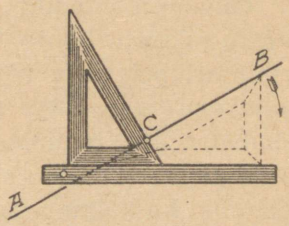
Joon. 33.

mine. Joonlaua kasutamisel tuleb enne kindlaks määrata kolmnurka toetava joonlaua täpne suund. Antud juhul, kasutades 45°-list kolmnurka, on ka joonlaud asetatud rõhtjoone suhtes 45° all. Et saavutada vastavasuunaliste sirgjoonte omavahelist rööpsust, tuleb iga järgmise joone tõmbamiseks nihutada kolmnurka piki joonlaua äärt vajaliku vahemaa võrra (kolmnurga rööplüke).

Ristjoonte joonestamine rööpjoonlaua ja kolmnurkade abil. Ristjooni joonestatakse harilikult kolmnurga ja joonlaua abil. Selline ristjoonte joonestamine nõuab harjumust. Isegi vilunud joonestajad tarvitavad tihti väärvõtteid. Näiteks joonisel 34 on kolmnurgad toetatud kaatetitega joonlauale, mille



Joon. 34.



Joon. 35.

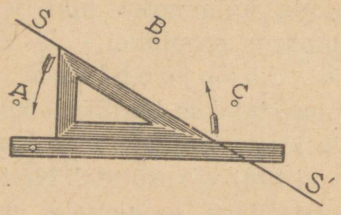
ülemine serv on paigutatud piki sirgjoont SS. Kui nihutame kolmnurgad punktideni N ja L ja tõmbame kaateteid mööda jooned AB ja CD, siis on need risti antud joonega.

See viis on halb sellepärast, et sagedase tarvitamise tõttu kolmnurga tipud kuluvad ümmarguseks, mistõttu punktides A ja C saadakse ebatäpne ristjoon antud joonega.

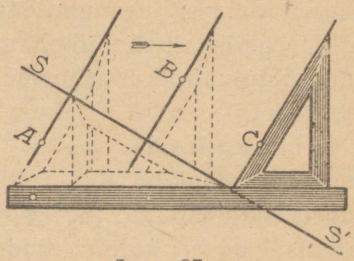
Teine puudus seisab selles, et ristjoont võib tõmmata ainult läbi punktide, mis on asetatud ühele poole antud sirgjoont. Täpne ristjoone tõmbamine on lähemalt näidatud jooniseil 35, 36 ja 37.

Antud sirgjoonele AB ristjoone tõmbamiseks läbi C (joon. 35) seame kolmnurga hüpotenuusiga piki antud sirgjoont AB, nagu see on näidatud kriipsjoonega. Surume joonlaua või teise kolmnurga vastu pikemat kaatetit ja vasaku käega teda paigal hoides pöörame kolmnurga lühema kaatetiga vastu joonlauaserva. Hüpotenuusi mööda läbi C tõmmatud sirgjoon on risti antud joonega AB.

Joonistel 36 ja 37 on näidatud võtted, mida tarvitatakse ristjoonte tõmbamiseks läbi punktide A, B ja C, mis asuvad ülal- ja allpool antud sirgjoont SS'.



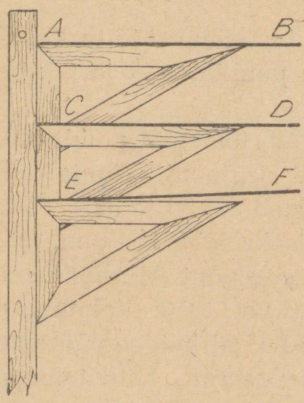
Joon. 36.



Joon. 37.

Paneme kolmnurga hüpotenuusi-pidi antud joonele SS' (joon. 36). Vastu pikemat kaatetit surume joonlaua, hoiame ta vasaku käega kindlasti paigal ja pöörame kolmnurga lühema kaatetiga vastu joonlaua serva, nagu seda näitavad nooled (joon. 36 ja 37). Siis tõmbame hüpotenuusi mööda (joon. 37) ristjooned antud joonele SS', mis läbivad punkte A, B ja C. Seesugusel viisil võib tõmmata ristjooni ka kolmnurgaga, mille nurk on 45°.

Sirgjoonte rööpsuse kontrollimine. Rööpsete sirgjoonte joonestamise võttega joonlaua ja kolmnurga abil tutvusime varem (joon. 33). Joonlaua ja kolmnurga abil on ka võimalik kontrollida sirgjoonte rööpsust, nagu see on näidatud joonisel 38.



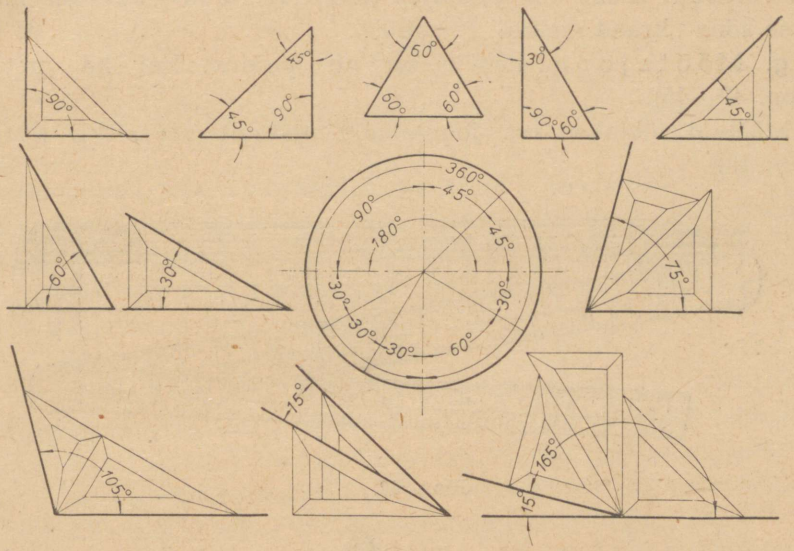
Joon. 38.

Seejuures üks kolmnurga kaatet asetatakse rööbiti sirgjoonega AB, kuna teise kaateti serva vastu surutakse joonlaud. Hoides pahema käega kindlasti paigal joonlauda, libistatakse parema käega kolmnurka allapoole kuni tema serva kohtumiseni sirgjoonega CD. Nähes, et sirgjoon CD ühtib kõigis punktides kolmnurga kaatetiga, selgub, et sirgjooned AB ja CD on rööpjooned.

Libistades sama kolmnurka veel allapoole kuni sirgjooneni EF, selgub, et kolmnurga kaatet ei ühti kõigis punkti-

des sirgjoone EF-ga, nagu see on näha joonisel 38. Nii ei ole sirgjoon EF rööpne sirgjoontega AB ja CD.

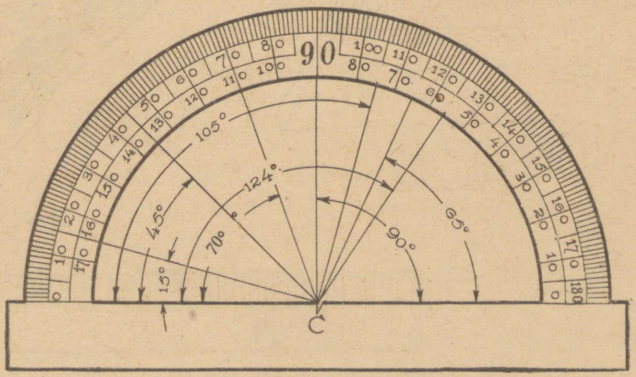
Nurkade ehitamine ja mõõtmine kolmnurkade abil. Kolmnurkade abil ehitatakse ja mõõdetakse nurki allnäidatud eeskujude järgi (joon. 39).



Joon. 39.



Joon. 40.



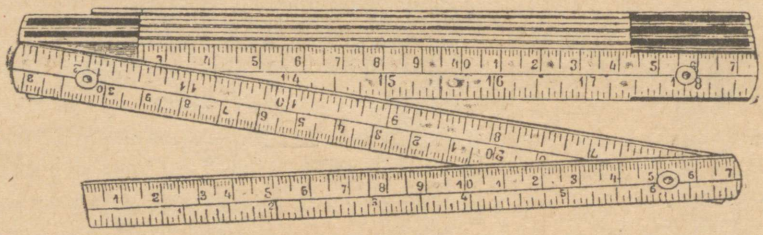
Joon. 41.

e. Lekaalide ehk kõvera-joonlaudade (joon. 40) servad on segakujulised kõverjooned. Lekaali abil joonestatakse igasuguseid kõverjooni, mida on võimata joonestada ringi kaarjoonte abil.

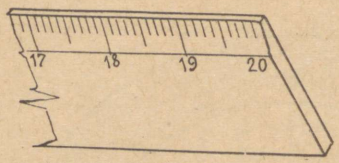
f. Nurgamõõtja ehk mall (transportiir). Mall on tavaliselt poolringikujuline metallist plaadikene, mille kaar on jaotatud 180 võrdseks osaks ehk kraadiks (joon. 41). Joonestamisel märgitakse sõna „kraad" märgi „°" abil.

g. Mõõtejoonlaudu on nii puidust kui ka metallist (joon. 42—45).

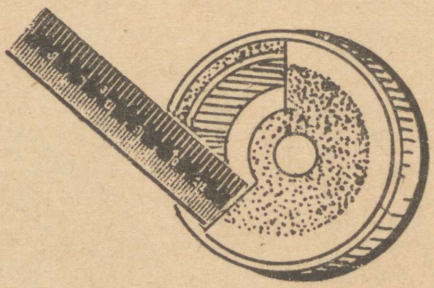
Mõõteid võetakse kas joonlauaga otseselt või sirkli kaasabil (joon. 9).



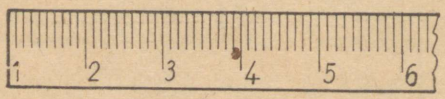
Joon. 42.



Joon. 43.



Joon. 44.



Joon. 45.

h. Rõhknaelad ehk nuplid. Paberi kinnitamiseks joonestuslauale tarvitatakse väikesi laiapealisi naelakesi, mida nimetatakse rõhknaelteks ehk nupliteks.

i. Kustutuskumm. Pliiatsikumm olgu pehme, ta ei tohi paberi pinda kriimustada. Libe kumm ei kustuta, vaid määrib. Tušikumm on kõva; ta sisaldab peenikest liiva või klaasipuru.

2. Joonestuspaber.

Olenevalt joonise otstarbest valitakse joonestuspaberi liik ja headus.

Üldnõuded joonestuspaberile on, et ta oleks ühtlaselt tihe, et ta venivus niiskuse muutumisel harilikus olukorras ei muutuks segavaks ja et ta võimaldaks parandamist ja kustutamist.

Joonestuspaberid jaotatakse üldiselt kahte põhiliiki:

1) läbipaistmatu joonestuspaber,

2) läbipaistev joonestuspaber.

Läbipaistmatut joonestuspaberit kasutatakse tähtsamateks originaaljoonisteks. Sellise paberi halvaks omaduseks on, et temast ei ole võimalik läbivalgustamise teel valmistada koopiaid. Koopia valmistamine sellelt läbipaistvale joonestuspaberile on võimalik vaid käsitsi või fotomehaanilisel teel.

Läbipaistev joonestuspaber leiab laialdast kasutamist tehnilises joonestamises. Paberi heaks omaduseks on, et ta võimaldab isegi pliiatsijoonisest valmistada läbivalgustamise teel selgeid koopiaid.

Parimate läbipaistvate jooniste valmistamiseks kasutatakse vastavalt prepareeritud kalingurriiet.

Kopeerimispaber leiab kasutamist valguskoopiate valmistamisel. Paber on kaetud valgustundliku kihiga. Kihiküljele asetatakse läbipaistev originaaljoonis ja selle läbi valgustatakse kihikülge tugevajõulise valgusallikaga või päikesevalgusega. Pärast valgustamist ilmutatakse paber vastavate vedelikkude või aurudega.

Koopia evib väga suurt tähtsust. Kunagi ei anta töökotta originaaljoonist, sest see võib seal kergesti rikutud saada või halvemal

juhul koguni hävida. Uue joonise valmistamine aga on seoses suurte kuludega ja sageli osutub see võimatukski.

Paberi kinnitamiseks joonestuslauale kasutatakse rõhknaelu. Juhuks, kui läbipaistmatul joonestuspaberil tahetakse töötada vesivärvidega, tuleb paber joonestuslauale liimida. Selleks tehakse joonestuspaber märjaks, ta servad kaetakse liimiga või kliistriga ja ta liimitakse ning ühtlasi pinguldatakse joonestuslauale. Kuivades tõmbub paber siledaks ja jääb pingule. Liimimata paber peale värvimist vesivärvidega tõmbub lainjaks.

Joonestuspaberi suurus (formaat). Tehaseis, töökodades, tööstuskoolides jne. valmistatav töö tehakse vastavate tehniliste jooniste järgi. Tehastes on neid jooniseid tuhandeid.

Sellise suure jooniste kogu korrashoidmine vajab suurt tööd, aega ja hoolt. Selleks on tehastes jooniste hoiuruumid ja vastavad panipaigad nende alalhoidmiseks. Et korraldada hästi jooniste alalhoidmist, selleks peavad need olema valmistatud kindlaksmääratud suuruses. Joonestuslehtede suurused on antud normides ГОСТ 3450-46.

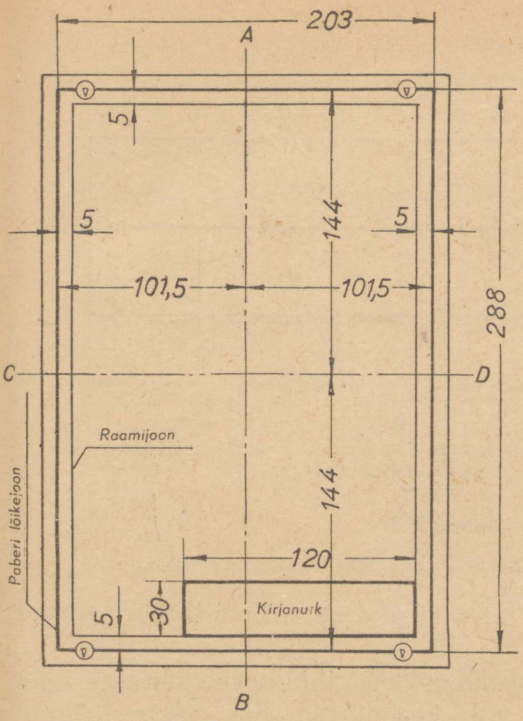
Sellepärast võib jooniseid valmistada ainult standarditud lehtede suuruses, mis on loeteldud alltoodud tabelis.

Tabel nr. 1.

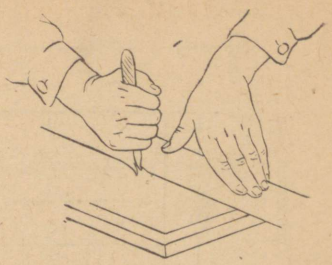
Joonestuspaberi suurus ГОСТ 3450 — 46 järgi.

Lehe formaadi nr.	a0	a1	a2	a3	a4	a5	a6
Lehe suurus millimeetrites pärast äärte mahalõikamist	814×1152	576×814	407×576	288×407	203×288	144×203	101×144
Lehe suurus . .	Terve leht	1/2 lehte	1/4 lehte	1/8 lehte	1/16 lehte	1/32 lehte	1/64 lehte

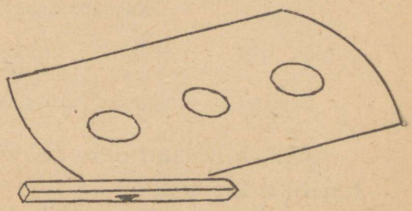
Kui näit. võtta leht nr. a3 mõõdetega 288 × 407 mm ja see täisnurkselt kokku pannes poolitada, siis saame kaks uut lehte nr. a4, mille kummagi suurus võrdub 203 × 288 mm. Iga joonis olgu piiratud raamjoonega, nagu on näidatud joonisel 46.



Joon. 46.



Joon. 47.

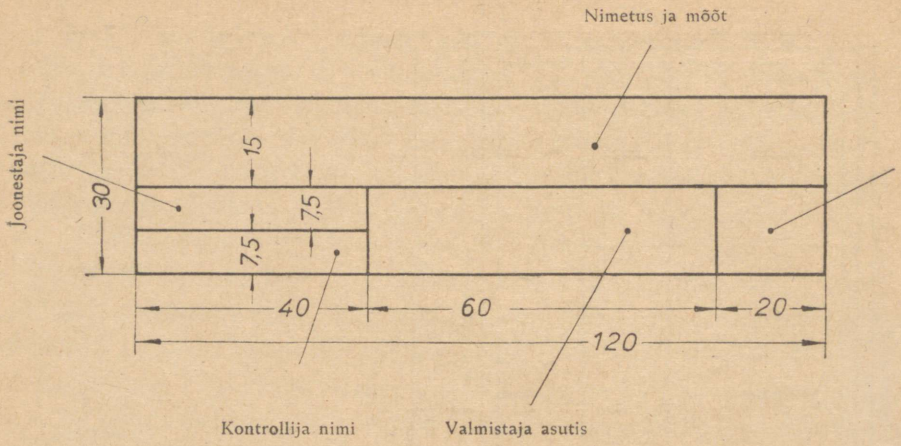


Joon. 48.

Paberit lõigata noaga puidust joonlaua serva järgi on täiesti lubamata (joon. 47). Paberi lõikamiseks on hea kasutada metalljoonlauda. Selle puudumisel on soovitav joonlaua serva kaitseks pista taskunoa või žiletitera otsa peata tuletikk (joon. 48).

3. Kirjanurk.

Igale joonisele tehakse tema alumisele parempoolsele nurgale nõndanimetatud kirjanurk ehk nurgatempel. Kirjanurgas olgu märgitud järgmised andmed: asutise nimetus, joonise nr. ja joonist valmistanud ning seda kinnitanud isikute nimed (joon. 49). Kõik need kirjanurga osad olgu selgelt ja puhtalt kirjutatud normkirjas (vt. „Normkiri", joon. 54—56).



Joon. 49.

Kõik allkirjad olgu selged, kuid kirjutatud mitte normkirjas, vaid hariliku kirjaga.

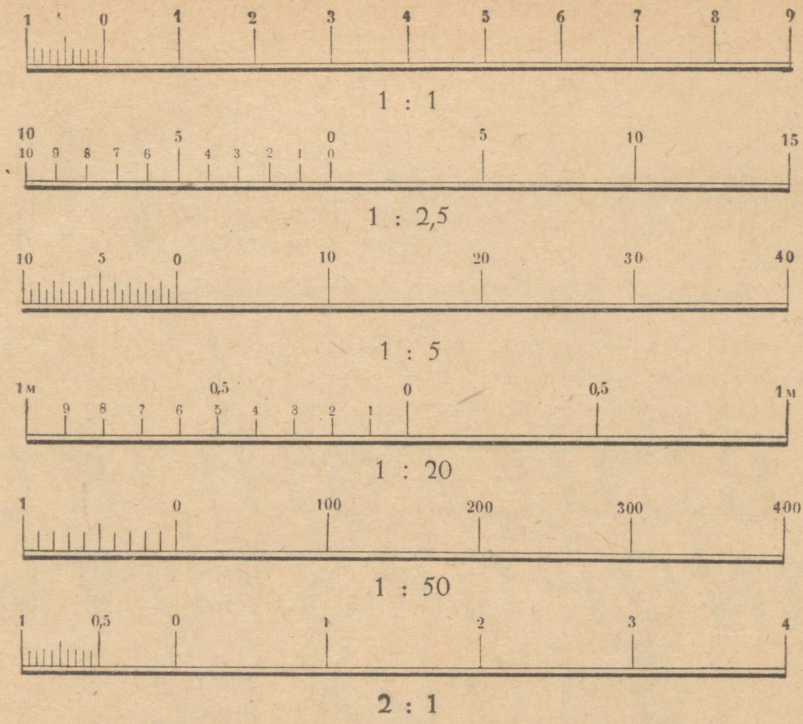
Vajab joonis veel seletusi, andmeid või muud, siis tehakse seda ikkagi normkirjaga ja kunagi mitte hariliku kirjaga, mis on lubatud ainult allkirjade andmiseks.

4. Mõõt ehk mastaap.

Kui joonis on niisama suur kui ese, siis öeldakse, et joonis on loomulikus suuruses ja tähistatakse see joonisel tähega „M" mõõdu ees, M 1 : 1. Kui joonis on väiksem kui ese, siis nimetatakse teda vähendiseks. Tarvitatakse järgmisi vähendusi: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:20; 1:25; 1:50 jne. (joon. 50).

Kui joonis on suurem kui ese, siis nimetatakse teda suurendiseks. Tarvitatakse järgmisi suurendusi: 2:1; 5:1; 10:1 jne.

Kuna eeltoodud mõõdud on tööstuses kehtivad (ГОСТ 3451-46), on soovitav, et õpilased, kes on omandanud joonestamise tehnika, püüaksid endale ise valmistada heal paberiribal õpikus toodud



Joon. 50.

mõõte, mida nad hästi võivad kasutada jooniseid valmistades. Selliselt valmistatud mõõdu võib kleepida kolmetahulisele puupulgale, mis kaitseb mõõtu hävimisest (joon. 51).

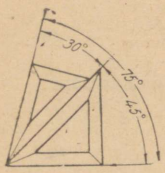


Joon. 51.

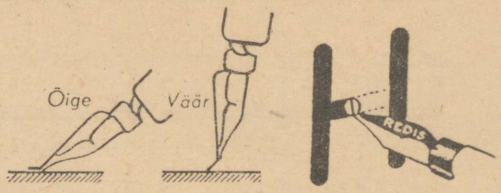
5. Normkiri.

Nii kui kõik tehnilised joonised valmistatakse ГОСТ-normides ettenähtud mõõdete ja korralduste kohaselt, nii varustatakse ka kõik joonised standarditud normkirjaga.

Normkirja tuleb kirjutada 75° nurga all. Joonis 52 näitab 75°-lise nurga saamist kahe kolmnurga abil (30° + 45° = 75°).



Joon. 52.



Joon. 53.

Joonisel 53 on kujutatud redissule õige ja väär hoid, ning normkirja kirjutamine redissule abil, joonisel 54 on normkirja suur-

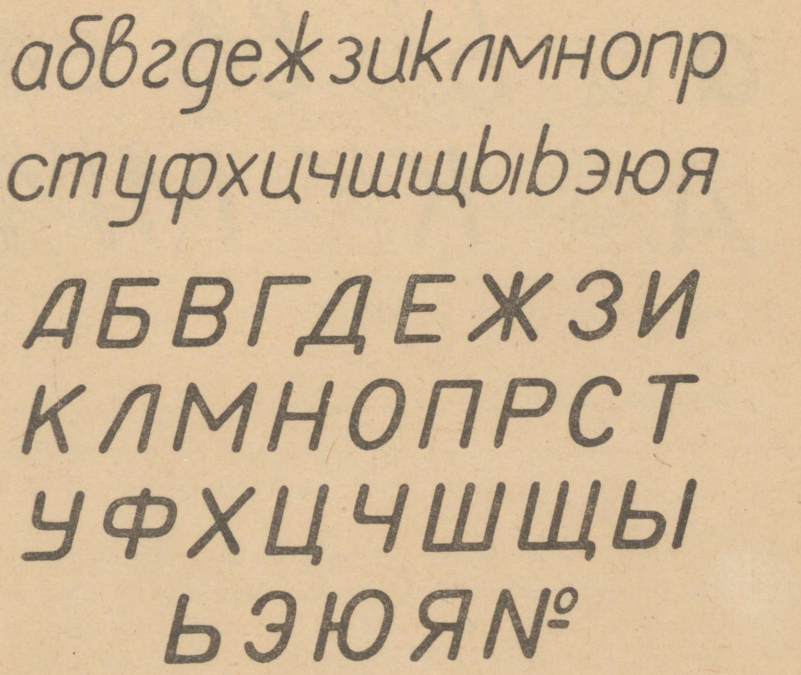
A B C D E F G H I J K L
M N O P Q R S T U V W
Õ Ä Ö Ü X Y Z

Joon. 54.

a b c d e f g h i j k l m n o p q
r s t u v w õ ä ö ü x y z
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 . , ! ?
I II III IV V IX X XXVI

Joon. 55.

tähestik, joon. 55 normkirja väiketähestik ja joonisel 56 vene keele tähestik.



Joon. 56.

Joonisel 57 on näidatud üksikute tähtede kirjutamise võtteid.

ГОСТ-kirja normid on järgmised: 1,5; 2,5; 3,5; 5; 7,5; 10; 15 ja 20, kusjuures arvud tähistavad suurtähtede kõrgust mm-tes.

Sageli kirjutatakse väiketähed peenemalt, et saavutada tähtede täpsust ja ilu.

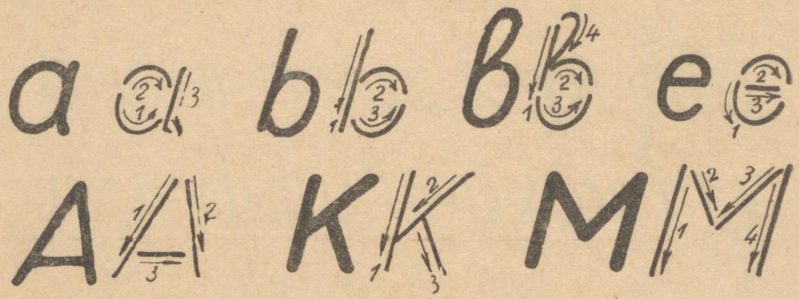
Ridade vahe on 0,4 suurtähtede kõrgusest.

Sõnade vahe on ühe tähe laiune.

Väiketähtede kõrgus on $\frac{2}{3}$ suurtähtede kõrgusest.

Normaaltähe laius on $^2/_3$ tähe kõrgusest, välja arvatud tähed M ja W, millede laius vastab kõrgusele.

Tähtede jämedus on $^1/_8$ suurtähtede kõrgusest.



Joon. 57.

II peatükk.

GEOMEETRILINE JOONESTAMINE.

Käesolevas peatükis käsitame mitmesuguseid joonestamisvõtteid, alates lihtsate harjutustega joonte tõmbamises ning lõpetades keerukamate joonestuslikkude konstruktsioonidega. Nende harjutuste ja võtete läbitöötamisel omandame just need põhilised oskused ja kogemused, mis on aluseks kogu järgnevale joonestuskursusele.

1. Tegelikud joonestamisvõtted ja geomeetrilised ülesanded.

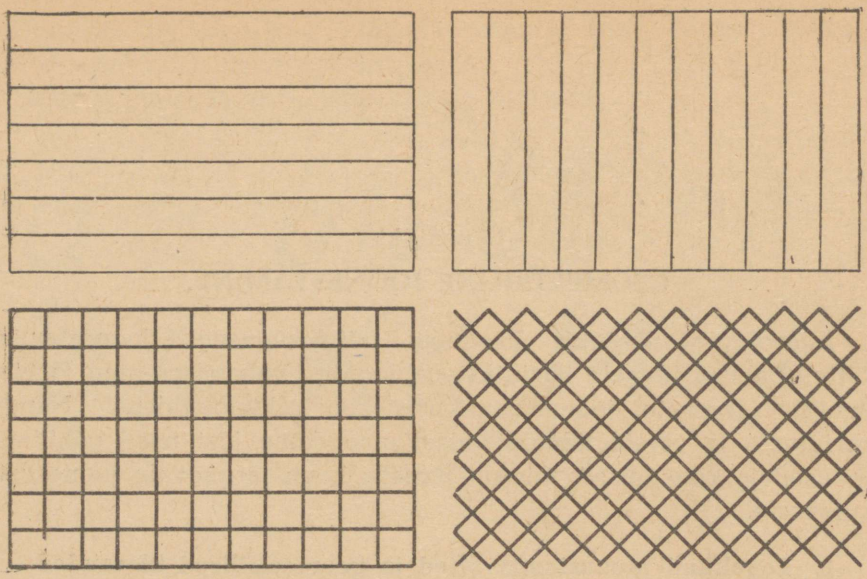
a. Sirg- ja ringjoonte joonestamine. Sirgjoonte joonestamine kolmnurga ning rööpjoonlaua abil.

Võtame paberilehe, kinnitame ta rõhknaeltega joonestuslauale ja joonestame 4 ristkülikut. Jagame mõõtesirkli (joon. 7) abil ristküliku küljed näit. 7-ks või 11-ks ühesuuruseks osaks ja tõmbame rööpjoonlaua abil rööpsed sirgjooned (joon. $48_{1/2}$). Rööpjoonlauda liigutatagu ainult vasaku käega, surudes teda tugevasti vastu vasakut joonestuslaua äärt.

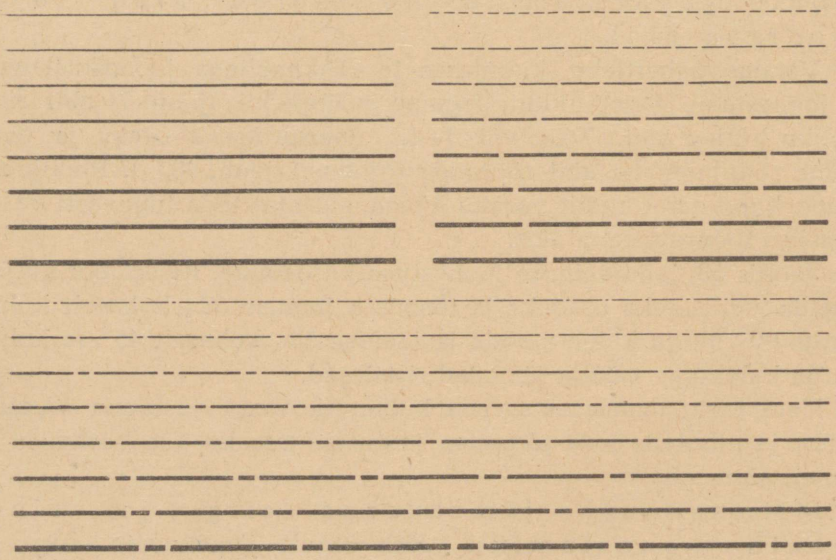
Joonis $58_{3/4}$ on eelmise joonestuse kordamine. Ristküliku küljed jagada võrdseteks osadeks ja tõmmata joonise 58_3 kohaselt kolmnurga 90° nurga külge mööda ja joonise 58_4 kohaselt 45°-se kolmnurga kaldkülge mööda jämedad ristsirged.

Neid jooni tõmmates suruda kolmnurk vastu joonlaua ülemist serva ja nihutada teda järgmise jaotuseni vasaku käe keskmise ja nimetissõrmega.

Mitmesuguse jämedusega sirg- ja ringjoonte joonestamine. Järk-järgult jämenevate sirg- ja ringjoonte tõmbamine nii pidevate kui ka kriipsjoontena on õpila-



Joon. 58.



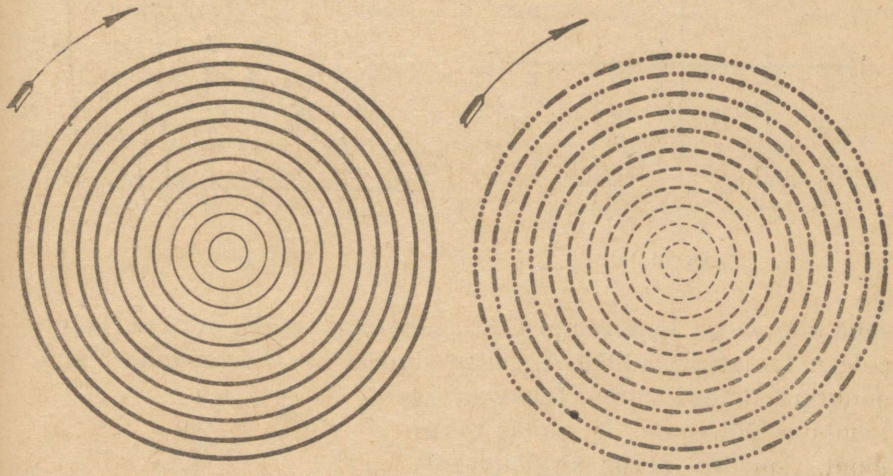
Joon. 59.

sele kasulikuks harjutuseks, mis temalt nõuab täpsust ja osavat silmamõõtu joonte paksuse valikul.

Joonis 59 annab eeskuju mitmesuguse paksusega pidevate ja katkestatud sirgjoonte joonestamiseks.

Kriipsjoonte tõmbamisel tuleb pliiats või joonsulg paberilt iga kriipsu tõmbamise järel veidi üles tõsta. Kriipsude vahed ei tohi olla alla 1 mm. Kriipsude pikkus 3—15 mm.

Ringjooned veetagu ühe hooga ja päripäikest, nagu seda näitab joonisel 60 olev nool. Ringjoone liitumise kohad olgu nähtamatud ja jõnkudeta.



Joon. 60.

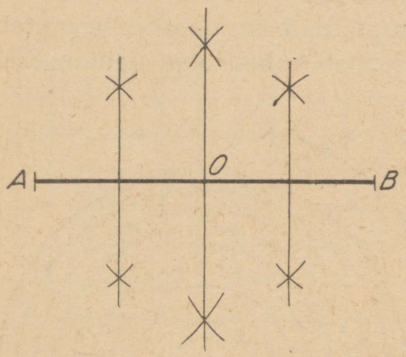
Viimased harjutused on ka joonsule (joon. 8) huulte lähendamise ja eemaldamise harjutuseks, et õpilane harjuks silma järgi joone jämedust muutma. Ringjoonte joonestamine nõuab osavust ja käe kindlat liikumist, mida omandatakse ainult püsiva harjutamisega.

b. Lihtsamad geomeetrilised ülesanded.

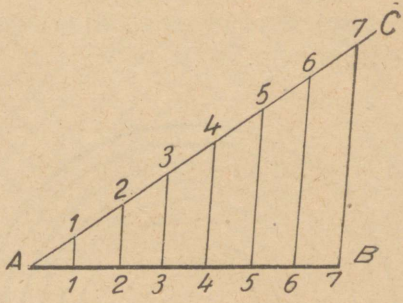
Jagada sirglõik AB 2-ks, 4-ks, 8-ks jne. võrdseks osaks. Tõmbame antud sirglõigu punktist A (joon. 61) vaba raadiusega, mis on pikem kui pool antud sirglõigust, kaared ülal- ja allpool sirglõiku AB. Sama raadiusega tõmbame punktist B

kaared, lõigates nendega eelmisi kaari. Ühendades kaarte lõikepunktid sirgjoonega, näeme, et sirgjoon poolitab antud sirglõigu punktis O. Korrates seda võtet punktide AO ja OB vahel, jagame sirglõigu neljaks võrdseks osaks, siis kaheksaks jne.

Jagada antud sirglõik AB seitsmeks võrdseks osaks (joon 62). Tõmbame punktist A sirgjoone AC, moodustades



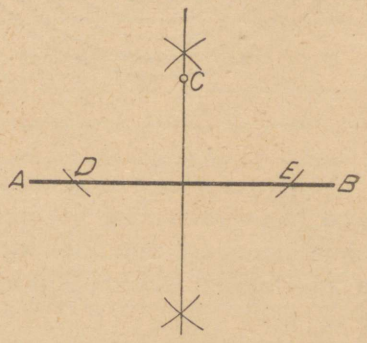
Joon. 61.



Joon. 62.

vaba suurusega teravnurga CAB. Asetame mõõtesirkliga kaldjoonele AC, alates punktist A, seitse võrdset osa. Ühendanud punkti 7 punktiga B tõmbame kolmnurga ja joonlaua abil (joon. 38) seitse rööpjoont, jagades seega sirglõigu AB seitsmeks võrdseks osaks.

Joonestada sirgjoonele AB punkti C läbiv ristsirge (perpendikulaar) (joon. 63). Asetades joonestussirkli ühe haru punktisse C, joonestame teise haruga kaare, mis lõikab sirgjoont AB punktides D ja E. Võtame sirkli harude vaheks (raadiuseks) pikkuse, mis on pikem kui pool sirglõigust DE, ja tõmbame kaared, nagu see on näidatud joonisel 63. Ühendades kaarte lõikepunktid, saame punkti C läbiva ristsirge.



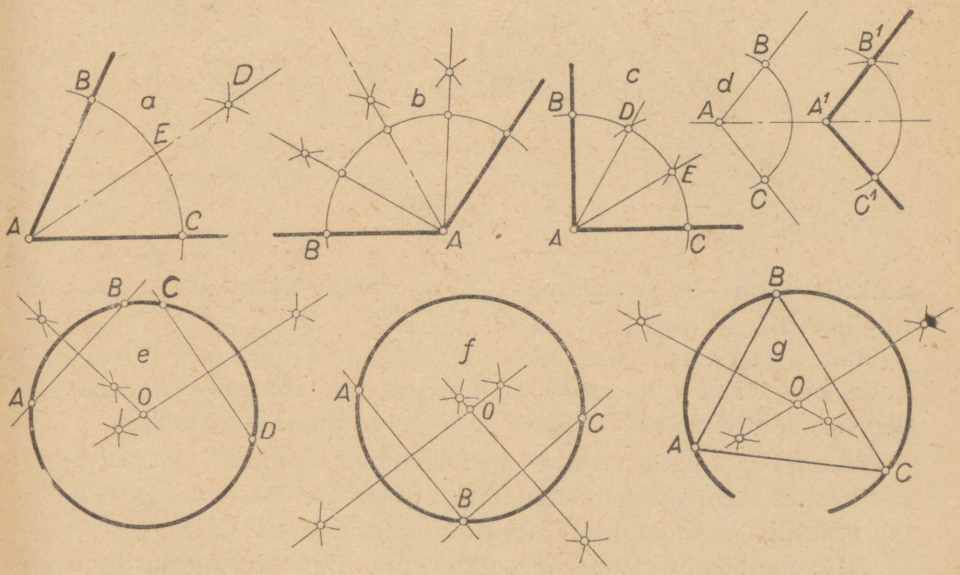
Joon. 63.

Poolitada antud teravnurk (joon. 64 a). Tõmbame antud nurga tipust A vaba raadiusega kaare, mis lõikab nurga haaru punktides B ja C. Poolitades kaart, ühendame punktid D ja A sirgjoone abil, mis jagab antud nurga kaheks võrdseks osaks.

Samal viisil on võimalik nurka jagada 4-ks, 8-ks jne. võrdseks osaks. Joonisel 64 b on näidatud nürinurga jagamine neljaks võrdseks osaks.

Jagada täisnurk kolmeks võrdseks osaks (joon. 64 c). Nurga tipust A tõmbame kaare BC. Punktidest B ja C tõmbame kaarele sama raadiusega kaarekesed. Saadud punkte D ja E nurga tipuga A ühendades jagame täisnurga 3-ks võrdseks osaks.

Joonestada antud nurgaga võrdne nurk (joon. 64 d). Kujutame vabas suuruses nurga BAC (antud nurk) ja ühise raadiusega kaks kaart, esimese punktist A, lõigates kaarega mõlemat antud nurga haara AB ja AC, teise punktist A^1, lõigates kaarega ühte joonestatava nurga haara — sirgjoont A^1C^1. Võtame sirk-

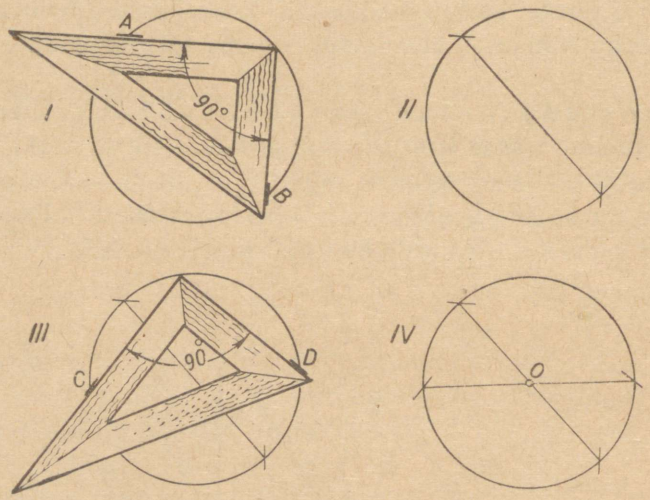


Joon. 64.

liga pikkuse BC ja asetame selle kaarele C^1B^1. Ühendades punkti A^1 punkti B^1-ga saame nurga $B^1A^1C^1$, mis on võrdne antud nurgaga.

Leida ringi keskpunkt (joon. 64 e). Antud ringjoonele tõmbame kaks vabalt valitud kõõlu AB ja CD ja joonestame nende keskpunktidest ristjooned. Leitud keskristsirgete lõikepunkt O on otsitav keskpunkt kaarele ja ringjoonele ABCD.

Joonestada ringjoon läbi kolme punkti (joon. 64 f). Ühendame punktid A, B ja C kahe sirgega ja leiame nende



Joon. 65.

keskristsirged. Nende lõikepunkt O on otsitav keskpunkt kaarele ja ringile ABC.

Joonestada kaar antud kolmnurga ABC ümber (joon. 64 g). Kui kolmnurga külgede keskelt joonestada keskristsirged, saame nende lõikepunktis O otsitava kaare keskpunkti.

Ringi keskpunkti leidmine. Eelmine joonis 64 e ja f käsitas ringi keskpunkti leidmist graafilisel teel. Joonis 65 käsitab praktilisemat moodust ringi keskpunkti leidmiseks.

Asetame täisnurkse kolmnurga ringile nii, et täisnurga tipp asub ringjoonel (joon. 65 I), ja tõmbame kolmnurga kaatetite ja ring-

joone lõikepunktidest A ja B läbi sirglõigu, mis on ühtlasi ringi läbimõõt (joon. 65 II).

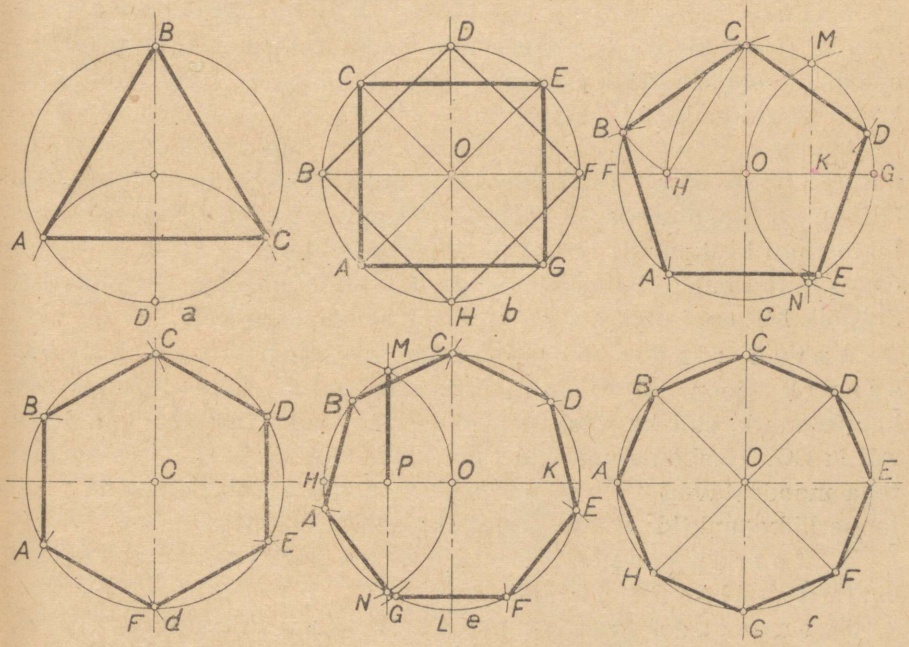
Teistkordselt seda võtet korrates (joon. 65 III) saame teise läbimõõdu CD, mis lõikab esimest punktis O. Punkt O on antud ringi otsitav keskpunkt (joon. 65 IV).

Seda võtet saab kasutada ainult sel puhul, kui kolmnurga tipp ei ole kulunud.

c. Korrapäraste hulknurkade joonestamine antud ringisse.

Antud ringi joonestada võrdkülgne kolmnurk (joon. 66 a). Võrdkülgse kolmnurga joonestamiseks ringisse tõmbame esiti püstläbimõõdu. Siis joonestame läbimõõdu otspunktist D antud ringi raadiusega kaare, mis lõikab ringjoont punktides A ja C. Ühendades punktid A, B ja C sirgjoontega, saame võrdkülgse kolmnurga.

Antud ringi joonestada ruut (joon. 66 b). Tõm-



Joon. 66.

bame antud ringi kaks ristuvat läbimõõtu BF ja DH. Ühendades nende lõikepunktid ringjoonega sirglõikude (kõõlude) abil, saame otsitava ruudu BDFH. Et leida ruut ACEG, selleks tõmbame läbi ringi keskpunkti 45° all eelmistele veel kaks ristuvat läbimõõtu. Ühendades nende lõikepunktid ringjoonega sirglõikude abil, saame ruudu ACEG.

Antud ringi joonestada korrapärane viisnurk (joon. 66 c). Tõmbame antud ringi kaks ristuvat läbimõõtu FG ja CO. Asetades sirkli teraviku punkti G, tõmbame läbi ringi keskpunkti O kaare, mis lõikab antud ringjoont punktides M ja N. Ühendame leitud punktid sirglõiguga, mis poolitab raadiuse OG punktis K. Ümber punkti K tõmbame raadiusega KC kaare CH. Tõmmates ümber punkti C raadiusega CH kaare, mis lõikab antud ringjoont punktis B ja ühendades punktid B ja C sirglõiguga, olemegi leidnud korrapärase viisnurga külje pikkuse, mis asetub antud ringi viis korda.

Antud ringi joonestada korrapärane kuusnurk (joon. 66 d). Tõmbame läbi ringi keskpunkti O püstläbimõõdu. Asetades sirkli otsa punktisse C, kanname ringi raadiuse 6 korda ringjoonele.

Antud ringi joonestada korrapärane seitsenurk (joon. 66 e). Tõmbame antud ringi kaks ristuvat läbimõõtu HK ja CL. Raadiusega HO tõmbame ümber punkti H kaare, mis läbib ringi keskpunkti ja lõikab ringjoont punktides M ja N. Ühendades leitud punktid sirglõiguga, saame rõhtläbimõõdul HK punkti P. Sirglõik MP ongi otsitava korrapärase seitsenurga külg.

Antud ringi joonestada korrapärane kaheksanurk (joon. 66 f). Et joonestada antud ringi korrapärane kaheksanurk, selleks tõmbame antud ringi kaks ristuvat läbimõõtu AE ja CG. Tõmbame veel kaks uut läbimõõtu BF ja HD, mis eelmistega moodustavad 45°-sed nurgad. Ühendades läbimõõtude ja ringjoone lõikepunktid, saame korrapärase kaheksanurga.

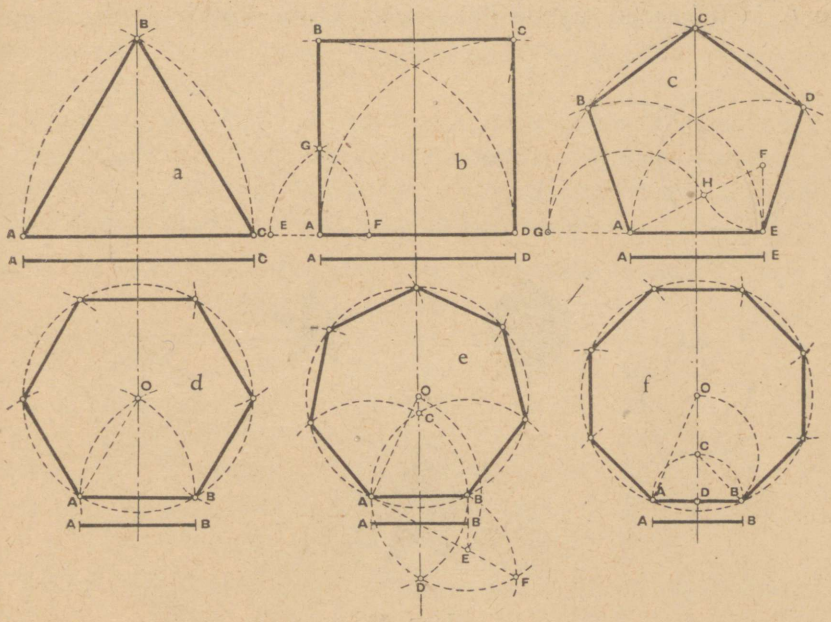
d. Korrapäraste hulknurkade joonestamine antud külgede järgi.

Joonestada võrdkülgne kolmnurk (joon. 67 a). Antud on kolmnurga külg AC. Ümber punktide A ja C joonestame

raadiusega AC kaks kaart, mis lõikuvad punktis B. Ühendades punktid A, B ja C sirglõikudega, saame võrdkülgse kolmnurga.

Joonestada ruut. Külje AD algpunktile A joonestame ristsirge (joon. 67 b) ja kanname sellele sirglõigu AB = AD. Ümber punktide D ja B joonestame kaared raadiusega AD. Ühendades punktid A, B, C ja D sirglõikudega, saame otsitava ruudu.

Et punktist A tõmmata üles ristsirge, selleks tuleb punktist A vasakule ja paremale mahutada võrdsed osad AE ja AF. Ümber



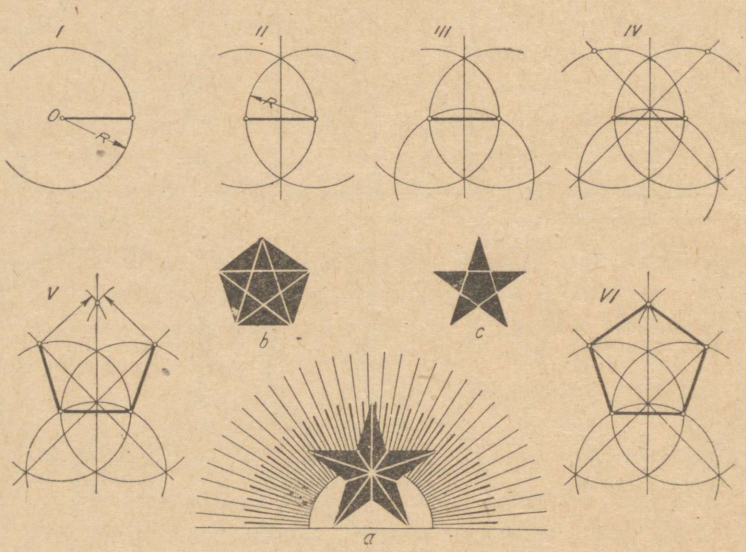
Joon. 67.

punktide E ja F tõmbame raadiusega EF kaared, millede lõikepunkt on G. Ühendades A ja G, saame ristjoone (joon. 67 b ja 63).

Joonestada korrapärane viisnurk (joon. 67 c). Antud külje AE lõpp-punktist E joonestame ristsirge EF, mis võrdub ½ AE-ga. Saame punkti F, mille ühendame sirglõigu abil punktiga A. Ümber punkti F tõmbame raadiusega EF kaare kuni sirglõiguni AF, leides seega punkti H. Asetades sirkli otsa punktisse A, jätkame punktist H kaare tõmbamist vasakule kuni punktini G, mis asetseb

viisnurga aluse pikendusel. Ümber punkti E tõmbame raadiusega EG kaare GC ja sama raadiusega ümber punkti A paremale poole teise kaare CD. Ümber punkti A tõmbame raadiusega AE kaare kuni lõikumiseni kaarega GC punktis B. Samuti tõmbame raadiusega AE ümber punkti E kaare, saame punkti D. Ühendades saadud punktid A, B, C, D ja E omavahel, saame korrapärase viisnurga.

Joonestada korrapärane kuusnurk (joon. 67 d). Joonestame kuusnurga külje AB pikkuse raadiusega ümber punktide A ja B kaared; nende lõikepunkt O on keskpunktiks ringile,



Joon. 68.

mille sisse AB asetub 6 korda. Edaspidine konstrueerimise käik on näha jooniselt.

Joonestada korrapärane seitsenurk (joon. 67 e). Võttes külje pikkuse AB raadiuseks, tõmbame ümber punktide A ja B kaared, mis lõikuvad punktides C ja D. Ühendades punktid C ja D sirglõiguga, pikendame seda ülespoole. Ümber punkti D tõmbame raadiusega AB kolmanda kaare, mis lõikub kaare CAD pikendusega punktis F. Ühendame sirglõiguga punktid A ja F ja tõmbame punktist B ristsirge AB-le, mis lõikab sirglõiku AF punktis E. Võttes

punkti A keskpunktiks, tõmbame raadiusega AE kaare, mis lõikab sirglõiku CD punktis O. Raadiusega AO ümber punkti O tõmmatud ringjoon osutub otsitava seitsenurga ümber joonestatud ringjooneks.

Joonestada korrapärane kaheksanurk (joon. 67 f). Joonestame antud küljele AB keskristsirge CD. Ümber punkti D joonestame raadiusega AD poolringjoone, mis lõikab keskristsirget punktis C. Ümber punkti C tõmbame raadiusega CB kaare kuni keskristsirgega lõikumiseni punktis O. Võttes punkti O keskpunktiks, joonestame ringjoone raadiusega OA. Saadud ringi asetub antud külg 8 korda.

Joonis 68 kujutab veel ühte viisnurga järjestikust (geneetilist) joonestamisvõtet. Viisnurga kujutamiseks vajalised punktid leitakse selleks võetud ühepikkuste raadiuste abil, nagu see nähtub ülaltoodud joonisel. Toodud võte on ligikaudne.

Korrapärast hulknurka võib veel joonestada valemi

$$\text{sisenurkade summa} = 2\,nd - 4\,d$$

põhjal järgmiselt (n — nurkade arv; $d = 90°$):

3-nurgas: $3 \times 2d - 4d = 2d = 180°$;
4-nurgas: $4 \times 2d - 4d = 4d = 360°$;
5-nurgas: $5 \times 2d - 4d = 6d = 540°$;
6-nurgas: $6 \times 2d - 4d = 8d = 720°$;
7-nurgas: $7 \times 2d - 4d = 10d = 900°$;
8-nurgas: $8 \times 2d - 4d = 12d = 1080°$.

Sellest järeldame, et iga sisenurk korrapärasel kolmnurgal on $\frac{180°}{3} = 60°$, ruudul $\frac{360°}{4} = 90°$, viisnurgal $\frac{540°}{5} = 108°$ jne.

e. Korrapäraste hulknurkade joonestamine kõõlude tabeli järgi.

Nagu selgub ülaltoodud võtetest, on korrapärase hulknurga joonestamiseks ringisse vajalik jagada antud ringjoon nii mitmeks võrdseks osaks, mitu külge on hulknurgal. Neid ringjoone jaotuspunkte järjestikku ühendades saamegi soovitud korrapärase hulknurga, kuna kahte naaberpunkti ühendav sirglõik (kõõl) ongi otsitav hulknurga külg.

Tabel nr. 2.

Kõõlude tabel.

Hulknurga külgede arv	Hulknurga külje pikkus, kui ümberjoonestatud ringi läbimõõt on 1	Hulknurga külgede arv	Hulknurga külje pikkus, kui ümberjoonestatud ringi läbimõõt on 1
3	0,866	25	0,125
4	0,707	26	0,121
5	0,588	27	0,116
6	0,500	28	0,112
7	0,434	29	0,108
8	0,383	30	0,105
9	0,342	31	0,101
10	0,309	32	0,098
11	0,282	33	0,095
12	0,259	34	0,092
13	0,239	35	0,090
14	0,223	36	0,087
15	0,208	37	0,085
16	0,195	38	0,083
17	0,184	39	0,080
18	0,174	40	0,078
19	0,165	50	0,063
20	0,156	60	0,052
21	0,149	70	0,045
22	0,142	80	0,039
23	0,136	90	0,035
24	0,131	100	0,031

Ringjoone jagamine soovitavaks arvuks võrdseteks osadeks võib toimuda kiirelt ja lihtsalt ülaltoodud tabeli kaasabil. Tabelis on antud hulknurkade külgede pikkused, kui ringi läbimõõt, millesse hulknurka joonestame (ümberjoonestatud ringi läbimõõt), on võrdne ühega (pikkusühikuga). Kui ringi läbimõõt on ühest erinev, tuleb tabelist leitav hulknurga külje (kõõlu) pikkus korrutada ringi läbimõõduga, kusjuures korrutis ongi meile antud juhul vajalik hulknurga külje pikkus.

Kui meil näiteks on vaja jagada ringjoon, mille läbimõõt on 125 mm, 13-ks võrdseks osaks (või joonestada antud ringjoone sisse võrdkülgne 13-nurk), siis tuleb kõõlu pikkuseks võtta

$$125 \times 0{,}239 \approx 29{,}9 \text{ mm.}$$

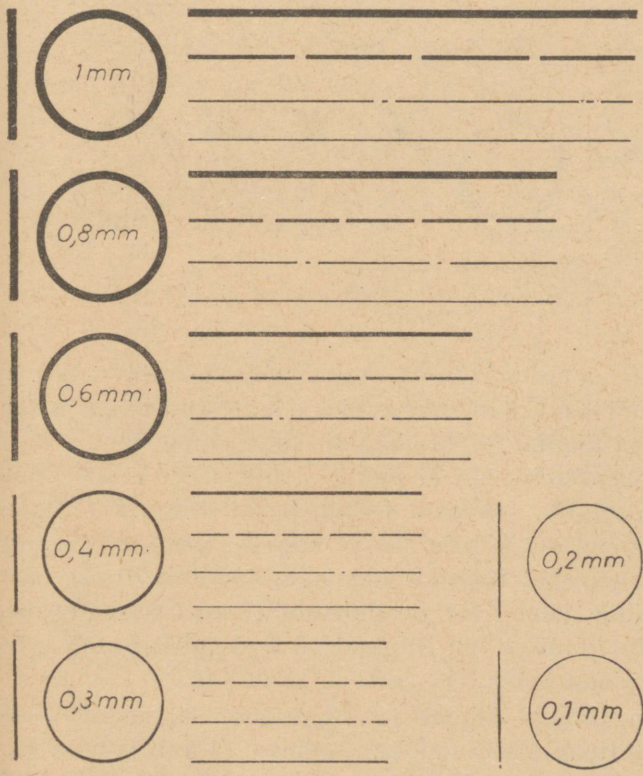
Võttes nüüd sirkli harude vaheks 29,9 mm, teostame ringjoone jagamise 13-ks osaks.

f. Joonte liitmine.

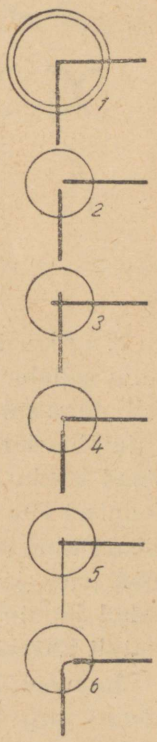
Algajaile valmistab sageli palju muret mitmesuguste joonlõikude järjestikku ühendamine. Ka siin teeb heaks meistriks ainult harjutamine koos kõikide esitatud nõuete täpse ja järjekindla täitmisega.

Joonte paksus olgu kooskõlastatud ГОСТ 3456-46 toodud standarditud normidega. Joonte paksus kõigub harilikult piirides 0,4 kuni 1,2 mm ja see valitakse sõltuvalt nii joonise suurusest kui ka mõõdetest.

Kriips- ja kriipspunktjoontel olgu nii kriipsud kui ka punktid sama joone liigi juures omavahel ühesuurused. Kriipspunktjooned algavad ja lõpevad kriipsuga.



Joon. 69.

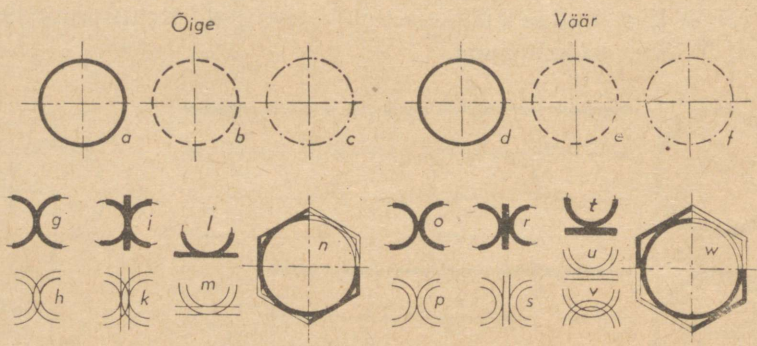


Joon. 70.

Mitmesuguste joonte sobiv pikkus ja paksus on näidatud joonisel 69.

Joonestamise tehnika ja metoodika nõuab kindlaid teadmisi ja oskust, ilma milleta on tehnilise joonise valmistamine täiesti võimatu.

Murd- ja kõverjoonte joonestamisel pandagu tähele, et jooned joonestataks välja täpselt, selgelt ja peaasjalikult puhtalt, — see tagab reljeefse ja korraliku joonise saamise.



Näide tušiga joonestamisel

Joon. 71.

N u r k a d e j o o n e s t a m i s e l tuleb pöörata hoolsat tähelepanu sellele, et nurkade kujundamine oleks teostatud hästi ja täpselt. Joonisel 70 $_1$ on toodud joonte õige liitmine, kuna joonis 70 $_{2\text{-}6}$ kujutab vääri liitmisvõtteid. Nii ei puutu joonisel 70 $_2$ sirgjoonte otsad kokku, joonisel 70 $_3$ seevastu joonte otsad liituvad ristudes. Joonisel 70 $_4$ püstjoone ots ei liitu rõhtjoonega — püstjoon on liiga lühike ning rõhtjoonega liitub ainult peenjoon. Joonisel 70 $_5$ on püstjoon peen ja rõhtjoon jäme, mis on lubamatu, ka ristuvad omavahel joonte otsad. Joonisel 70 $_6$ liituvad rõht- ja püstjooned lubamatult kõvera peenjoone abil.

Joonisel 71 on toodud õigeid ja vääri joonestamise võtteid kõver-, sirg- ja murdjoonte kujutamisel. Joonisel 71 a, b ja c on toodud ringjoonte kujutamine: a — pidev täisjooneline ringjoon, mis kujutab kehade nähtavaid servi; joone paksus tuleb valida vasta-

valt joonise suurusele, sobivaks täisjoone paksuseks tuleb lugeda keskmiselt 1 mm; b — kriipsjoon, mis kujutab keha nähtamatuid servi (0,5 mm jämeduses); c — kriips-punktjoon, telgede ja teoreetiliste joonte märkimiseks. Kõigis kolmes ringjoones on keskpunktist läbi tõmmatud telgjooned (õige võte). Joonisel 71 d, e ja f on telgjooned tõmmatud vääralt: d — keskpunkt on määratud ebamääraselt, e — keskpunkt ei ole määratud, f — samuti ebatäpne keskpunkti märkimine. Ringjooned on joonestatud õigesti. Joonisel 71 g —n on toodud õigeid kõver- ja sirgjoonte liitmisi. Joonis 71 o — w kujutab ülalnimetatud joonte väära liitmist.

K õ v e r j o o n i tuleb liita nii, et nad ei tekitaks murranguid, nurki, peenendusi ega sõlmi, vaid liituksid ühtlasteks kõverjoonteks.

Et kõverjoonte (kaarte) liitmine sirgjoontega on näha joonistel 72 a — f, siis ei vaja nad erilist seletust.

a — veerandringjoone ja sirgjoone liitmine,

b — poolringjoone ja sirgjoonte liitmine,

c — kahe poolringjoone ja sirgjoonte liitmine,

d, e, f — ringjooneosade ja sirgjoonte liitmine sirg-kõverjooneks.

Koonduvate sirgjoonte liitmist mitmesuguste ringjoonte osadega vaatleme lähemalt veel kahel eri viisil.

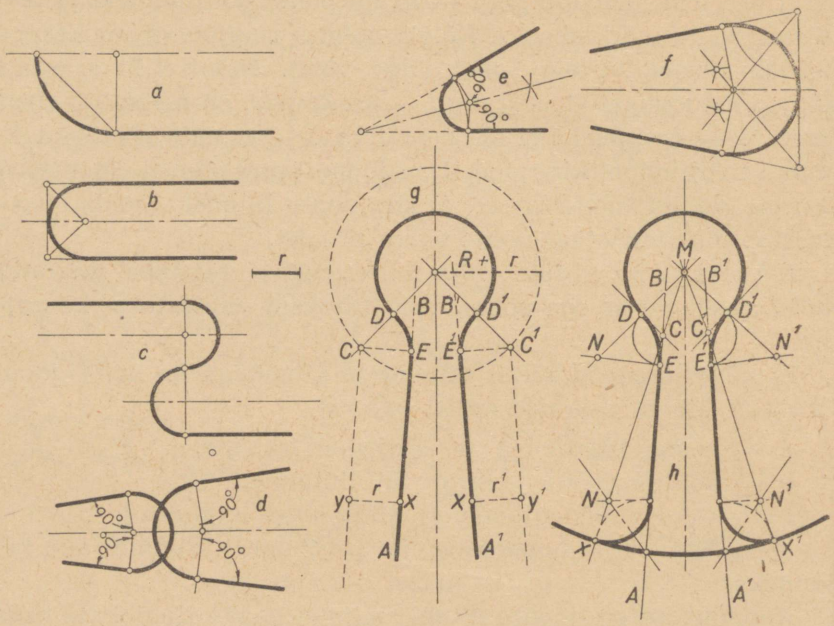
1. v i i s (joon. 72 g):

Et leida liitjoone keskpunkti C, selleks tõmbame joonele AB soovitud kõveruse raadiuse kaugusel rööpjoone CY ja ringjoonele DD^1 kõveruse raadiuse kaugusel rööpringjoone CC^1. Joonte lõikepunkt C on kõverjoone DE keskpunkt.

2. v i i s (joon. 72 h):

Kui on antud ringjoone osa DD^1, siis valime temale kõverjoone ülemineku punktis D^1, tõmbame joone MD^1 ja joonestame risti sellele joone D^1C^1, mis lõikab A^1B^1 punktis C^1. Siis asetame A^1B^1-le C^1E^1, mille suurus on C^1D^1, ja joonestame punktist E^1 joonele A^1B^1 ristjoone, mis lõikab MD^1 pikendust punktis N^1 ja annab otsitava liitekaare D^1E^1 keskpunkti. Kui keskpunktist N^1 tõmbame raadiusega $D^1N^1 = E^1N^1$ kaare, siis liitub ta antud ringjoonega punktis D^1 ja sirgjoonega A^1B^1 punktis E^1.

Joonise alumine osa kujutab sirgjoone üleminekut kõverjoone abil, mille joonestamise viis on ühine eelmisega.



Joon. 72.

2. Sõõrikute joonestamine.

a. Pikersõõrikute (ovaalide) joonestamine.

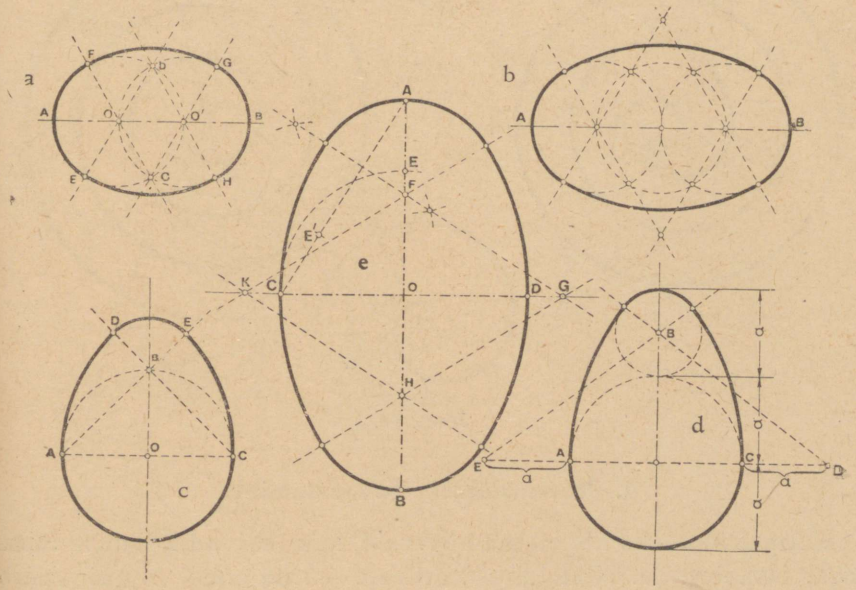
Jagades antud telje AB (joon. 73 a) 3-ks võrdseks osaks, saame punktid O ja O', millede ümber joonestame ringid raadiusega ⅓ AB. Ühendades sirglõikudega ringjoonte lõikepunktid C ja D punktidega O ja O' ja pikendades neid sirglõike kuni lõikumiseni ringjoontega, saame pikersõõriku liitepunktid E, F, G ja H. Ühendades punktid F ja G ringi kaarega FG, mille keskpunktiks on punkt C, ja punktid E ja H ringi kaarega, mille keskpunktiks on punkt D, saamegi otsitava pikersõõriku.

Joonisel 73 b toodud pikersõõriku joonestamise viis on sarnane eelmisega, kuid selle vahega, et antud telg AB on jagatud 4-ks võrdseks osaks. Pikersõõriku joonestamiseks on hea kasutada

veel joonisel 73 e toodud võtet. Ümber pikersõõriku telgede lõikepunkti O tõmbame raadiusega OC kaare, mis lõikab pikka telge AB punktis E. Ühendame sirglõigu abil punkti C punktiga A, saadud sirgele AC kanname üle punktist C pika telje lõigu pikkuse AE. Ülejäänud lõigu E'A poolitame ristjoonega, mis lõikab pikka telge punktis F ja lühikese telje pikendust punktis G. Punktid F ja G on pikersõõriku ühe poole kaarte keskpunktideks. Pikersõõriku parempoolsete kaarte keskpunktid H ja K leitakse punktide ülekandmise teel. See on parim võte pikersõõriku kujutamisel, mida võib hästi kasutada igasuguse pikersõõriku joonestamisel.

b. Munasõõrikute joonestamine.

Tõmbame läbi antud sirglõigu AC keskpunkti O telgjoone BO (joon. 73 c). Ümber keskpunkti O joonestame raadiusega AO ringjoone, mis lõikab püsttelge punktis B. Tõmbame kõõlud AB ja CB ja pikendame neid väljapoole ringi. Ümber punktide A ja C joonestame raadiusega AC kaared kuni nende lõikumiseni sirgjoontega AB ja BC punktides D ja E. Ümber punkti B joonestame raadiusega BD



Joon 73

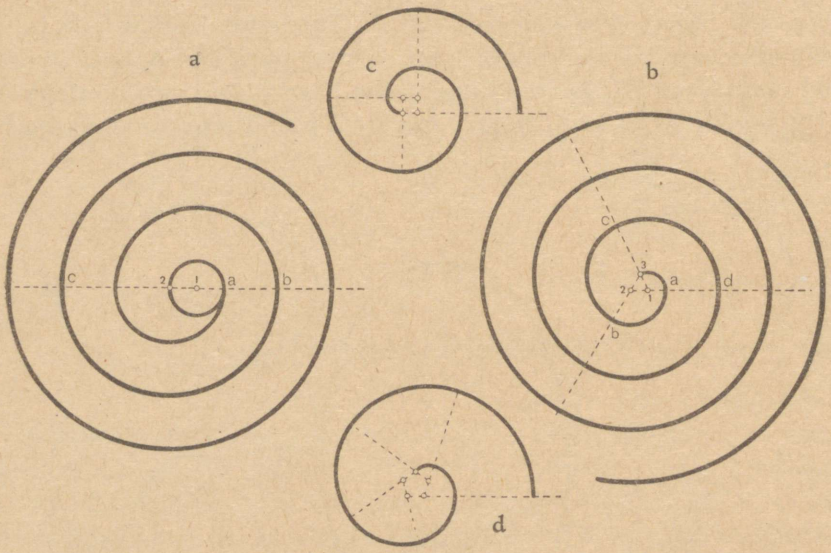
kaare, mis ühendab punktid D ja E. Nii saamegi otsitava munasõõriku.

Joonisel 73 d on näidatud pikergusem munasõõrik, mille kaarte keskpunktid D ja E asetsevad sirglõigu AC pikendustel.

3. Spiraalide (keeritsate) joonestamine.

Märgime sirgjoonel kaks punkti 1 ja 2, mis on spiraali keskpunktid (joon. 74 a).

Nendest spiraali keskpunktidest järgemööda poolkaari tõmmates ja neid eelmise kaarega tema lõpp-punktis liites, saame spiraali. Spiraale võib joonestada ka 3-st, 4-st, 5-st jne. keskpunktist, mis on näidatud joon. 74 b—d.



Joon. 74.

4. Koonuslõigete joonestamine.

Koonuslõigeteks nimetame kõveraid, mis tekivad koonuse lõikumisel tasapinnaga. Nimetatud kõverate — ringjoone, ellipsi, parabooli ja hüperbooli tekkimine on näidatud joonisel 75.

Kui koonuse lõikepind on rööpne tema põhjale (joon. 75 A), siis lõikejoon moodustab r i n g j o o n e.

Kui lõikepind on kaldne koonuse põhjale (joon. 75 B), siis saame e l l i p s i.

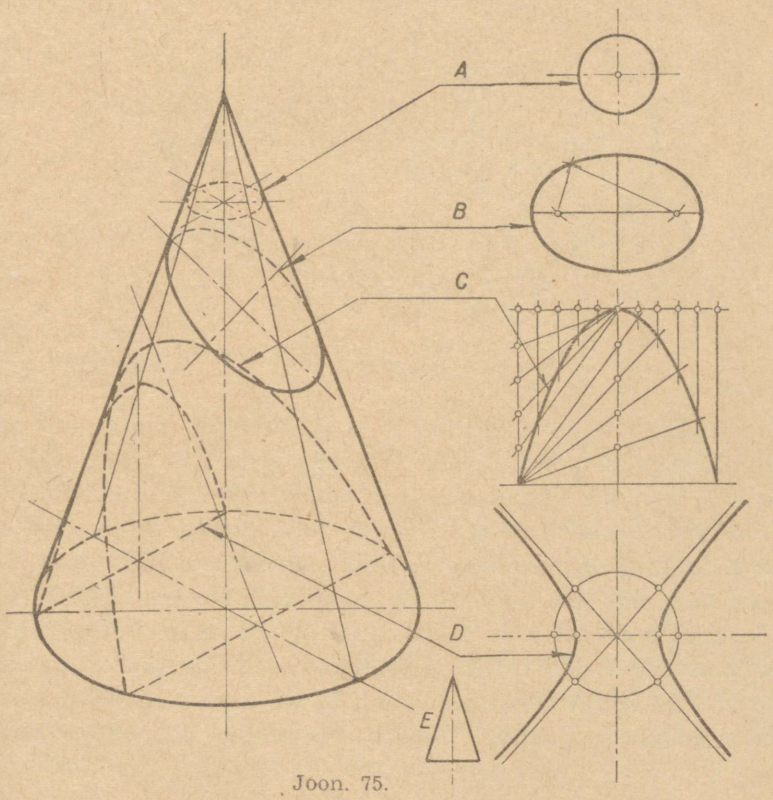
Kui lõikepind on rööpne koonuse moodustajale (joon. 75 C), siis saame p a r a b o o l i.

Kui lõikepind on rööpne koonuse püstteljele (koonuse kõrgusele, joon. 75 D), siis saame lõikejooneks h ü p e r b o o l i.

Lõige läbi püsttelje annab võrdhaarse kolmnurga (joon. 75 E).

a. E l l i p s.

Ellipsiks nimetatakse koonuse või silindri tasapinnalist kaldlõiget. Ellipsil on kaks ristuvat telge, mis jagavad ellipsi 4 võrdseks



Joon. 75.

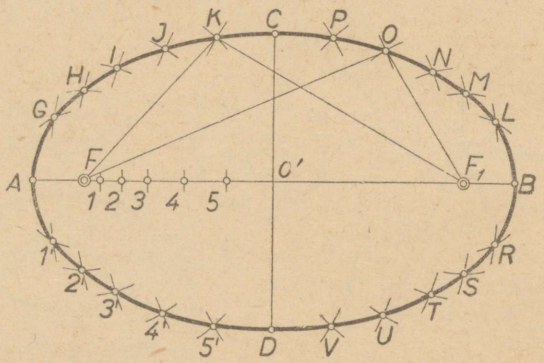
osaks. Telgede lõikepunkti nimetatakse ellipsi keskpunktiks. Ellipsi pikal teljel asub kaks kindlat punkti, nn. fookust (tulipunkti). Sirglõike, mis ühendavad mõnda ellipsi punkti fookustega, nimetatakse raadiusvektoriteks. Nende kogupikkus on jääv suurus, mis on võrdne pika telje pikkusega. Selle põhjal võime kirjutada:

$KF + KF_1 = AB$, $OF + OF_1 = AB$ jne. (joon. 76).

Ellipsi joonestamine tema telgede abil.

1. võte (joon. 76):

Määrame kindlaks ellipsi fookuste F ja F_1 asukohad. Selleks tõmbame ümber lühikese telje otspunkti D kaare raadiusega AO',

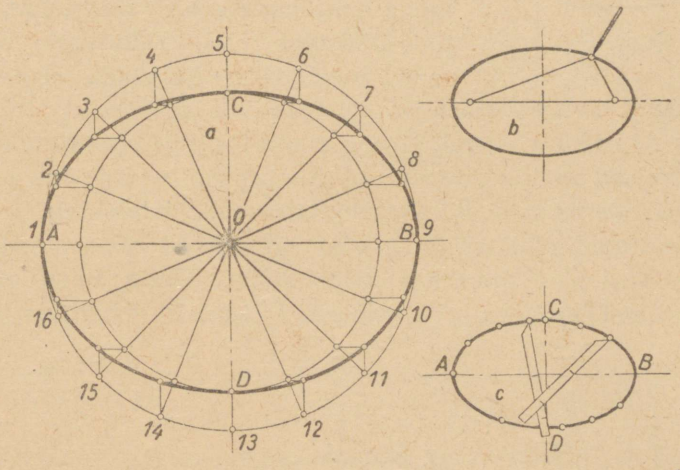


Joon. 76.

mis lõikab pikka telge punktides F ja F_1. Saadud punktid F ja F_1 ongi ellipsi fookused. Fookuse F ja keskpunkti vahel märgime rea punkte 1, 2, 3... niiviisi, et nende vahe fookusest kaugenedes pikkamisi kasvab. Ümber fookuste F ja F_1 joonestame raadiusega A1 4 väikest kaarekest. Raadiusega B1 tõmbame ümber fookuste F ja F_1 neli kaarekest, mis lõikavad eelmisi kaarekesi punktides G, 1', L, R. Saadud punktid on otsitava ellipsi punktid. Et saada järgmised neli punkti, joonestame uuesti ümber fookuste F ja F_1 raadiustega A2 ja B2 kaared, mis lõikuvad punktides H, 2', M, S. Samal viisil leiame ülejäänud punktid. Saadud punkte kõveraga ühendades saame ellipsi.

2. võte (joon. 77):

Antud on ellipsi teljed AB ja CD. Ümber nende lõikepunkti — ellipsi keskpunkti O — joonestame kaks kontsentrilist ringjoont raadiustega OA ja OC. Jagame suure ringjoone näit. 16 võrdseks osaks ja ühendame saadud punktid vastastikku. Tõmbame igast suure ringjoone jaotuspunktist rööpjooned lühikesele teljele ja samuti igast väikese ringjoone jaotuspunktist rööpjooned pikale teljele. Nende rööpjoonte omavahelised lõikepunktid on otsitava ellipsi

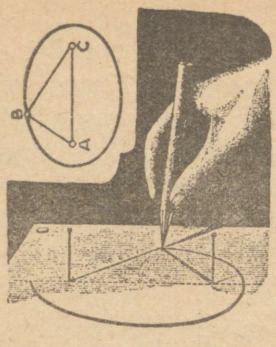


Joon. 77.

Ex bibl. univ. T

punktid. Ühendades neid punkte kõverjoontega esiti käsitsi ja siis lekaali abil, saame ellipsi.

Need joonestamise viisid nõuavad palju aega ja hoolsat punktide otsimist. Seepärast joonestatakse ellips sageli pabeririba abil. Selleks märgime paberiribale ½ ellipsi pikast teljest AB, s. o. AO, ja poole lühikesest teljest CD, s. o. CO. Nihutame riba nii, et üks punkt püsib alatasa ellipsi lühikesel teljel ja teine punkt pikal teljel, siis märgib pabeririba teravots rea ellipsi punkte, nagu see on näha joonisel 77 c. Seda viisi tarvitatakse sageli tema lihtsuse tõttu, sest ei ole vaja isegi fookuste otsimist.

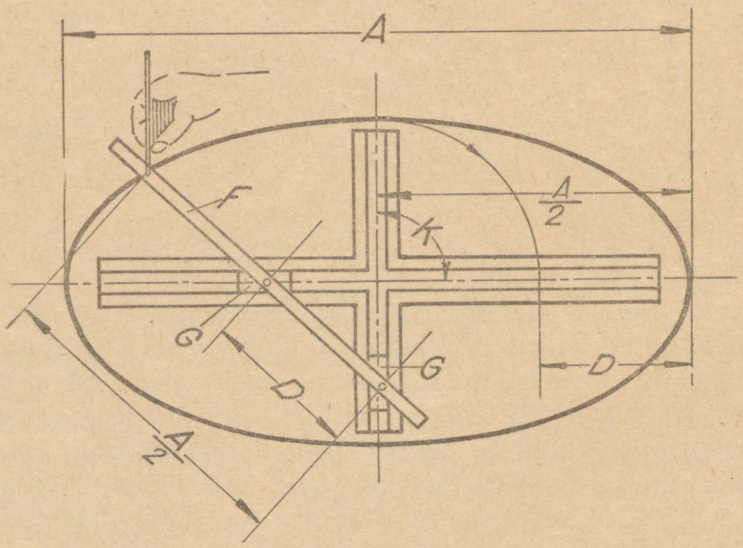


Joon. 78.

Veel praktilisem on ellipsi joonestamine pinguletõmmatud niidi abil, mis on kinnitatud fookustesse püstitatud nööpnõelte külge. Selle niidi pikkus võrdub pika telje pikkusega. Kui pliiatsi otsaga tõmmata niit pingule ja vedada pliiatsiga joon, siis saame ellipsi (joon. 77 b ja 78).

Selline ellipsi joonestamine pinguletõmmatud niidi abil on läbiviidav ainult mõne suurema eseme valmistamisel, eriti puidutööstuse alal. Tehnilisel joonestamisel seda võtet kasutada ei saa. Siin tuleb ikkagi joonestada sirkli ja lekaalide abil.

E l l i p s s i r k e l (joon. 79) on riist ellipsite joonestamiseks. Ta koosneb kahest ristiühendatud nuutliistust, mille nuutidesse on asetatud kaks edasi-tagasi liikuvat klotsikest G. Klotsidele on omakorda kinnitatud pikk sirgliist, mis ellipsjoont joonestades veab neid klotsikesi piki nuutliiste edasi-tagasi. Liistu ühes otsas on auguke pliiatsi teraviku läbipistmiseks. Ellipssirkli käitlemisel mää-

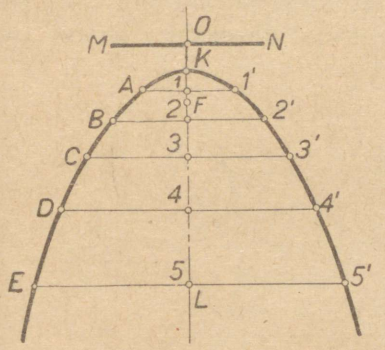


Joon. 79.

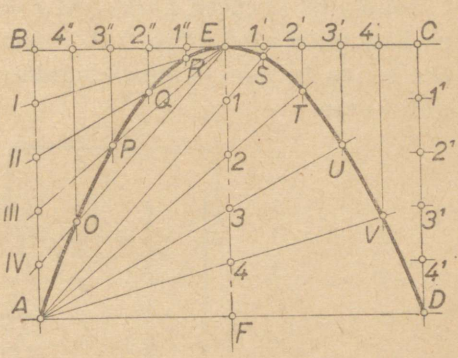
ratakse kindlaks pliiatsi teraviku ja teise klotsi vahekaugus, mis on ½ ellipsi pikast teljest A, ning asetatakse esimene klotsike pliiatsi teravikust sellele kaugusele, mis on võrdne lühikese telje ½ pikkusega. Asetades ellipssirkli kas joonisele või esemele, millele on vaja joonestada ellips, tõmmatakse liistu augukesse asetatud pliiatsi teravikuga vajaline ellipsjoon.

b. Parabool.

Parabooli (joon. 80) iga punkti kaugused kindlast joonest MN (juhtjoon) ja kindlast punktist F (fookus) on võrdsed.



Joon. 80.



Joon. 81.

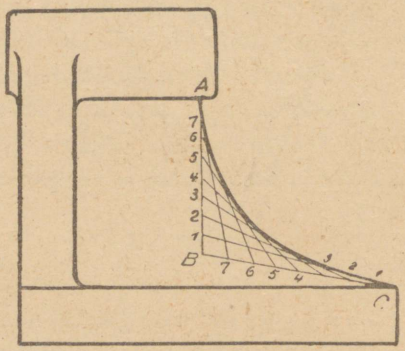
Parabooli joonestamine, kui on antud haripunkt K ja fookus F (joon. 80). Võtame punkti F sirglõigul KL, sellest ülespoole joonestame juhtjoone MN. Haripunkt K poolitab kauguse OF. Teljele KL märgime rea vabalt valitud punkte 1, 2, 3 . . . Et parabooli paremini joonestada, valime punktid nii, et parabooli tipust kaugenedes nende vahed järjest laieneksid. Tõmbame neist läbi rööpjooned juhtjoonele. Ümber fookuse F joonestame raadiustega O1, O2, O3 jne. kaared kuni lõikumiseni rööpjoontega läbi punktide 1, 2, 3 . . . Punktid 1′, A, 2′, B . . . on otsitava parabooli punktideks.

Joonestada parabool, kui on antud parabooli telg EF, haripunkt E ja üks parabooli punkt A (joon. 81). Joonestame läbi punktide A ja E ristküliku ABCD, mille külg on rööpne antud parabooli teljega EF. Jagame BE ja EC võrdseiks osadeks. Võrdseiks osadeks jagame ka ristküliku küljed AB

ja CD. Ühendame punkti E kiirte abil punktidega I, II, III ja IV ning tõmbame rööpjooned parabooli teljele EF; lõigates nendega kiiri punktides O, P, Q ja R, saame otsitava parabooli vasempoolse osa punktid.

Parabooli parempoolse osa saame kas punktide ülekandmise teel või järgmiselt: teljel asetsevad punktid 1, 2, 3 ja 4 ühendame punktiga A ning tõmbame rööpjooned parabooli teljele punktidest 1′, 2′, 3′ ja 4′, mis asetsevad sirglõigul EC. Lõikepunktid S, T, U, V on otsitava parabooli parempoolse osa punktid.

Joonis 82 kujutab parabooli rakendamist masinaosa joonestamisel. Kui antud nürinurga ABC mõlemat külge jagada näit. 7-ks võrdseks osaks ja neid joonisel näidatud kujul ühendada, saame parabooli kaare.



Joon. 82.

c. Hüperbool.

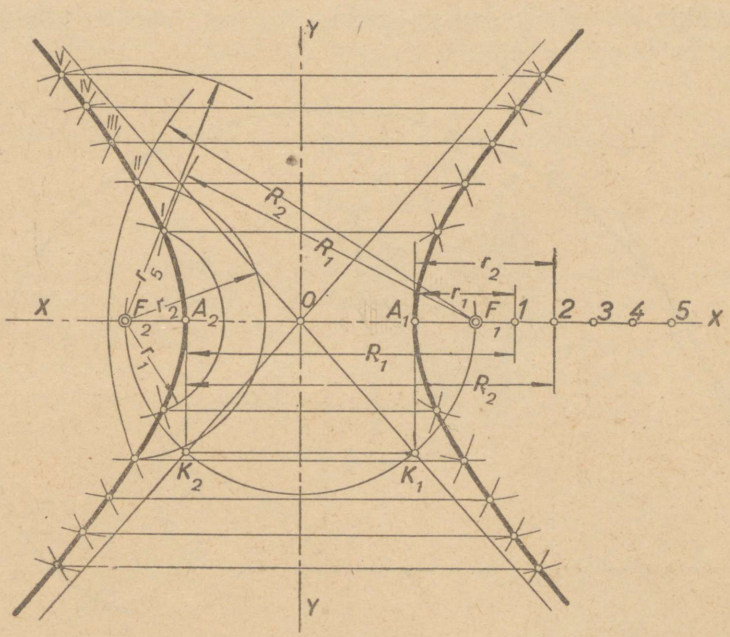
Hüperbooli iga punkti kauguste vahe kahest kindlast punktist F_1 ja F_2 (fookused) (joon. 83) on jääv.

Hüperbooli joonestamine (joon. 83). Esmalt joonestame kaks ristuvat (püst- ja rõht-) telge XX ja YY. Määrame kindlaks rõhtteljel fookuste punktid F_1 ja F_2, joonestades keskpunktist O raadiusega OF_1 poolringjoone, mis läbib mõlemat fookuse punkti. Võrdkaugusel keskpunktist O määrame kindlaks punktid A_1 ja A_2; tõmmates neist püstsuunas allapoole ristjoone kuni lõikumiseni poolringjoonega, saame punktid K_2 ja K_1. Ühendades keskpunkti

O sirglõikude abil punktidega K_1 ja K_2, saame kaks asümptooti, mille kõrval jooksevad hüperbooli harud ja mis kunagi hüperbooliga ei ühine.

Alates punktist F_1, märgime rõhtteljele vabas pikkuses sirglõigud 1, 2, 3..., mille järel võib alata hüperboolile kuuluvate punktide otsimisega.

Et leida hüperboolil punkte I, tuleb kujutada fookusest F_2 kaar raadiusega $r_1 = A_1 1$ ja samuti ka fookusest F_1 sama raadiusega



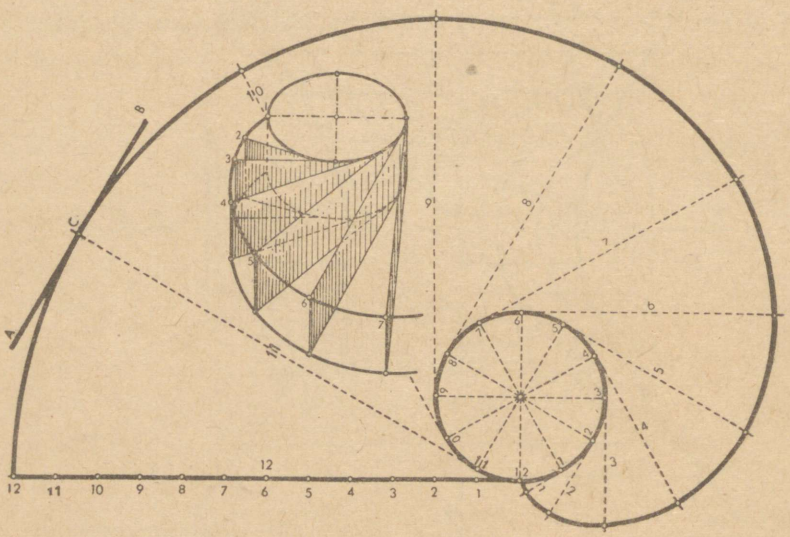
Joon. 83.

kaar. Samadest fookustest joonestame raadiusega $R_1 = A_2 1$ teised kaared, mis lõikuvad esimestega punktides I. Korrates seda võtet, saame kätte järgmised hüperbooli 4 punkti jne.

Nii ellipsi, parabooli kui ka hüperbooli joonestamisel tuleb kasutada lekaali. Seepärast nimetatakse neid ka l e k a a l k õ v e r a i k s. Järgnevas punktis tutvume veel mitmete lekaalkõverate joonestamisega.

5. Mitmesuguste lekaalkõverate joonestamine.

a. Evolvent (rullmähis) (joon. 84). Evolvendi kõverjoon leiab kasutamist hammasratta hamba kuju joonestamisel. Antud ringjoone jagame näiteks 12-ks võrdseks osaks. Ühendame need punktid vastastikku ja tõmbame antud ringjoonele neist punktidest puutujad; kanname puutujale 12 üle 12 korda $^1/_{12}$ ringjoone pikkusest. Puutujale 11 asetame 11 korda $^1/_{12}$ ringjoone pikkusest, puutujale 10 asetame 10 korda $^1/_{12}$ ringjoone pikkusest jne. Leitud lõpp-punkte ühendades, nagu näha joonisel, saame kõverjoone, mida nimetame evolvendiks.



Joon. 84.

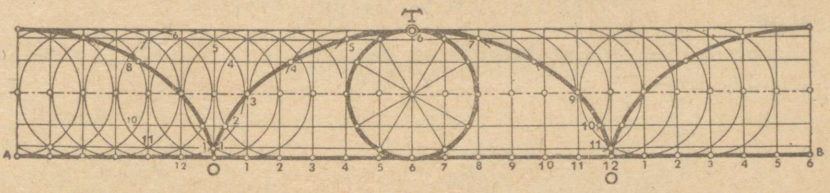
Et konstrueerida evolvendile puutujat (tangens), näit. punktis C, selleks on vaja nimetatud punktis sirgjoonele 11 tõmmata ristsirge AB, mis ongi otsitav puutuja.

b. Tsükloid. Kui mingi veerering (ketas) veereb sirgjoonel AB ja sealjuures ei vaaru ega libise, siis joonestab mõni ringjoone punkt, näit. T, kõverjoone, mida nimetatakse tsükloidiks (joon. 85). Liikumatut sirgjoont AB nimetatakse tsükloidi juhtjooneks ja

veereringi serva tema kujutavaks jooneks. Tsükloidi kujutav punkt T on tema tulipunktiks.

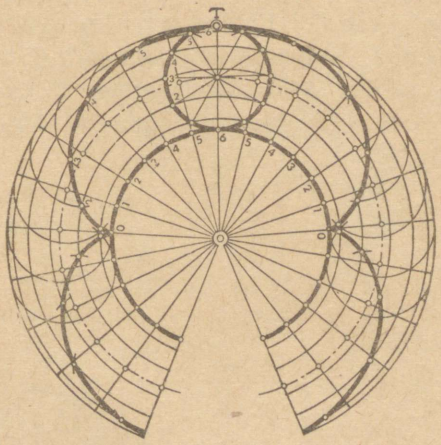
Kui juhtjoon ei ole sirge, vaid ringjoon, siis saame, olenevalt sellest, kas veerering veereb juhtringist väljas- või seespool, vastavalt epitsükloidi (välisketasjoone) või hüpotsükloidi (siseketasjoone).

Tsükloidi kasutatakse hammasratta hammaste profiili joonestamisel.

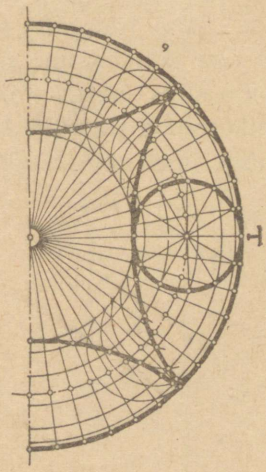


Joon. 85.

Tsükloidi joonestamine. Jagame antud ringjoone 12-ks ühesuuruseks osaks ja asetame need juhtjoonele. Saadud punktidest joonestame ristsirged juhtjoonele ja ringjoone jaotuspunktidest tõmbame sirged, mis on rööpsed juhtjoonega. Veerevana kujuteldava ringi punkt T lõikab juhtjoonega rööpseid jooni, andes



Joon. 86.



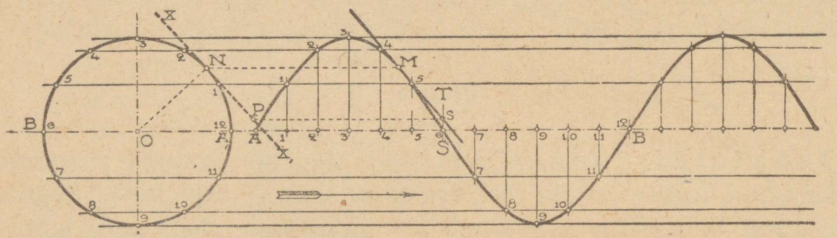
Joon. 87.

tsükloidi punktid 1, 2, 3 jne. Kui ühendame kõik need punktid kõverjoonega, siis saame tsükloidi (joon. 85).

Joonestada epitsükloid (välisketasjoon), kui on antud juhtring ja veerering (joon. 86).

Jagame veereringi 12-ks võrdseks osaks ja märgime need juhtringile. Pikendades neid punkte läbivaid juhtringi raadiusi, saame telgjoonel punktid, millede kui keskpunktide ümber joonestatavad kaared annavad epitsükloidi punktid, mis ühendame ühise kõverjoonega.

Hüpotsükloidi joonestamine on sarnane epitsükloidi joonestamisega (joon. 87).



Joon. 88.

c. Sinusoid (joon. 88). Jagame ringjoone 12-ks ühesuuruseks osaks. Märgime sümmeetriateljele AB 12 vabas pikkuses võrdset osa ja tõmbame neist ristsirged sümmeetriateljele. Ringilt O noole sihis jaotuspunkte projitseerides kuni ristsirgetega lõikumiseni, saame punktid 1, 2, 3 . . ., mis ühendamisel annavad kõverjoone, mida nimetatakse sinusoidiks.

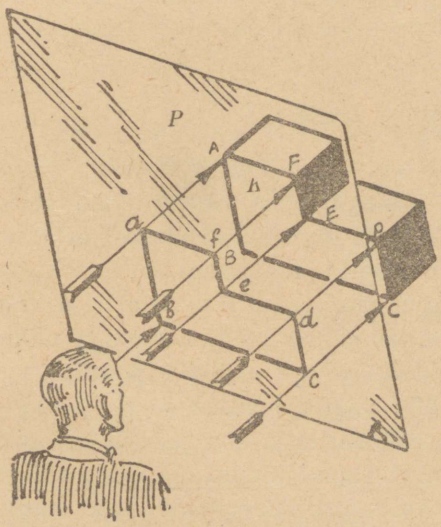
III peatükk.

PROJEKTSIOON-JOONESTAMINE.

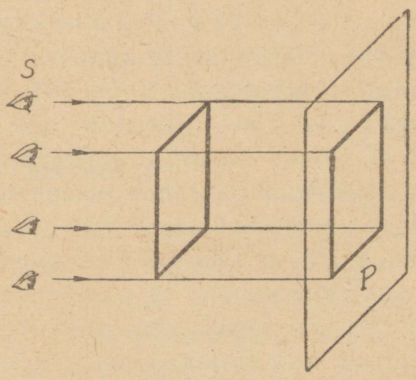
1. Projektsiooni üldseletusi.

Projektsioon-joonestamine põhineb nn. projitseerimise meetodil. Sõna „projektsioon" on tuletatud ladinakeelsest sõnast *projicere*, mis tähendab kujutlema, ette kavatsema, sellest siis ka sõna „projekt".

Kui mingi valgusallika ette asetada mistahes keha K ja selle taha tasapind P, siis keha vari heitub sellele tasapinnale. Valguse kiired, mis keha piirjooni riivates tungivad tasapinnani, heidavad ehk projitseerivad tasapinnale selle keha piirkujundi ehk kontuuri. Nii võib valguskiirte abil igast ruumilisest kehast saada tasapinnale varju ehk projektsiooni, mis teatud tingimustel võimaldab täielise ettekujutuse sellest kehast (joon. 89).



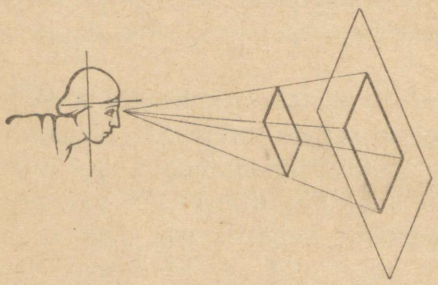
Joon. 89.



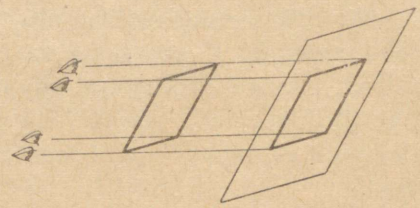
Joon. 90.

Samuti on lugu, kui asetame valgusallika asemele vaatleja silma ja lihtsuse pärast oletame, et kiired, tulles vaatleja silmast ning riivates mingi keha, näit. papist täisnurkse nelinurga piirjooni (joon. 90), tungivad kujutustasapinnani P (tõepoolest tulevad valguskiired aga vaatleja silma), siis tasapinnal P saame selle papist nelinurga heitevarju ehk projektsiooni.

Tasapinda P, millele heitub keha vari, nimetatakse heitevarju-, projektsiooni- ehk kujutustasapinnaks, heitevarju ennast — asja K projektsiooniks, heitekiiri — projitseerivateks kiirteks, projitseerivate kiirte kaldenurka projektsioonitasapinna vastu — projitseerimisnurgaks ja asja — projitseeritavaks asjaks. Projektsiooni suunda tähistatakse noolega (joon. 90).



Joon. 91.



Joon. 92.

2. Projektsiooni liigid.

a. Tsentraalprojektsioon. Projitseerimisviisi, kus projitseerivate kiirte kimp väljub ühest punktist, nimetatakse tsentraalprojektsiooniks (joon. 91). Kuid asja tõelisest suurusest ei anna sel viisil projitseeritud pilt otseselt mingisugust ettekujutust, samuti ka projitseeritava asja mõõteist mitte, sest et siin asja projektsioon suureneb projektsioonitasapinna kaugenemisega vaatleja silmist. Seejuures jääb ta projitseeritavast asjast vähemaks niikaua, kui projektsioonitasapind jääb vaatleja silma ja projitseeritava asja vahele; ta on võrdne projitseeritava asjaga, kui ta asub viimasega samal tasapinnal, ja on suurem projitseeritavast asjast niipea, kui projektsioonitasapind asub projitseeritava asja taga, ning suureneb järjest tasapinna liikumisega kaugenemise suunas.

Seepärast see projitseerimisviis ei kõlba nõndanimetatud tööjoonise valmistamiseks, kus jooniselt nõutakse täpseid mõõteid (joon. 3—5).

b. Paralleel- ehk rööpprojektsioon. Vaatepunkti kaugenedes projektsioonitasapinnast muutuvad projitseerivad kiired järjest rööpsemaks üksteisele ja projektsiooni suurus ligineb projitseeritava asja õigele suurusele (joon. 89). Asub vaatepunkt lõpmata kaugel, siis võib ütelda, et projitseerivad kiired on rööpsed üksteisele. Seda projitseerimisviisi kutsutakse paralleel- ehk rööpprojektsiooniks.

Paralleelprojektsioon omakorda jaguneb veel kahte liiki, olenedes projitseerivate kiirte kaldest projektsioonitasapinna suhtes: rist- ehk ortogonaalprojektsioon ja kald- ehk klinogonaalprojektsioon.

Üht ja sama asja võib projitseerida mitmes suunas, kusjuures üldjuhul projitseerivad kiired võivad langeda projektsioonitasapinnale igasuguse kaldega, olenedes projitseerija soovist. Ühe ja sama projitseerimise suuna juures võrdsete projitseerimisnurkade all jäävad aga kiired seejuures isekeskis rööpseiks. Seda projitseerimisviisi nimetatakse kald- ehk klinogonaalprojektsiooniks (joon. 92).

Kui aga projitseerivad kiired langevad projektsioonitasapinnale täisnurga all, nimetatakse seda projitseerimisviisi rist- ehk ortogonaalprojektsiooniks. Kui projektsioonitasapind on rööpne projitseeritava pinnaga, siis saame projektsiooni õiges (loomulikus) suuruses.

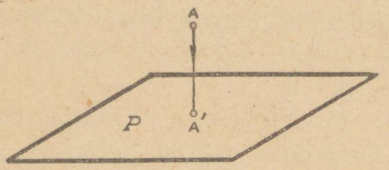
Ortogonaalprojektsioon leiab tehnilises joonestamises kõige laialdasemat kasutamist, seepärast tutvume temaga lähemalt.

3. Kujundite projitseerimine.

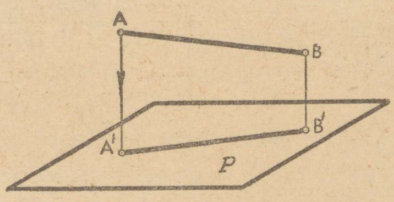
a. Punkti projitseerimine tasapinnale. Teatavasti punkti liikumisel ruumis tekib joon, sirgjoone liikumisel (enesele ristsuunas) — tasapind ja viimase liikumisel — ruum. Seega on punkt ruumi elementaarseim osa. Seepärast algame punkti projitseerimisega. Osates projitseerida punkti, on kerge projitseerida ka sirg-, murd- ning kõverlõike ja pindu ning ruumilisi kehi.

Võtame mingi tasapinna P ning punkti A selle kohal (joon. 93). Et projitseerida seda punkti tasapinnale, tuleb temast langetada sellele tasapinnale ristsirge. Punkt A′ ongi selle punkti projektsioon. On seletamatagi selge, et kõik punktid, mis asuvad sellel ristsirgel, ehk teiste sõnadega, kõik punktid, mis asuvad ruumis mitmesugusel kõrgusel projektsioonitasapinnast, kuid üksteise kohal, projitseeruvad samasse punkti A′.

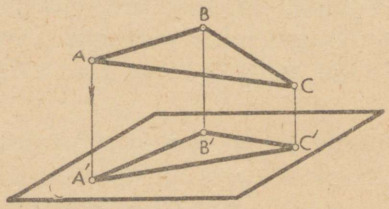
b. Sirglõigu projitseerimine. Ruumis asub sirglõik AB (joon. 94). Sirglõigu asend määratakse kindlaks kahe punkti abil.



Joon. 93.

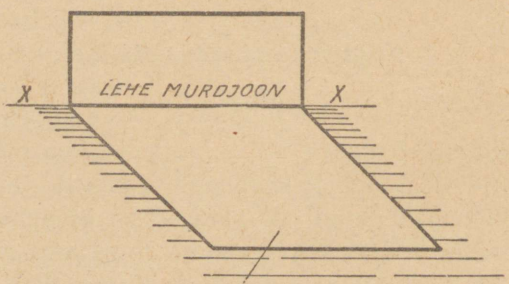


Joon. 94.



Joon. 95.

Et leida sirglõigu AB projektsioon, tuleb leida punktide A ja B projektsioonid projektsioonitasapinnal; ühendades need omavahel



Joon. 96.

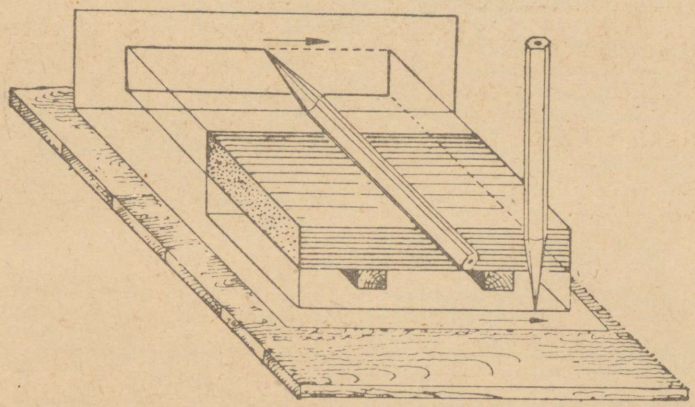
sirgjoonega, saame A′B′, mis on sirglõigu AB projektsioon.

c. Pinna projitseerimine. Ruumis on kolmnurk ABC (joon. 95). Leides punktide projektsioonid A′, B′ ja C′ ja ühendades need, saame kolmnurga ABC projektsiooni A′B′C′.

d. Projitseerimine kahele tasapinnale. Eelmised ülesanded käsitasid projitseerimist ühele tasapinnale. Asume projitseerimisele kahele vastastikku risti asetsevale pinnale.

Võtame kas lehe paberit või pappi ja murrame selle täisnurkselt, nagu näitab joonis 96.

Paneme täisnurkselt murtud lehe lauale ja asetame sellele risttahuka (joon. 97).



Joon. 97.

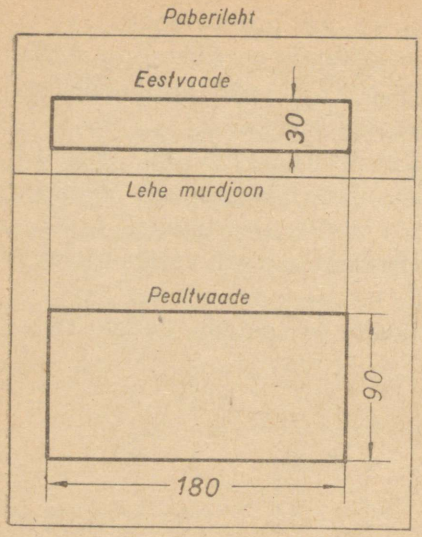
Risttahuka alla asetame kaks puupulgakest, tõstes teda seega rõhttasapinnalt vähe kõrgemale.

Võtame hästi teritatud pika pliiatsi ja tõmbame sellega rõht- ja püsttasapindadele risttahuka piirjooned, nagu seda näitab joonis 97, saades seega risttahuka pealt- ja eestvaate.

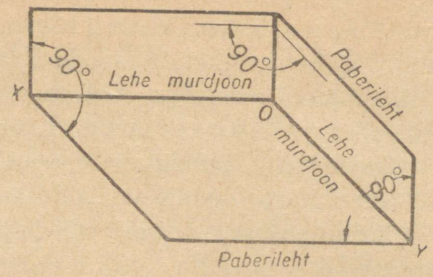
Rõhttasapinnal asub pealtvaade, mida nimetatakse ka plaaniks.

Püsttasapinnal asuvat eestvaadet nimetatakse ka fassaadiks (esikülg).

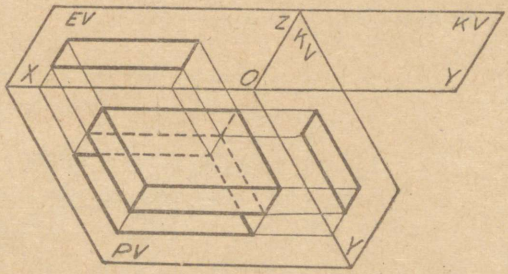
Kui võrrelda kahel tasapinnal risttahukast saadud piirjooni, siis näeme, et need on võrdsed risttahuka mõõdetega.



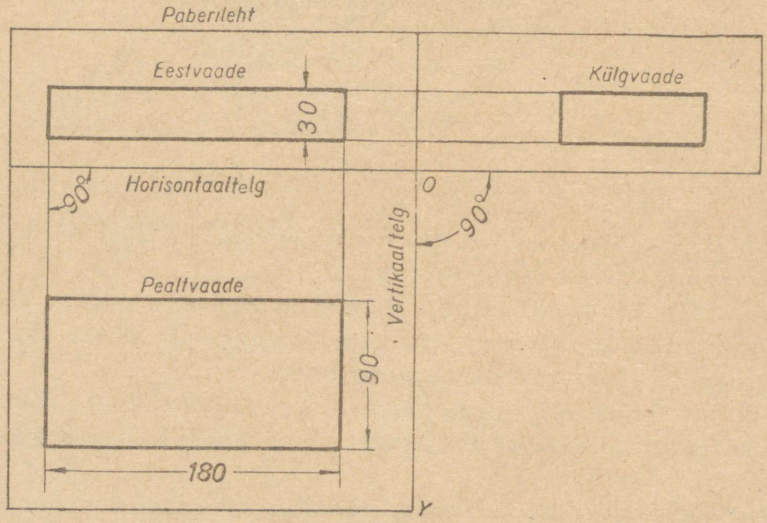
Joon. 98.



Joon. 99.



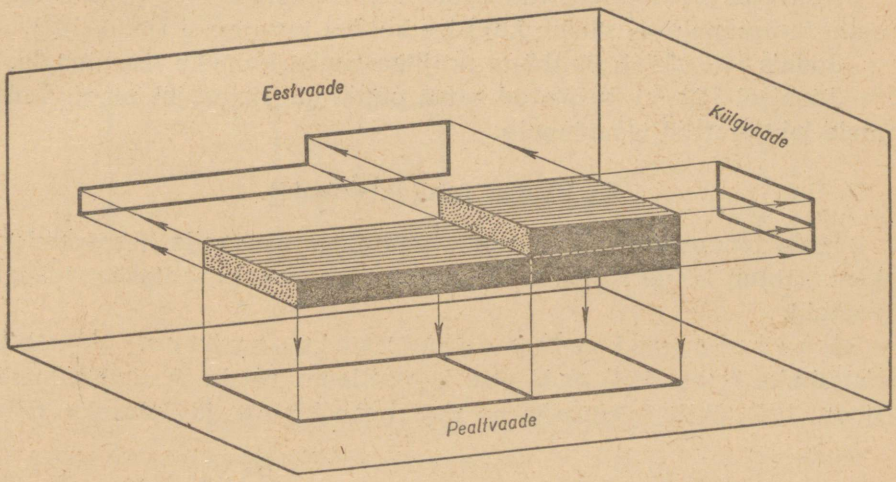
Joon. 100.



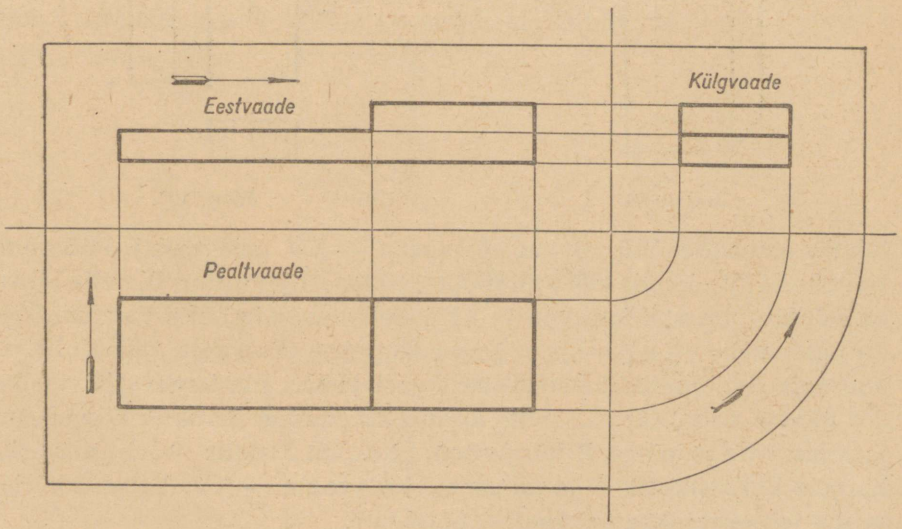
Joon. 101.

Paberileht või papp, kuhu joonestasime risttahuka piirjooned, annab sirgeks murtuna kujundi, nagu näitab joonis 98.

e. Projitseerimine kolmele tasapinnale. Kleebime paberilehe paremale küljele veel juurde pabeririba, nagu näi-



Joon. 102.



Joon. 103.

tab joonis 99, — saame kolme seinaga ruumilise täisnurga. Asetame uuesti risttahuka tema endisele kohale ja tõmbame külgekleebitud külgpinnale risttahuka otsvaate piirjooned — saame risttahuka külgvaate, nagu seda näitab joonis 100.

Murrame kokkukleebitud ruumilise täisnurga lahti ja asetame selle tasapinnale — saame kujutise kolmel tasapinnal (joon. 101).

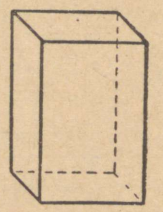
Joonis 102 näitab puitklopi projitseerimist kolmele tasapinnale.

Joonisel 103 on kujutatud sama puitklopi ristprojektsioon kolmele lahtimurtud tasapinnale.

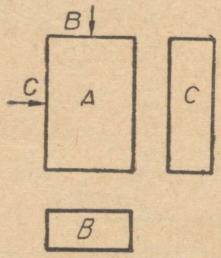
4. Vaated (projektsioonid).

Igale joonestatavale esemele valitakse peavaade (eestvaade), kust nähtub kõige rohkem. Peavaate täienduseks antakse teisigi vaateid.

Vaadete paigutus eestvaate suhtes. Asetame risttahuka (joon. 104) enda ette ja vaatleme pinda A ristkülikuna (joon. 105), mille kõrguseks on risttahuka kõrgus ja laiuseks rist-



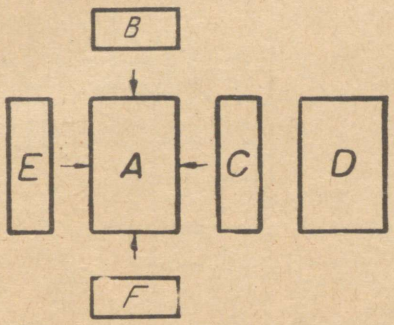
Joon. 104.



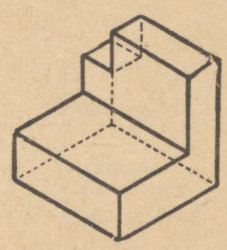
Joon. 105.

tahuka laius. Saadud pilt on eestvaade — EV (peavaade). Pöörame risttahuka üle kandi (90°) allapoole, näeme ristkülikut B, mille laius on võrdne pinna A laiusega ja kõrguseks on risttahuka paksus. See on pealtvaade — PV — ja see joonestatakse eestvaate alla. Kui aga pöörame risttahuka algasendisse tagasi ja siis üle kandi paremale, siis näeme ristkülikut C, mille kõrgus on võrdne pinna A kõrgusega ja laius võrdne pinna B kõrgusega. Saadud kujutis tuleb niisama kõrgele kui ristkülik A ja nii saame külgvaate — KV. Vasaku külje vaade joonestatakse peavaatest paremale.

Kolme nimetatud vaatega ei saa eseme kuju igakord veel selgesti esitada. Siis võib lisaks võtta muidki vaateid. Olulisemad nendest on: altvaade, teine külgvaade ja tagantvaade (selgvaade).



Joon. 106.

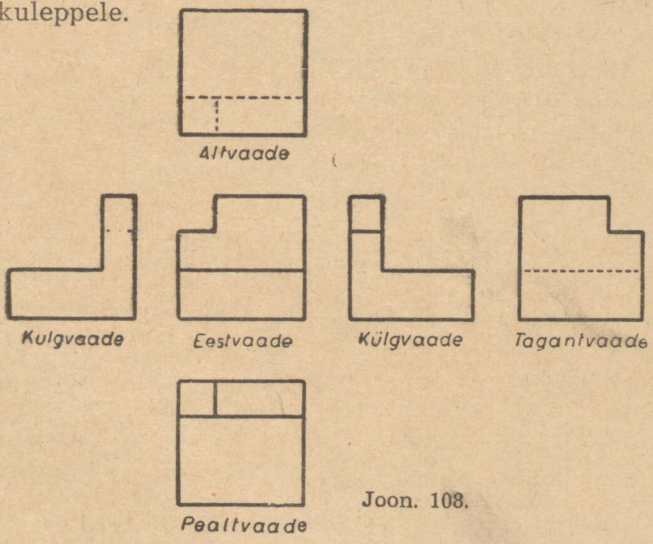


Joon. 107.

Joonisel 106 on kujutatud risttahuka kõik vaated:

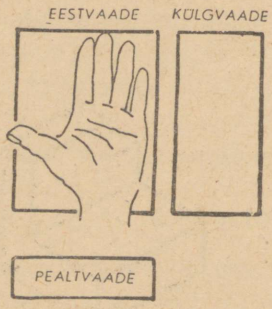
A — risttahuka eestvaade (peavaade), E ja C — külgvaated, B — altvaade, F — pealtvaade, D — tagantvaade (selgvaade).

Joonisel 107 kujutatud eseme kõik vaated on esitatud joonisel 108, kusjuures teised vaated on eestvaate suhtes paigutatud vastavalt kokkuleppele.

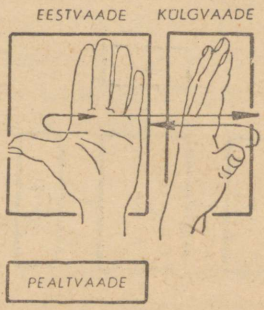


Joon. 108.

Et vältida võimalikke eksimusi projektsioonitasapindade, seega ka vaadete asendi määramisel, võib kasutada nn. „käegakatsutavat" võtet (joon. 109).



Joon. 109.



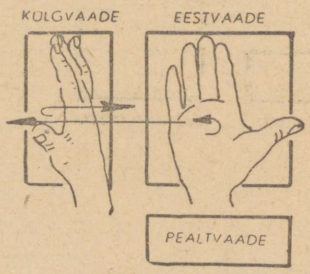
Joon. 110.

Katame eestvaate vasaku käega, peopesaga meie poole. Sellejuures näitab meile sirgelthoitav põial suunda, milliselt küljelt on projitseeritud eseme külgvaade. Pöörates kätt suunaga paremale poole, katame eseme projitseeritava külgvaate (joon. 110). Teise külgvaate (vaate paremalt) asendi võime leida joonise 111 kohaselt.

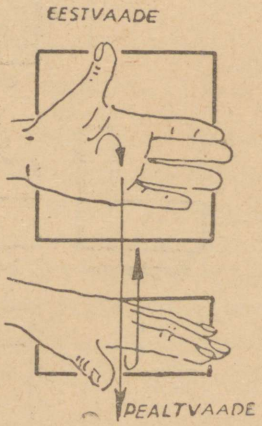
Samuti võib toimuda ka pealtvaate asendi selgitamine (joon. 112).

Enamiku esemete kujutamiseks jätkub kahest vaatest, näiteks eestvaatest ja pealtvaatest või eestvaatest ja külgvaatest, kui kasutatakse erilisi leppemärke, millega tutvume hiljem.

Üldiselt püütakse läbi saada võimalikult vähese vaadete arvuga.



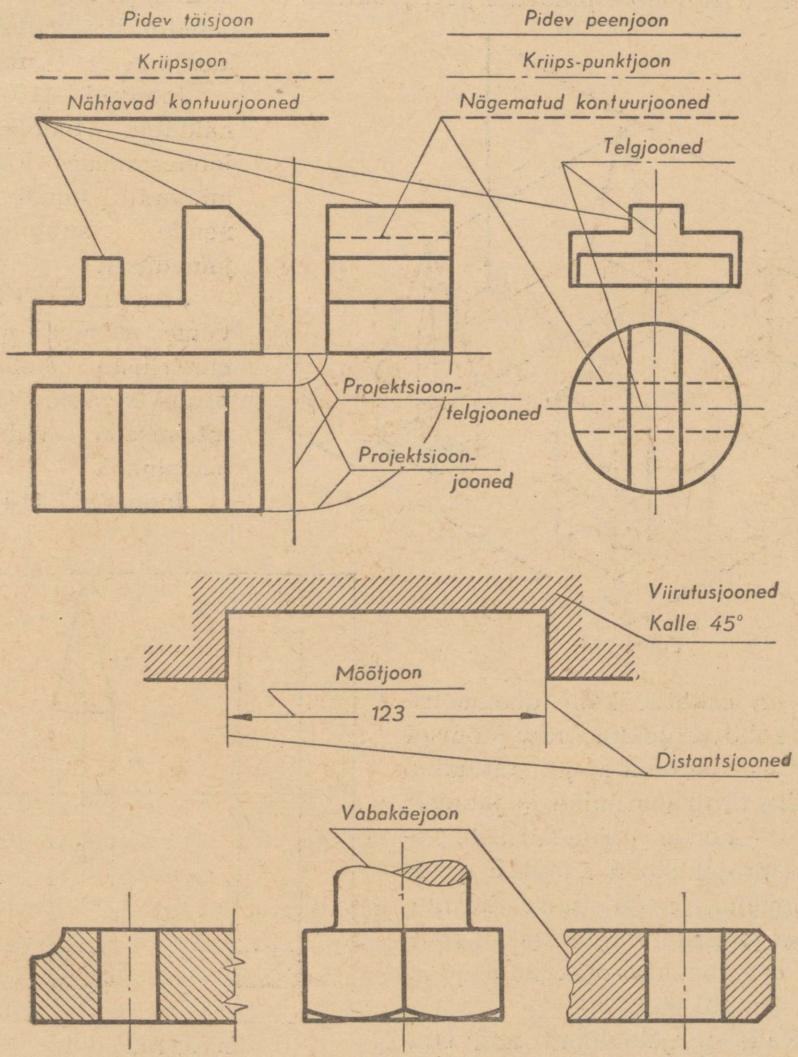
Joon. 111.



Joon. 112.

Tähtis on aga, et vaated annaksid esemest selge ja arusaadava kujutuse. Eseme üksikud vaated joonestatakse teineteisest parajale kaugusele nii, et joonis pakuks selget ja ülevaatlikku pilti.

Viis joonte liiki



Joon. 113.

5. Geomeetriliste kehade projektsioonid.

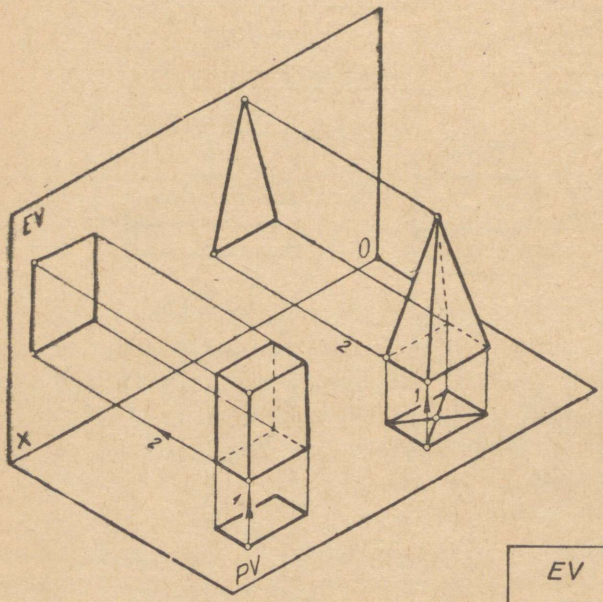
a. Mitmesuguste kehade projektsioonid.

Kehade nähtavad servad joonestatakse pidevate täisjoontena (1 mm), nägematud servad kriipsjoontena (½ mm), projitseerimisjooned (ristjooned) pidevate peenjoontena (≈ ¼ mm) ja telgjooned peente kriipspunktjoontena (≈ ⅓ mm).

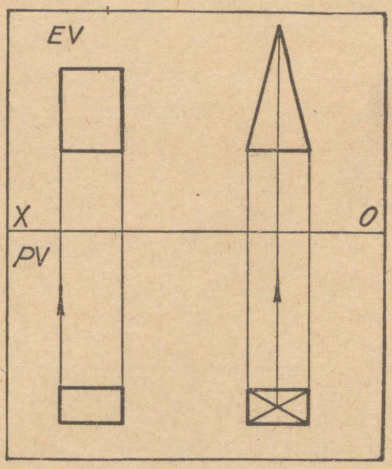
Joonisel 113 on näidatud tehnilises joonestamises kasutatavad jooned ja nende suhtelised jämedused.

Järgnevas tutvume mitmete geomeetriliste kehade projektsioonide kujutamisega mitmel tasapinnal.

Joonistel 114 ja 115 on esitatud kahe geomeetrilise keha projektsioonid: joonisel 114 — risttahuka ja püramiidi näitlik projitseerimine ja joonisel 115 — nende geomeetriliste kehade projektsioon kahel, E- ja P-tasapinnal, nagu seda kasutatakse jooniste valmistamisel (ristehk ortogonaal-projektsioon, joon. 115, 98, 101 ja 103).



Joon. 114.

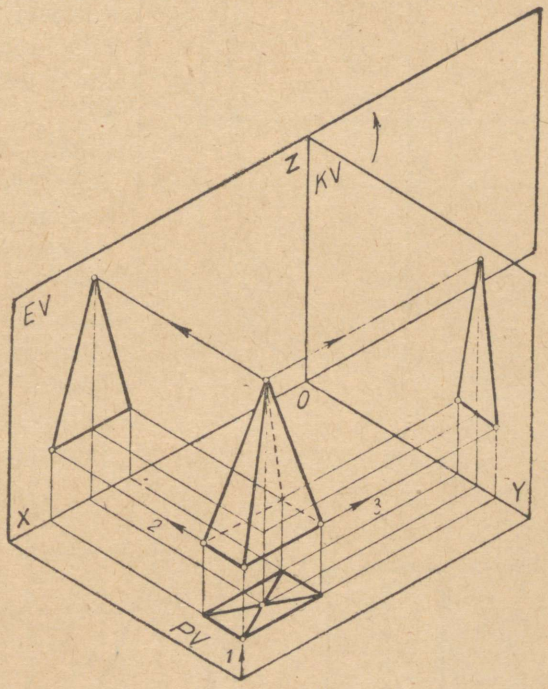


Joon. 115.

Kahe projektsiooni abil suu-

dame anda kujutatavast kehast ainult kaks vaadet, EV ja PV (eest- ja pealtvaade). Kuid sageli me vajame veel külgvaadet — KV, mida kujutame siis kolmandal tasapinnal (joon. 99—103).

Püramiidi projektsioon (joon. 116) on sarnane eelmise joonisega, kusjuures igast projitseeritava keha tipust tuleb lasta ristjooned ka kolmandale tasapinnale, nagu seda näitab joonis 116.

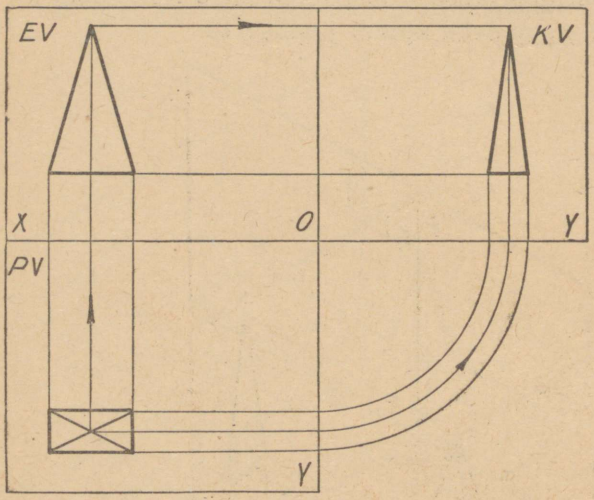


Joon. 116.

Joonisel 117 on need kolm tasapinda paigutatud ühele tasapinnale, nii nagu seda kasutatakse joonestamisel, kandes kõik projitseeritavad punktid PV-tasapinnalt EV-tasapinnale ja samuti PV-tasapinnalt kõik projitseeritavad punktid sirgjoonte ja veerand-ringjoonte abil kolmandale, KV-tasapinnale, kus külgvaade on leitud püst- ja rõhtprojektsiooni abil (vt. joon. 101—103).

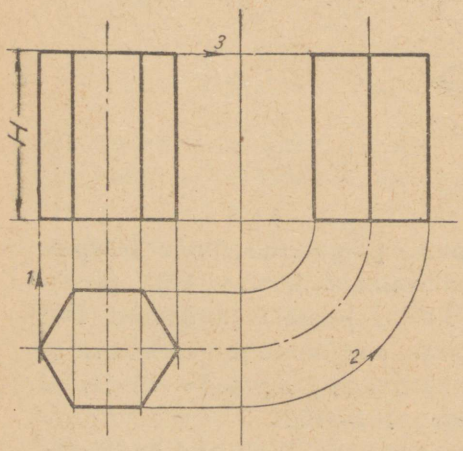
Punktide projitseerimist võib teostada kahel teel: kas projitseerida iga punkt üksikult kolmandale projektsioonitasapinnale või

teha seda kiiremini selliselt, et tõmmata alguses kõik rõhtjooned, veerandringjooned ja püstjooned iga pealtvaate punkti jaoks ja samuti rõhtjooned igast eestvaate punktist ja selle järgi siis leida vastavate joonte vajalised lõikepunktid kolmandal tasapinnal.

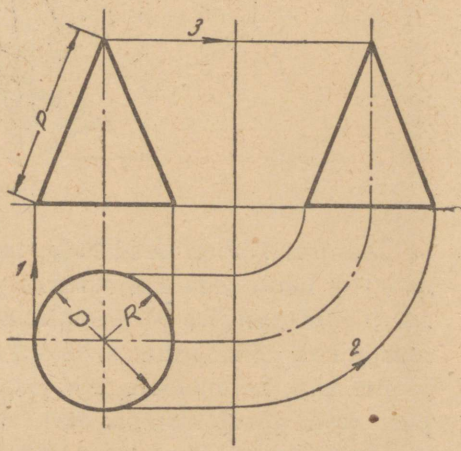


Joon. 117.

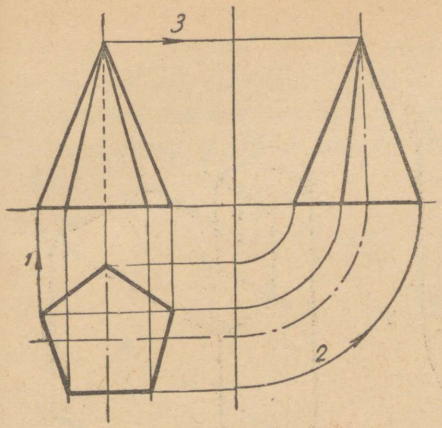
Joonistel 118—127 on toodud veel mitmete kehade projektsioone. Toodud joonistel 123, 126 ja 127 ja ka varem (joon. 100, 102, 104, 107, 114, 116) on toodud selgitusena mitmesuguste kehade paralleel-perspektiivkujutised (aksonomeetrilised joonised). Nende joonestamise võtteid selgitatakse järgmises peatükis.



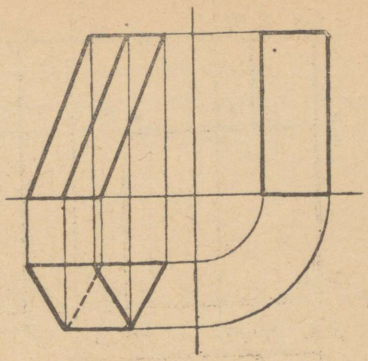
Joon. 118. Kuuetahulise prisma projektsioon.



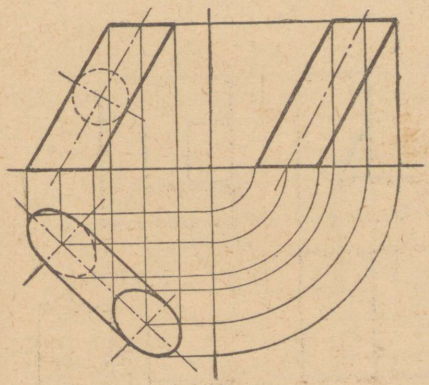
Joon. 119. Koonuse projektsioon



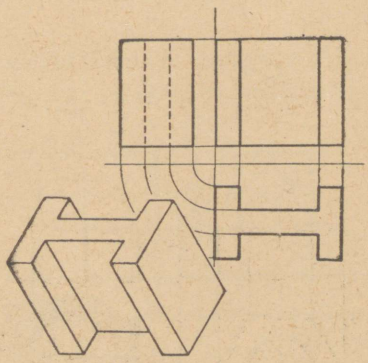
Joon. 120. Viietahulise püramiidi projektsioon.



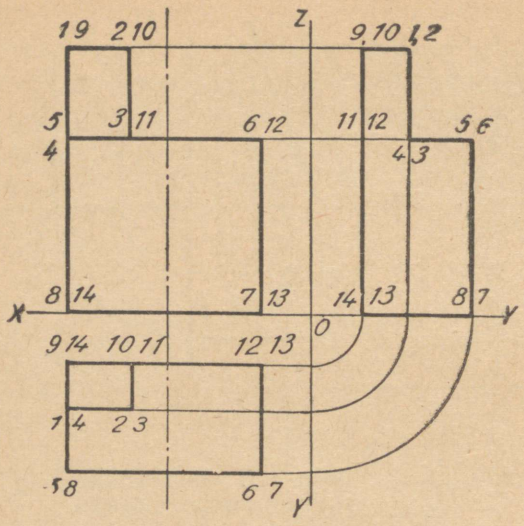
Joon. 121. Kolmetahulise kaldprisma projektsioon.

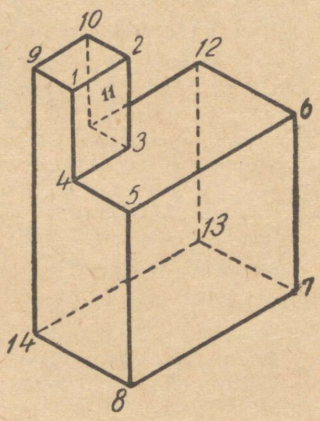


Joon. 122. Kaldsilindri projektsioon.

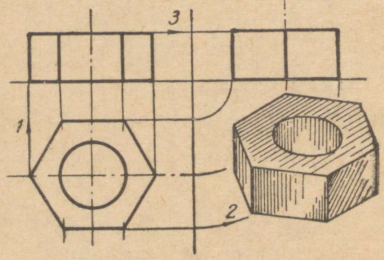


Joon. 123. Kaksik-T-tala projektsioon ja aksonomeetriline joonis.

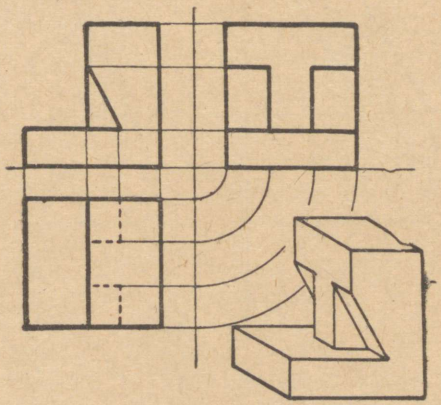




Joon. 124 ja 125. Puitklopi projektsioon ja aksonomeetriline joonis.

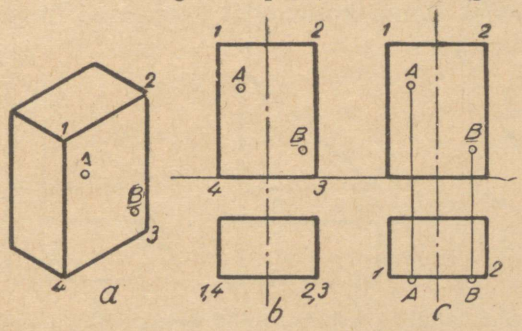


Joon. 126. Kuuetahulise mutri projektsioon ja aksonomeetriline joonis.



Joon. 127. Puitklopi projektsioon ja aksonomeetriline joonis.

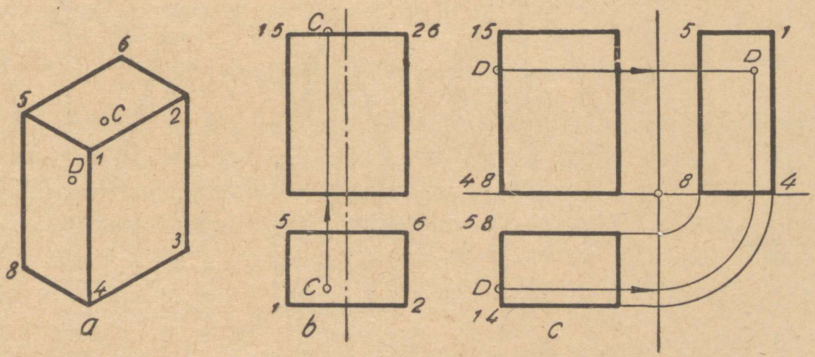
b. Punktide leidmine geomeetrilistel kehadel. Joonisel 128 on antud risttahukas, mille esipinnale on märgitud kaks punkti — A ja B. Kuidas leida neid punkte, kui risttahukas joonestatakse projektsioonides? Nende punktide leidmiseks tuleb alguses määrata, missugusele pinnale on märgitud punktid A ja B.



Joon. 128. Risttahukas, mille esiküljele on märgitud kaks punkti — A ja B: a — aksonomeetriline joonis, b ja c — kaks projektsiooni, neile märgitud punktidega A ja B.

Käesoleval juhul on punktid A ja B märgitud esimese külje tasapinnale 1234. Joonis 128 c näitab nende punktide A ja B leidmist pealtvaatel.

Joonisel 129 on näidatud juhtum, kus punktid on märgitud ülemisele ja külg-tasapinnale. Ülemine külg on tähistatud numbritega

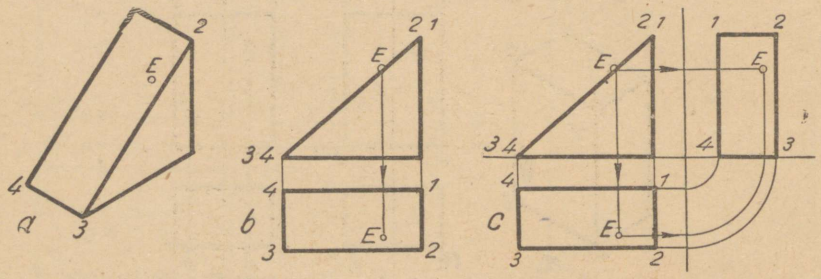


Joon. 129. Risttahukas tahkudele märgitud punktidega C ja D: a — aksonomeetriline joonis; b — eest- ja pealtvaade; c — projektsioonid kolmel tasapinnal.

1562, külgpind — 1485. Joonis näitab nende punktide määramist kolmel projektsioonitasapinnal.

Samalaadsed ülesanded on veel näidatud joonistel 130—132.

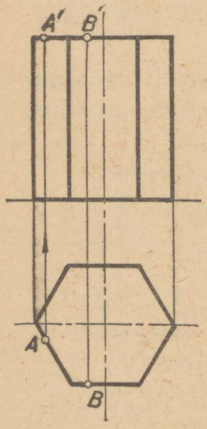
Kõigest ülaltoodust selgub, et kui on antud punkt eseme kahes vaates (näit. eest- ja pealtvaates), on kerge leida otsitavat kolmandat punkti projektsiooni kolmandal tasapinnal (tema külgvaates).



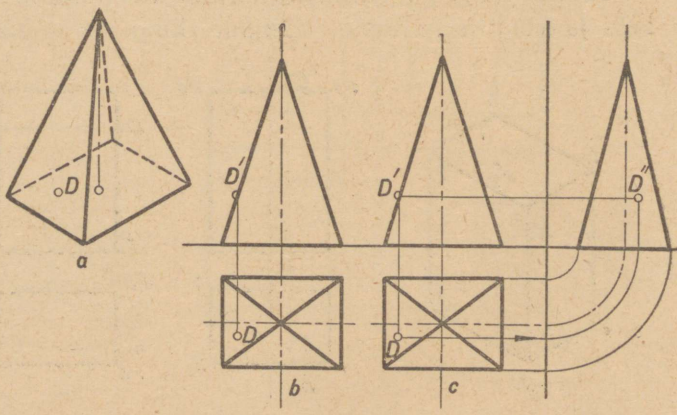
Joon. 130. Kolmetahuline prisma, mille kaldküljel on märgitud punkt E: a — aksonomeetriline joonis; b — eest- ja pealtvaade; c — prisma projektsioonid kolmel tasapinnal.

Vaatleme veel punktide leidmist ümarkehadel.

Joonisel 133 on antud punkt A′ koonuse moodustajal. Ühendame punkti A′ koonuse tipuga ja pikendame seda joonlõiku kuni punktini B′ ning

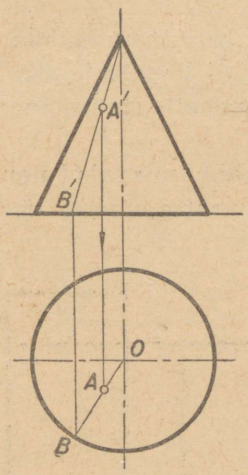


Joon. 131. Kuuetahuline prisma, mille servadel on märgitud punktid A ja B, eest- ja pealtvaates.

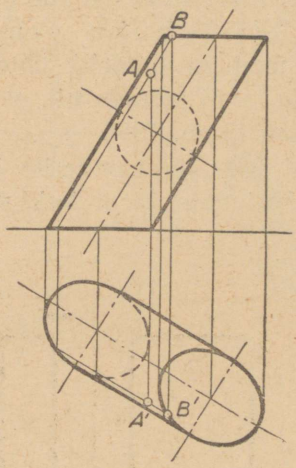


Joon. 132. Neljatahuline püramiid, mille külgtahul asub punkt D: a — aksonomeetriline joonis; b — eest- ja pealtvaade; c — püramiidi projektsioonid kolmel tasapinnal.

sealt püstloodis alla kuni punktini B. Ühendades punktid B ja O sirglõiguga ja lastes punktist A′ alla püstsirge kuni lõikumiseni sirglõiguga OB, leiame punkti A′ koonuse moodustajal tema pealtvaates.



Joon. 133.



Joon. 134.

Joonisel 134 on antud punkt A kaldsilindri moodustajal, mille leidmine tema pealtvaates on sarnane eelmisega.

Selline punktide leidmine on eriti tähtis tehniliste jooniste valmistamisel ja nende lugemisel.

6. Geomeetriliste kehade pinnalaotused.

Nii tehnilises joonestamises kui ka praktilises elus tuleb sageli teha tegemist geomeetriliste kehade ja ka töökodades valmistatavate esemete pinnalaotusega.

Pinnalaotuse all mõistetakse keha pinda laialilaotatult joonise tasapinnale. Siin on vajalik määrata keha üksikute tahkude suurused ja siis asetada need suurused ühele tasapinnale selles järjekorras, nagu nad esinevad antud kehal.

Kehade pinnalaotusi võib jagada kahte liiki:

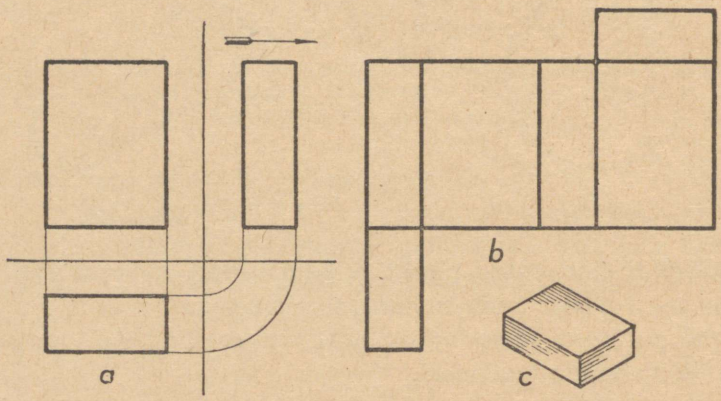
1. Tahkudest moodustatud kehade pinnalaotused (kuup, prisma, püramiid jne., vt. joon. 135, 136, 137).

2. Kumerpindadest või ka kumerpindadest ja tahkudest moodustatud kehad (silinder, koonus, kera jne., vt. joon. 138).

Tahkudest moodustatud kehade pinnalaotust on võimalik täpselt kujutada. Märksa raskemini on see teostatav teise liigi kehade juures (silinder, kera, koonus jne.).

a. Risttahuka pinnalaotus. Kujutame endale ette, et risttahukat on võimalik ühte serva pidi lahti lõigata ja siis tahuka pindala laiali laotada nii, et iga tahk on omaette tema loomulikus suuruses (joon. 135).

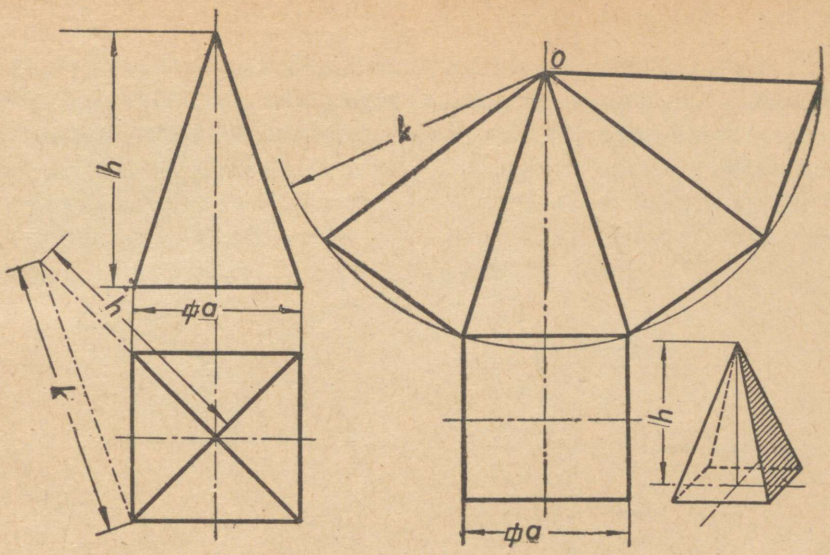
Kui selle järel paberile joonestatud tahke omavahel nende servade liitjoonte järgi kokku murda, siis saame uuesti risttahuka.



Joon. 135.

Sellest selgub, et risttahuka pinnalaotus koosneb ristkülikutest, millede pikkus võrdub risttahuka kõrgusega ja laius risttahuka külgede laiusega, ja kahest põhjasuurusest ristkülikust.

b. Püramiidi pinnalaotus. Püramiidi pinnalaotuse leidmiseks on vajalik kujutada kaar, mille raadiuseks on püramiidi serva loomulik pikkus k (joon. 136). Kujutatud kaarele tuleb asetada 4 korda püramiidi põhja serva pikkus a. Ühendades saadud punktid keskpunktiga, saame püramiidi külgede pinnalaotuse. Ühele servale joonisel 136 näidatud võttel külge joonestades püramiidi põhja (ruut), saame püramiidi pinnalaotuse.

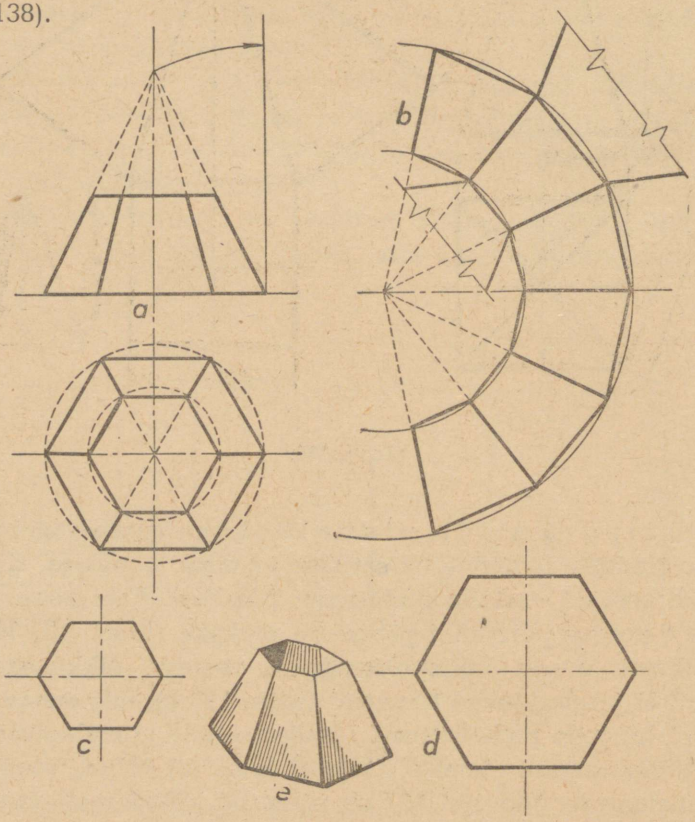


Joon. 136.

c. T ü v i p ü r a m i i d i p i n n a l a o t u s. Tüvipüramiidi (joon. 137) pinnalaotuse leidmine on sarnane eelmise joonisega. Kujutame püramiidi servale vastava pikkusega (raadius) kaarjoone, millele asetame 6-kordse püramiidi põhiserva pikkuse (joon. 137 b). Selle järel lõikame kuuest küljekolmnurgast vastava pikkusega otsad maha, nii et järele jäävad trapetsid (joon. 137 b), mis annavad tüvipüramiidi külgede pinnalaotuse. Lisades sellele pinnalaotusele veel juurde tüvipüramiidi ülemise (c) ja alumise (d) põhja, saame täieliku pinnalaotuse. Joonisel 137 on näidatud külgpinnale külgeliidetud ülemine ja alumine tüvipüramiidi põhi katkestatud kujul.

d. T ü v i k o o n u s e p i n n a l a o t u s. Kui tüvikoonusel külgpind moodustaja sihis lahti lõigata ja tasapinnale laotada, siis saame ühe kaartrapetsi, mille kõrgus võrdub tüvikoonuse moodustaja pikkusega ja mille kaarte pikkused võrduvad kummagi põhja ümbermõõdu pikkusega (joon. 138). Kui sellele veel juurde lisada tüvikoonuse ülemine ja alumine põhi, siis saame täieliku tüvikoonuse pinnalaotuse, mille joonestamine on sarnane tüvipüramiidi pinnalaotuse leidmisega.

Et leida tüvikoonuse alusserva ligikaudset pikkust, selleks tuleb koonuse põhi jagada paljudeks võrdseteks osadeks, näit. 16-ks osaks ja kanda need võrdsed osad pinnalaotuse kaare alusservale (joon. 138).



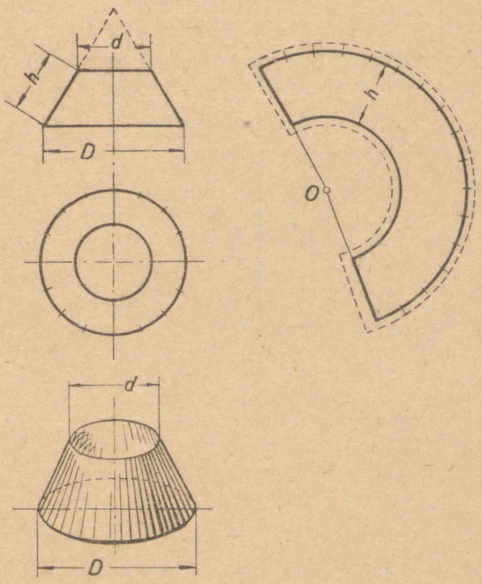
Joon. 137.

7. Kehade läbitungimised.

Praktikas esinevad sageli kehad, mis saadakse kahe või enama meie poolt varem tundmaõpitud kehade liitumisel (veduri korstna ühendus katlaga jne.). Et osata õigesti joonestada nende valmistamiseks vajalikke pinnalaotusi, on tarvilik õppida tundma nn. kehade läbitungimisi.

Joonis 139 kujutab kahe tahkudest moodustatud keha läbitungimist teineteisest. Nagu joonisel 139 näha, on üks risttahukas teisest 90° nurga all läbi tunginud. Risttahukas ABCD omab püst- ja risttahukas 1234 rõhtasendit. Nii läbitungimise kui ka pinnalaotuse kujutamise võtted on näidatud joonisel vastavate tähiste kaudu.

Pöördkehade läbitungimisel moodustuvad üldjuhul kõverjoonelised läbitungimise piirjooned (lõikejooned).

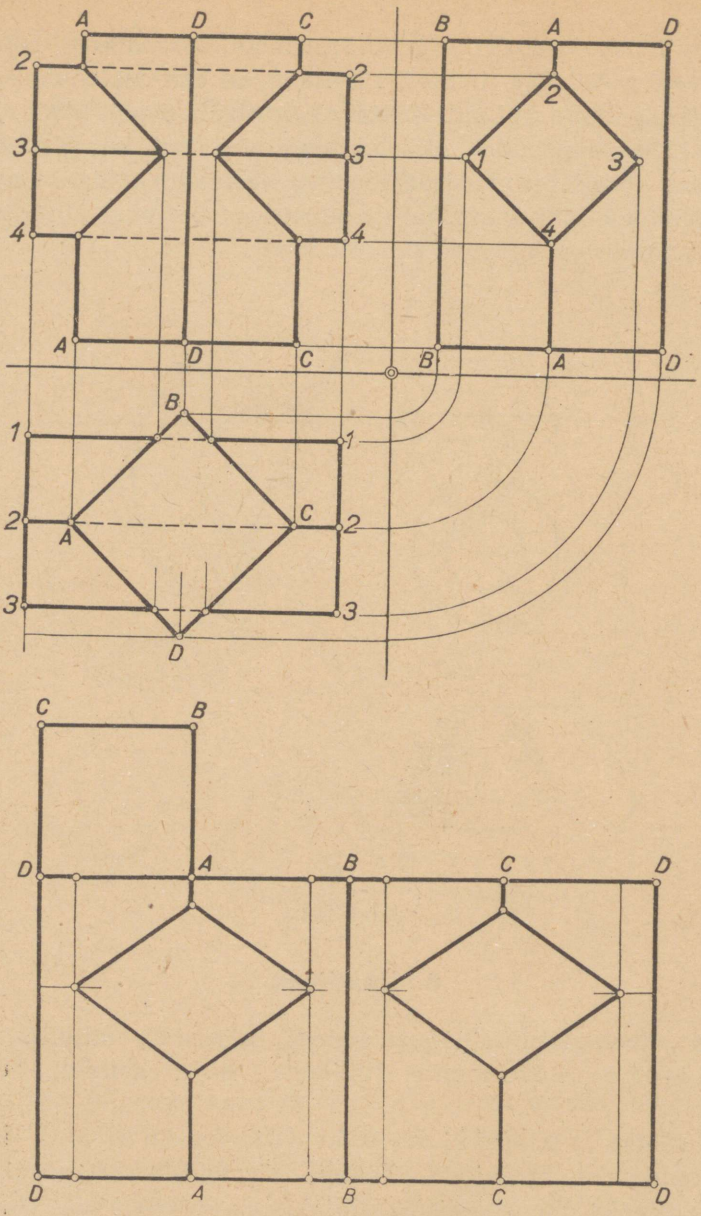


Joon. 138.

8. Kruvijoon.

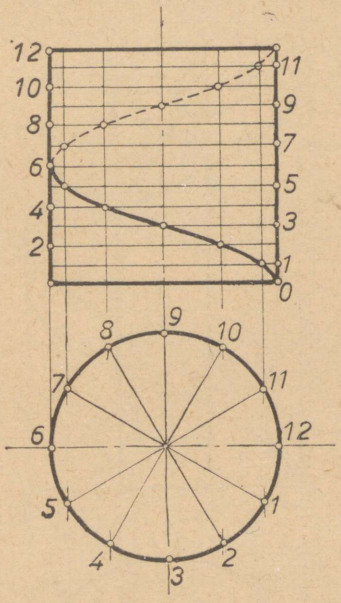
Osas „Geomeetriline joonestamine" tutvusime mitmete tasapinnaliste kõverjoonte liikidega, nagu spiraal, evolvent, ellips jt.

Ühe tähtsa ruumilise kõverjoonena leiab tehnikas laia rakendamist kruvijoon, millega järgnevas tutvumegi, kuna alustega selleks oleme senisest projektsioonjoonestamise osast juba tuttavad.

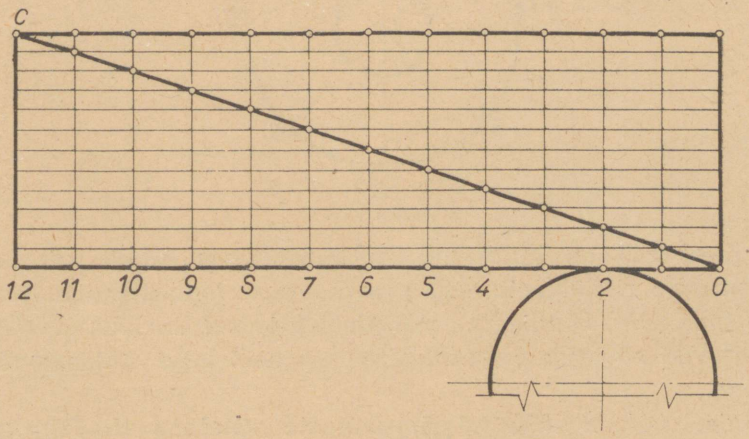


Joon. 139.

Kruvijoon on säärane silindri pinnal asetsev kõverjoon, mis silindri külgpinna laotamisel tasapinnale esineb sirgena (joon. 140).



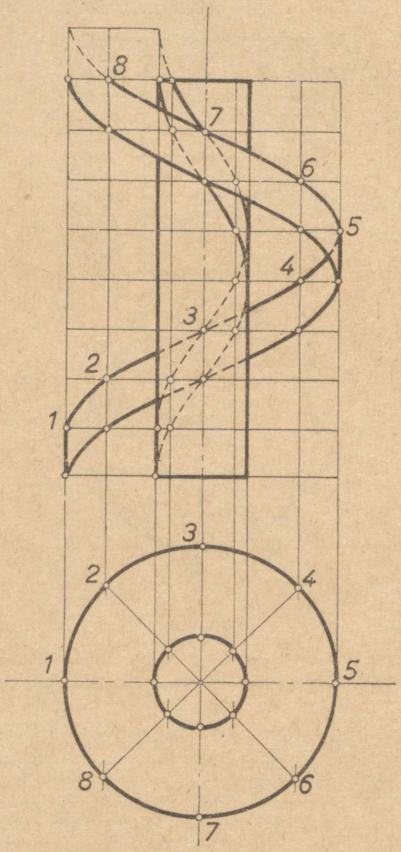
Joon. 140.



Joon. 141.

Joonisel 141 on kujutatud kruvijoon „lahtikerituna". Siin OC on kruvijoon ühe käigu (ringi) ulatuses ja 12C — kruvijoone tõus.

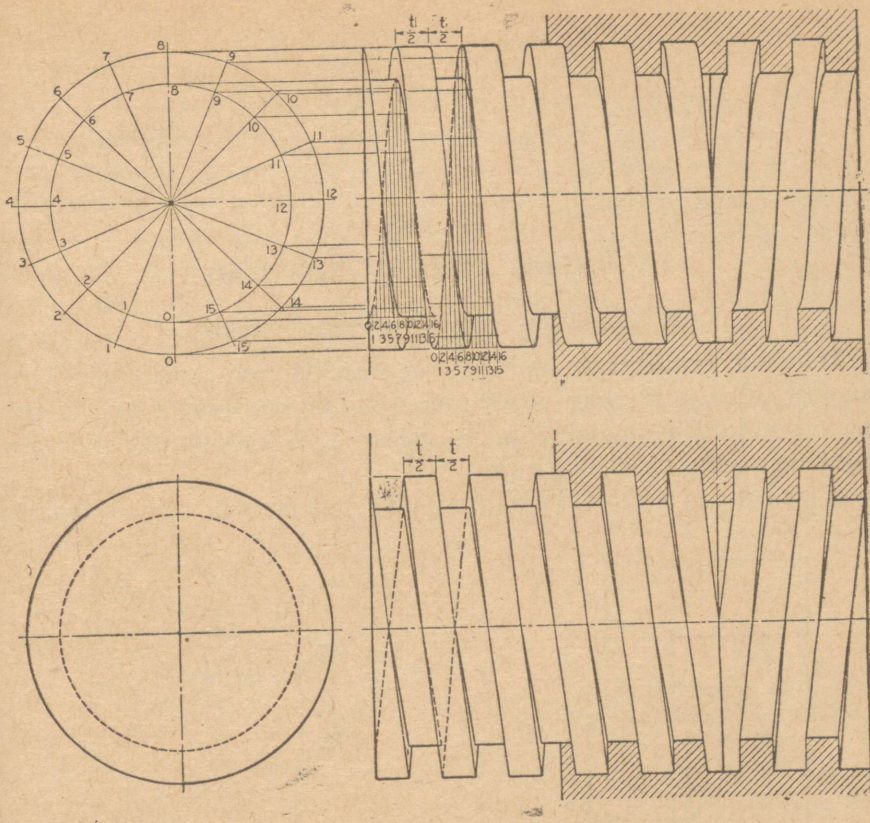
Joonis 142 kujutab kahekordseid kruvijooni.



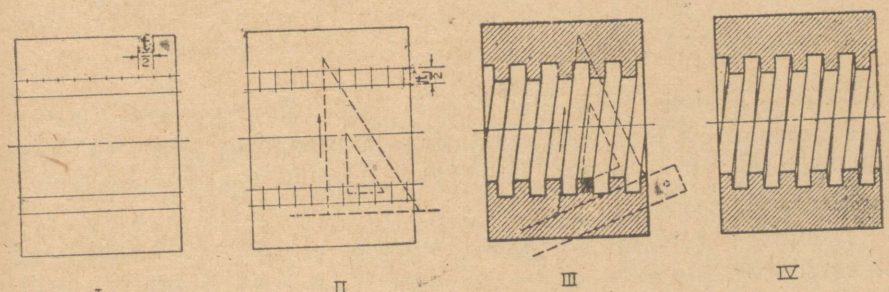
Joon. 142.

Joonisel 143 on kujutatud masinaehituses sageli kasutatava ruudukujulise ristlõikepinnaga kruvikeerme joonestamine (vt. ka hiljem joon. 270, ruutkeere). Alumisel joonisel on lekaali kasutamist vajavad kõverjooned asendatud joonestamise lihtsustamiseks sirgetega.

Joonisel 144 on näidatud järjestikuste võtetena (I—IV) kruvikeerme joonestamiskäik.



Joon. 143.



Joon. 144.

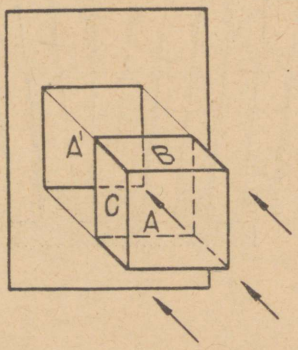
IV peatükk.

AKSONOMEETRILISED JOONISED.

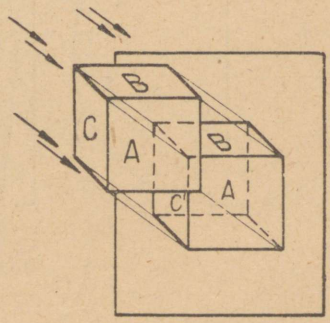
1. Aksonomeetriliste jooniste mõiste.

Eelmises peatükis vaadeldud ristprojektsiooni kasutamisel on esemest selge ja täieliku ettekujutuse saamiseks vajalik hea ruumilise ettekujutuse omamine, s. t. oskus projektsioonide abil ette kujutada eseme tegelikku kuju.

Aksonomeetriline joonis võimaldab ilma raskus-



Joon. 145.



Joon. 146.

teta saada esemest juba ühel vaatel hea ruumilise ettekujutuse. Aksonomeetrilisi jooniseid kasutasime juba eelmises peatükis (joon. 100, 102, 104, 107, 114, 116, 123, 126, 127), nüüd aga tutvume nende kujutamisvõtetega.

Asetame kuubi projektsioonitasapinna ette nii, et kuubi külg oleks rööpne projektsioonitasapinnaga (joon. 145). Juhtides projitseerivad kiired risti projektsioonitasapinnale, saame kuubi kujutu-

sena sel tasapinnal ruudu. Niisugune projitseerimine on meile tuttav juba eelmisest peatükist ristprojektsiooni nime all.

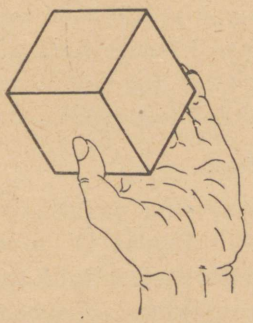
Et saada aga kuubist õiget r u u m i l i s t ettekujutust, võime, jättes muutmata projektsioonitasapinna asendi, kas

1) muuta projitseerivate kiirte suunda (joon. 146) või

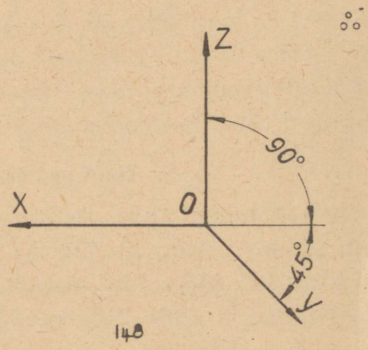
2) muuta eseme asendit projektsioonitasapinna suhtes (joon. 147), teda pöörata ümber püsttelje ja ühtlasi ka kallutada ette- või tahapoole.

Esimesel juhul oleme üle läinud kaldprojektsiooni kasutamisele, kuna teisel juhul on projektsiooni liik jäänud endiseks (ristprojektsioon).

Kui vaadelda mitmeid meile tuntud kehi (kuup, risttahukas jne.), siis paljudel juhtudel võime tähele panna nendes teatud ühtsust:



Joon. 147.



148

Joon. 148.

nende üks põhimõõde asub püstsuunas, teine rõhtsuunas, kuna kolmas suundub eest tahapoole. Neid põhisuundi võime kujutada telgedena (koordinaattelgedena), mis väljuvad ühisest keskpunktist. Aksonomeetriliste jooniste valmistamise aluseks ongi valitud mõni niisugune koordinaatteljestik, ning kujutatava eseme peamõõdete suunad kujutatakse rööpsetena nendele telgedele. Seega tuleb aksonomeetriliste jooniste valmistamiseks teostada koordinaattelgede suuna valik. Esemete peamõõted kantakse siis esemete kujutamisel rööpselt telgedele.

Sagedamini kasutatakse kaldprojektsioonidest frontaalprojekt-

siooni ja ristprojektsioonidest isomeetrilist projektsiooni. Nendega alljärgnevalt tutvumegi.

2. Frontaalprojektsioon.

Kasutades kaldprojektsiooni ja asetades eseme nii, et tema esikülg (front) on rööpne projektsioonitasapinnaga, saame projektsiooni liigi, mida nimetatakse *frontaalprojektsiooniks*.

Sobivaim eseme kujutusviis frontaalprojektsioonis on selline, kus telg OY moodustab rõhtteljega OX 45°-lise nurga (joon. 148). Mõõted, mis on rööpsed telgedele OX ja OZ, kantakse joonisele loomulikus suuruses, kuna telje OY suunas kaks korda vähendatult (mõõdete suhtelise vähenemise piki telge märgime sel puhul avaldisega 1 : 1 : 0,5). Niisugust projektsiooni, kus mõõdete muutumine kahe telje suunas on võrdne, nimetatakse ka *dimeetriliseks projektsiooniks*.

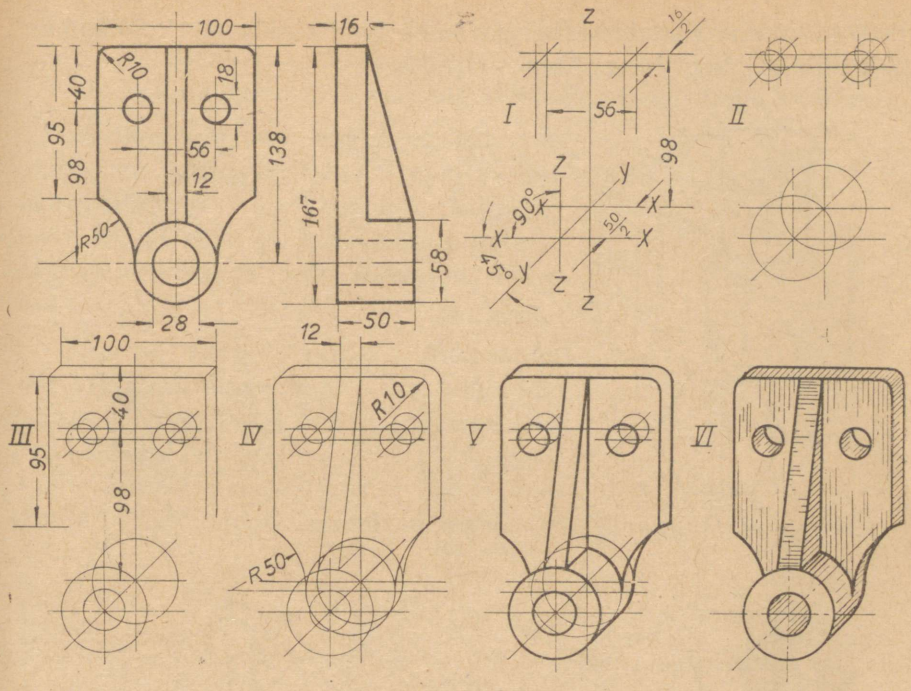
Sageli kasutatakse ka frontaalprojektsioone, kus telg OY moodustab rõhtteljega nurga 30° ja mõõted kantakse kõige kolme telje sihis loomulikus suuruses. Need moodused annavad aga eseme loomulikust kujust halvema ettekujutuse kui ülalkäsitatud võte.

3. Isomeetriline ristprojektsioon.

Aksonomeetrilistest ristprojektsioonidest vaatleme ainult ühte juhtu, nimelt niisugust, kus kujutatava keha kallutamise ja pööramise tõttu (vt. joon. 147) peamõõted vähenevad võrdselt kõigi kolme koordinaattelje sihis. Sellest on tuletatud ka projektsiooni nimetus — *isomeetriline* — võrdmõõduline. Sel puhul moodustavad teljed omavahel nurgad 120° ja eseme mõõted tuleksid kanda telgede suunas vähendatult 0,82 korda (0,82 : 0,82 : 0,82). Seda mõõdete vähendamist aga sageli praktikas ei kasutata, kuna mõõdete ümberarvutamine on tülikas. Selle asemel kantakse enamikul juhtudel piki telgi tegelikud mõõted (1 : 1 : 1), mille tõttu saame küll suurendatud kujutise, kuid aksonomeetriline joonis oma jõus midagi ei kaota.

4. Aksonomeetriliste jooniste valmistamine.

Joonisel 149 on näidatud aksonomeetrilise joonise valmistamine frontaalprojektsioonis järjestikuste võtete abil. Valmistamise käik on küllalt lihtne, mistõttu erilised seletused on üleliigsed.



Joon. 149.

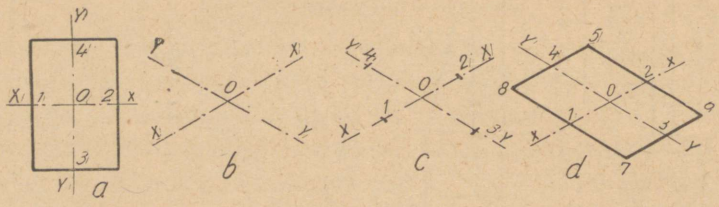
Kuna isomeetrilise projektsiooni valmistamine on keerukam eelkäsitatud frontaalprojektsioonist, siis tutvume näidete abil temaga lähemalt.

Joonis 150 näitab ristküliku aksonomeetrilise joonise valmistamise võtteid. Esimese võttena kujutame teljed X ja Y (kolmas — Z — puudub, kuna ristkülikul puudub kolmas mõõde — kõrgus). Teise võttena märgime telgedele ristküliku pikkuse ja laiuse loomulikus suuruses (1 : 1). Ühendades märgitud punktid rööpjoonte abil, saamegi aksonomeetrilise joonise.

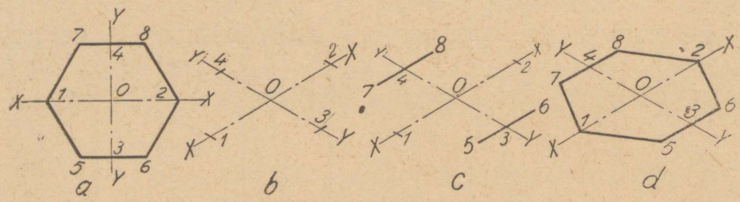
Joonised 151 ja 152 kujutavad veidi keerukamate tasapinnaliste kujundite joonestamist. Järjestikused võtted on täiesti sarnased eelmistega.

Joonisel 153 on toodud aksonomeetrilise joonisena risttahuka isomeetriline projektsioon. Põhjade joonestamine on käsitatud joo-

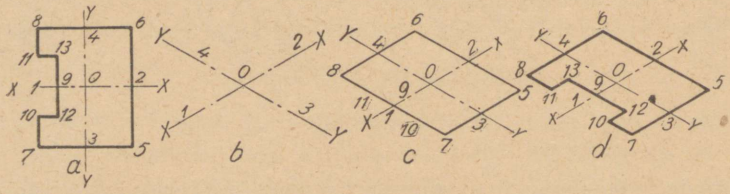
nisel 150, kuna risttahuka kõrgus tuleb kanda rööpselt kolmandale (Z-) teljele jällegi loomulikus suuruses.



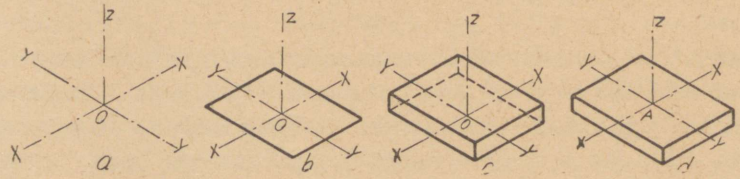
Joon. 150.



Joon. 151.



Joon. 152.

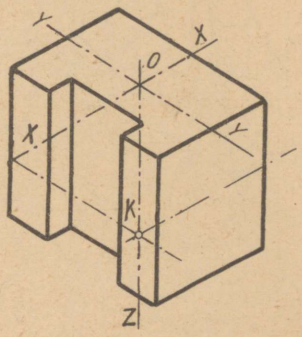


Joon. 153.

Joonis 154 kujutab keha, mille põhjapinnad on sarnased joonisel 152 kujutatuga. Keha kõrgus on OK. Sellele vastavas pikkuses tuleb igast pinnakujundi tipust alla lasta püstsirglõigud, mille alumisi punkte omavahel ühendades saamegi antud keha isomeetrilise projektsiooni.

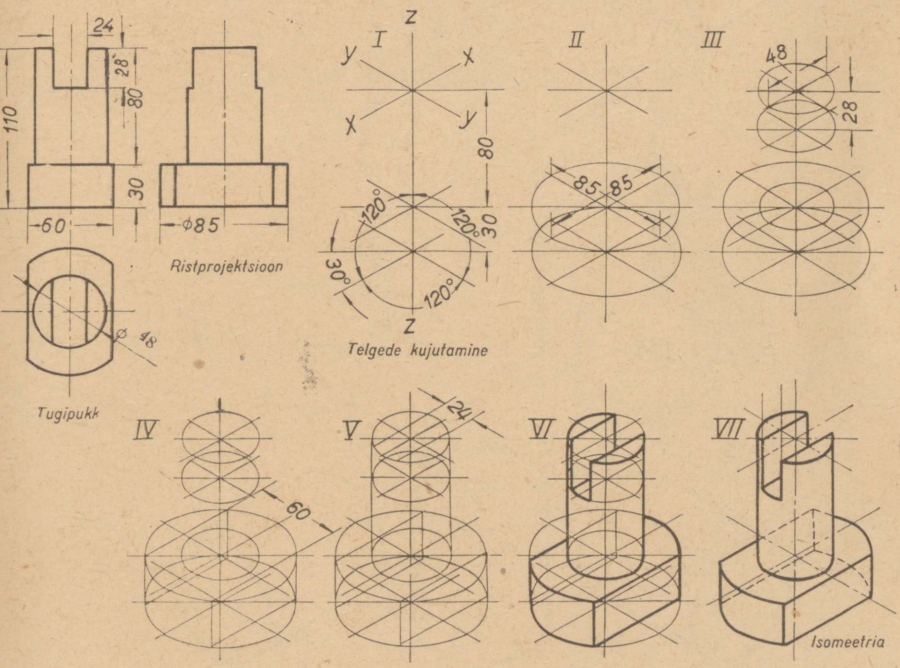
Joonisel 155 on näidatud järjestikune tugipuki isomeetrilise joonise valmistamine ristprojektsiooni järgi. Järgmistel joonistel 156—159 on näidatud veel mitmete kehade isomeetrilised joonised.

Joonisel 160 on toodud veel rida isomeetrilisi jooniseid, kus joonestamise hõlbustamiseks on kasutatud risttahukaid. Kahel alumisel kujutisel on parema selguse saamiseks seib näidatud lõigatuna.

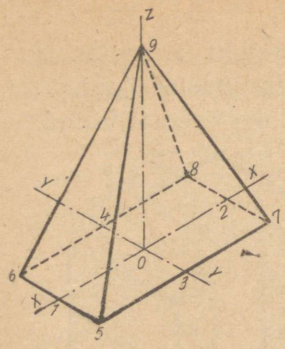


Joon. 154.

Joonisel 161 on kujutatud isomeetrilises projektsioonis kuup, mille tahkudele on sisse joonestatud ringjooned. Ringjooned kujunduvad projektsioonis ellipsitena. Kuna ellipsi joonestamine on aeganõudev, võib ellipsi asendada tema lähiskõveraga — pikersõõ-

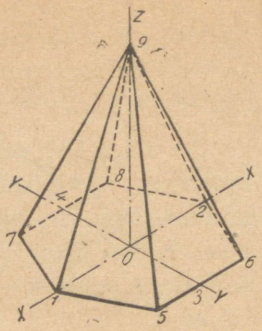


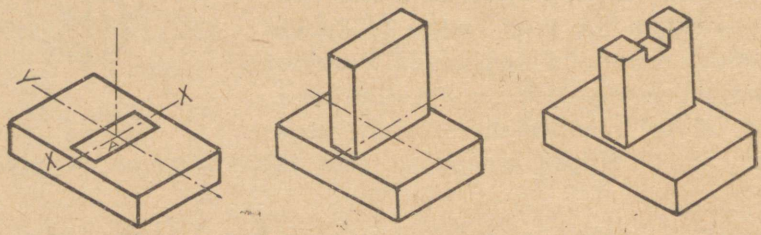
Joon. 155.



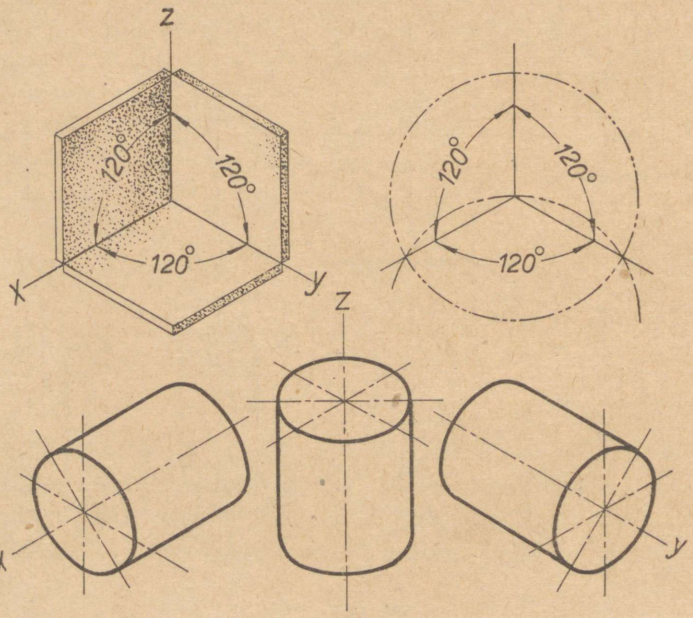
Joon. 156. Isomeetriline ristprojektsioon neljatahulisest püramiidist.

Joon. 157. Isomeetriline ristprojektsioon kuuetahulisest püramiidist.



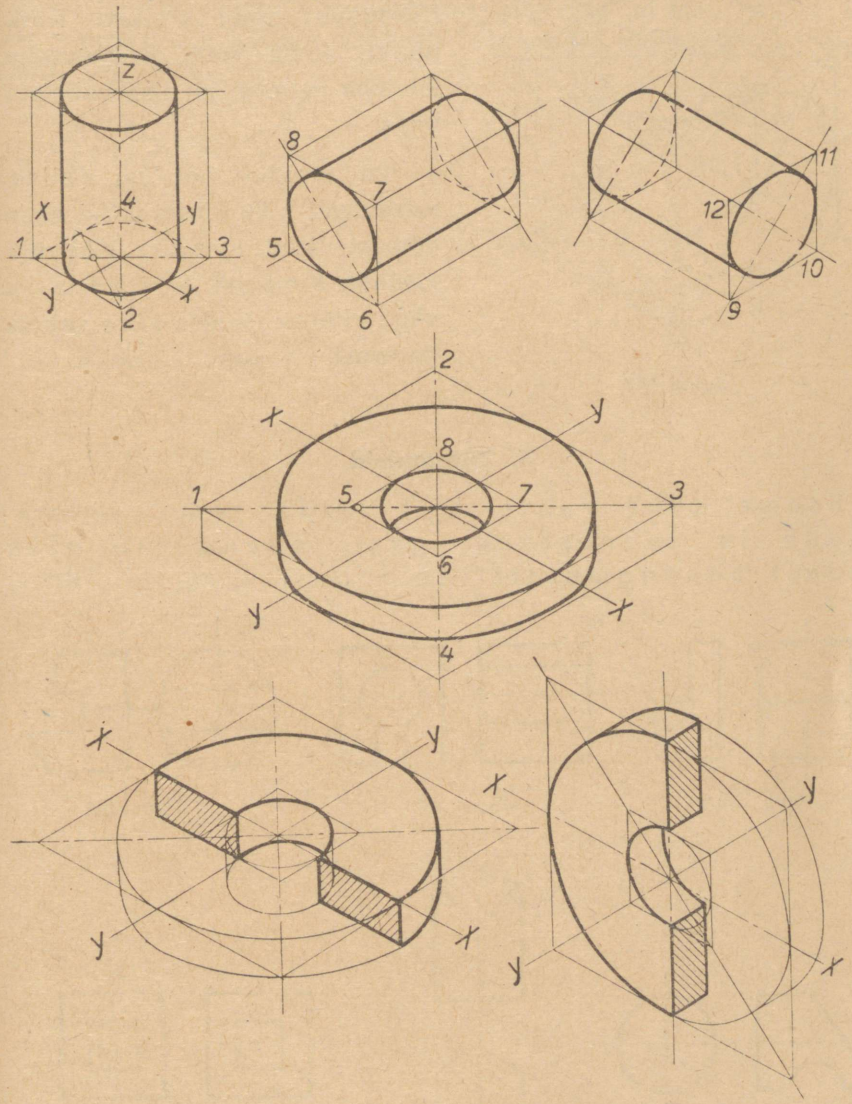


Joon. 158. Isomeetriline projektsioon kahest esemest.

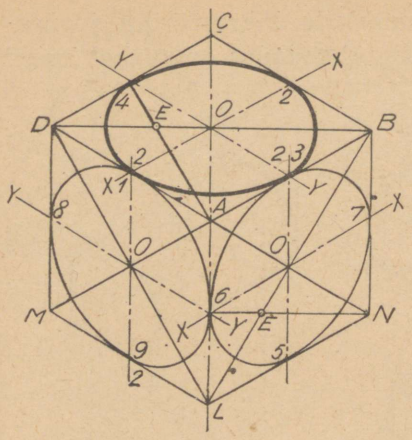


Joon. 159. Silindriliste kehade isomeetriline projektsioon.

rikuga, mida on võimalik sirkliga joonestada. Pikersõõriku joonestamiseks vajalikud keskpunktid leiame ühendades omavahel kuubi



Joon. 160.



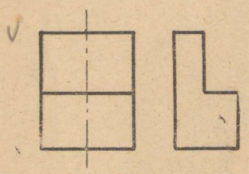
Joon. 161.

tahu punktid A ja 4, kusjuures diagonaali DB ja sirglõigu A4 lõikepunkt ongi otsitav keskpunkt. Sama võtet on kasutatud ka juba eelmise joonise valmistamisel.

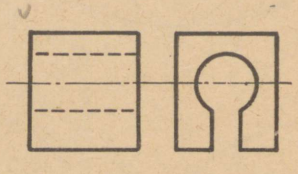
On soovitav, et iga õpilane iseseisvalt kõik siinesitatud aksonomeetrilised joonised läbi joonestaks, kuna siin harjutamine on väga oluline joonise kiire valmistamisoskuse omandamiseks.

5. Ülesandeid.

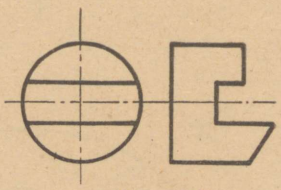
Eseme kahe vaate abil leida tema kolmas vaade ja joonestada igast lahendatud ülesandest aksonomeetriline joonis (joon. 162—167).



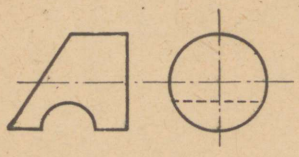
Joon. 162.



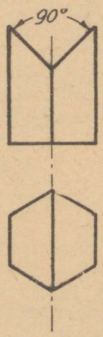
Joon. 163.



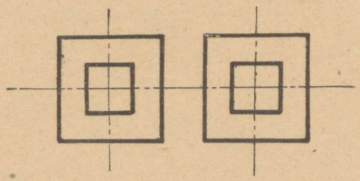
Joon. 164.



Joon. 165.



Joon. 166.



Joon. 167.

Need ülesanded on eriti huvitavad ja nende lahendamine nõuab järelemõtlemist. Kui lahendamine tekitab raskusi, siis valmistada endale puidust mudelid, mis märksa kergendavad lahendamist. Erilist tähelepanu juhtida vaadete suundade kindlaksmääramisele (joon. 109—112).

V peatükk.

TEHNILINE JOONESTAMINE.

1. Jooned tehnilises joonestamises.

Tehnilises joonestamises kasutatakse järgmisi jooni:

P i d e v a t e t ä i s j o o n t e g a kujutatakse eseme nähtavad kontuurid. Nende paksus valitakse kooskõlas joonise ja eseme suurusega, tavaliselt 1 mm.

K r i i p s j o o n t e g a näidatakse eseme nägematud kontuurid. Nende jämedus on pool nähtava kontuurjoone jämedusest. Kriipsude vahed on 1—2 mm. Kriipsu pikkus on tavaliselt 4—8 mm.

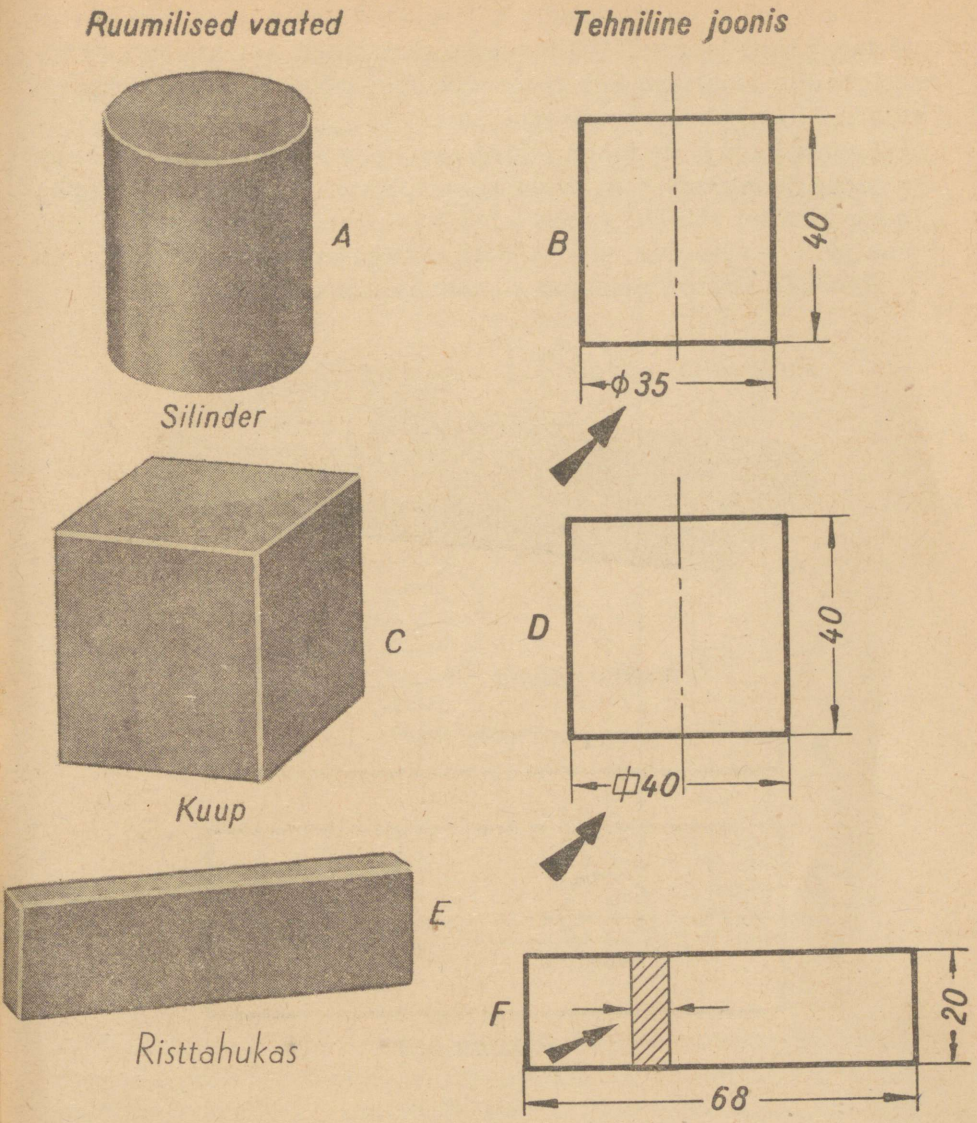
K r i i p s p u n k t j o o n t e g a tähistatakse eseme sümmeetriateljed kui ka teoreetilised jooned: sümmeetriateljed pika kriipsuga ja teoreetilised jooned lühikese kriipsuga. Nende jämedus on veerand kuni ⅓ täisjoone jämedusest.

P i d e v a t e p e e n j o o n t e g a antakse eseme mõõdete ulatused ja distantsjooned, samuti viirutusjooned. Nende jämedus ≈ ¼ nähtava kontuurjoone jämedusest. Ühelgi juhul ei tohi mõõtjooned ja distantsjooned muutuda segavaiks eseme kontuuride jälgimisele (vt. joon. 113).

V a b a k ä e j o o n t kasutatakse murdejoonena detailide murdekohtade tähistamiseks. Tema jämedus on pool nähtava kontuurjoone jämedusest.

2. Ruumilised vaated ja tehniline joonestamine.

Et piltlikumalt selgitada tehnilise joonise tähendust ja kujutamise viisi, on toodud joonised 168 ja 169, kus samad esemed on kujutatud kõrvuti ruumiliste vaadetena ja tehniliste joonistena (Vaated, lk. 66).

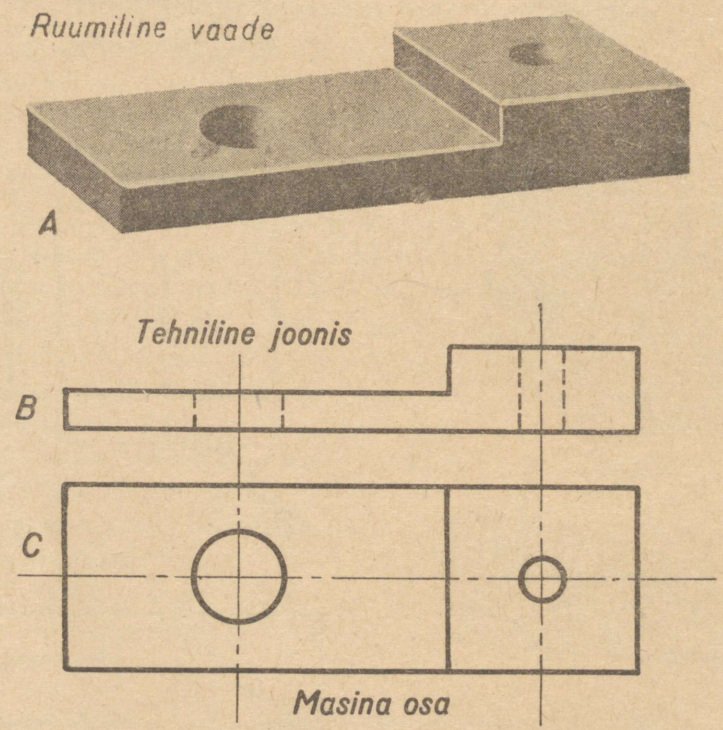

Ruumilised vaated
Tehniline joonis
A
Silinder
B
40
ϕ35
C
Kuup
D
40
□40
E
Risttahukas
F
20
68

Joon. 168.

Joonis 168 A kujutab silindrit, nagu meie teda ruumilises vaates näeme. Samal joonisel 168 B näeme ristkülikut, mis kujutab silindrit tehnilise joonisena ühe vaate abil ühes mõõdete asetamisega ja silindri läbimõõdu leppemärgiga ∅.

Joonisel 168 C on toodud kuup ruumilise vaatena ja D — kuup tehnilise joonisena, kus kuubi serva pikkus on antud erimärgiga (nagu joonisel 168 D), joonisel 168 E — risttahukas ruumilise vaatena ja F — ristkülik, mis kujutab risttahukat tehnilise joonisena.

Ristlõike abil on näidatud risttahuka kolmas mõõde.

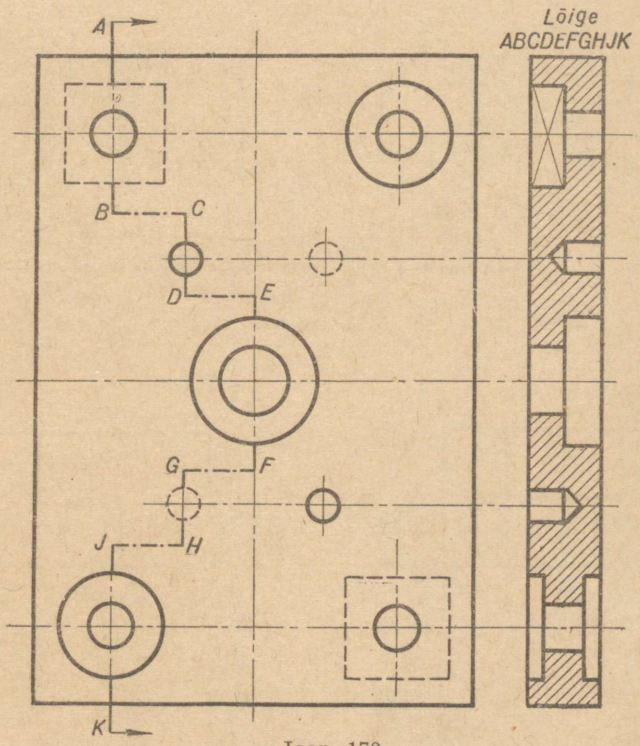


Joon. 169.

Joonisel 169 A on toodud ruumiline vaade masina osast ja B ning C — tehniline joonis samast kahes vaates.

3. Vaated ja lõiked.

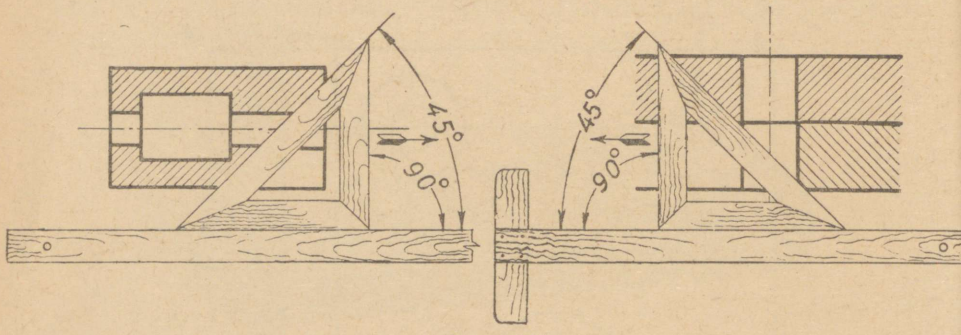
Lihtsamate esemete kujutamisel on sageli piisav kujutada neid ainult vaates (vt. Vaated, lk. 66). Väga palju on aga selliseid esemeid, mille mõned osad või vormid on varjatult teiste osade taga. Esemest selgema kujutluse saamiseks osutub siis vajalikuks teoreetiliste (kujuteldavate) lõigete tegemine. Seejuures esitatakse lõiga-



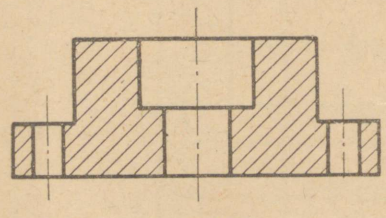
Joon. 170.

tud pind joonisel vaates, ning neid kohti on seega võimalik joonisel kujutada pideva täisjoonega. Lõiked tehakse enamikus läbi sümmeetriatelgede. Kui erandjuhul on tarvis teha lõige mujalt, siis tähistatakse see joonisel 170 näidatud võttel jämedate kriips-punktjoontega (lõikejoon), ja sageli lõikepinna vaate suund tähistatakse noolekestega (joon. 170). Kui eseme joonisel on tarvilik näidata eri

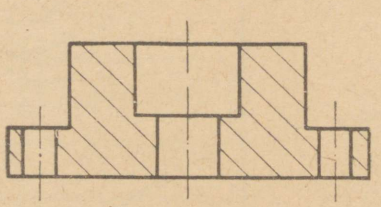
kohti erinevais lõikepindades ja kui lõiketee pole kergesti arusaadav, siis tähistatakse lõiketee suurte tähtedega (joon. 170). Teoreetiliste lõikepindade eraldamiseks viirutatakse need kaldjoontega 45° all. Viirutusjoonte paksus on võrdne mõõtjoonte paksusega (joon. 69, 113). Joonis 171 kujutab viirutise joonestamist 45° nurga all rööpjoonlaua ja 45°-lise kolmnurga abil, kallakuga vasakule ja paremale poole.



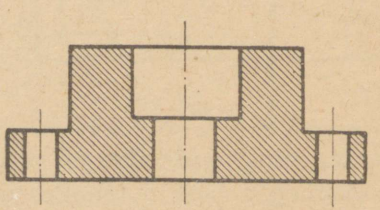
Joon. 171.



Joon. 172.



Joon. 173.

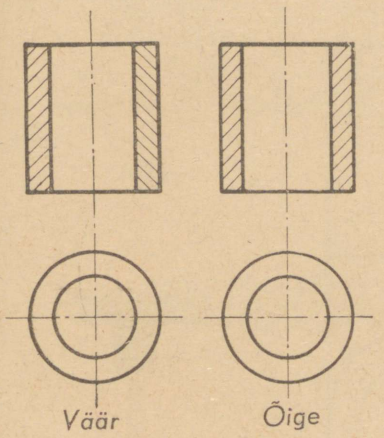


Joon. 174.

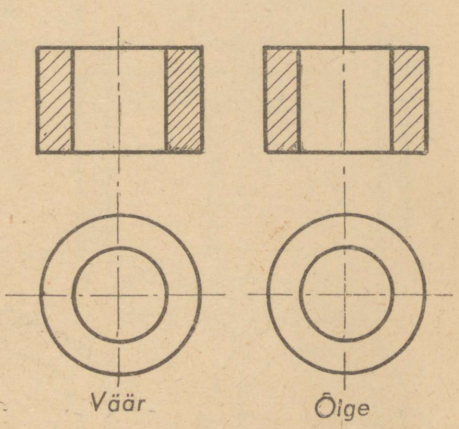
Viirutise tihedus peab olema kooskõlas joonise suurusega. Tavaliselt võetakse see 1—5 mm vahel (joon. 172).

Näitena on toodud 3 juhtu, kus võrreldes eseme suurusega, esimesel (joon. 172) on õige tihedusega viirutis, teisel (joon. 173) liiga hõre ja kolmandal liiga tihe viirutis (joon. 174).

Juhul, kui ühest ja samast osast satuvad lõikesse mitu eraldi asuvat lõikes esinevat pinda, siis viirutatakse nad ühesuunaliselt ja -tihedalt (joon. 175, 176, mis kujutavad toru).

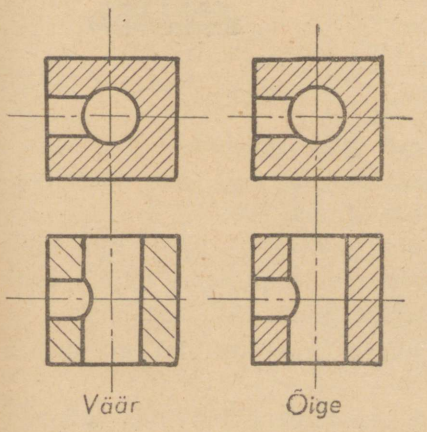


Joon. 175.

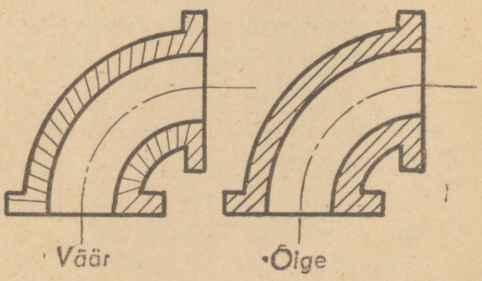


Joon. 176.

Kui ühest esemest on esitatud lõikes mitu projektsiooni, siis tuleb kõik projektsioonid viirutada ühesuunaliselt ja ühtlase tihedusega (joon. 177).



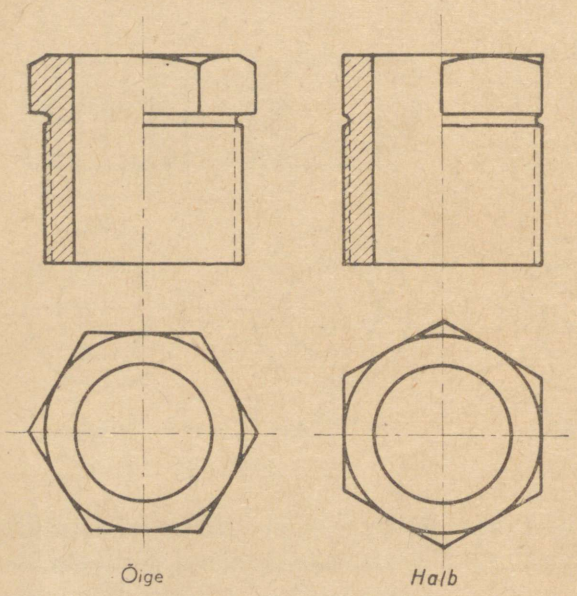
Joon. 177.



Joon. 178.

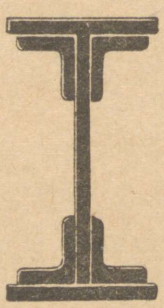
Kui viirutusjoonte suund langeb mõlemas võimalikus suunas kokku eseme piirjoonte suunaga (eseme piirjooned asuvad 45° all), siis tuleb muuta viirutise kallet ja kasutada viirutist 30° või 60°-se nurga all.

Ka pole lubatav kõverate piirjoontega eseme lõikepinnal viirutise kord alatud suunda muuta (joon. 178).



Joon. 179.

Lõigatud kuuetahuline ese joonestatakse harilikult nii, et vaatesse satub kolm tahku (joon. 179).



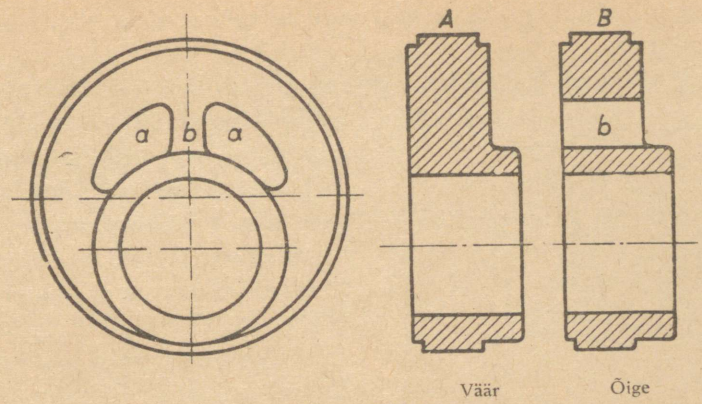
Joon. 180.

Väga kitsad lõikepinnad värvitakse üleni mustaks. Kui sellised kaks värvitud ristlõikes pinda satuvad kõrvuti, siis jäetakse nende vahele valge joon vasakule ja üles (joon. 180).

Võlle, polte, kruvisid, kodaraid, neete jne. ei viirutata, kui nad satuvad lõikesse nii, et lõikepind läbib nende pikema telje. Nad joonestatakse nii, nagu oleksid nad vaates (joon. 181, 182).

Kui lõikepind on rööpne ribi külgpindadega, siis ribi ei viirutata.

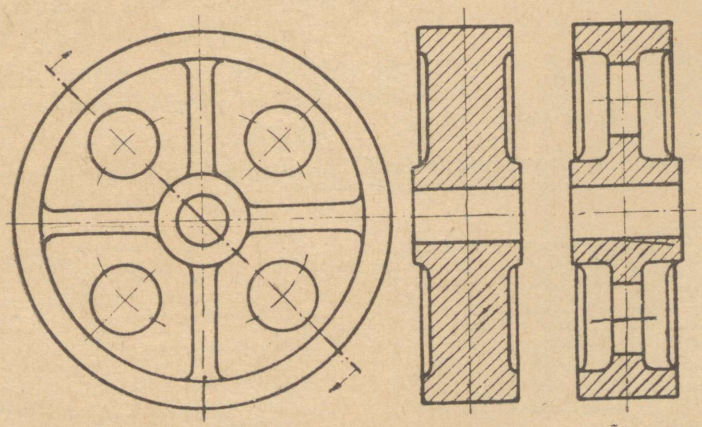
Joonistel 181 ja 183 on näidatud ekstsentrik ja ratas lõikes. Kodar joonestatakse vaates.



Joon. 181.



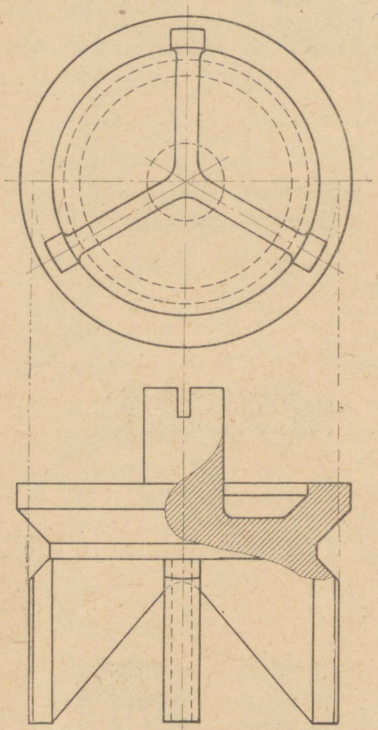
Joon. 182.



Joon. 183.

Klapp näidatakse lõikes nii, nagu ta on joonisel 184. Klapi juhtribi ei lõigata.

On juhtumeid, kus lõike viimine eseme lõpuni ei too enam uut esile. Joonisel 185 toodud näite puhul on otstarbekohane lõige katkestada, sest siis on näha ka osa eseme väliskujust.

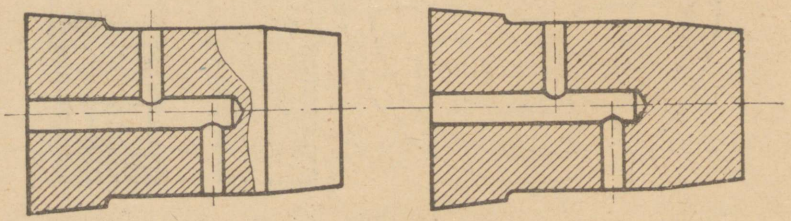


Joon. 184.

Materjalide märkimine nende läbilõikes (ГОСТ 3455-46).

Eelmistes joonistes on esemete lõiked näidatud peente viirutusjoontega.

ГОСТ 3455-46 määrab materjalide märkimiseks vastavad viirutusjooned. Tundes nende viirutusjoonte tähendust, võib joonisele vaadates öelda, mis materjalist eset ja selle üksikuid osi tuleb valmistada. Eseme lõigetele vaadates võime näiteks kohe öelda, missuguseid osi tuleb valmistada metallist. Kuna metalle on väga mitmesuguseid ja kõigi jaoks on võimata erilisi viirutusjooni määrata, siis tuleb metallide sortide märkimisel abiks võtta veel metallide nimede juurdekirjutamist joonise all, tükitabeli osas.



Joon. 185.

Viirutusjoonte vahede laius on sõltuv joonise suurusest. On joonis suures mõõdus, on joonte vahed laiemad ja ümberpöördult (vt. joon. 172—174). Viirutise kallak võib olla kas paremale või vasakule. Puidu, betooni ja mulla viirutis joonestatakse vaba käega.

Kui kaks või enam läbilõigatud detaili on kujutatud koos, siis joonestatakse viirutis ühel materjalitükil ühtepidi ja teisel teistpidi, või tihendatakse viirutist, nagu näidatud joonistel 273, 274, 308, 355.

Materjalide märkimise seletusi (joon. 186).

1. Metallid: malm, teras, vask, pronks, alumiinium.

2. Vahelepandud või valatud materjal: nahk, kummi, klaas, vilt, papp, fiiber, bakeliit, vulkaniit, paber, kork, tõrvapapp, asbest, kanep, lina jm.

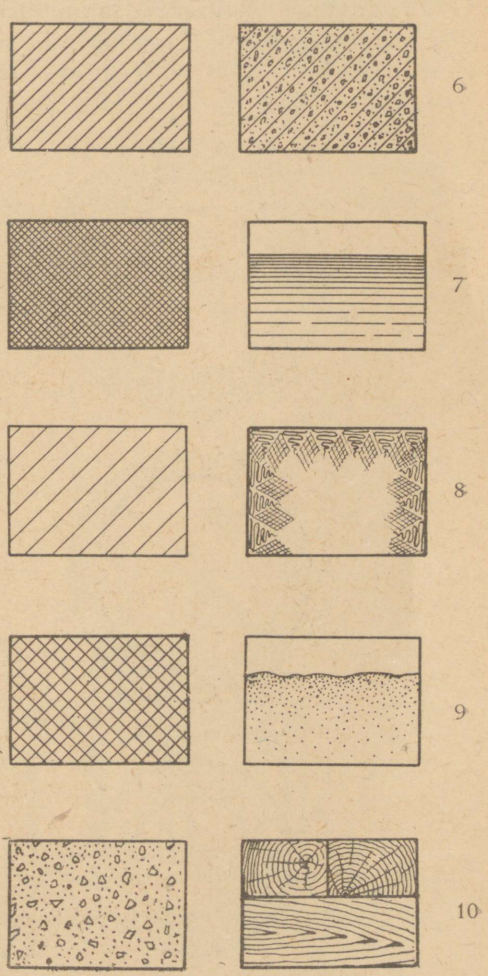
3. Tellis ja masina vundamendid.

4. Tulekindel tellis küttekolletele ja ahjudele.

5. Betoon ilma ümarteraseta ja muud kivi sideained.

6. Terasbetoon.

7. Vesi ja vedelikud.



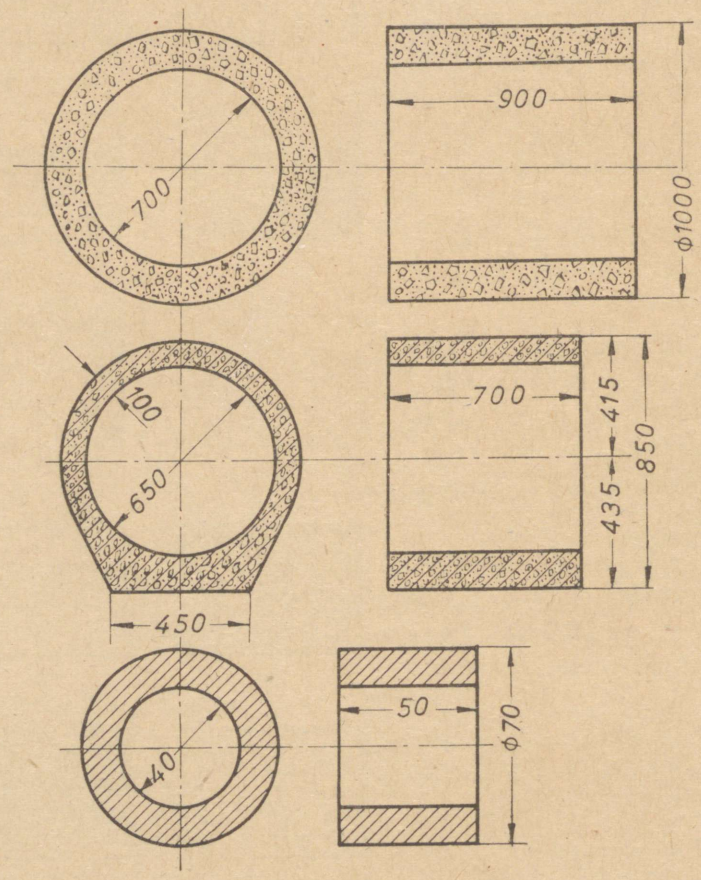
Joon. 186.

8. Maa, muld vundamendi ümbruses, süvendid ja augud maamullas jm.

9. Isolatsioonmaterjalid: muld, liiv, savi, turvas, saepuru jm.

10. Puit, piki- ja ristlõikes.

Näidetena on toodud esemete lõikeid (joon. 187): 1. betoontoru, 2. terasbetoontoru, 3. malmtoru.



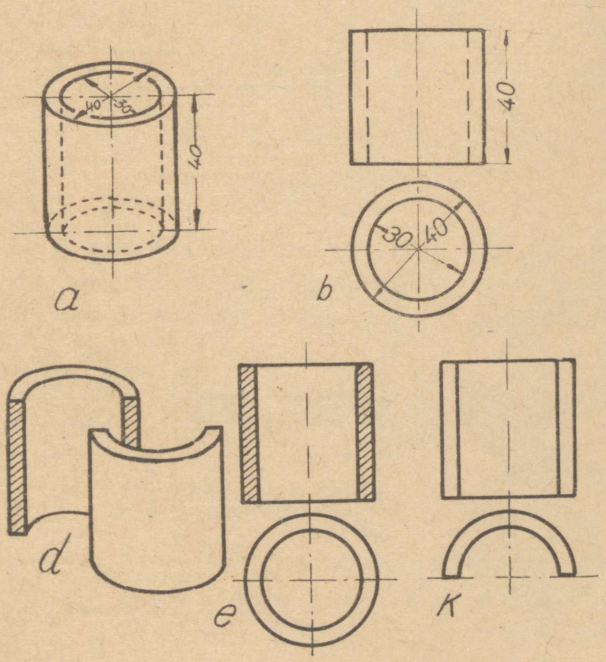
Joon. 187.

4. Lõigete kujundamisest.

Nagu eespool nägime, ei ole küllaldane ega vii igakord sihile, kui näidata joonisel eseme sisemist ehitust kriipsjoonte abil. Lihtsamate esemete korral on see veel ehk kuidagi võimalik, kuid keeruliste masinaosade joonestamisel, kus kriipsjoonte abil tuleks märkida eseme mittenähtavate osade kontuure, ei vii see enam sihile. On olemas väga keerulisi masina siseosi, mida kõiki on täiesti võimata kriipsjoonte abil kätte näidata ja pealegi on neid sageli nii palju, et nad ei võimalda joonisest arusaamist.

Sellepärast tuleb esemete siseosade joonestamisel kasutada sageli lõikeid, mille veelkordseks selgitamiseks vaatleme üksikuid võtteid.

Käesoleval juhul joonestame ümaraid õõneskehi, tehes algust joonisel 188 a kujutatud toru lõikega.



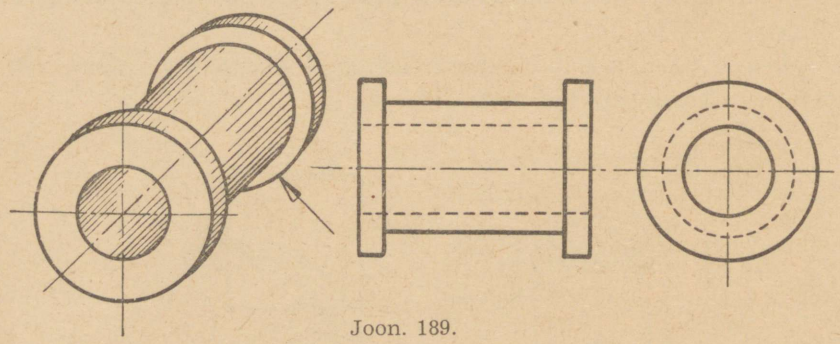
Joon. 188.

Joonisel 188 b on see toru osa näidatud kahes projektsioonis, kusjuures eestvaates on toru sisekontuurid näidatud kriipsjoonega.

Joonisel 188 d esineb poolitatud silindri kaks poolt aksonomeetrilise joonisena.

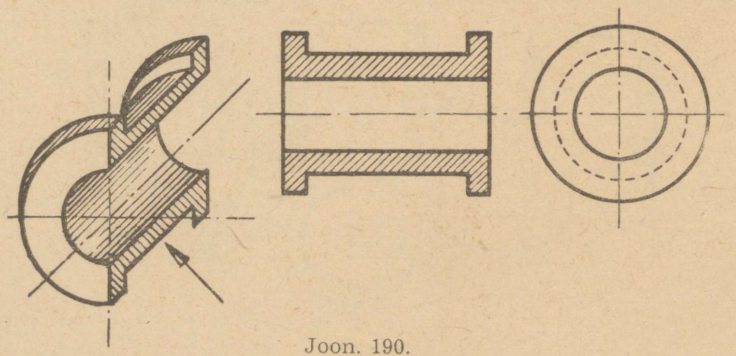
Joonisel 188 e, kus on näidatud kujutatav lõige, tuleb lõikepinnad viirutada; joonisel 188 k ei ole tegemist kujutatava läbilõikega, vaid tõeliselt püstlõikes poolitatud silindriga, viirutist ei tule joonestada.

Joonisel 189 on näidatud õõnessilindri (servadega puks) ristprojektsioon ja aksonomeetriline joonis, kus kriipsjooned ristprojektsiooni mõlemas vaates kujutavad silindri külgi ja paksust.



Joon. 189.

Joonisel 190 on näidatud aksonomeetrilise joonisena puksi (silindri) lõige püsttasapinnaga läbi tema püsttelje. Keskel on joonestatud puksi lõige, mis on saadud tema aksonomeetriliselt jooni-

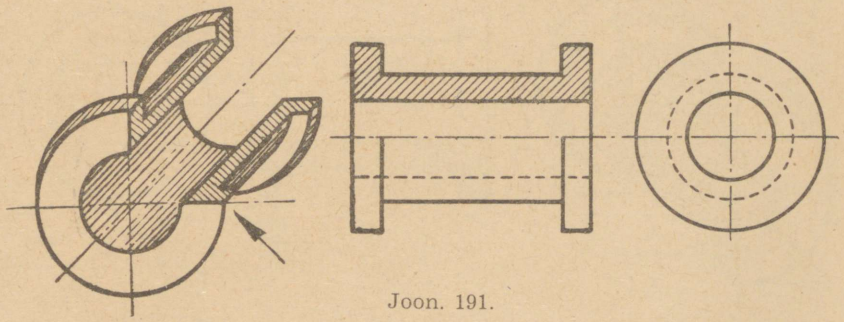


Joon. 190.

selt, sellele noole suunas vaadates. Selle lõikega saime puksist kaks täiesti sümmeetrilist võrdset osa.

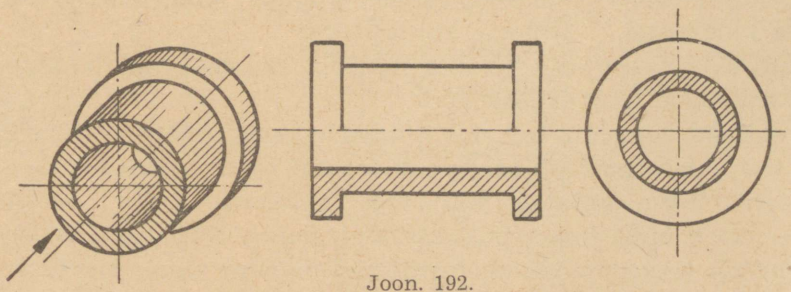
Joonisel 191 on puksist välja lõigatud üks veerandosa, nagu seda selgelt näitab vasakul olev aksonomeetriline joonis. Ristprojektsioonis eestvaates on puksi ülemine pool näidatud lõikes kuni teljeni, kuna teine pool on jäetud lõikamata.

Nagu selgub aksonomeetrilisest joonisest, on see algajale käesoleval juhul väga vajaline joonise kergemaks lugemiseks: kujutatud ristprojektsiooni abil on seda juba veidi raskem lugeda.



Joon. 191.

Joonisel 192 parempoolne osa kujutab puksi püstlõiget, mis on ristne puksi teljega, vasakpoolne aga sama aksonomeetrilise joonisena. Eestvaatele (keskel) nimetatud püstlõige ei mõju, kuid sõltu-

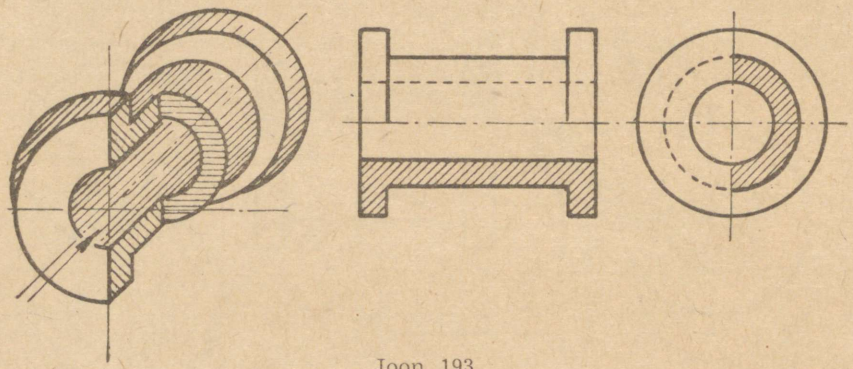


Joon. 192.

matult sellest võib eestvaatel näidata pikutilõiget, nagu on tehtud ka joonisel 191, kus peavaade on antud veerandosa väljalõikega. Niisugust joonise vaadet nimetatakse eest- (pea-) vaateks ühes veerandosa väljalõikega.

Nii on ka joonisel 193 kujutatud eestvaade (keskel) veerandosa väljalõikega, kuna külgvaatest (paremal) on näidatud parem pool lõikes.

Üldiselt peab püüdma tehnilist joonist niimoodi kujundada, et tema vaated ja lõiked annaksid joonestatavast esemest võimalikult selge pildi. Kui lõigetega ja vaadetega seda küllaldaselt ei suudeta teha, tuleb vajaduse korral abiks võtta aksonomeetrilist kujutamist, nagu seda ülalpool nägime.



Joon. 193.

Eelmistel joonistel näitasime lõigete tegemist püstsuunas ülalt kuni joonise alumise servani, kusjuures lõige moodustus eestvaatel või ka külgvaatel.

Selliseid lõikeid võib teha ka rõhtselt, lõigates eset rõhtsuunas tema esiseinast kuni tagaseinani.

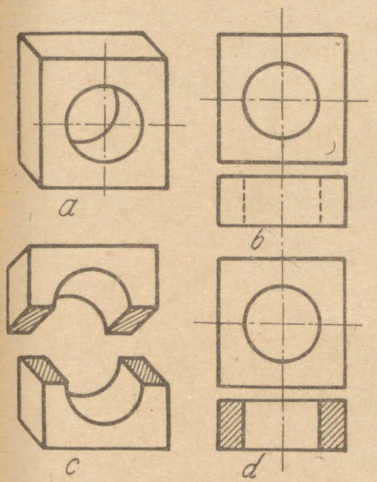
Kujutades sellist lõiget, me eraldame temalt mõttes tema ülemise osa, mis võimaldab saada pealtvaadet lõikepinnast.

Joonis 194 a kujutab masinaosa aksonomeetrilise joonisena, joonis 194 b tema kahte projektsiooni, joonis 194 c eseme lõiget rõhtsuunas (aksonomeetria), kusjuures ülemine pool on tõstetud kõrgemale. Kui eraldada ülemine pool täiesti ja vaadata esemele ülalt, siis näeme teda selliselt, nagu see on kujutatud joonisel 194 d, s. o. me näeme eset tema l õ i k e s.

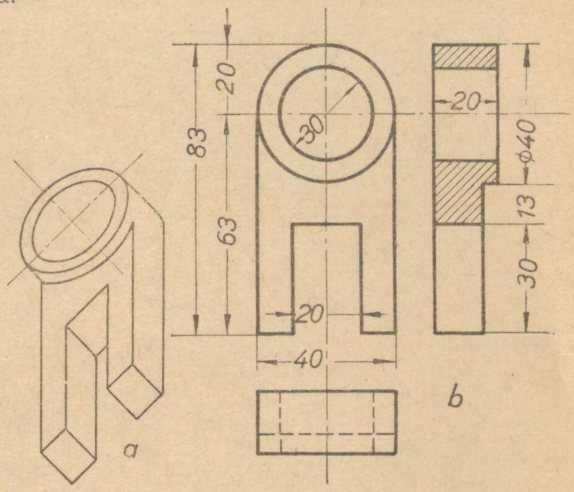
Siin on näha seinte paksus. On näha, et esemest on läbi puuritud auk, misjuures eestvaate projektsioon jäi muutmata.

Joonis 195 kujutab masina osa aksonomeetrilise joonisena (a) ja kolme projektsiooni samast masinaosast (b).

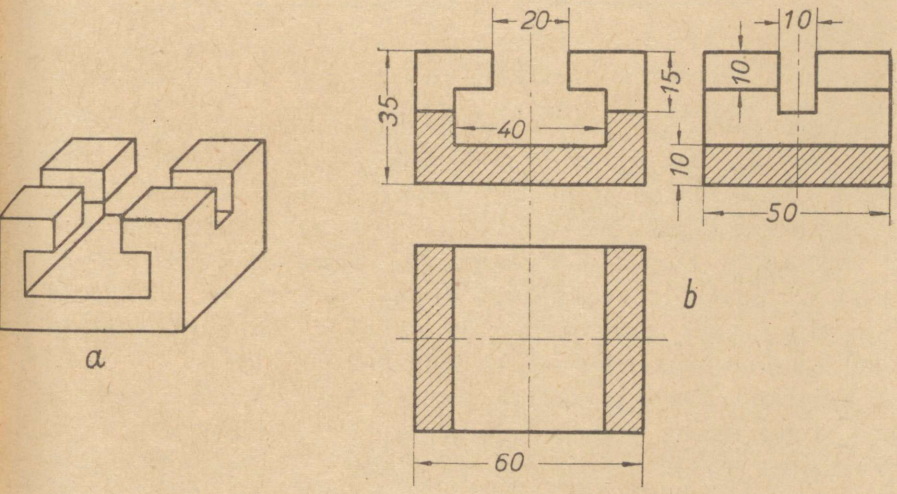
Joonisel 195 b on käsitatud võtet, kus külgvaade on kujutatud püstsuunas läbilõigatuna.



Joon. 194.



Joon. 195.

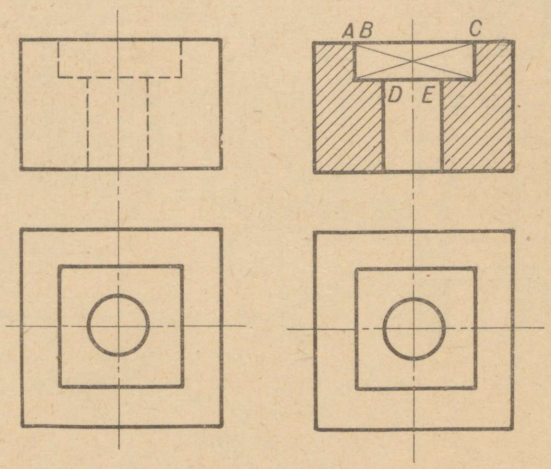


Joon. 196.

Nagu eelmistest joonistest selgub, võib üheaegselt lõikeid teha kõigis kolmes projektsioonis.

Joon. 196 kujutab detaili lõiget tema kolmes projektsioonis: a) aksonomeetriline joonis, b) ese kolmes projektsioonis.

Joonisel 197 toodud ristprojektsioon näitab, et see masinaosa on nelinurkne plaat. Kriipsjooned tema eestvaates näitavad koos pealtvaatega, et temas on nelinurkne süvend ja läbijooksev auk.



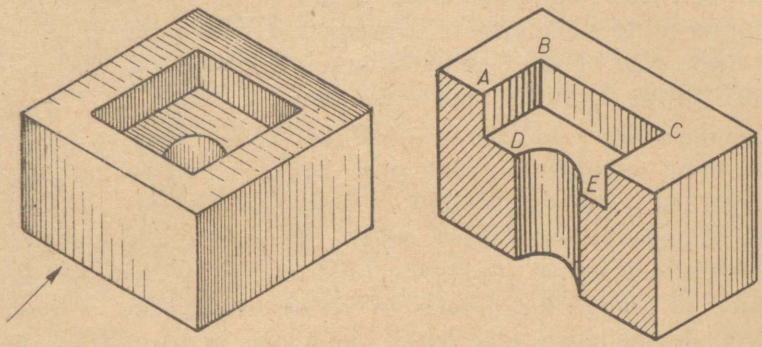
Joon. 197.

Seda masinaosa läbi lõigates näeme selgesti tema sisemist kuju, kusjuures endine kriipsjoon on nüüd joonestatud juba pideva täisjoonena. Lõikes näeme masinaosa siseehitust juba märksa selgemini. Masinaosa läbilõigatud seinad on viirutatud. Detailis olev auk jääb viirutamata, kuna seal materjali läbi lõigatud ei ole. Samuti jääb ka viirutamata ruudukujuline süvend, millesse on tõmmatud peenjoontega kaks diagonaali, mis näitavad, et ruudukujulise süvendi külg on tasapindne (vt. ka joon. 209 ja 223).

Et kujundada lõiget peavaates, peame peavaate püstsuunas poolitama ja mis peaasi, oskama seda lõiget mõttes kujutella.

Viirutades 45°-liste kaldjoontega detaili läbilõigatud seinad, saame ka aksonomeetrilises lõikes vaatest selgema kujutise (joon. 198).

Nagu kõigest ülaltoodust selgub, on sageli eriti tähtis aksonomeetriliste jooniste valmistamine. Sellepärast — veel kord läbi vaadata ja korrata IV osa — aksonomeetria.



Joon. 198.

5. Mõõdete asetamine joonisele.

Tehnilise tööjoonise ülesanne on anda töölisele selge kujutlus valmistatava eseme väliskujust, kuid ka tema siseehitusest. Mõõdete ülesanne seisab selles, et nende kaudu täpselt anda valmistatava eseme suurus.

Tehnilisel joonestamisel peetakse eseme osade suuruse vahekordadest valjult kinni. Eseme suurus määratakse kindlaks mõõtarvudega. Mõõte suurust loetagu mõõtarvult, kuna jooniselt mõõtmise teel saadud arvude kasutamine on keelatud. Mõõte ulatust näitavad joonisel vastavad mõõtjooned ja suurust mõõtarvud.

Et joonise järgi oleks võimalik valmistada vajalist eset (näit. valada masinaosi ja neid töödelda treipinkidel jne.), ei ole selleks küllaldane vajalise joonise valmistamine, millel on näidatud eseme kuju. Kuigi joonis oleks täpselt valmistatud, ei täida ta siiski temale pandud nõudmisi, kuna puuduvad nii eseme kui ka tema üksikute osade vajalised mõõted.

Mõõdete asetamisel joonisele tuleb kindlasti lähtuda eseme valmistamise käigust ja anda kindlasti just need mõõted, mis on vajalikud eseme valmistamisel. Märkides joonisele mõne mõõte, tuleb alati kaaluda, kas mõõde on antud küllalt otstarbekohaselt mudel-

sepa, märkija ja detaili töötleja töövõtetele. Siit selgub, et isik, kes koostab joonise, peab olema ka küllaldasel määral tuttav eseme valmistamise tehnoloogiaga.

Töölisele, kes töötab joonise järgi, ei ole joonisele mõõdete märkimine mitte väiksema tähtsusega kui hästivalmistatud joonis: õiged mõõted ja nende õige märkimine joonisele on veel tähtsam kui hästi ja korralikult valmistatud joonis.

Masinaehituse joonistes märgitakse kõik valmistatava eseme mõõted tema valmiskujul, seal puuduvad aga töötlemisvarud, mida masinaehituse joonistel harilikult ei märgita. Materjali lisandamine toimub täiendavalt, vastavate eeskirjade ja normide alusel.

Mõõdete asetamisel joonistele tuleb silmas pidada ka joonise ülesannet ja nimelt, kas joonis on valmistatud eseme valmistamiseks või ülesseadmise otstarbeks. Mõlemal juhul mõõted märgitakse isemoodi.

Tööjoonisele märgitakse kõik mõõted, mis on vajalised eseme valmistamiseks.

Montaažjoonistele pannakse ainult need mõõted, mis on vajalised masinate üksikute osade kokkupanemisel (monteerimisel).

Erilist tähelepanu on vaja pöörata sellele, et joonistele märgitaks mõõted õigesti ja täpselt. Vääralt märgitud mõõdete tagajärjel valmistatakse tarvitamiskõlbmatu ese — praak. See tingib aga materjali raiskamise ja asjata tööaja kulutamise.

Sellepärast on kõik tehaste joonised, mis on valmistatud konstruktsioonibüroos, varustatud joonise kontrollija ja joonise kinnitaja allkirjaga.

Joonistele mõõdete märkimiseks kehtivad korraldused, mis on ette nähtud normiga ГОСТ 3458-46.

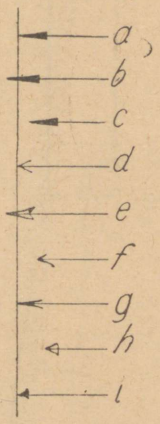
M õ õ t j o o n e d. Mõõtjoontega määratakse graafiliselt kahe punkti või pinna vahekaugus. Mõõtjooned paigutatakse distantsjoonte (väljakandvate joonte) vahele. Mõõtjoonte otsad tähistatakse nooltega. Joonisel 199 on toodud mitmesuguseid noolotsi. Õige nendest on ainult esimene — a. Õiged on ka b ja c, kuid nende asetus on väär. Nool b lõikab väljakandvat joont (distantsjoont). Nool c ei puutu selle jooneni. See on lubamatu, ja samuti ka kõik teised tähistamisviisid.

Hoiduda tuleb mõõtjoonte paigutamisest eseme piirjoonte vahele — seda nõuab joonise selgus. Mõõtjoonte ja distantsjoonte lõikumistest teiste joontega peab võimalikult hoiduma.

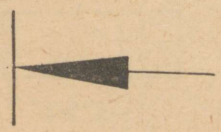
Mõõtnooled joonestatakse tušiga (ka pliiatsijoonisele). Mõõtnooled olgu sirgete harudega ja saledad, nii et noole pikkus oleks umbes 4 laiust (joon. 200). Mõõtnoole pikkus on 4 kuni 6 mm.

Mõõtjoonte jämedus ja nende noolotste pikkus peab olema kooskõlas kogu joonisega.

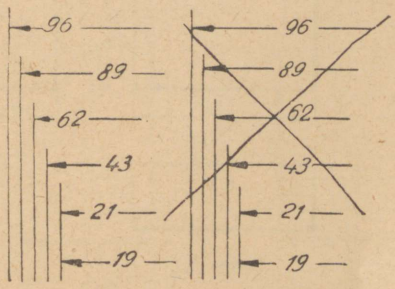
M õ õ t a r v u d näitavad valmiseseme mõõteid. Tehnilises joonestuses kasutatakse ainult millimeetermõõtu. Tollsüsteemi kruvikeermed antakse erandina inglise tollides, näit. ½″, ¾″ jne. Mõõtarve ei tohi kirjutada eseme piirjoonele liiga lähedale; väikseim



Joon. 199.



Joon. 200.



Õige Väär

Joon. 201.

vahe olgu 4 mm. Telg- ja teisi jooni ei saa kasutada mõõtjoontena. Mõõtarvu ei või kirjutada telgjoonele ega joonte lõikekohta. Samuti ei ole lubatud, et mõõtarv oleks mingi joonega poolitatud.

Mõõtarvude numbrid olgu selged ja pigem suuremalt kirjutatud kui väikeselt.

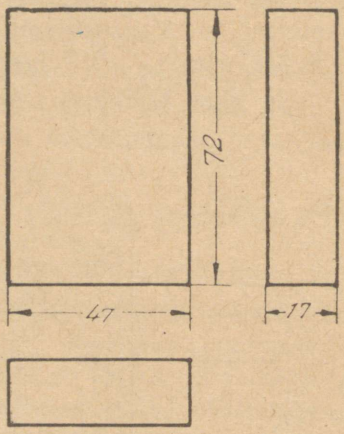
Kui on vajalik joonisel märkida mitmeid mõõteid mõõtjoontele, mis asetsevad üksteise kohal, siis ei tohi mõõtarve märkida kohakuti üksteise alla, vaid tuleb asetada neid laiali (joon. 201).

Mõõtarve tuleb hoolega kontrollida. Üksainuski väär mõõtarv võib põhjustada suurt ainelist kahju ja ajakulu.

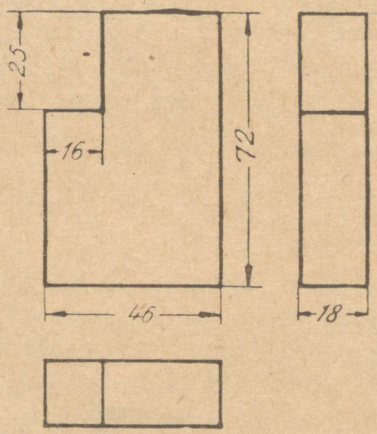
Mõõtarvud ja noolotsad olgu võrdse suurusega kogu joonise ulatuses.

Järgnevail jooniseil on kujutatud mõningaid lihtsamaid esemeid ja nende suuruse kindlaksmääramiseks tarvilike mõõdete andmise viise.

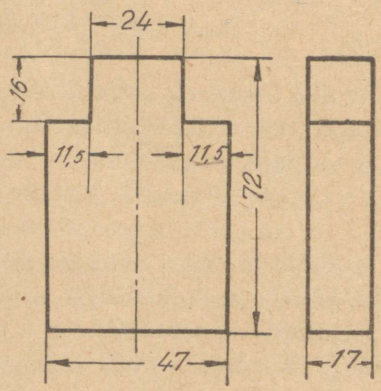
Joonisel 202 on esitatud puitklopp. Selgub, et selle kuju ja suuruse kindlaksmääramiseks aitab kahest vaatest — kolmandal vaatel ei oleks midagi uut esitada.



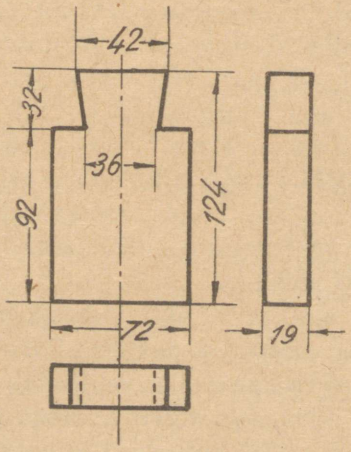
Joon. 202.



Joon. 203.



Joon. 204.



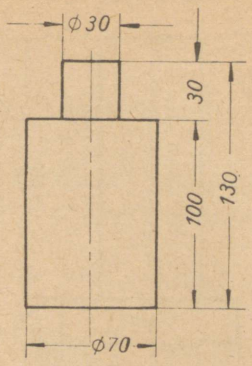
Joon. 205.

Joonisel 203 on esitatud puitklopp, mille nurk on välja lõigatud. Ka selle eseme kuju ja suuruse määramiseks piisab kahest vaatest.

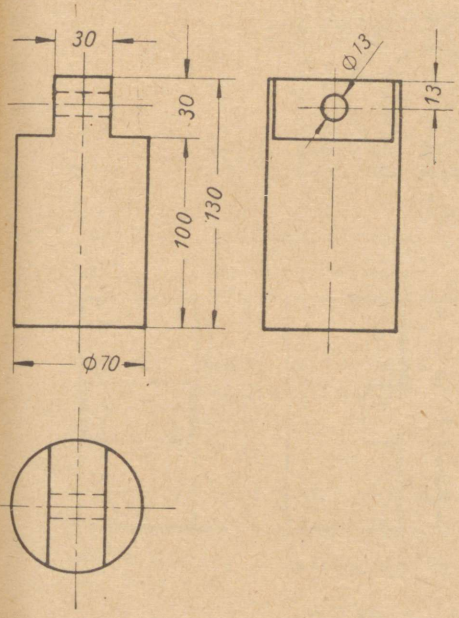
Samuti on joonistel 204 ja 205 kujutatud esemeid võimalik täielikult määrata kahe vaatega.

Joonis 206 kujutab tapiga silindrit.

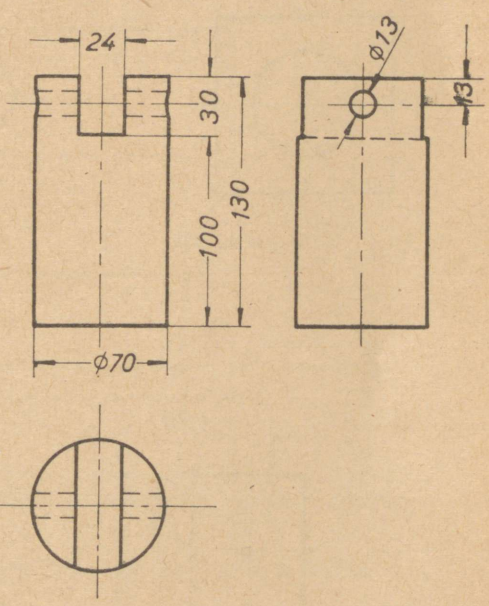
Joonised 207 ja 208 kujutavad tapitud nagasid. Tappidest on tihvtiauk läbi puuritud.



Joon. 206.

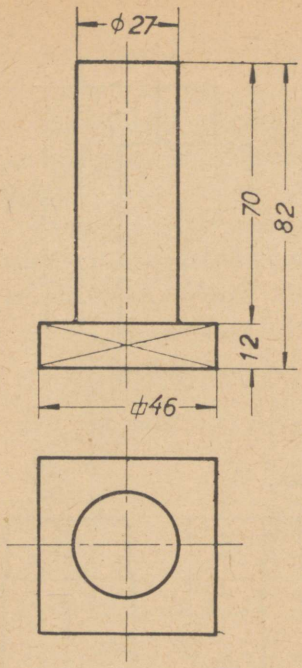


Joon. 207.

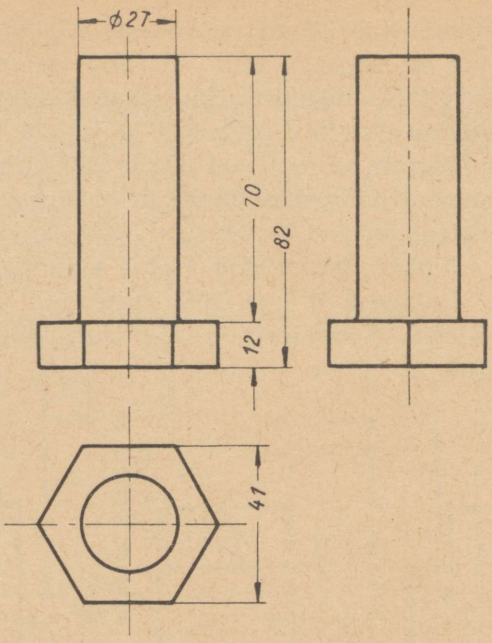


Joon. 208.

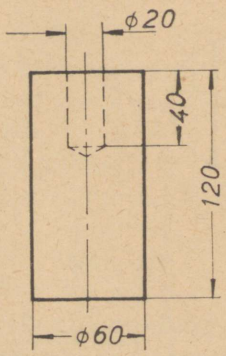
Joonis 209 kujutab neljatahulise peaga polti, joonis 210 kuuetahulise peaga polti, joonisel 211 on kujutatud silindriline varb, millesse on puuritud auk, ja joonisel 212 — väljalõikega toru.



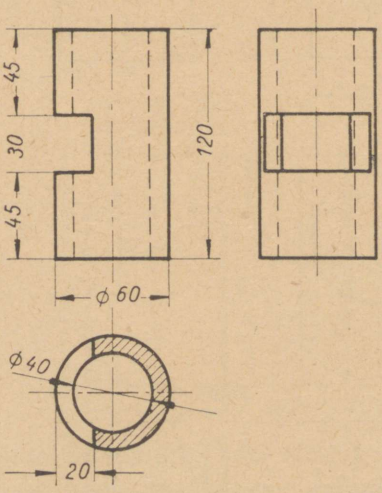
Joon. 209.



Joon. 210.



Joon. 211.



Joon. 212.

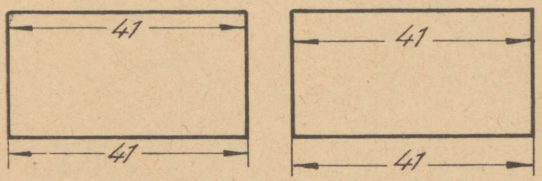
Ringi läbimõõt märgitakse erilise märgiga Ø, mis kirjutatakse mõõtarvu ette (joon. 209—212).

Ruudu külje pikkus märgitakse samuti erilise märgiga mõõtarvu ees (vt. joon. 209, 314).

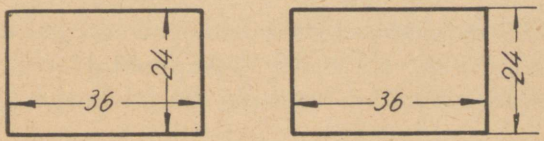
Väär ja õige mõõtjoonte paigutus. Alljärgnevail jooniseil on näidatud vääri ja õigeid joonestamisvõtteid mõõdete paigutamise seisukohast.

Joonisel 213 on esimesel juhul mõõtjooned ja -arvud asetatud eseme piirjoonele liiga lähedale.

Mõõtjooni ei ole soovitav anda ristuvate joontena, vaid nii, nagu näidatud joonise 214 parempoolsel osal.



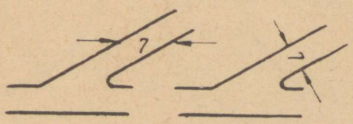
Väär Joon. 213. Õige



Väär Joon. 214. Õige

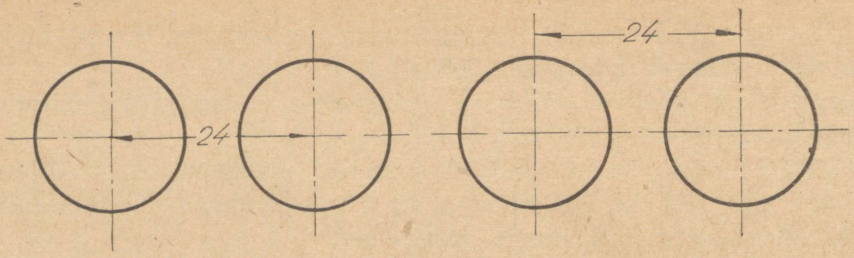
Mõõtjoon rööpjoonte vahekauguse määramiseks joonestatakse risti rööpjoontele (joon. 215).

Noolotsad ei tohi lõppeda ringi keskpunktis (joon. 216, 217).



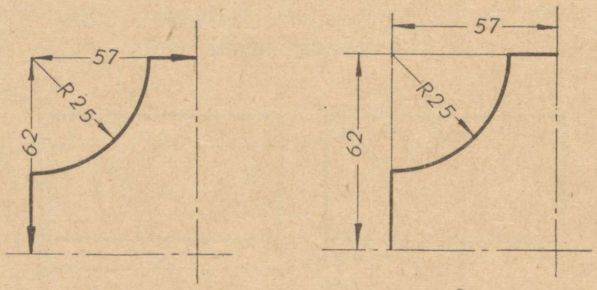
Väär Õige

Joon. 215.



Väär Õige

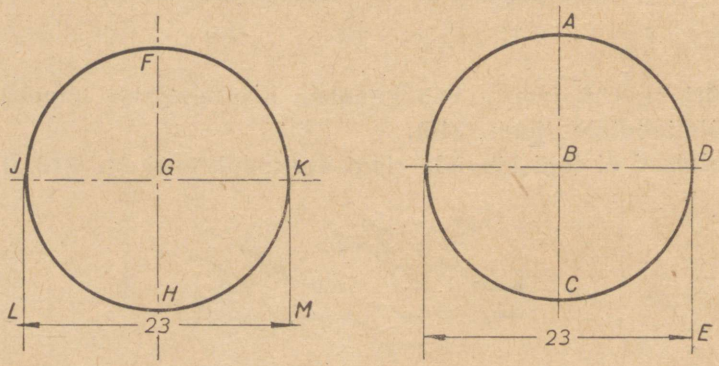
Joon. 216.



Väär Õige

Joon. 217.

Joonise 218 vasakpoolses osas esinevad järgmised puudused: kohtades F, G, H, J, K ei ole lõikepunktid telg- ja distantsjoontega kindlaks määratud, vaid on ebamäärased. Keskpunkt G

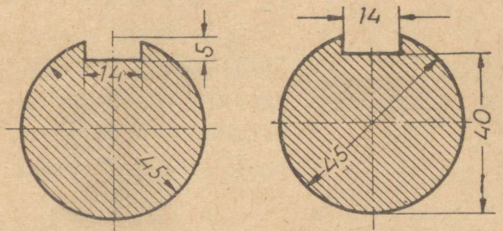


Väär Õige

Joon. 218.

on täiesti ebamäärane. Kohas L noolots ulatub üle distantsjoone ja kohas M noole teravots jookseb distantsjoonest mööda. Mõõtjoon on joonisele liiga ligidal. Joonisel 218 paremal on nimetatud puudused kõrvaldatud.

Pinnaviirutisse ei tohi mõõtjoont paigutada viirutussuunas (joon. 219).

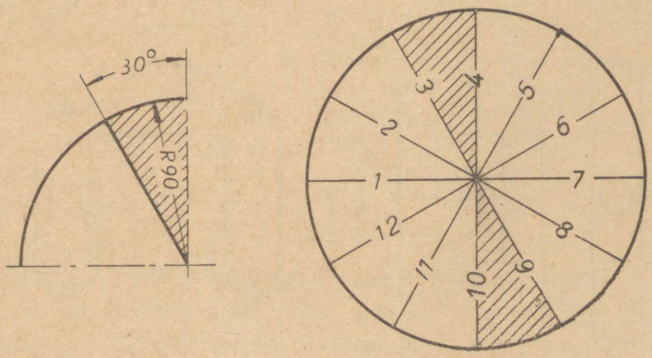


Väär Õige

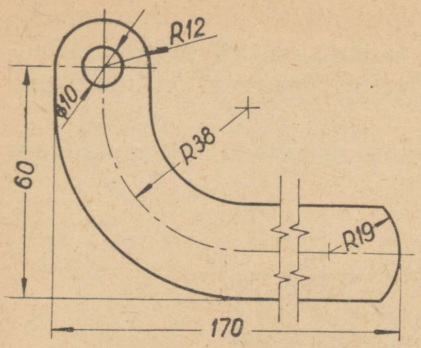
Joon. 219.

Kaldsete mõõtjoonte mõõtarvud kirjutatakse nii, kui on näidatud joonisel 220. Püstsuunast 0—30° piirides kõrvale kaldunud mõõtjoontest (viirutatud ala) tuleb hoiduda.

Kaaremärk R (raadius) kirjutatakse raadiuse mõõtarvu ette alati (joon. 221). Kui raadiust ei ole võimalik ruumi puudusel tervikuna välja joonestada, siis joonestatakse raadius osaliselt või murtult (joon. 222).



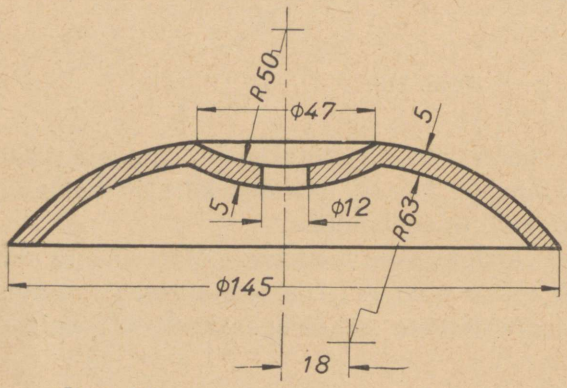
Joon. 220.



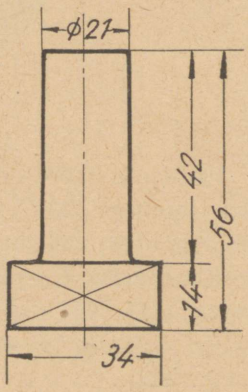
Joon. 221.

Kui eseme teisest projektsioonist selgesti ei nähtu, et esemel on nelinurkne tahk, siis tõmmatakse vaates üle tahu peene pidevjoonega kaks ristuvat diagonaaljoont (joon. 223, 234).

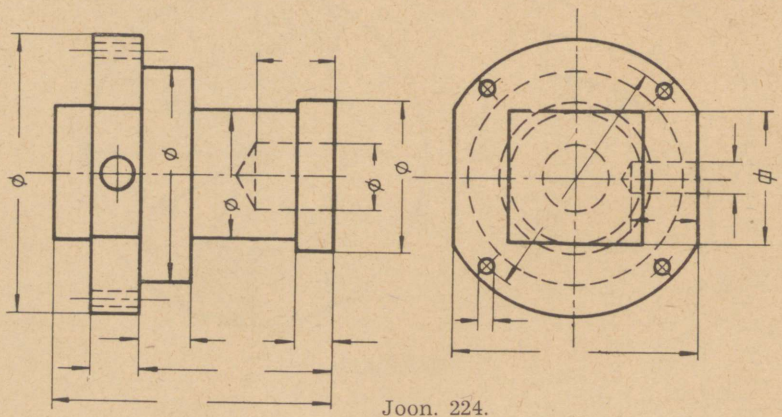
Joonistel 224—227 nähtub mõõtjoonte õige paigutus. Kui mitu mõõtjoont on rööbiti, siis mõõtjoonte omavaheline kaugus olgu võrdne. Mõõtarvu kohas tuleb mõõtjoon katkestada. Katkestused



Joon. 222.



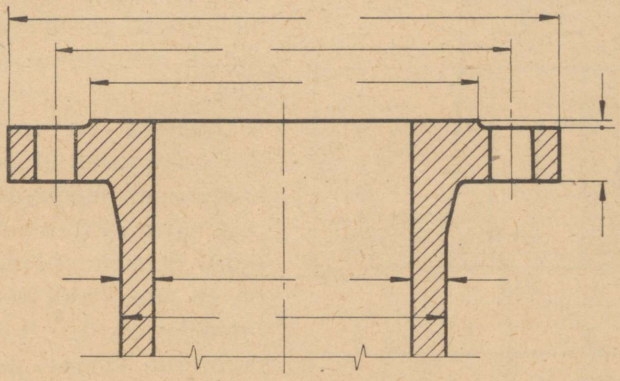
Joon. 223.



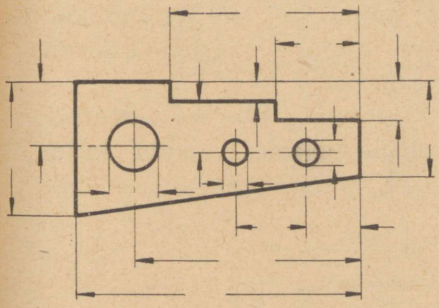
Joon. 224.

aga ei tohi olla kohakuti (joon. 201, 244 ja 245). On lubatud paigutada mõõtarve ka mõõtjoone peale, nagu on näidatud joonisel 228.

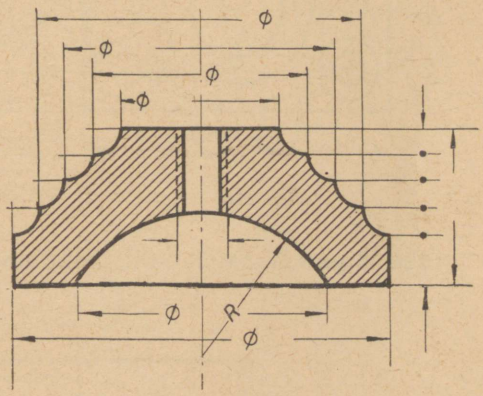
Kui ruumi puudusel ei ole võimalik paigutada noolotsi, võib neid asendada punktikestega (joon. 227), kuid mitte kontuurjoonel.



Joon. 225.



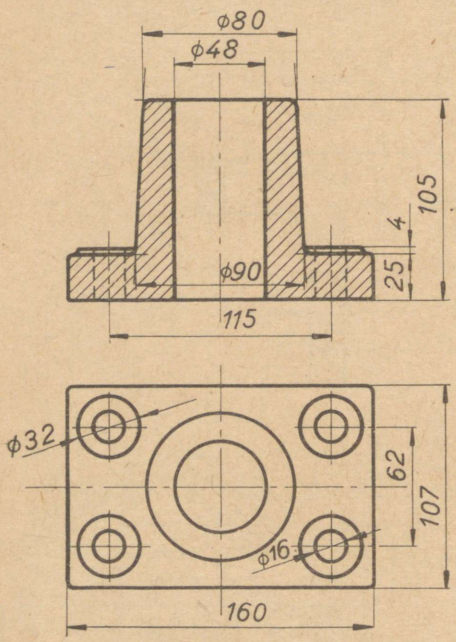
Joon. 226.



Joon. 227.

Eseme pinnale mõõtjoonte asetamine toimub harva ja ainult siis, kui seal on küllaldaselt vaba pinda. Mõõtjoonte märkimine eseme pinnal ei ole soovitav sellepärast, et nad segavad joonise jälgimist. Sellepärast kantakse mõõtjooned joonisest väljapoole.

Nagu eespool mainitud, pannakse mõõted masinaehituse joonistele ainult millimeetrites, kusjuures tähti mõõtarvude juurde ei märgita (need on iseenesestki oletatavad).



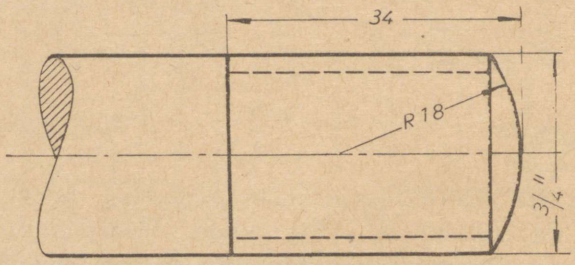
Joon. 228.

Kui antakse mõõted teistes mõõtühikutes, siis märgitakse mõõtarvust paremal selle lühendatud mõõtühiku tähis (joon. 229).

Näiteks on antud joonisel 229 keermestatud poldi joonis, kusjuures keermestatud osa pikkus on 34 (tähendab 34 mm). Poldi otsa ümardamise raadius on 18 mm. Poldi keerme välisläbimõõt on ¾″ (tolli), mis on märgitud arvust paremal ülal kahe väikese kriipsukesega.

Iga mõõde näidatakse joonisel ainult üks kord. Mõõdete kordamine võib toimuda ainult sel puhul, kui see osutub joonise selguse mõttes eriliselt vajalikuks.

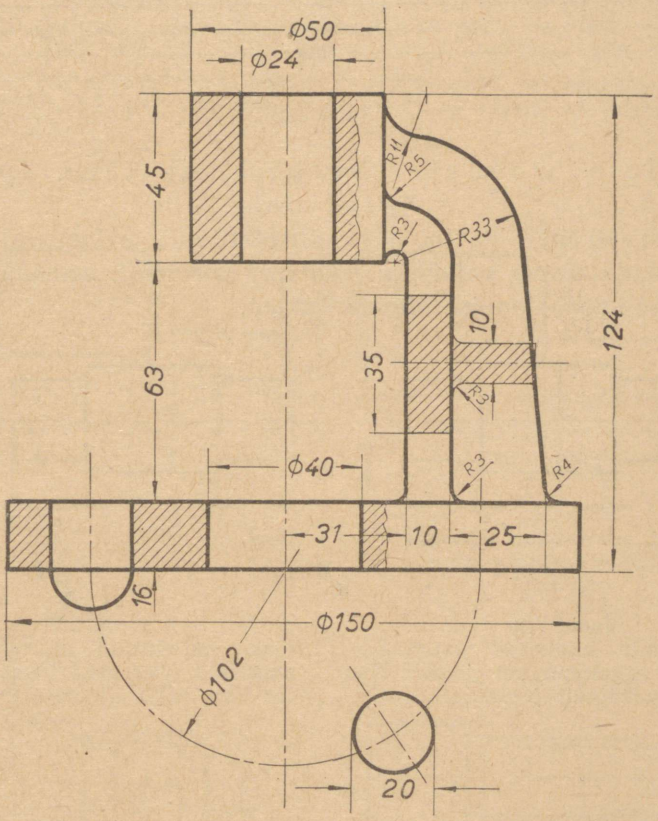
Juhtudel, kus on otstarbekohane eseme vaatele kujutada lõige mõnest teisest tasapinnast, näit. kodara, samba jms. rist-



Joon. 229.

lõige, joonestatakse piirjoon pideva peenjoonega või ka kriipspunktjoonega, mille jämedus on ½ täisjoonest (joon. 230).

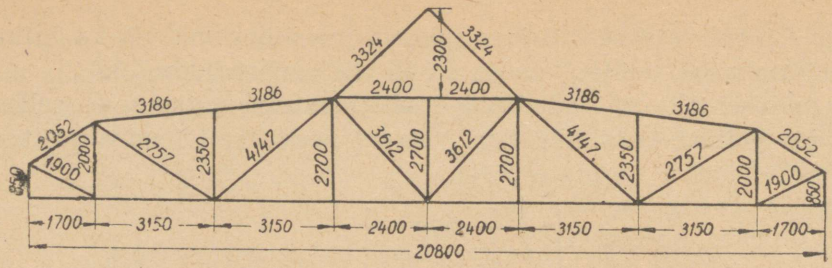
Joonisel 230 on toodud näide mõõtjoonte paigutusest ja sellest, kuidas vältida tarvilikke teisi vaateid peavaate täiendamise teel.



Joon. 230.

Samba ristlõige on sisse joonestatud peavaatesse. Samuti on aluse aukude kohad ja arv näidatud telgjoonega.

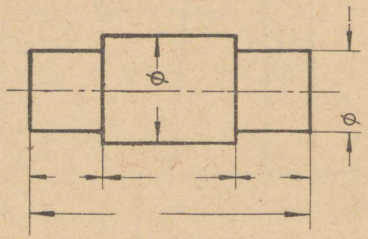
Teraskonstruktsiooni skeemidel antakse mõõted nii, nagu on näha joonisel 231.



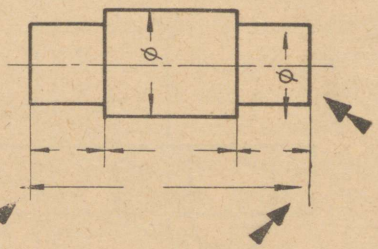
Joon. 231.

Millele mõõdete märkimisel tähelepanu juhtida?

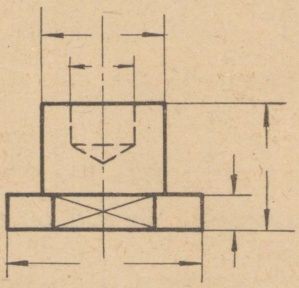
Mõõtarvud märkida joonisele ülevaatlikult ja loetavalt. Joonisele märkida ainult vajalikke mõõteid. Korduvalt samade mõõdete märkimine segab joonise ülevaatlikkust.



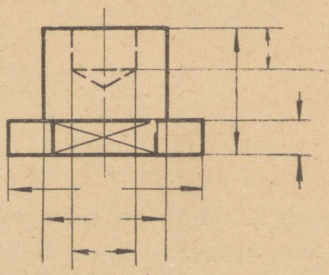
Joon. 232.
Mõõtjoonte noolotsad puudutagu täpselt väljakandvaid jooni. Nad olgu täpselt joonestatud.



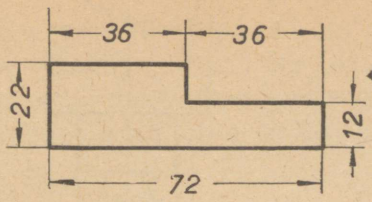
Joon. 233.
Noolte teravotsad ei tohi väljakandvaid (distants-) jooni lõigata, ei tohi neist ka eemale jääda.



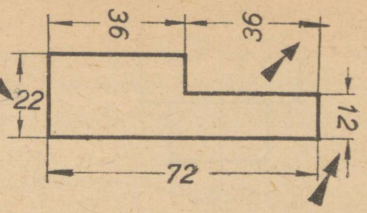
Joon. 234.
Pikemaid mõõteid märkida väljaspoole (äärmised).



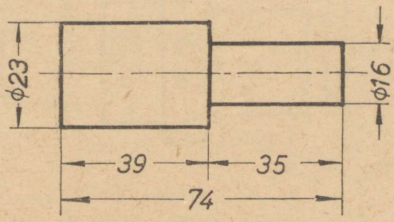
Joon. 235
Mõõtjooned ei tohi läbi lõigata distantsjooni.



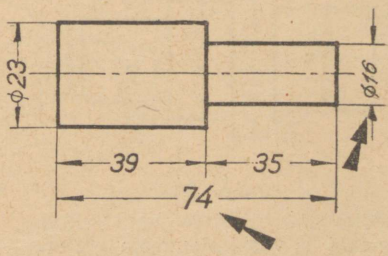
Joon. 236.
Mõõtarvud paigutada joonisele reeglite kohaselt (vt. ka joon. 220).



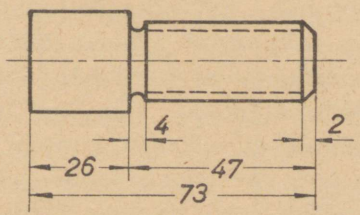
Joon. 237.
Mõõtarvude mittereeglipärane paigutamine on lubamatu.



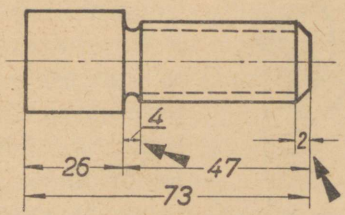
Joon. 238.
Mõõtarvud joonisele märkida ühesuuruste numbritega.



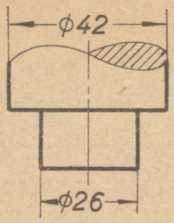
Joon. 239.
Mitmesuguses suuruses numbrite kasutamine on inetu ja ka lubamatu.



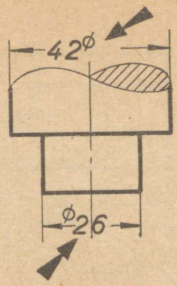
Joon. 240.
Kitsa mõõtjoone vahe puhul paigutada mõõtarv mõõtele kuuluva noole kohale,



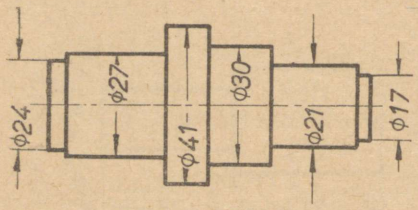
Joon. 241.
kuid mitte suruda kitsasse mõõtjoone vahesse ega ka mõõtjoonte kõrvale.



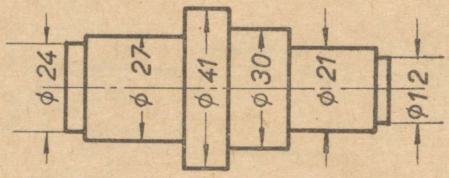
Joon. 242.
Ringi läbimõõdu märk ∅ paigutada mõõtarvust vasakule



Joon. 243.
ja mitte paremale ega ka arvust kõrgemale.

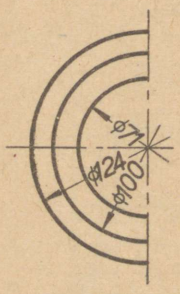


Joon. 244.
Mõõtarvud märkida vaheldumisi paremale ja vasakule poole telgjoont,



Joon. 245.
kuid mitte üksteise alla: telgjoon ei tohi mõõtarve poolitada.

Mõõdete märkimine ringidele. Ringjoone suurus määratakse alati läbimõõdu pikkusega (joon. 246).



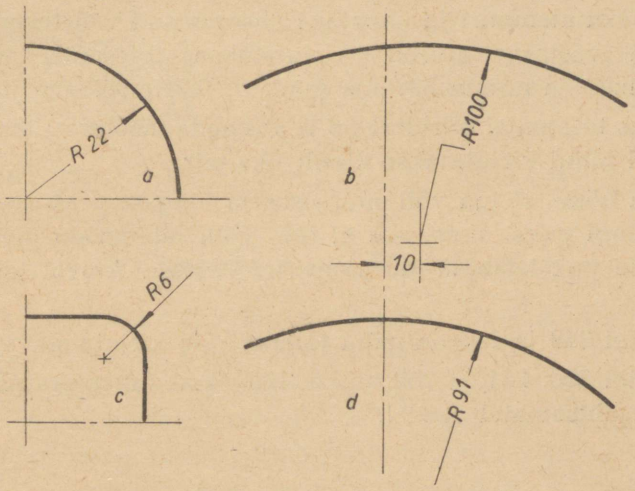
Joon. 246.

Mõõtest vasakule pandud märk ∅ (läbimõõdumärk) näitab, et mõõted kuuluvad ringi läbimõõdule.

Märki ∅ ei panda, kui nii mõõtjooned ja noolotsad kui ka mõõtarvud asuvad täielikult väljajoonestatud ringjoone sees. Sageli jäetakse panemata läbimõõdu märk ka siis, kui teiselt projektsioonilt nähtub, et mõõtarv kuulub ringi läbimõõdule. See aga raskendab sageli joonise lugemist, mistõttu käesolevas õpikus ei ole sellest kinni peetud.

Mõõted kaartel. Kaartel näidatakse alati nende raadius. Mõõdete märkimine kaartel on näidatud joonisel 247.

Nagu näha jooniselt 247, on nool märgitud raadiuse mõõtjoonele ainult ühele otsale, mis ulatub kaareni, kuna raadiuse teine, keskpunktipoolne ots on ilma nooleta. On kaare keskpunkt joonest liiga kaugel, märgitakse raadius murdjoonena (vt. joon. 222).



Joon. 247.

6. Tolerantsid.

Kunagi ei saa valmistada esemeid absoluutse täpsusega. Tegelikult valmiseseme mõõted põikuvad nimimõõdetest teatud piirides üles- või allapoole.

Juhtudel, kus sellised kõrvalekaldumised (hälbed) ei tekita tegelikus töös väärnähtusi, on kõik korras. Sellistel kordadel ei määratagi ette täpsust, mida tuleb arvestada eseme valmistamisel.

Paljudel juhtudel on kõrvalekaldumised õigest mõõtest piiridega kindlaks määratud. Sellejuures antakse alumine ja ülemine piir, mille vahel tegelik eseme mõõde võib olla. See on väga tähtis seeriaproduktsioonis, kus järeletellitavad tagavaraosad peavad eranditult sobima. Sellist ettekirjutatud põikumissuurust teatud piirides nimetatakse t o l e r a n t s i k s.

Lubatavad tolerantsid kirjutatakse mõõtarvu järele, tähistades neid üleliiduliste standardite järgi kindlaksmääratud leppeliste

märkidega (tähtede ja indeksitega olenevalt istu liigist ja soovitavast täpsusklassist). ГОСТ 3467-46 järgi võib kasutada ka lubatavate hälvete märkimiseks nende arvulisi väärtusi.

Ülespoole mõõtjoont kirjutatakse ülempiir, allapoole alampiir.

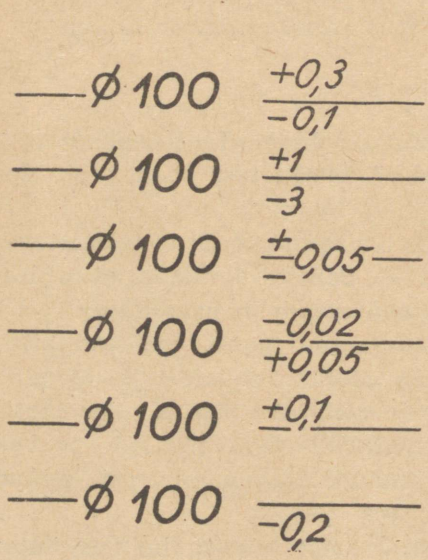
Juhul, kui alampiiri ja ülempiiri absoluutsed väärtused on võrdsed, kuid vastasmärgilised, kirjutatakse tolerantsi absoluutne väärtus pluss- ja miinusmärgiga (näit. ± 0,2) mõõtarvu järele.

Kui üks tolerantsi piiridest on 0, siis seda mõõtarvu järele ei kirjutata. Sel juhul kirjutatakse ainult üks piir.

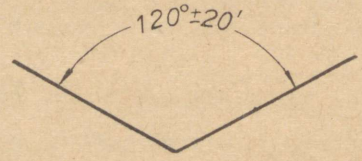
Kui on nõue, et iga võll suure seeria hulgast peab alati vabalt sobima mingi puksi sisse, siis ei tohi võlli läbimõõdu ülempiir olla suurem kui puksi läbimõõdu alampiir. Vastasel korral tekiks sobimatus.

Joonistel 248 ja 249 on näha tolerantside kirjutamisviis.

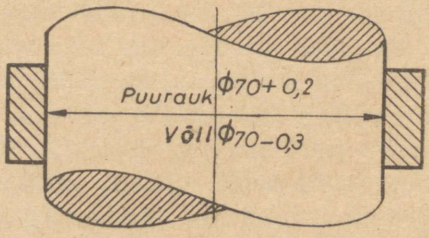
Joonistel 250, 251 ja 252 on toodud üksikuid tolerantside tähistamisviise lihtsamatel osadel.



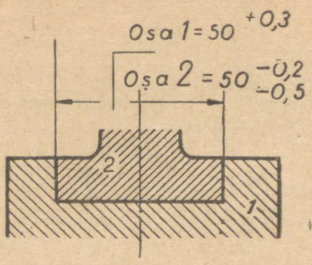
Joon. 248.



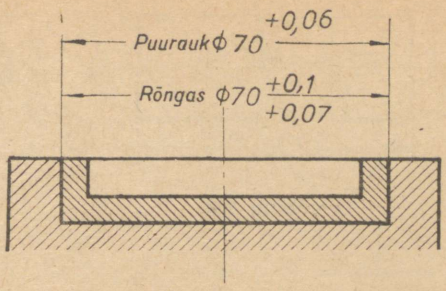
Joon. 249.



Joon. 250.



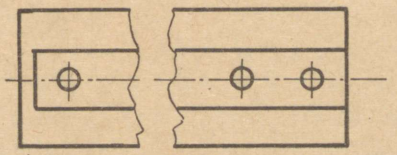
Joon. 251.



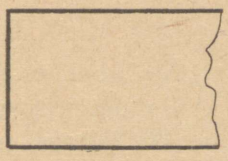
Joon. 252.

7. Pikkade esemete kujutamine.

Katkestus- ehk murdekoha tähistamine. Juhul, kui tuleb joonestada pikki esemeid, näit. kange, võlle või torusid, kus teatud pikkuses ese jääb oma kujult täiesti muutumatuks, on võimalik ruumi kokkuhoiu otstarbel joonestada, vähendades pikkust, eseme laius antud mõõtkavas. Selleks tehakse teoreetiline murre, s. o. katkestatakse eseme joonestamine ja jäetakse keskmine tükk välja (joon. 253—257).



Joon. 253.



Joon. 254.



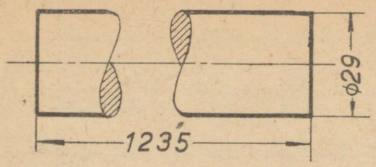
Joon. 255.

Katkestusjoon joonestatakse vabalt käega, joonega, mille jämedus on pool pidevast täisjoonest. Joonistel 253 ja 254 on metalli ja joonisel 255 puidu katkestusjoon joonestatud vaba käega.

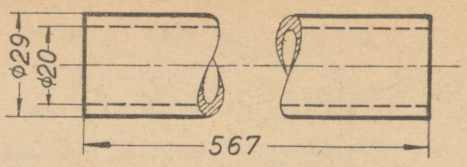
Ümmarguse eseme näit. võlli või toru joonestamisel viirutatakse osa katkestuspinda (joon. 256, 257).

Toru katkestuskoht tähistatakse joonise 257 kohaselt. Pikkuse määramiseks kirjutatakse igal juhul eseme tegelik pikkus, nagu polekski katkestust.

Katkestust võib märkida ka joonistel 225 ja 277 näidatud viisil.



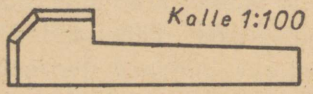
Joon. 256.



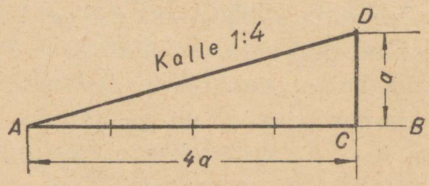
Joon. 257.

8. Kalle ja koonilisus.

Sageli ei ole sobiv määrata kaldlõigu asendit tema mõlema otspunkti asukoha kaudu, sel puhul näidatakse kaldlõigu kalle (tõus) joonisel 258 näidatud võttega.



Joon. 258.



Joon. 259.

Kalde mõistet seletab lähemalt joon. 259, kus on antud kalle 1 : 4. Siin on sirge AB rõhtne ja sirglõik AD kaldjoon.

Asetades sirgele AB, alates punktist A, neli korda vabas pikkuses sirglõigu a kuni punktini C, kujutame punktist C ristjoone CD = a, saame täisnurkse kolmnurga ACD, milles kaatet AC on neli korda pikem kaatetist CD, s. o. CD : AC = 1 : 4.

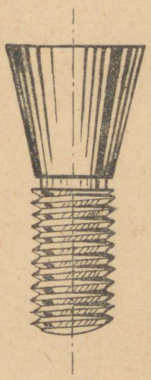
K o o n i l i s u s. Joonistel 260 ja 261 on näidatud kooniline prunt (kork) ja märgitud prundi pea koonilisus 50%. Koonilisus näitab suurema ja väiksema põhja läbimõõdu (∅) vahet, jagatud koonuse kõrgusega. Koonilisust võib märkida ka murdarvuga või suhtega joonise 262 järgi — 0,20 ehk 1 : 5. Koonilisuse arvutus on sel puhul järgmine:

$$\text{koonilisus} = \frac{CD - AB}{MN}.$$

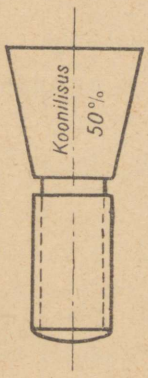
Kui antud koonuse mõõted on järgmised:

AB = 15 mm, CD = 25 mm, MN = 50 mm, siis saame koonilisuse

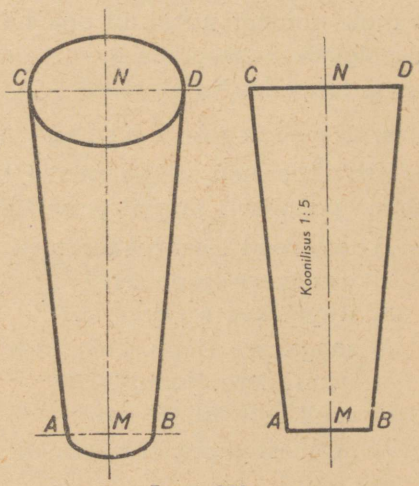
$$\frac{25 - 15}{50} = \frac{1}{5},$$ mis annab 20%.



Joon. 260.

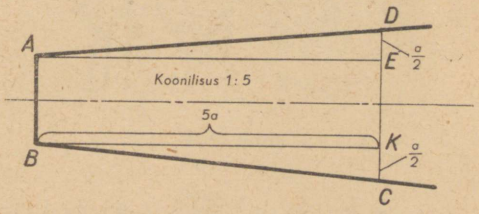


Joon. 261.



Joon. 262.

Kui osutub vajalikuks kujutada koonuse põhjale AB koonus koonilisusega 1 : 5, siis tehakse seda järgmiselt: punktidest A ja B (joon. 263) tõmbame sirgjooned, mis on rööpsed koonuse teljega, ja märgime neile viis vabas pikkuses võrdset joonlõiku, alates punktidest A ja B.



Joon. 263.

Selle järel märgime telje ristjoonele, mis läbistab kahte äärmist joonlõigu punkti E ja K, joonlõigud ED ja KC, mille suurus on $\frac{a}{2}$. Nüüd tõmbame läbi saadud punktide D ja C kaldjooned AD ja BC, mis on koonust moodustavad kaldjooned .

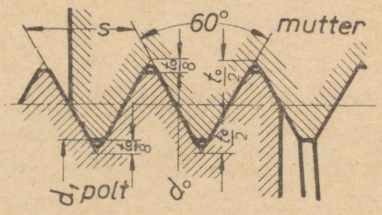
9. Leppelised kujutamisviisid.

Joonestamise lihtsustamiseks on ette nähtud terve rea elementide tarvis oma lihtsustusvõtted. Tavaliselt on need paljukordselt esinevad elemendid, nagu kruvikeere, hammasratta hammas jne. Korduvalt esinevate elementide mitmekordne väljajoonestamine ei tooks midagi uut, küll aga nõuaks palju tööd ja teeks joonise ebaselgeks. Seesuguste elementide esinemisel joonistel kasutatakse nende leppelist kujutamist.

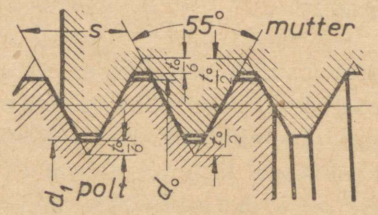
a. Keermed. Poldid ja kruvid.

Kruvikeermed võime nende kuju ja kasutamise otstarbe järgi jagada peamiselt järgmistesse liikidesse:

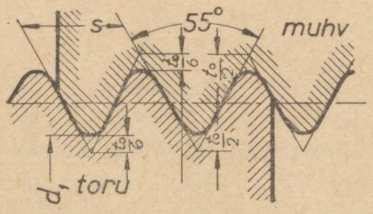
1) tavalised kinnituskeermed (joon. 264 ja 265),
2) torukeere (joon. 266),
3) trapetskeere (joon. 267),
4) saagkeere (joon. 268),
5) ümarkeere (joon. 269),
6) ruutkeere (joon. 270),
7) mitmesugused erikeermed.



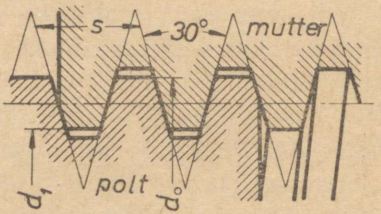
Joon. 264.



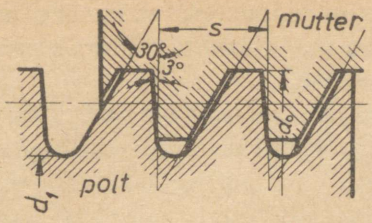
Joon. 265.



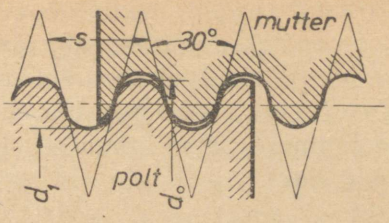
Joon. 266.



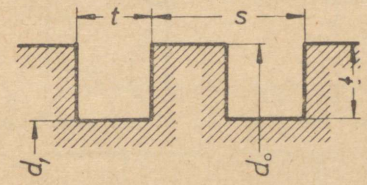
Joon. 267.



Joon. 268.



Joon. 269.

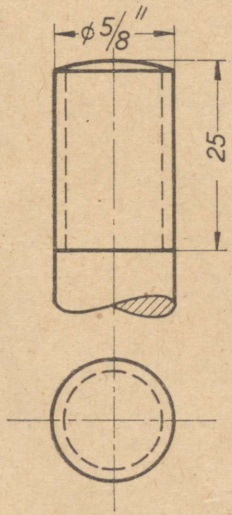


Joon. 270.

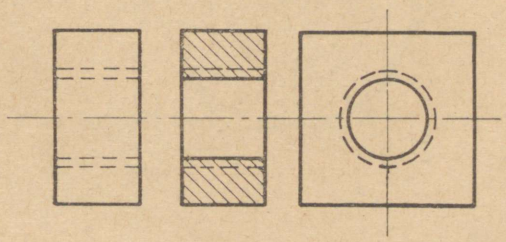
K i n n i t u s k e e r m e d on kolmnurkse põhiprofiiliga. Olenevalt kasutatavast mõõtsüsteemist, on normitud kinnituskeerme profiile kaks liiki:

a) m e e t e r k e e r e, mille keeret moodustava kolmnurga tipunurk on 60° (joon. 264),

b) t o l l k e e r e, mille keeret moodustava kolmnurga tipunurk on 55° (joon. 265).



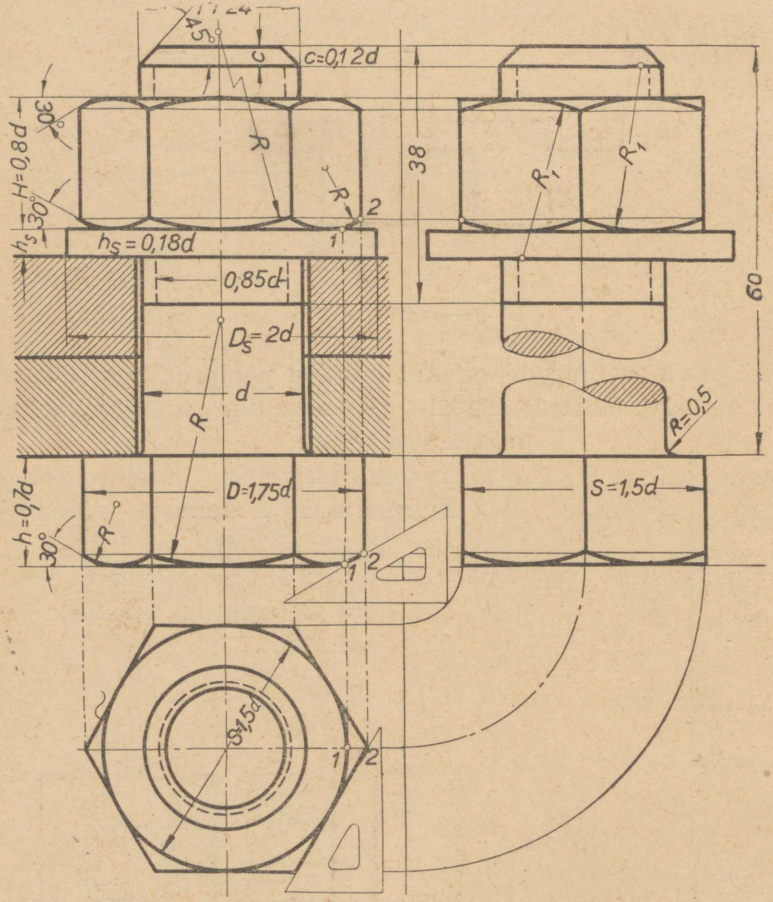
Joon. 271.



Joon. 272.

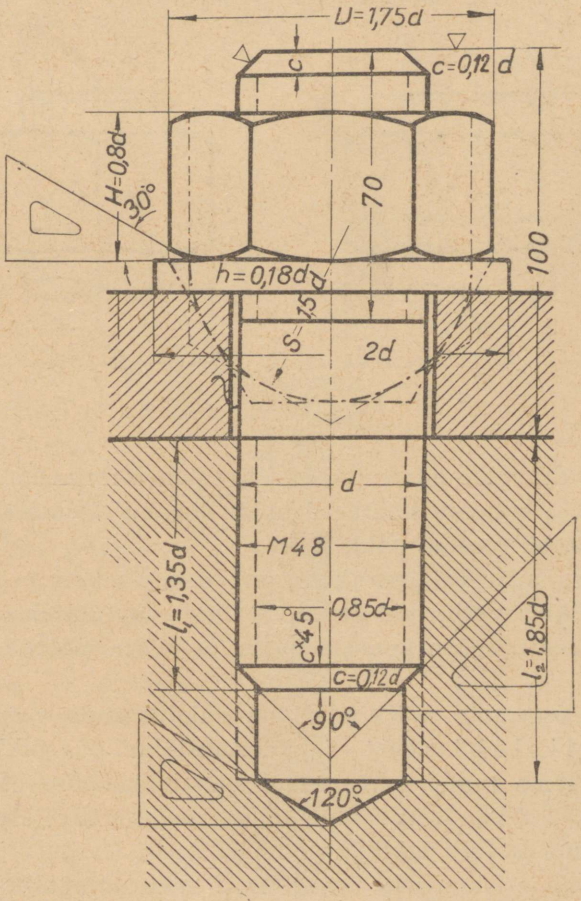
Torukeeret, mille sügavus on eelmistega võrreldes väiksem, kasutatakse torude ühendamiseks, kuna tavaline kinnituskeere nõrgestaks liialt toru õhukest seina.

Trapets-, saag-, ümar- ja ruutkeeret kasutatakse mitmesuguste liikumis- ja jõukruvide juures (tööpinkide spindlid jms.).



Joon. 273.

Kruvikeermе kujutamise kohta on kokku lepitud järgmiselt: keermega poldil tähistatakse keerme välisläbimõõt (keerme harja joon) pideva täisjoonega (s. o. nähtava kontuurjoonena), kuna siseläbimõõt (keerme põhja joon) kriipsjoonega (s. o. nähtamatu kontuurjoonena), nagu on näidatud joonisel 271; lõikes kujutatud mutril tähistatakse keerme välisläbimõõt kriipsjoonega ja siseläbimõõt pideva täisjoonega (vt. joon. 272). Õigeks joonestamiseks on hea meeles pidada, et pideva täisjoonega märgime selle pinna, mis oli

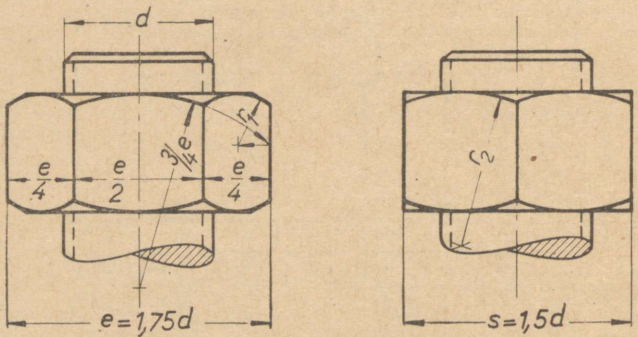


Joon. 274.

osal enne keerme lõikamist (poldil esialgne ehk välisläbimõõt, mutril — ettepuuritud auk).

Nimetatud tähistamisviis on kehtiv kõikide keermeliikide kohta.

Mutrite ja poldipeade ümaruste jooned joonestatakse ringi kaartena. Joonistel 273 ja 274 on näidatud õigesti joonestatud kruvipolt (joon. 273) ja tikkpolt (joon. 274) koos mutritega. Sealsamas on toodud joonestamiseks vajalikud vahekorrad poldi välisläbimõõdu ja teiste suuruste vahel. Joonisest 275 selgub ka kaarte tõmbamiseks vajalike keskpunktide leidmine.



Joon. 275.

Nagu nähtub nimetatud jooniseilt, tuleb keermega varustatud augu (mutri) ja sellesse keeratud poldi kooskujutamisel joonestada keeret kujutavad jooned poldi järgi.

Kui on tegemist kolmnurkkeermest erineva keermega, joonestatakse harilikult välja osa keermeid. Seda kujutatakse kohtlõike abil. Sealjuures antakse keerme harja ja põhja mõõted ning tõus (joon. 276).

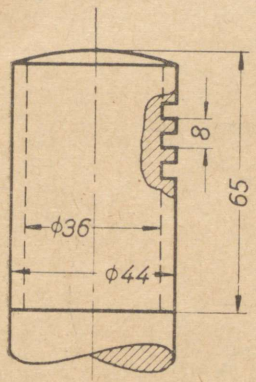
Kolmnurkkeermete märkimisel on vajalik anda vaid normitud keerme v ä l i s l ä b i m õ õ t ja keermestatud osa pikkus.

Meeterkeerme puhul märgitakse välisläbimõõdu ette täht M (joon. 273, 274, 354), tollkeerme puhul, nagu juba varem öeldud, märgitakse juurde tolli märk ″ (joon. 271).

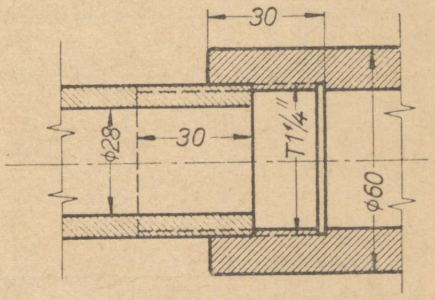
Torukeerme eristamiseks märgitakse arvu ette täht T (levinud on ka R ja G — gaasikeere), näit. T ½ ″. Erinev on torukeere tava-

lisest tollkeermest selle poolest, et siin ei anta toru välist ∅, vaid normitud gaasitoru sisemine ∅ (ava), mille kaudu leiame tabelist toru välise ∅ ja keermete arvu 1″ kohta. Mõõtjoon koos mõõtarvuga asetatakse aga ikkagi keerme harjajoonte vahele (joon. 277). ГОСТ-normide järgi tähistatakse torukeeret lühendiga ТРУБ mõõtarvu järel, näit. 2″ ТРУБ.

Joonisel 278 on kujutatud kruvipolt (a), metallikruvi (b) ja puidukruvi (c).



Joon. 276.



Joon. 277.

Joonistel 279—283 on toodud järjekorras tehniliste joonistena:

joon. 279 — ümarpeaga metallikruvi,

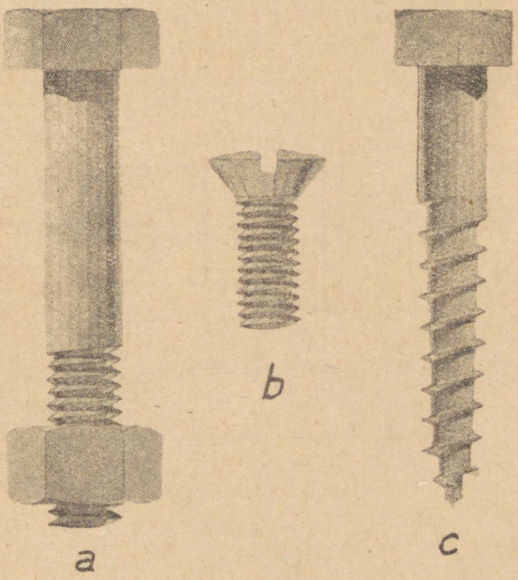
joon. 280 — peitpeaga metallikruvi,

joon. 281 — silindrilise peaga metallikruvi,

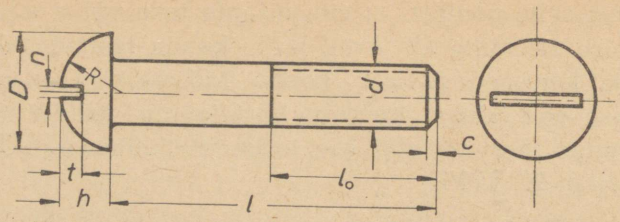
joon. 282 — alusega nelikantpeaga metallikruvi ja

joon. 283 — tihvtkruvi.

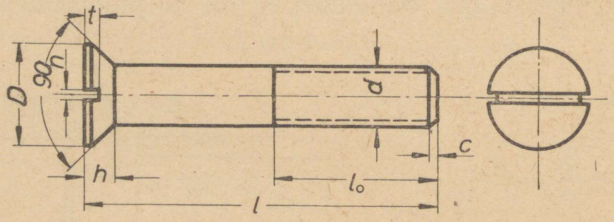
Allpool järgnevates tabelites on toodud meeter-, toll- ja torukeermete mõõteid.



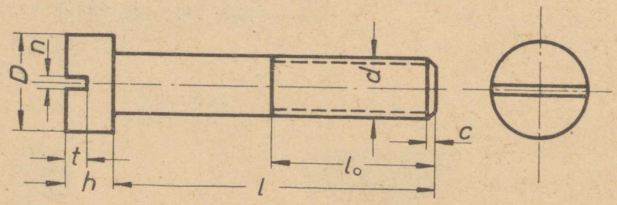
Joon. 278.



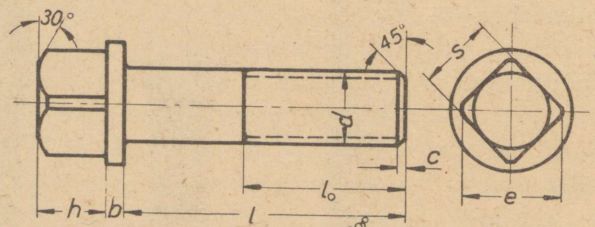
Joon. 279.



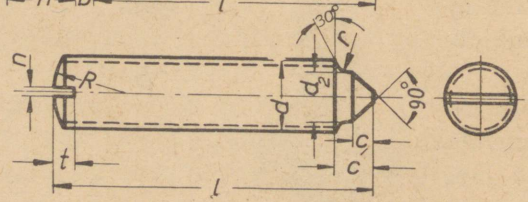
Joon. 280.



Joon. 281.



Joon. 282.



Joon. 283.

Tabel nr. 3. Kuuetahulise peaga poltide ja mutrite mõõteid meeterkeermele.

Poldi välisläbimõõt mm	Südamiku läbimõõt mm	Keerme samm S mm	Kõrgus mm		Võtmeava mm	Allapandava seibi	
			peal	mutril		läbimõõt mm	paksus mm
6	4,7	1	5	5	11	16	1,5
8	6,4	1,25	6	6	14	18	1,5
10	8,1	1,5	7	8	17	22	2,0
12	9,7	1,75	9	10	22	28	2,0
14	11,4	2	10	11	22	28	3,0
16	13,4	2	12	13	27	34	3,0
18	14,8	2,5	13	14	32	40	3,0
20	16,8	2,5	14	16	32	40	4,0
22	18,8	2,5	16	18	36	46	4,0
24	20,1	3	16	20	36	46	4,0
27	23,1	3	18	22	41	52	5,0
30	25,5	3,5	20	24	46	55	5,0
36	30,8	4	24	28	55	68	6,0
42	36,2	4,5	28	35	65	80	6,0
48	41,5	5	32	40	75	90	8,0

Tabel nr. 4. Kuuetahulise peaga poltide ja mutrite mõõteid toll- (Whitworth-) keermele.

Poldi läbimõõt tollides	Keerme välisläbimõõt mm	Südamiku läbimõõt mm	Käikude arv ühel tollil	Kõrgus mm		Võtmeava mm	Allapandava seibi	
				peal	mutril		läbimõõt mm	paksus mm
1/4	6,4	4,7	20	5	5	11	16	1,5
5/1	7,9	6,1	18	6	6	14	18	1,5
3/8	9,5	7,5	16	7	8	17	22	2
1/2	12,7	10,0	12	9	10	22	28	2
5/8	15,9	12,9	11	11	13	27	34	3
3/4	19,1	15,8	10	14	16	32	40	3
7/8	22,2	18,6	9	16	18	36	46	4
1	25,4	21,3	8	18	20	41	52	4
1 1/8	28,6	23,9	7	20	24	46	55	5
1 1/4	31,8	27,1	7	22	25	50	62	5
1 1/2	38,1	32,7	6	26	30	60	75	6
1 3/4	44,5	37,9	5	28	35	70	85	8
2	50,8	43,6	4,5	32	40	80	100	8

Tabel nr. 5.

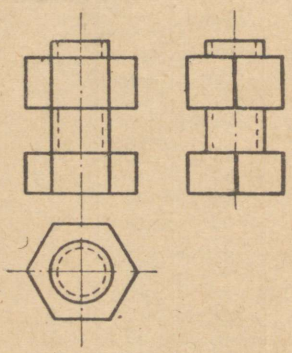
Torukeermе mõõteid nimiläbimõõtudele 1/8″ kuni 3″.

Toru siseläbimõõt tollides	Keerme		Käikude arv 1″ kohta
	välisläbimõõt d mm	südamiku läbimõõt d_1 mm	
1/8	9,7	8,6	28
1/4	13,2	11,4	19
3/8	16,7	15,0	19
1/2	21,0	18,6	14
3/4	26,4	24,1	14
1	33,3	30,3	11
1 1/4	41,9	39,0	11
1 1/2	47,8	44,8	11
1 3/4	53,7	50,8	11
2	59,6	56,7	11
2 1/4	65,7	62,8	11
2 1/2	75,2	72,2	11
2 3/4	81,5	78,6	11
3	87,9	84,9	11

Eri juhtudel on soovitav kasutada lihtsustatud kujutamisviisi (joon. 284).

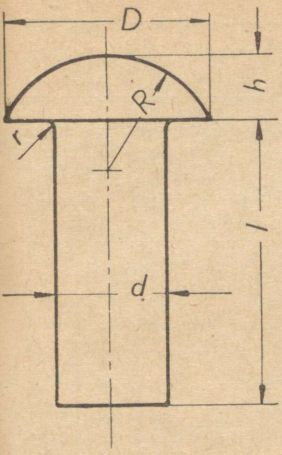
b. Needid.

Needid jagunevad oma kasutamise otstarbe järgi peamiselt kahte suurde põhirühma: needid ehitusalalistele konstruktsioonidele (mitmesugused kandjad, mastid jne.) ja needid katlaehituseks (katlad, reservuaarid jne.). Viimasel liigil on needi pea kujutatud suhteliselt suuremana, kuna needistus peab tagama ka konstruktsiooni tiheduse. Tarvitatavamad needitüübid on toodud joonistel 285—290. Erinevused on needi pea kujus.

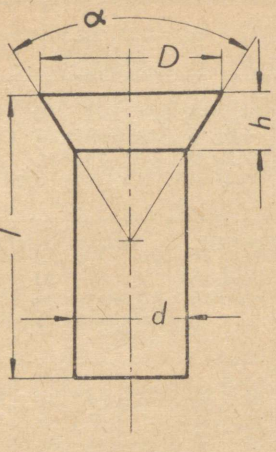


Joon. 284.

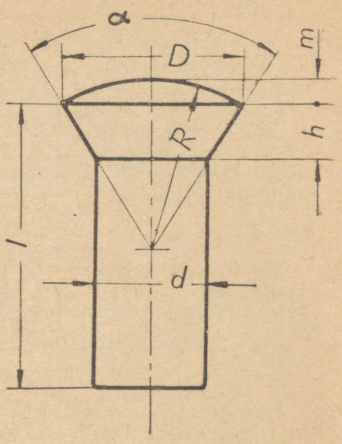
Alljärgnevas kahes tabelis on toodud põhilised mõõted enamtarvitatavate neetide kohta:



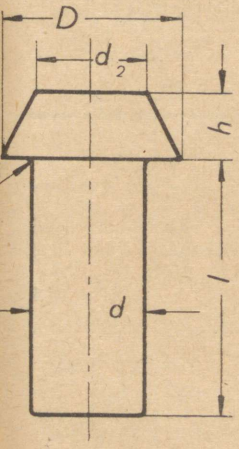
Joon. 285.
Ümarpeaga neet.



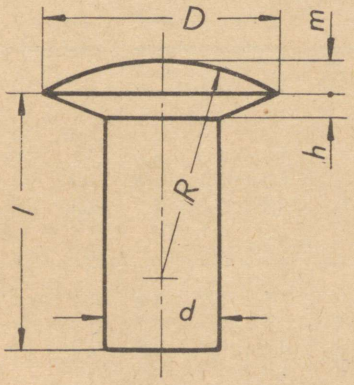
Joon. 286.
Peitpeaga neet.



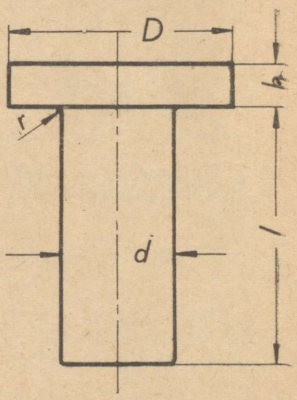
Joon. 287.
Poolpeitpeaga neet.



Joon. 288.
Koonilise peaga neet.



Joon. 289.
Poolpeitpeaga neet
(plekitöödele).



Joon. 290.
Lamepeaga neet.

Tabel nr. 6.

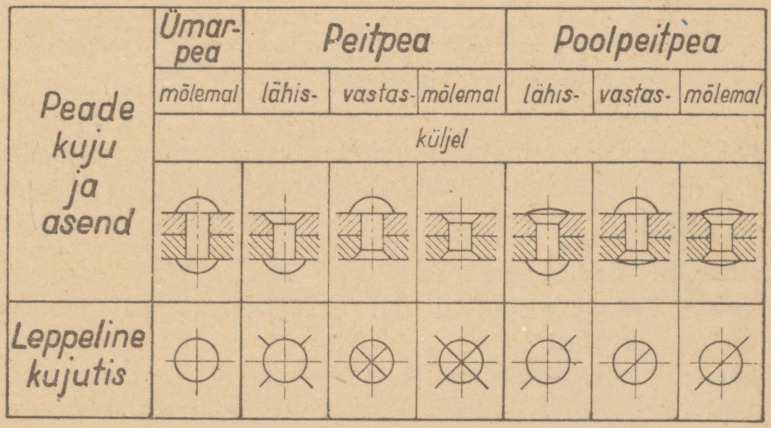
Needivarva läbimõõt d mm		8	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37
Ümarpeaga neet ehitusalalistele konstruktsioonidele, ГОСТ 1187—41 (joon. 285)	D	14	16	21	25	30	35	40	45	50	55	60
	h	4,8	6	8	9,5	11	13	15	17	19	21	23
	R≈	7,5	9	12,5	13	16	18	21	23,5	26	28,5	31
	r≤	0,4	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5
Ümarpeaga neet katlaehitusele, ГОСТ 1191—41 (joon. 285)	D	14	17	24	29	34	39	44	50	55	60	65
	h	4,8	6	9	10	12	14	16	18	20	22	24
	R≈	8	9	12,5	15,5	18	20,5	23	26	29	32	34
	r≤	0,4	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5
Peitpeaga ja poolpeitpeaga neet ГОСТ 1195—41 ja ГОСТ 1192—41 (joon. 286, 287)	D	14,4	16	20,5	24,5	30	35	39,5	39,5	44	48	52,5
	h	3,2	4	5	7,5	9,5	11	12,5	14	15,5	17	18,5
	R≈	16	17	22	28	34	40	46	42	46	50	56
	m	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
	α	90°	75°		60°				45°			
Koonilise peaga neet ГОСТ 1193—41 (joon. 288)	D	14	16	21	26	30	35	40	45	50	55	—
	d_2	8	10	13	16	19	22	25	28	31	34	—
	h	5	6	8	9,5	11,5	13	15	17	18,5	20,5	—
	r≤	0,4	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	—

Tabel nr. 7.

Needivarva läbimõõt d mm		2	2,3	2,6	3	3,5	4	5	6	7
Ümarpeaga neet ГОСТ 1187—41 (joon. 285)	D	3,5	4	4,6	5,3	6,3	7,1	8,8	11,0	12,8
	h	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,4	3	3,6	4,2
	R≈	1,9	2,2	2,5	2,9	3,4	3,8	4,7	6	7
	r≤	ei normita							0,4	0,4
Poolpeitpeaga neet plekitöödele ГОСТ 1190—41 (joon. 289)	D	4,5	5,2	5,8	6,4	7,4	8,2	10,2	12	14
	h	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9	1,0	1,2
	m	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,4	1,7	2,0
	R≈	4,2	4,8	5,4	6	7	8	10	12	14
Lamepeaga neet ГОСТ 1189—41 (joon. 290)	D	—	5,2	5,2	6	7	8	10	12	—
	h	—	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4	—
	r≤	—	ei normita						0,4	—

Mõõdete märkimisel on tehnilisel joonisel vajalik anda ainult needivarva läbimõõt (nimiläbimõõt) ja needivarva pikkus (oleneb needitavate elementide kogupaksusest), kusjuures tuleb märkida ka vastava üleliidulise standardi (ГОСТ) number, mille järgi antud kujuga needid on normitud (näiteks: Neet 19 × 90 ГОСТ 1191-41, s. t. ümarpeaga neet katlaehitusele, mille varva läbimõõt on 19 mm ja pikkus 90 mm).

Leppeline neetide kujutamine on näidatud joonisel nr. 291.



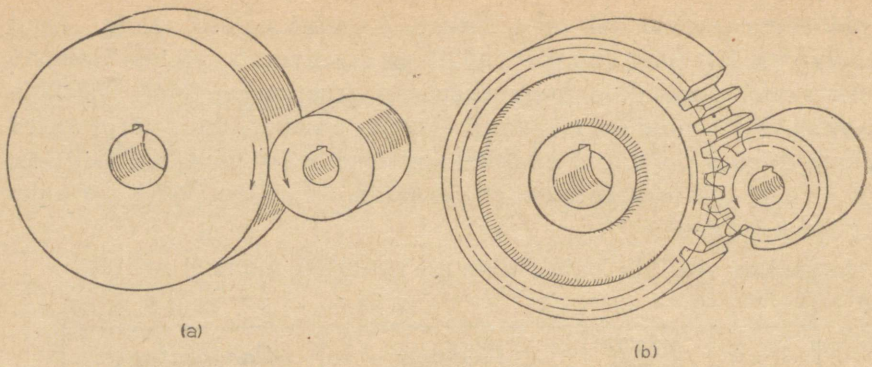
Joon. 291.

c. Hammasrattad.

Hammasratas on eriliste hammastega varustatud ratas liikumise või jõu ülekandmiseks ühelt võllilt teisele.

Hammasrattaid on väga mitut laadi. Alljärgnevad joonised kujutavad neist kõige tarvitatavamaid.

Sagedamini tarvitatavad hammasrattad on: 1) silinderhammasratas, mille võllid asetsevad rööbiti (joon. 292 b ja 293); 2) koonushammasratas, mille võllid lõikuvad (nurgiajam) (joon. 294). Koostöötavail hammasrattail peab olema võrdne hambumissamm ja ühtlane hambumine. Hambumine on kas evolventne (vt. evolvent, joon. 84) või tsükloidne (vt. tsükloid, joon. 85—87). Et jaotusringi



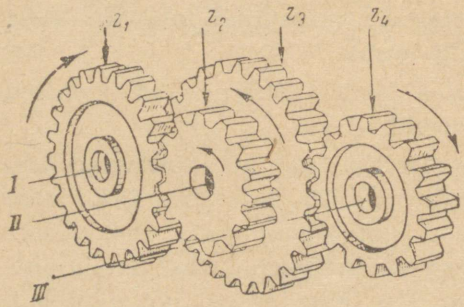
Joon. 292.

läbimõõt oleks sobiv, valitakse hambumissammuks π mitmekordne — $m\pi$. On z hammaste arv, siis on jaotusringi pikkus $m\pi z$ ja jaotusringi läbimõõt $\frac{m\pi z}{\pi} = mz$.

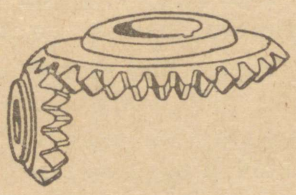
Suurust m nimetatakse mooduliks.

Joonisel 293 on kujutatud neli aksonomeetriliselt joonestatud silinder-hammasratast.

Hammasrataste joonestamisel ei märgita iga hammast üksikult, vaid näidatakse ainult tingimuslikult kolm joont: hambapeade ring — pideva täisjoonena, jaotusring — kriips-punktjoonena, hambatüvede ring — kriipsjoonena (nägematu kontuurjoon).



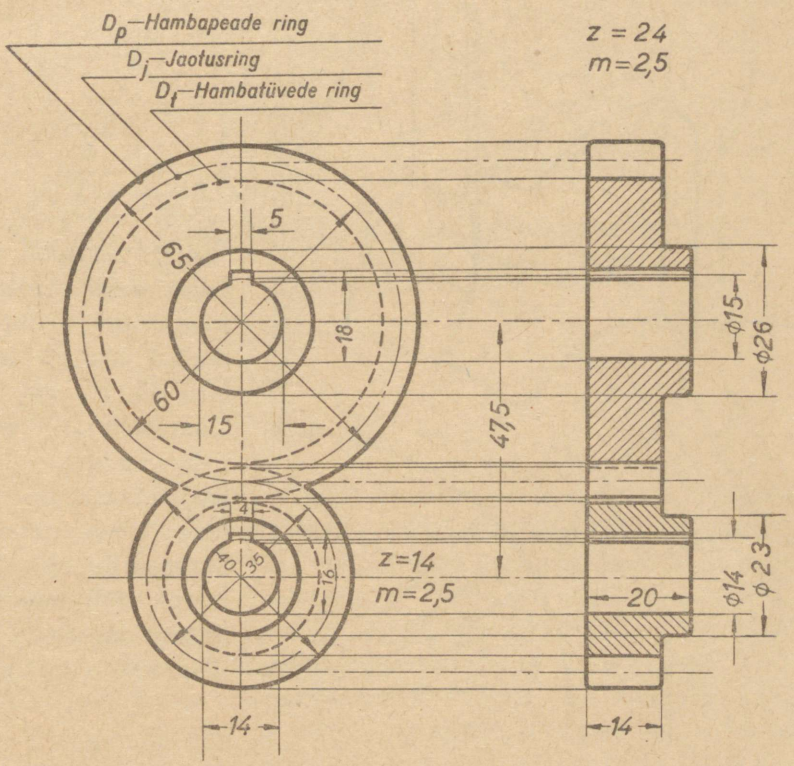
Joon. 293.



Joon. 294.

Külgvaates on hammasratas kujutatud läbilõikes, kusjuures hambad näidatakse alati vaates (joon. 295).

Joonisel 296 on toodud aksonomeetrilise joonisena hammasratta üks osa (kolm hammast), kus on näidatud hammasrataste joonestamiseks tarvilikke mõisteid.

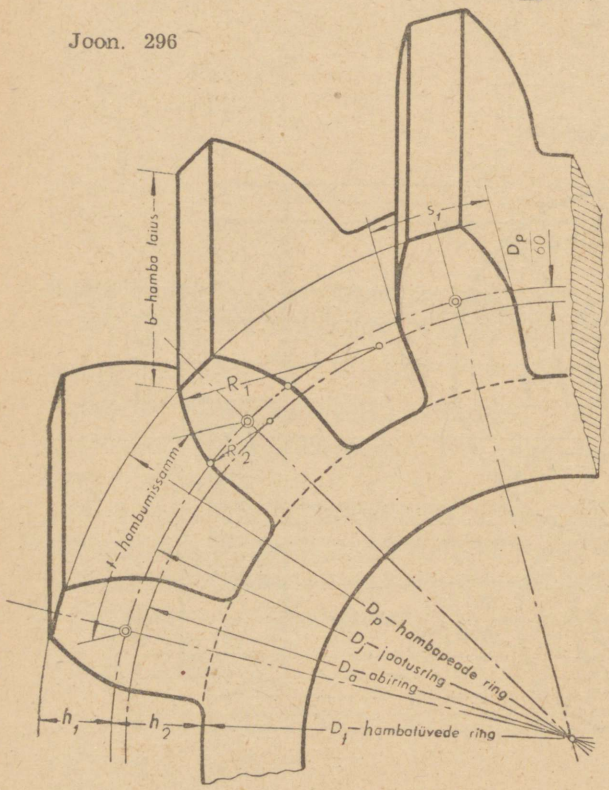


Joon. 295.

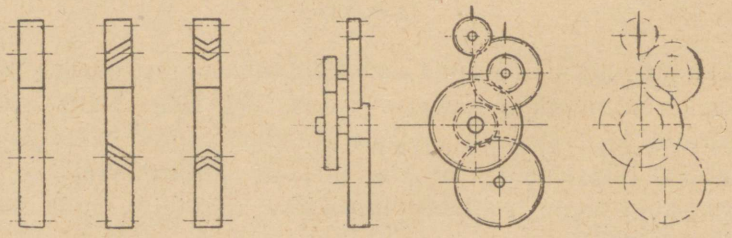
Silinderhammasratas. Üks tähtsamaist masina osadest tehnikas on silinderhammasratas (joon. 293, 296). Kuna silinderhammasratta joonestamisel peame tundma konstrueerimisviiside ja arvutuste tähtsamaid osi, siis püüame alljärgnevalt selgitada mitmesuguseid meile rohkem tarvilikke mõisteid, mida tähistatakse järgmiselt:

H — hamba kõrgus,
h_1 — hamba pea kõrgus,
h_2 — hamba tüve kõrgus,
b — hamba laius,
t — hambumissamm,
D_p — hambapeade ring,
D_t — hambatüvede ring,
D_j — jaotusring,
m — moodul.

Joon. 296

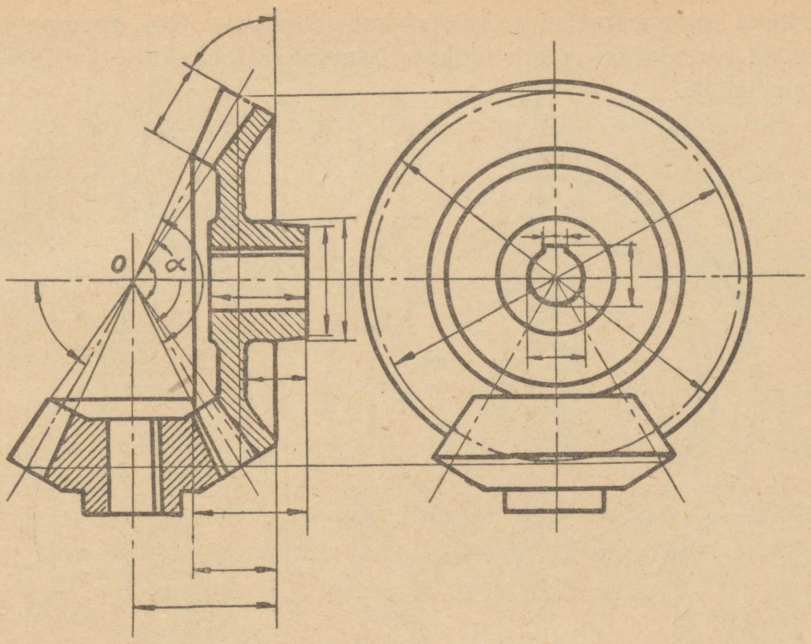


Järgnevalt on esitatud hammasrataste joonestamise leppemärke. Kui on tegemist kald- või V-hammastega (noolhammastega), siis tähistatakse nad joonise 297 a kohaselt. Skemaatilistel joonistel võib hammasrattaid kujutada joonise 297 b kohaselt.



a *b*

Joon. 297.



Joon. 298.

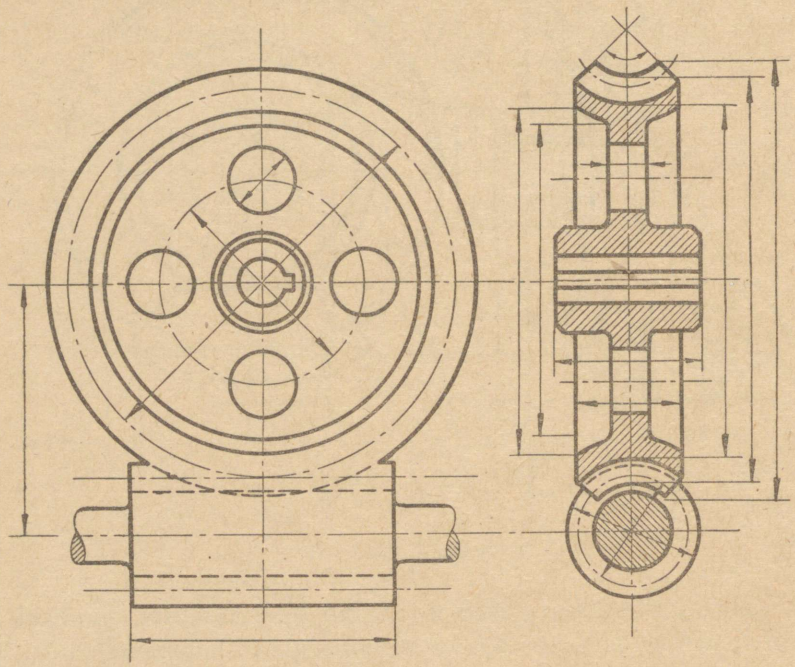
Joonisel 298 on kujutatud kooniline hammasajam, joonisel 299 — tiguajam ja joonisel 300 — mitmesuguste hammasajamite lihtsustatud leppemärke (a — silindriline hammasajam, b — kooniline hammasajam, c — tiguajam).

Kõige lihtsamad ja aeglaselt tiirlevad hammasrattad valatakse. Kiiremini töötavaid rattaid hammastatakse lõikamisega. Eriti kõrgete nõuete jaoks ettenähtud rataste lõplik silu ja täpsus saadakse lihvimisega. Hammaste lõikamine toimub peamiselt freesimisega, harvemini hööveldamisega.

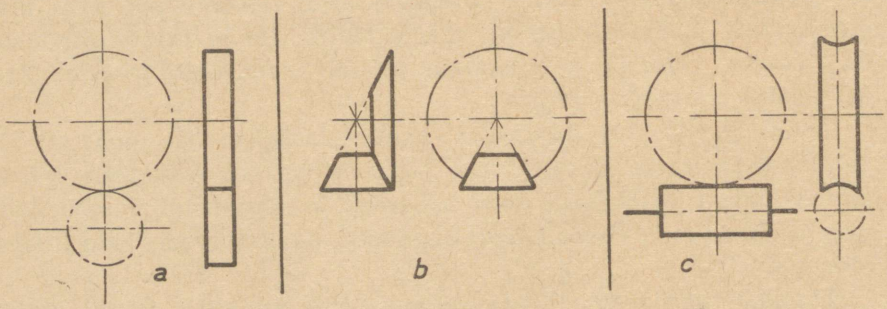
Joonisel 301 on kujutatud hammaslattajam ja joonisel 302 ankurhammasratas. Üldiselt on põhimõtteks, et vajaduse korral joonestatakse välja vaid 3—4 hammast ja ülejäänud hambapeade ring tähistatakse pideva täisjoonega ning hambatüvede joon kriipsjoonega.

Hammasrattaid valmistatakse enamikus metallist (teras, malm, pronks, messing), kas valamise, pressimise või stantsimise teel.

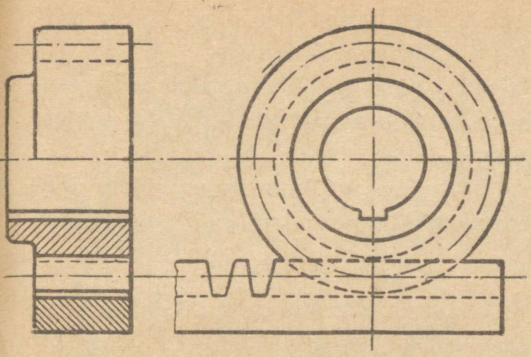
Parimad hammasrattad valmistatakse freesimise teel. Parema hambumise saamiseks valmistatakse hammasrattaid kald- või nurkhammastega.



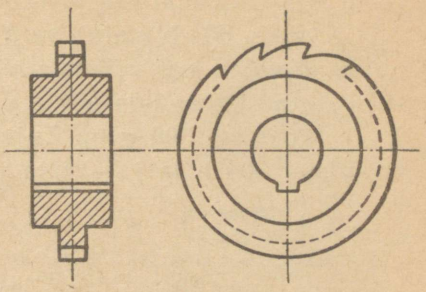
Joon. 299.



Joon. 300.



Joon. 301.

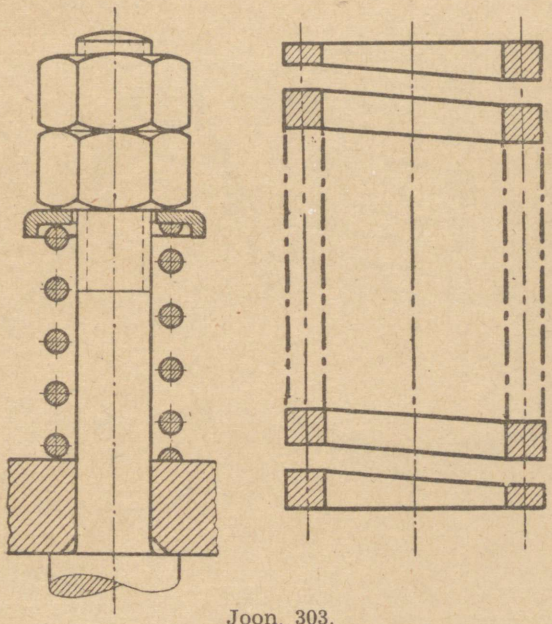


Joon. 302.

d. Vedrud.

Joonised 303 ja 304 kujutavad võtteid vedrude ja nende leppemärkide joonestamiseks.

Kuna vedrujoone joonestamine tekitab raskusi, siis on lubatav seda joonestada sirgjoonte abil, nagu seda kujutavad joonised 303 ja 304.

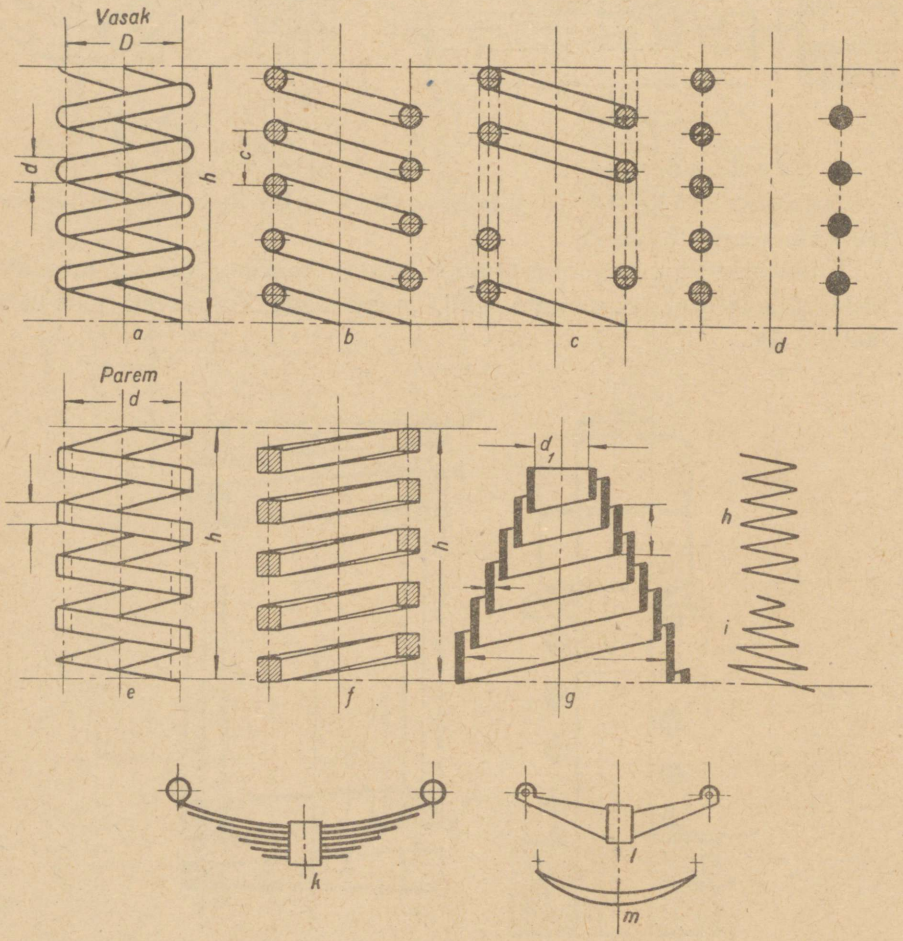


Joon. 303.

Joon. 304 a, b, c ja d kujutab ümartraadist keeratud vedru ja e, f ja g ristkülikulise ja ruudulise ristlõikega vedrusid.

Joon. 304 b näitab vedru lõikes, c ja d — skemaatilist joonestamise võtet, kus väikeste läbilõikepindade puhul on viirutise asemel lubatud lõikepinda näidata mustana.

Joonisel 304 g on kujutatud latt-terasest kooniline vedru, joonistel 304 h ja j — võte väikesemõõteliste vedrude skitseerimisel.



Joon. 304.

Joon. 304 k näitab leht-terasest vedru, mida joonestatakse kaarjoonte abil.

Kiirjooniste valmistamisel on lubatud piirduda ainult kaarekeste joonestamisega.

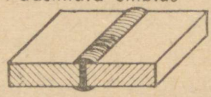
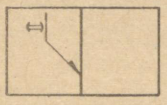
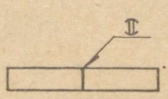
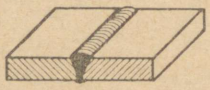
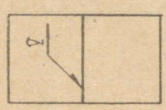
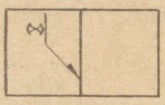
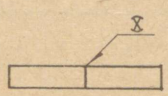
Tööjoonistel peab olema märgitud vedru keskmine või sisemine läbimõõt, pikkus ja keerdude samm vabas olekus, vedru ristlõike mõõted ja ka töötavate keerdude arv (koguarv — 2).

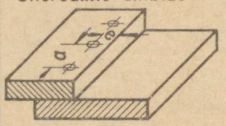
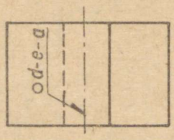
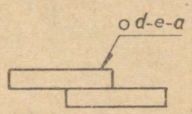
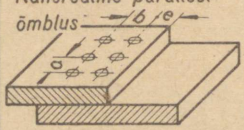
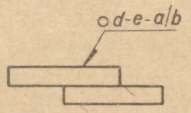
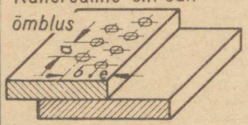
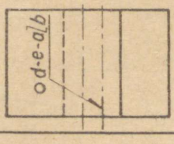
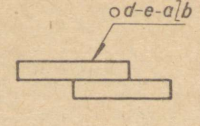
e. K e e v i t õ m b l u s e d.

Sagedamini esinevate keevitõmbluste leppeline kujutamine on toodud OCT/НКТП 8849 järgi tabelites nr. 8—10.

T a b e l nr. 8.

KUHIL-ÕMBLUSED			
Õmbluse liik	Märk	Tähistamine	
		pealtvaatel	külgvaatel
Tugevdatud kahepoolne õmblus			
Normaalne ühepoolne õmblus			
Nõgusõmblus			
Etapp-õmblus			
Keevitamine piki kontuuri			

JÄTK-ÕMBLUSED			
Õmbluse liik	Märk	Tähistamine	
		pealtvaatel	külgvaatel
Faasimata õmblus 			
V-õmblus 			
X-õmblus 			

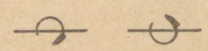
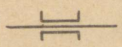
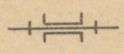
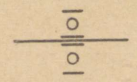
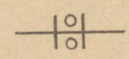
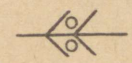
KONTAKT-KEEVITUS			
Õmbluse liik	Märk	Tähistamine	
		pealtvaatel	külgvaatel
Üherealine õmblus 	○		
Kaherealine paralleel-õmblus 	○		
Kaherealine sik-sak-õmblus 	○		

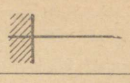
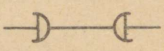
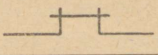
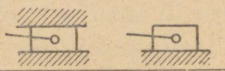
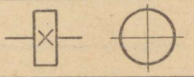
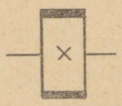
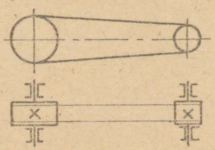
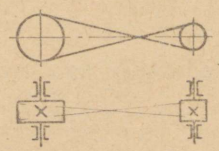
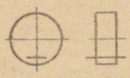
10. Skemaatiliste kujutusvõtete kasutamine.

Sageli osutub tarvilikuks kujutada joonisel võrdlemisi keerukaid mehhanisme, mille täpne väljajoonestamine seni tundmaõpitud võtete järgi võtaks palju aega. Peale selle on mehhanismi liikumise (kinemaatika) jälgimine niisuguselt jooniselt raskendatud, kuna tähtsad mehhanismi iseloomustavad osad on kujutatud koos mehhanismi poolt teostatava liikumise jälgimise seisukohalt ebatähtsate osadega. Nimetatud puuduste kõrvaldamiseks on hea kasutada leppelisi lihtsustatud kujutisi — üksikdetailide kui ka mehhanismide skeeme. Saadud joonis, s k e m a a t i l i n e j o o n i s, ei asenda muidugi tehnilist joonist selle üldtähenduses, vaid moodustab eriotstarbelise joonise liigi.

Alljärgnevas tabelis nr. 11 on toodud kasutatavamaid kujutusvõtteid skemaatiliste jooniste valmistamiseks.

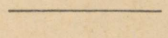
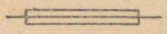
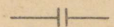
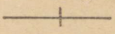
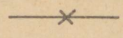
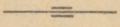
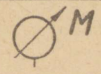
T a b e l nr. 11.

Detaili nimetus	Skemaatiline kujutamine
Võll, kus nooltega on näidatud võlli tiirlemise suund	
Liuglaager	
Väntvõlli ja kepsu ühendus	
Liuglaager seaderõngastega võllil	
Veerlaager, kande-	
Veerlaager, tugi-	
Veerlaager, tugikande-	

Liikumatult kinnitatud otsaga varras	
Kahe varda šarniirliide	
Kardaanliigend	
Kahe võlli jäik liide	
Liugur	
Vabakäigu-ratas võllil	
Tööratas võllil	
Hooratas	
Rihmülekanne, harilik	
Rihmülekanne, ristuvate rihmadega	
Ekstsentrik	

Sageli tuleb joonistel kujutada ka mitmesuguseid torustikke, mis juhivad vedelikke, gaase jms. ja mille ulatusel esinevad mitmed nimetatud seadmeile iseloomulikud detailid nagu pumbad, mõõteriistad jne. Ka siin on võimalik kasutada nimetatud detailide skemaatilist kujutamist. Kasutatavamate detailide kohta on toodud alljärgnev tabel nr. 12.

Tabel nr. 12.

Detaili nimetus	Skemaatiline kujutamine
Toru, katteta	
Toru, isoleeritud	
Äärikutega toruliide	
Keermestatud toruliide	
Keevitatud toruliide	
Kinnispunktiga toru	
Toru liikuval toel	
Toru juhttoel	
Kompensaator	
Torupõlv, äärikutega	
Torukolmik, äärikutega	
Sulgklapp	
Manomeeter	

Vaakum-meeter	
Termomeeter	
Veemõõtja	
Gaasimõõtja	
Radiaator	
Tsentrifugaalpump	
Käsipump	
Injektor	

Tabel nr. 13.

Juhitav keskkond	Skemaatiline kujutamine
Vedelik või gaas, mis seadmes on valitsev	
Vesi	
Aur	
Õhk	
Gaas	
Vedelkütus	
Õli	

Seadme kaudu edasijuhitav keskkond märgitakse samuti erileppemärkidega, mis on toodud tabelis nr. 13.

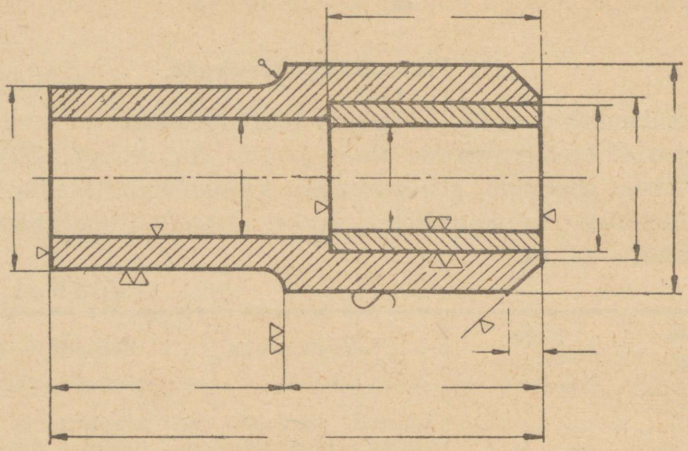
11. Pinnatöötlemismärgid.

Töötlemismärgid näitavad pinna töötlemisastet ja need pannakse joonisel eseme vastava pinna juurde. Kui eseme kõiki pindu tuleb ühtlaselt töödelda, siis pannakse töötlemismärk selle eseme joonise ülemisse parempoolsesse nurka. Pinnatöötlemismärgid on toodud tabelis nr. 14.

Tabel nr. 14.

Pinnatöötlemismärgid	Pinna välimus	Valmistamisviis	Rakenduse näiteid
Ilma märgita	Toorpind	Valatud, valtsitud, sepistatud, tõmmatud jne. pinnad mehaanilise töötlemiseta.	Masinate ja detailide toored ehk mustad pinnad.
~ Sarnasuse märk	Töötlemata tasane pind	Saadud tasasust tagavate töövõtetega ja riistadega. Harva veel smirgeldatud.	Puhtalt valatud, sepistatud või pressitud pinnad. Plekist katted. Valatud hammasrataste hambad. Pressitud ja stantsitud osad.
▽ Üks kolmnurk	Kare pind	Laastuvõtmisega töödeldud pind jämedate töötlemisjälgedega (treimine, hööveldamine, freesimine, viilimine jne.).	Poolvalmid osad. Laagrite tallapinnad. Alusplaatide välispinnad. Kolvirõngaste sisepinnad. Kruvipoltide varvad, kui neid pole vaja sobitada.
▽▽ Kaks kolmnurka	Poolpuhas pind	Laastuvõtmisega puhtalt töödeldud pind, s. o. täpselt treitud, höövelda tud või freesitud.	Viimistel dud masinaosa. Võllid Rihmarattad. Sobitatud osad.
▽▽▽ Kolm kolmnurka	Puhas pind	Kaabitsetud, lihvitud või hälitud (poleeritud).	Täpsed rihtplaadid. Laagrid. Hõõrduvad osad. Tööstusmasinate juhtteed ja lihketeed.

Joonisel 305 on toodud pinnatöötlemismärkide kasutamise näide.

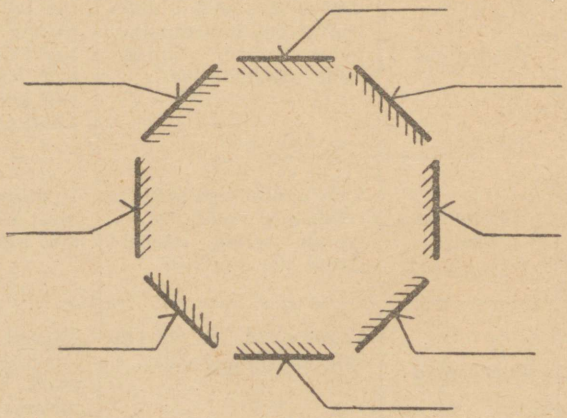


Joon. 305.

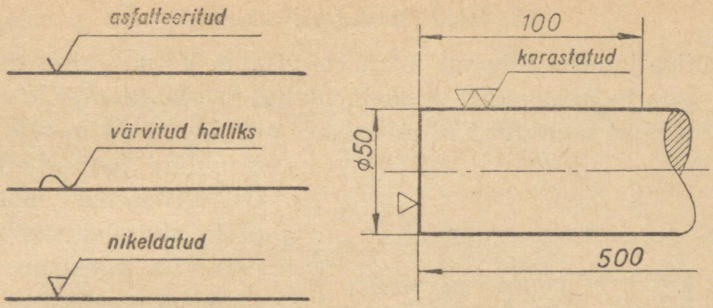
Igakord ei piisa üldisest pinnatöötlemise astme määramisest. Kui on tarvis anda üksikasjalisemat ja täpsemat eeskirja pinna viimistlemiseks, siis kirjutatakse see vastava sõnaga horisontaaljoonele töötlemismärgi juurde joonise 306 kohaselt.

Selle viisi rakenduse näitena on toodud joon. 307.

Mitmesõnalised eeskirjad antakse kirjanurga märkuste lahtris, näit.: mennikuga punaseks värvida, hõbedaga galvaniseerida jne.



Joon. 306.



Joon. 307.

12. Montaažjoonis.

Seadmesse kuuluvate detailide kuju ja suurus selgub igalt üksikult tööjooniselt. Montaažjooniselt peab aga selguma seadmesse kuuluvate detailide vastastikune asend. Sellest tingituna peab montaažjoonis sisaldama seadme kokkumonteerimiseks ja ka kohale asetamiseks vajalikke põhimõõteid. Peale selle tuleb montaažjoonisele märkida kogu seadme gabariitmõõted.

Kõik joonisel leiduvad detailid nummerdatakse järjekorras nn. positsiooninumbritega.

Positsiooninumber kirjutatakse väljapoole eseme piirjooni 8—12 mm suuruselt. Positsiooninumbri alus (riiul) ühendatakse detaili kujutisega pideva peenjoone abil, kusjuures pidev peenjoon lõpeb detailil väikese punktikesega (joon. 308).

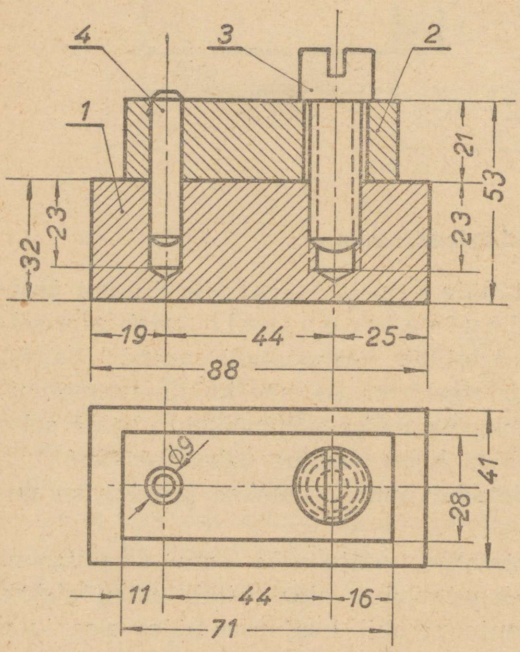
On soovitav, et positsiooninumbrid asuksid võimaluse järgi ühes reas ja et jooned, mis viivad vastava esemeni, oleksid võimalikult lühikesed ja kergesti jälgitavad.

Kirjanurga (joon. 46) ülemise serva vastu joonestatakse nn. tükitabel, mis sisaldab kõikide joonisel leiduvate detailide loetelu positsiooninumbrite järgi ja andmed nende hulga, materjali, kaalu jne. kohta. Nimetatud loetelu nimetatakse spetsifikatsiooniks. Spetsifikatsiooni lugemine toimub tabelis alt ülespoole.

Joonisel 308 on spetsifikatsioon toodud lihtsustatud kujul. Normaalselt tuleks kõikide vajalike andmete mahutamiseks kasutada laiemat tabelit (168—178 mm).

13. Visandi valmistamine.

Tehnilise joonise esimene vorm on visand. Väga tülikas on etteantud eseme joonestamisel esemelt võetud mõõteid kanda otse joonisele. Joonisel puuduvad alles eseme piirjooned ja nende järkjärguline joonestamine ja ühtlasi eseme mõõtmine oleks ebaratsionaalne. Samuti on konstrueerimine väga tülikas, kui põhiidee ei ole väljendatud visandis.



Pos. Nr.	Eseme nimetus	Arv	Materjal	Märkmeid
4	Tihvt ø8	1	Teras	
3	Kruvi 1/2" x 45	1	Teras	
2	Kinnitusplaat	1	Malm	
1	Alusplaat	1	Malm	
PLAAT–LIIDE M. 1:2				
K. Kaasik / R. Vanakesa	Tööstuskool Nr. 1		312	

Joon. 308.

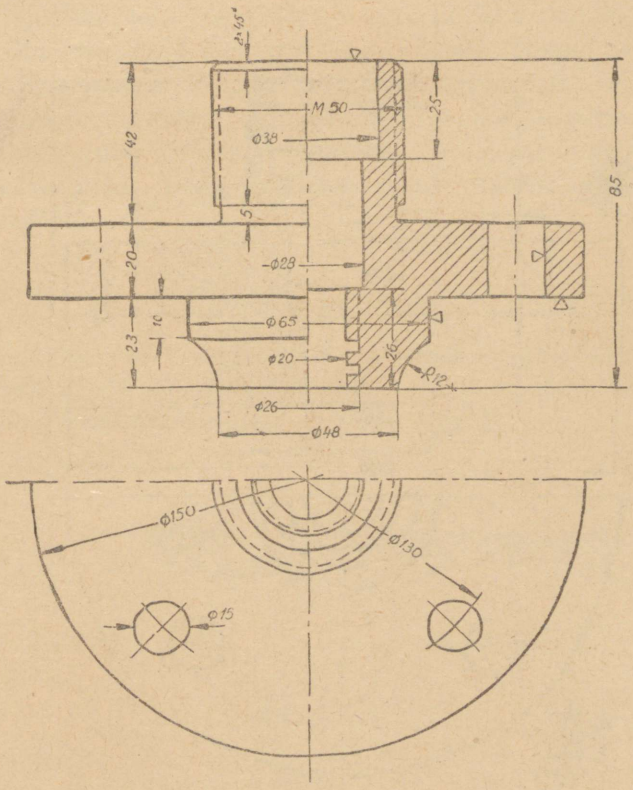
Visand (skits) valmistatakse tavaliselt ruudulisele või joonteta paberile, kasutades pliiatsit kõvadusega HB või F.

Visand on vaba käega joonestatud tehniline joonis. Tema kohta kehtivad kõik joonestusnormid ja nõuded nii vaadete ja mõõdete paigutusviiside kui ka lõigete ja leppemärkide kohta.

Visandi valmistamisel tuleb püüda nii palju kui võimalik pidada kinni eseme mõõdete vahekorrast. Ei ole soovitav kasutada joonestusabinõusid nagu sirklit, joonlauda, kolmnurka jne. Sellest hoolimata peab visand täielikult evima tehnilise joonise ilmet,

iseäranis väiksemates mehaanika-töökodades. Neil põhjuseil on oluline korraliku visandi joonestamine, mis nõuab küllalt suurt harjutamist.

Joon. 309 kujutab hästi ja joon. 310 halvasti valmistatud visandit.



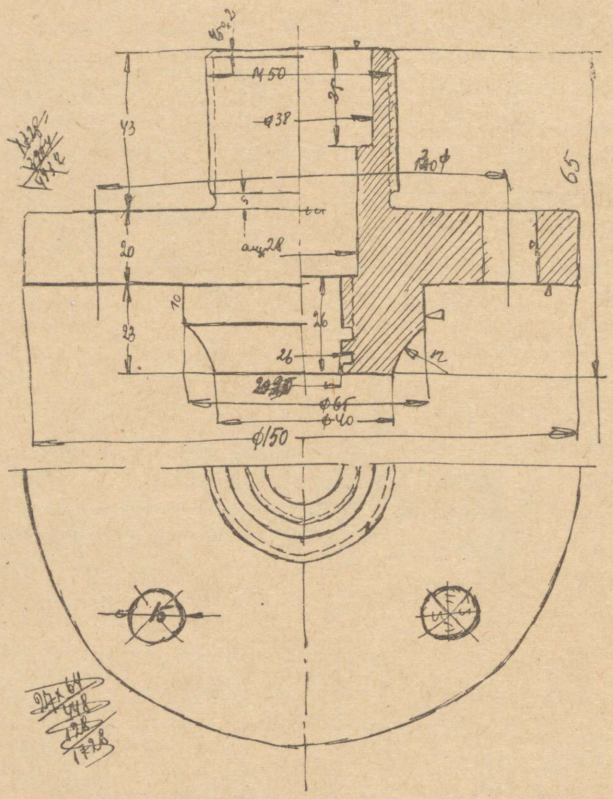
Joon. 309. — Korralikult valmistatud visand.

14. Tehnilise joonise valmistamise järjestikkus.

Tehnilise joonise valmistamise järjestikkus on väga tähtis, kuna sellest oleneb mitte ainult joonise selgus, täpsus ja korralikkus, vaid ka joonise ilu.

Joonise valmistamiseks tuleb teha esmalt vajalik visand (vt.

joon. 309, 310). Seejärel tuleb valida nii joonise kujule kui ka suurusele vastav mõõt ja joonise formaat (lk. 24), määrata kindlaks kirjanurk (joon. 46 ja 49) ja tükitabel, reserveerides selleks vajaliku pinna joonise parempoolsel alumisel nurgal. Seejärel tuleb määrata vaadetele asukohad ja tõmmata vaadete sümmeetria-telgjooned.



Joon. 310. — Halvasti valmistatud visand.

Nüüd tuleb märkida vaadete peamõõted (gabariitmõõted) ja asuda joonise valmistamisele.

Esiteks tuleb tõmmata kõik jooned ning kontuurjoonedki õrnalt, hästi teritatud pliiatsiga 2H, et neid võiks vajaduse korral hõlpsasti

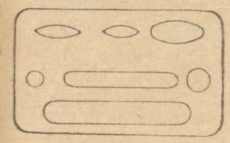
kustutada. Kui on selgunud, et kõik on korras ja vastab joonise nõuetele, võib esialgseid jooni üle tõmmata vastavalt nende iseloomule (joon. 113).

On joonisele kõik kontuur- ja telgjooned tõmmatud, tuleb joonisele märkida distants- ja mõõtjooned, joonestada mõõtjoonte noolotsad ja kirjutada mõõtjoonte vahele sobivatele kohtadele (vt. joon. 201) vastavad mõõtarvud ning lisada töödeldud pindadele juurde töötlemismärgid (vt. Pinnatöötlemismärgid lk. 159).

Lõpuks tuleb varustada joonise detailid positsiooninumbritega, täita kirjanurk ning kirjutada joonisele normkirjas vajalikud seletused, märkused jne. Enne joonisele allakirjutamist tuleb veel joonist kontrollida.

15. Joonise parandamine ja mõõtarvude muutmine.

Võib julgesti väita, et suurem osa tehnilisi jooniseid ei valmi ilma parandamiseta. Hästi joonestada, tähendab osata hästi parandada. Selleks mõningaid tegelikke näpunäiteid.



Joon. 311.





Joon. 312.



Joon. 313.

Kui on tarvis jooniselt kummiga kustutada mingi väike osa, muuta jooneots või number, siis on soovitav selleks kasutada kustutusplaati (joon. 311).

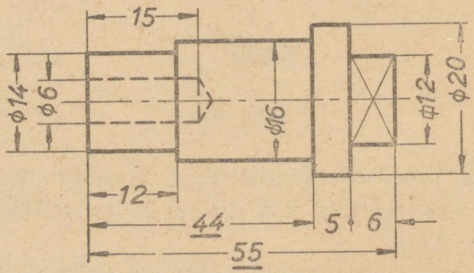
Kustutusplaat on valmistatud eriti õhukesest plekist (0,2 mm), tselluloidist jms., suurusega ca 50 × 75 mm, ning evib mitmekesiseid mulgukesi. Kustutusplaati on väga kerge valmistada igaühel tugevast joonestuspaberist.

Kustutusplaat asetatakse joonisele nii, et kustutatav osa satub sobiva ava piiridesse. Sellega on kummiga hõõrumisel ülejäänud joonis kustutuskoha läheduses kaitstud.

Tušijoont kustutada on soovitav kaapimise teel või tušikummiga nühkides. Kaapimiseks kasutatakse žiletitera või erilist kaapimisnuga (joon. 312). Kui kaabitud kohale tõmmatakse tušijoon, siis on soovitav enne joone tõmbamist kaabitud koht pliiatsiga ühtlaselt mustaks teha. Pliiatsi grafiit teeb koha libedamaks ja takistab tuši laialivalgumist. Hiljem kustutatakse pliiatsijooned pehme kummiga.

Kummipuru kõrvaldamiseks jooniselt kasutatagu harja (joon. 313). Kui kustutamisel joonisesse kulub auk, siis lõigatagu selle servad sirgeks ja liimitagu augu kohale, joonise tagaküljele, tükk sama paberit. Joonise puhastamiseks on soovitav kasutada saiapuru. See on eriti tähtis pliiatsijoonise puhul, sest seda on kummiga raske puhastada, kuna kumm kustutab ka tarvilised jooned. Saiapuru hõõrutakse käega üle joonise ja pühitakse puhtaks harjakesega.

Juhul, kui on tarvis mingit mõõdet muuta või mõõtarvu parandada, ilma et joonist ümber teha, siis parandatakse ainult mõõtarv: vana mõõtarvu asemele kirjutatakse uus. Tähelepanu juhtimiseks asjaolule, et joonis ei vasta selles osas mõõdule, tõmmatakse parandatud mõõtarvule joon alla (joon. 314).

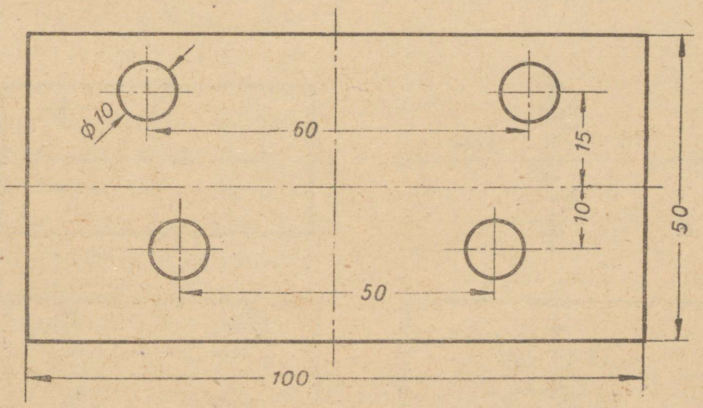


Joon. 314.

16. Harjutustööd.

Punktide määramine koordinaatide järgi.

Sageli on vajalik tehnilistel joonistel märkida ja leida vajalisi punkte (näit. ringide keskpunktid jne.), millede jaoks on joonistel täpselt näidatud nende kaugused kindlatest sirgjoontest, mis tavaliselt moodustavad endi vahel täisnurga, s. o. täisnurga kas kahe kontuurjoone või telje ja keskjoone vahel jne. Sellel juhul nimetatakse antud kaugust punktidest kuni sirgjoonteni punktide koordinaatideks.



Joon. 315.

Tuleb juhtida tähelepanu täpsele mõõdete võtmisele ja nende täpsele märkimisele. Iga märgitavat joonlõiku peab mõõtejoonlaualt võtma täpselt mõõtesirkli abil vastavalt vajalikule mõõdule, ja sirkli abil joonisele üle kandma.

Lugeda joonis ning märkida ja joonestada mõõdus 1:1 täisnurkne plaat ja märkida sellele ümaraukude keskpunktid ja aukude kontuurid (joon. 315).

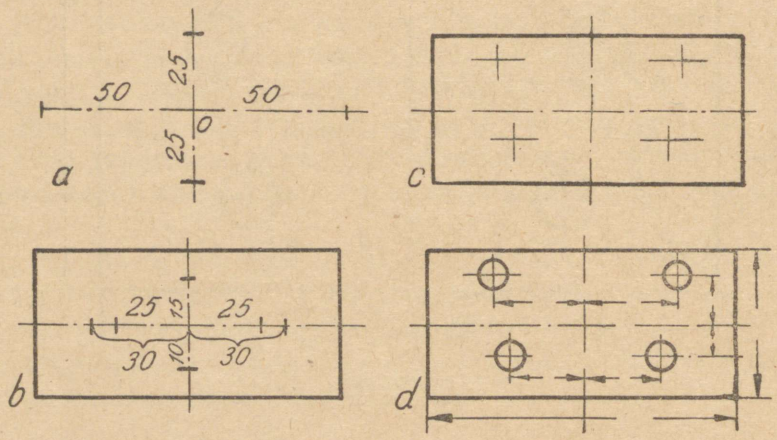
Esmalt loeme plaadi üldmõõted (gabariitmõõted), s. o. pikkuse ja laiuse. Plaadi pikkus on 100 mm, laius 50 mm. Plaadi ülemises osas märgitud mõõde 60 mm näitab mõõdet kahe ülemise ringi (augu) keskpunktide vahel, kusjuures augud asuvad sümmeetrili-

selt kesktelje (sümmeetriatelje) suhtes. Mõõde 50 mm näitab alumiste aukude keskpunktide vahet, mis jällegi asuvad sümmeetriliselt. Joonise paremale küljele märgitud mõõted 15 ja 10 mm näitavad mõõteid ringide keskpunktidest kuni rõhtteljeni.

Augu läbimõõt on märgitud ühele augule — 10 mm.

Teistele aukudele ei ole mõõteid märgitud, järelikult on nad sama läbimõõduga.

Märkimise ja joonestamise algvõtted on seletatud ja näidatud joonisel 316. Tõmbame esmalt risti plaadi kaks telge ja märgime neile, alates punktist O poolpikkuse ja -laiuse mõõted.



Joon. 316.

Tõmbame neist märgitud punktidest läbi kontuurjooned, mis on rööpsed telgedega (joon. 316 a ja b). Telgedel märgime koordinaadid, s. o. mõõted aukude keskpunktidest kuni teljeni, vastavalt mõõdetele, mis on näidatud joon. 315.

Märgime ristiolevate kriipspunktjoonte abil aukude keskpunktid (joon. 316 c).

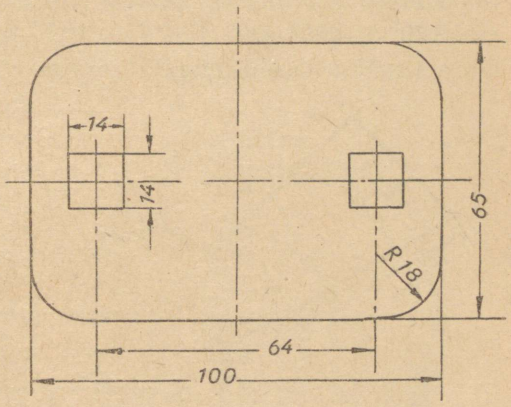
Joonestame sirkli abil ringid. Tõmbame mõõtjooned ja nende otstesse noolekesed.

Selle järel märgime joonisele mõõted, nagu need on näidatud joonisel 315. Lõpuks märgime veel joonisele vajalise mõõdu.

Lugeda, märkida ja joonestada mõõdus 1:1 pealisplaadi kontuur (joon. 317). Plaadi pikkus on 100 mm, laius 65 mm. Aukude telgede vahe on 64 mm, ruudukujulised augud külgedega 14 mm. Nurkade ümardamiskaarte raadius on 18 mm.

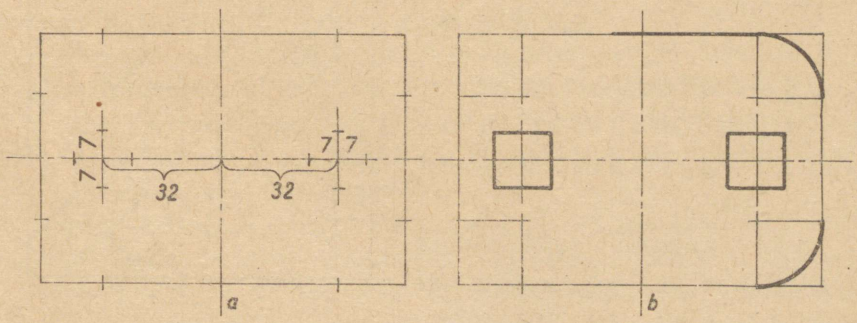
Joonestamise võtted on sarnased eelmise joonise omadega.

Tõmbame kaks risttelge (joon. 318) ja märgime keskpunktist nende telgede mõlemale poole mõõted, mis vastavad plaadi pikkuse ja laiuse poolmõõdetele, ja tõmbame peenjoontega plaadi kontuurid ilma nurki ümardamata. Selle järel märgime rõhtteljele aukude keskpunktid, püstteljest kaugusel 32 mm, mis on pool 64 mm-st, ja tõmbame aukude teljed. Saadud telgedele märgime nende mõlemale poole 7 mm. Edasi märgime nurkade ümardamiseks raadiuse 18 mm ja ümardame nurgad.



Joon. 317.

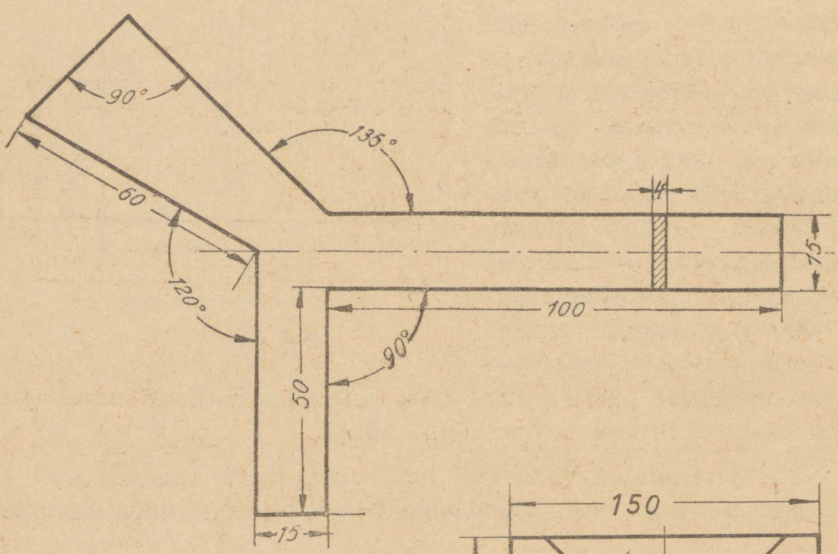
Nüüd joonestame pidevate täisjoontega nii ruudud kui ka ümarnurgad (joon. 318). Ühendame pidevate täisjoontega ümarnur-



Joon. 318.

kade kaared, märgime mõõtjooned neile kuuluvate nooltega ja vastavate mõõtarvudega. Lõpuks märgime veel mõõdu ning kustutame kummiga üleliigsed jooned.

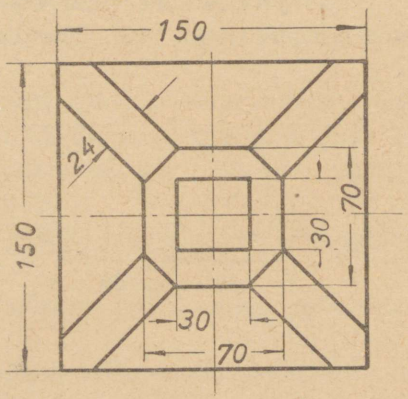
Joonestada mõõdus 1:1 lukksepa nurgik (joon. 319). Joonestame täisnurga ja märgime sellele nurgiku külgede pikkused 100 ja 50 mm. Märgime nurgiku laiuse 15 mm. Ehitame malli või joonestamiskolmnurkade kombineerimise abil nurgad 120° ja 135° (90° + 45° = 135° ja 90° + 30° = 120°). Märgime 60 mm mõõte ja ehitame 90° nurga.



Joon. 319.

Joonestada ankurplaat mõõdus 1:2 ning panna vajalikud mõõted (joon. 320).

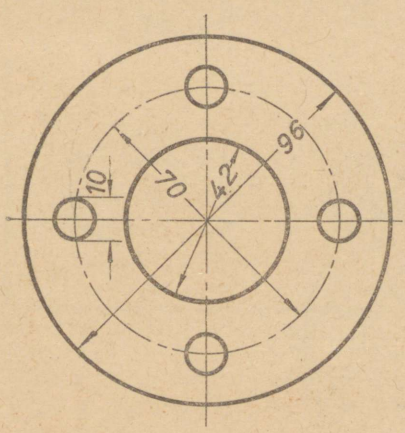
Selle kujundi joonestamise järjestikkus ei tohiks tekitada raskusi (vrd. ka joon. 315—319).



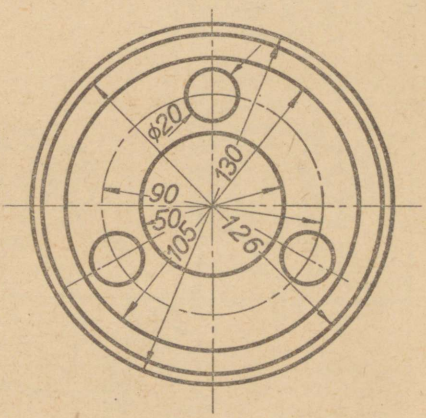
Joon. 320.

Ümarplaadi (ääriku) joonestamisel (joon. 321) tõmbame sirkliga kriipspunktjoone ringide keskpunktidele läbimõõduga 70 mm ja märgime sellele väikeste ringide keskpunktid, jagades esmalt ringi neljaks võrdseks osaks (joon. 66 b).

Joon. 322 käsitab samalaadset ülesannet, kuid kolme väikese ringiga ja servale märgitud faasidega. Väikeste ringikeste keskpunktide märkimiseks jagada kriipspunktjoon kolmeks võrdseks osaks. Järgnevad joonised 323—327 käsitavad masinaosade ja tööriistade joonestamist nende geneetilises järjekorras.



Joon. 321.



Joon. 322.

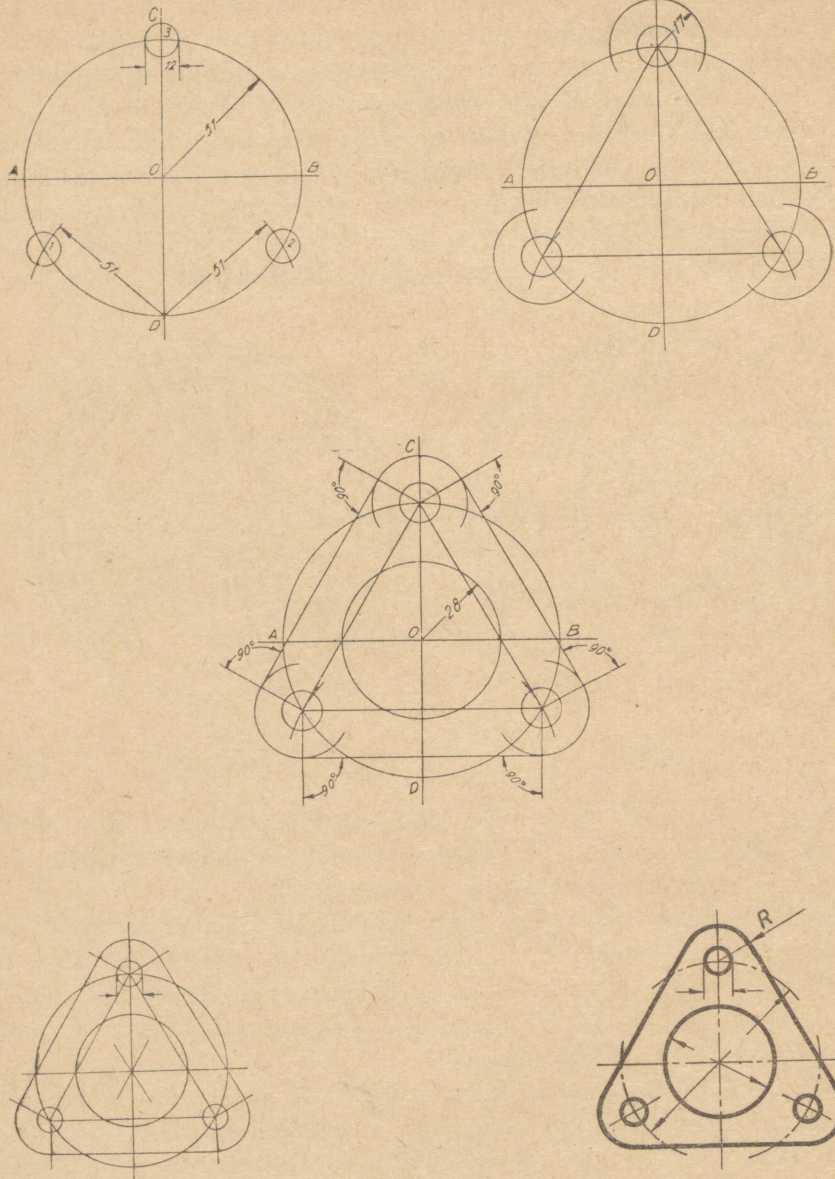
Kolmnurkse plaadi (ääriku) joonestamine, mis algab ringi sisse joonestatud võrdkülgse kolmnurga joonestamisega, on näidatud järjestikuste võtetena joonisel 323.

Pikerguse ääriku joonestamiseks vajame üheksat järjestikust joonestamisvõtet, mis on näidatud joonisel 324 I—IX.

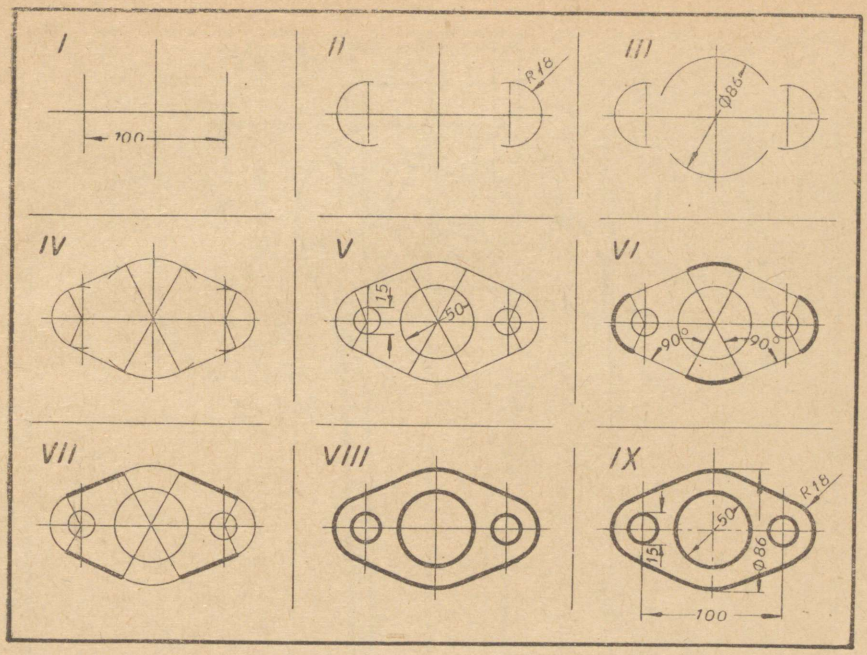
Mutrivõtme joonestamise järjestikused võtted on näidatud joonisel 325 I—XI. Viimane — valmiskujul võtme ots — selgitab üksikute osade joonestamist.

Joonisel 326 on toodud kahe avaga (14 ja 20 mm) mutrivõti. Kasutades joonisel toodud andmeid, valmistada joonis iseseisvalt.

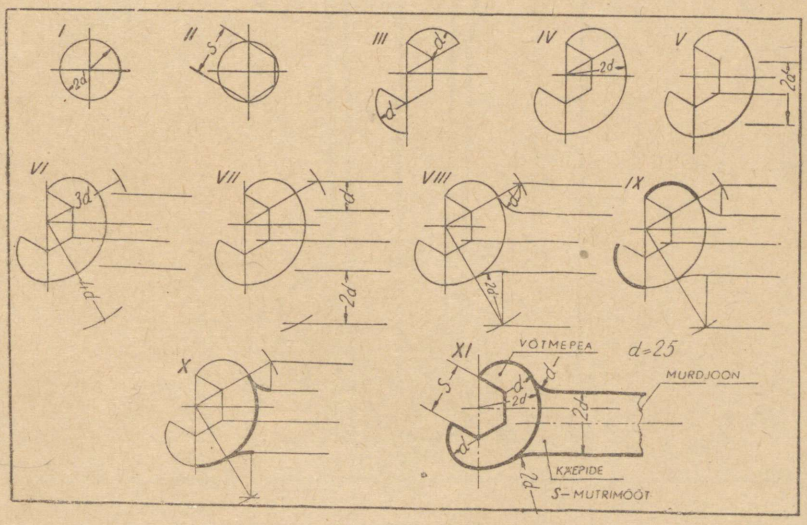
Joonisel 327 on toodud veel üks näide masinaosa joonestamisest 9 järjestikuse võtte abil.



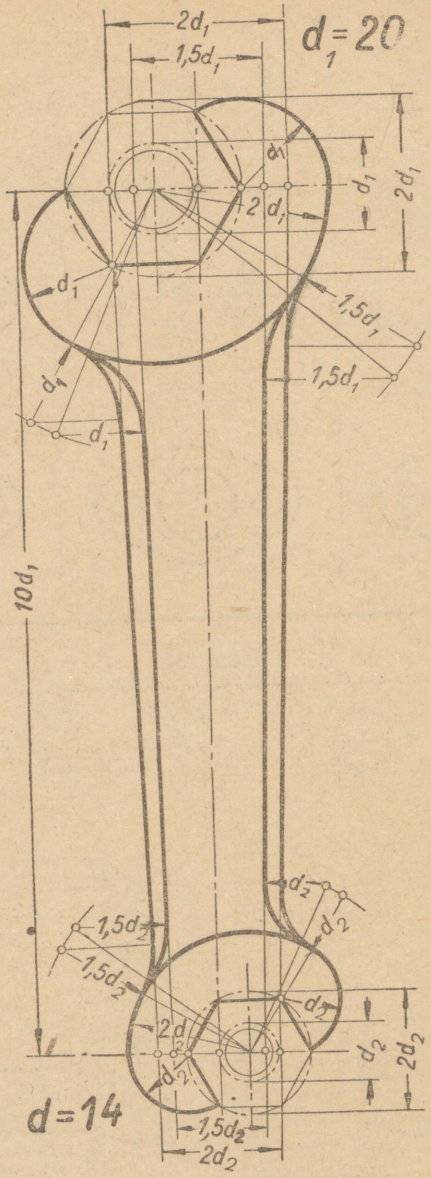
Joon. 323.



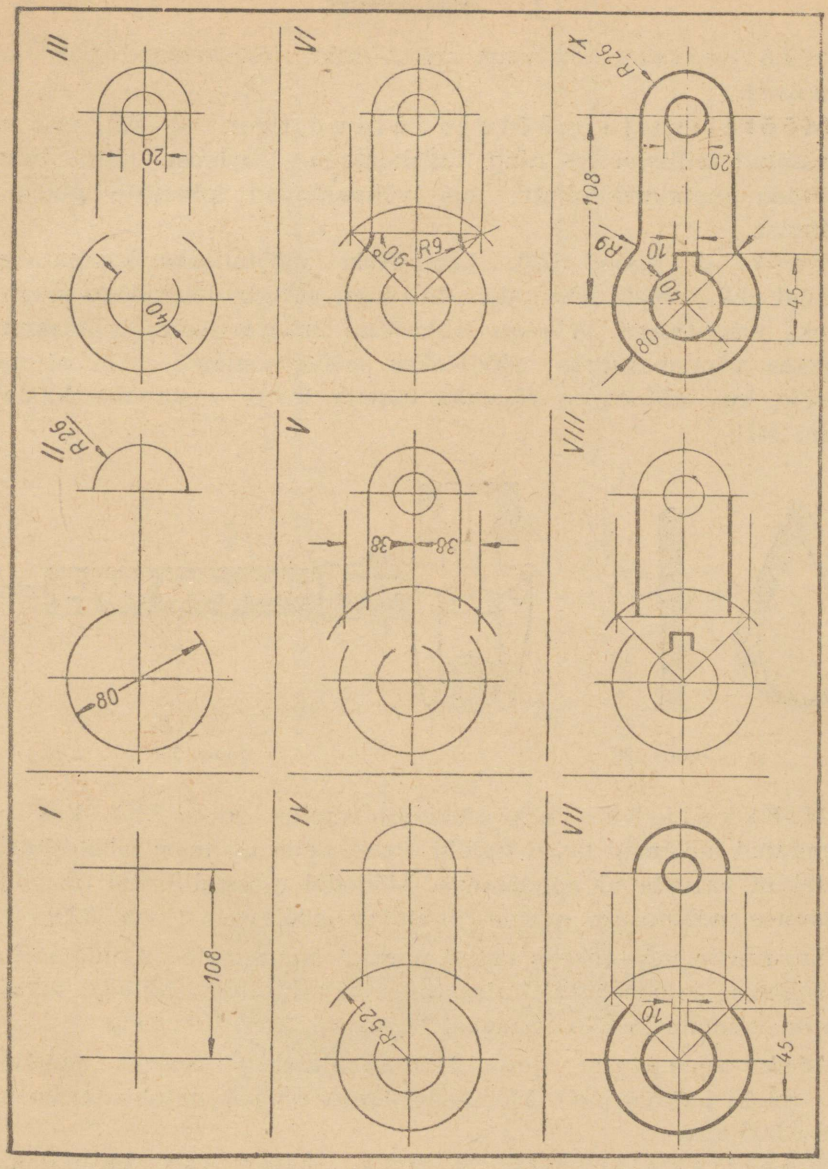
Joon. 324.



Joon. 325.


2d1
1,5d1
d1 = 20
d1
d1
2d1
2 d1
d1
1,5d1
1,5d1
d1
d1
10d1
d2
1,5d2
d2
1,5d2
d2
2d2
d2
2d2
d=14
1,5d2
2d2

Joon. 326.


III
20
40
VI
90°
R9
XI
R26
108
20
R9
10
40
80
45
II
R29
80
V
38
38
VIII
I
108
IV
R52
VII
10
45

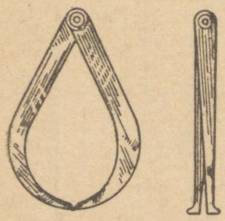
Joon. 327.

17. Mõõteriistad.

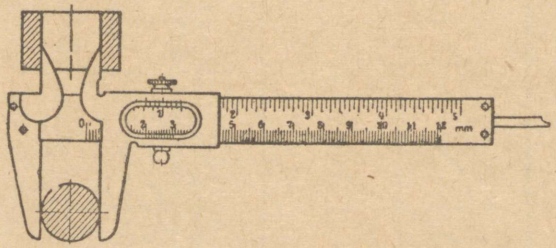
Mõõteriistu on väga mitut liiki. Vajalisemad neist on järgmised:

Mõõtelint ja mõõtejoonlaud (joon. 42—45), mis on varustatud millimeeter- ning tollskaalaga. Elastsuse tõttu tuleb eelistada metallmõõtelinte. mis võimaldavad kõverate pindade mõõtmist.

Tastrid (joon. 328). Läbimõõdu mõõtmiseks kasutatakse tastreid ehk kobisid. On kaks põhitüüpi: silindri läbimõõdu määramiseks (välistaster) ja augu läbimõõdu määramiseks (sisetaster). Tastriga võetud suurus mõõdetakse mõõtejoonlaual. On olemas tastreid, kus mõõdet on võimalik lugeda tastri vastavalt skaalalt (joon. 341).



Joon. 328.



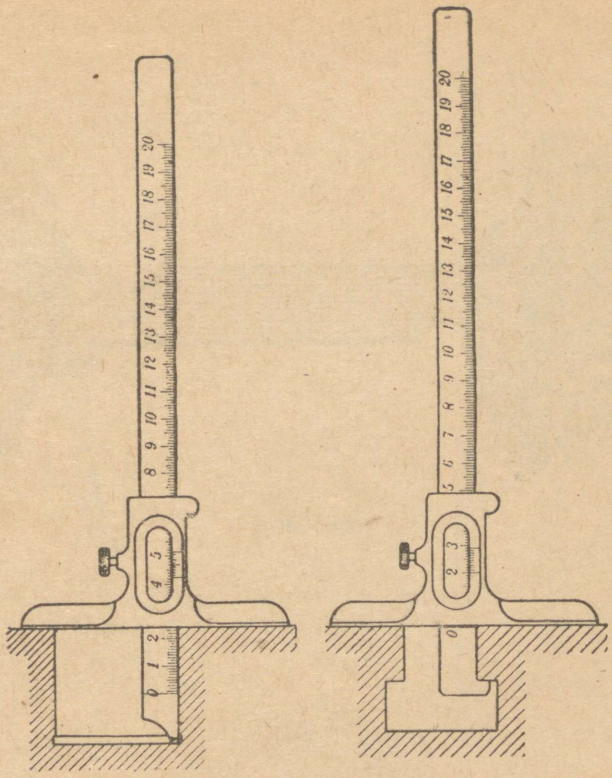
Joon. 329.

Nihkkaliiber ehk nihkkobi (supler, joon. 329), kus on ühendatud mõlemad tastri tüübid. Peale selle on tema mõõteskaala harilikult varustatud nooniusega. Mõnedel nihkkaliibritel on augu sügavuse mõõtmiseks eriline nihutatav mõõtevarb (joon. 329).

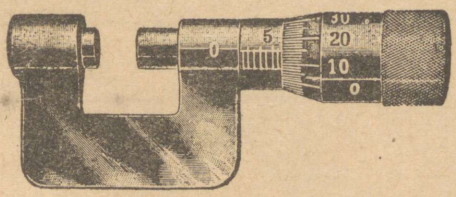
Sügavuste mõõtmiseks antud pinnast (suuremate aukude jaoks) kasutatakse joonisel 330 kujutatud nihkkaliibreid, millega tavaliselt on võimalik mõõta sügavust täpsusega kuni 0,02 mm.

Mikromeetrit (joon. 331) kasutatakse täpseks mõõtmiseks (pleki paksus jne.). Mõõtmise täpsus on parimatel mikromeetritel 0,005 mm.

Keermekaliibrite kimpu (joon. 332) kasutatakse keerme tüübi määramiseks.

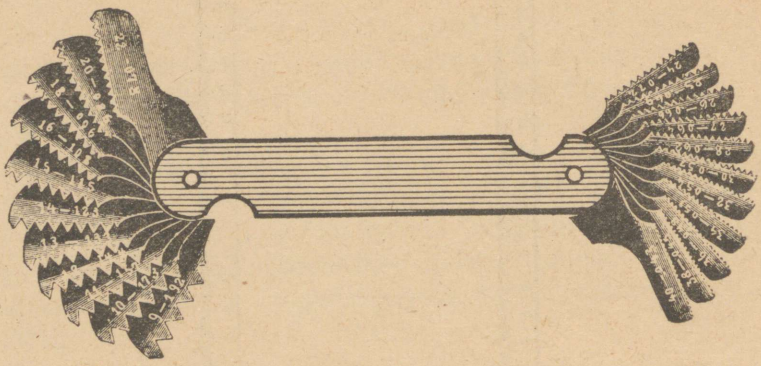


Joon. 330.

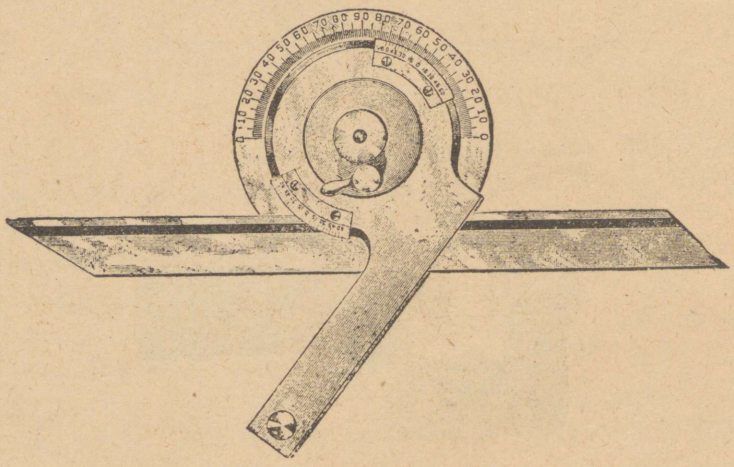


Joon. 331.

Nurgamõõtjat (joon. 333) kasutatakse mõõtmiseks, kui nurga suurust pole võimalik arvutada.

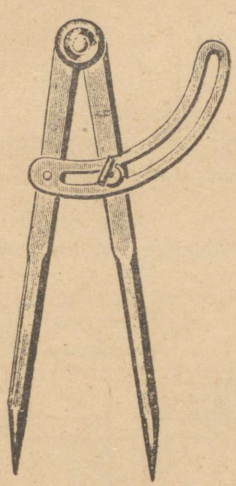


Joon. 332.

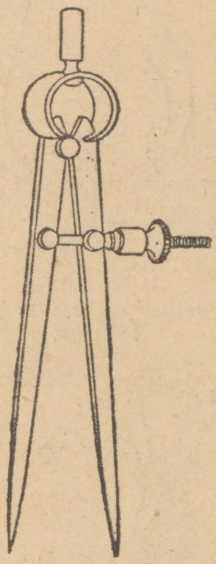


Joon. 333.

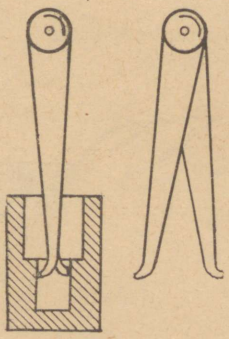
Alltoodud joonistel 334—347 on toodud mitmeid kasutatavaid mõõteriistu ja nende kasutamisvõtteid.



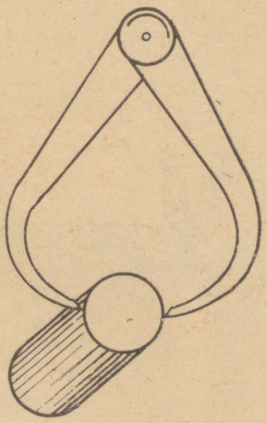
Joon. 334. Kaarega sirkel.



Joon. 335. Vedruga sirkel.



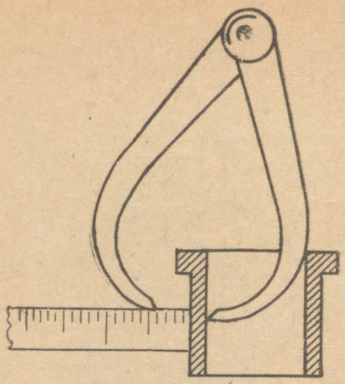
Joon. 336.
Augu läbimõõdu mõõtmine sisetastriga.



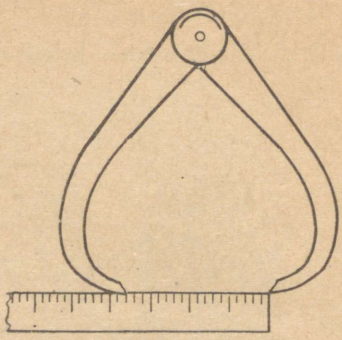
Joon. 337.
Silindri läbimõõdu mõõtmine välistastriga.



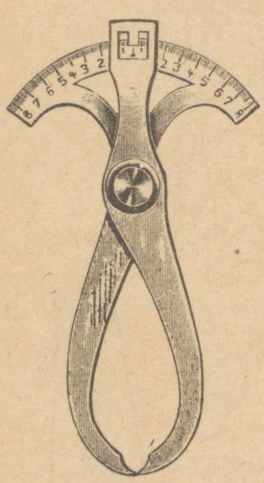
Joon. 338
Toru siseläbimõõdu mõõtmine tastriga.



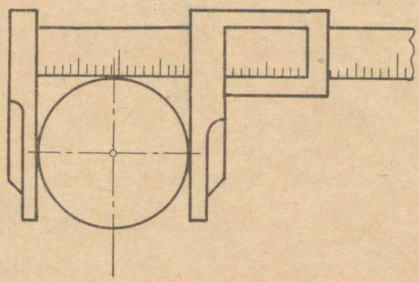
Joon. 339.
Toru seina paksuse mõõtmine tastriga.



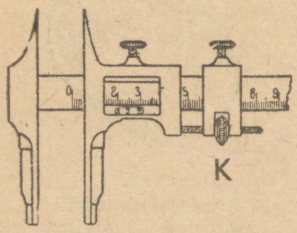
Joon. 340.
Mõõdete võtmine tastrilt.



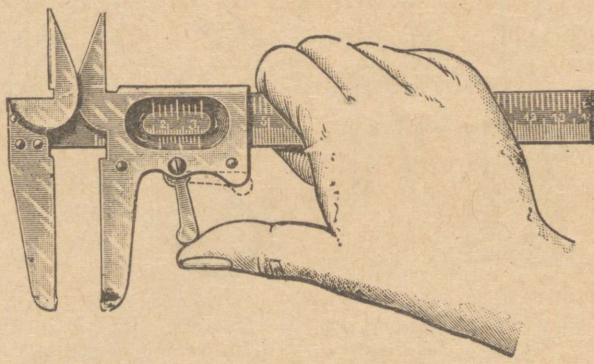
Joon. 341.
Mõõteskaalaga taster.



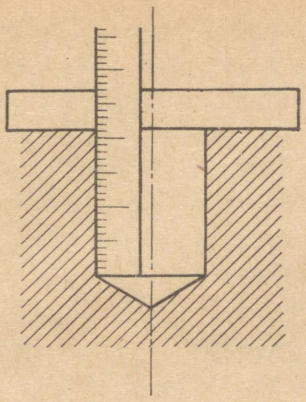
Joon. 342.
Silindri läbimõõdu mõõtmine nihkkaliibriga.



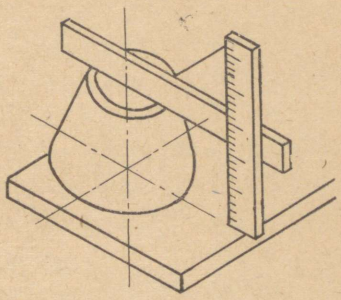
Joon. 343.
Reguleerimiskruviga (K) nihkkaliiber.



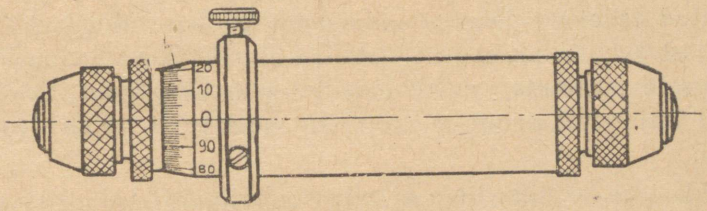
Joon. 344.
Lukustamishoovaga nihkkaliiber.



Joon. 345.
Augu sügavuse mõõtmine joonlauaga



Joon. 346.
Koonilise keha kõrguse mõõtmine mõõtejoonlauaga.



Joon. 347. Sisemikromeeter

VI peatükk.

JOONISTE LUGEMINE.

1. Joonise lugemise järjekord.

Joonise lugemine toimub järgmiselt:

1) Kõigepealt tuleb vaadata joonise pealkirjale. Pealkiri on alati paigutatud tabelisse joonise lehe parempoolses alumises nurgas. Pealkirjast selgub, missugust detaili kujutab joonis, tema nimetus, missugusele masinale, mehhanismile või tööpingile määratakse joonisel kujutatud detail ja millisest materjalist tuleb teda valmistada.

2) Edasi on vajalik, ilma et täpsemalt joonist hakataks uurima, ainult selgitada, mitu projektsiooni on joonisel kujutatud, missugune neist projektsioonidest on peavaade, s. o. eestvaade, järele vaadates, kas tema all asub pealtvaade, kas on olemas külgvaateid. Juhtida tähelepanu telgjoontele.

3) Selle järel on vajalik tähelepanelikult ja täpselt läbi vaadata joonis ja selgitada, kas ei ole joonisel mingisuguseid täiendavaid projektsioone, koht-lõikeid, üksikuid ja eraldi projektsioone, pealkirju projektsioonide kohta, kuid veel ei ole vaja tungida sügavamalt joonisesse.

4) Vaja selgitada, kas projektsioonides on lõikeid. See on väga kerge selgitada, kuna lõiked on viirutatud kaldjoontega vastavalt materjalile.

5) Peale seda esialgset tutvumist võib alata üksikasjalisema tutvumisega ja joonise lugemisega.

Jooniste lugemise algharjutusteks on antud siin 13 joonist (joon. 348—360), mis on määratud lugemiseks ja arutamiseks.

Igale joonisele on lisatud küsimused, mis võimaldavad lugemist eelnimetatud järjekorras. Kuna toodud harjutused peavad arendama esmajoones ruumilist ettekujutust, siis on kirjanurgast ja materjalide spetsifikatsioonist loobutud.

Küsimust läbi lugedes püüdke sellele vastata, tähelepanelikult ja mitte kiirustades joonisele vaadates, tingimata sealjuures vaadates k õ i g i l e p r o j e k t s i o o n i d e l e, mitte aga otsides vastust ühelt projektsioonilt.

Kui küsimuses nõutakse leida jooniselt mingi mõõde, siis peab seda otsima kõigilt projektsioonidelt, sellepärast et mõõted võivad asuda joonisel mitmesugustes kohtades: eestvaatel, pealtvaatel, külgvaatel, nii täiendavatel kui ka üksikute osade projektsioonidel ja ka koht-lõigetel.

Mõnikord tuleb vastust otsida joonise pealkirjadest — järelikult on vastuse otsimisel vajalik ühtlasi läbi lugeda kõik pealkirjad.

Vastustes tuleb ka määrata, mis liiki kuulub pinna töötlemine ja samuti, milliste lubatud kõrvalekaldumistega võib valmistada detaili.

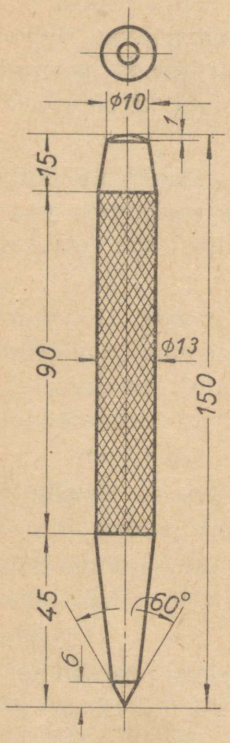
Uuesti tuletame meelde, et jooniselt mõõteid otsides peab silmas pidama, et kõik mõõted antakse joonisel sellele kirjutatud arvudega ja mingil tingimusel ei ole töölisel lubatud mingeid mõõteid võtta jooniselt kas sirkli või mõne muu mõõteriista abil.

Siin kirjeldatud teed peab käima ka tehaste jooniste lugemisel: tehaste joonised ja nende lugemine ei erine kuidagi õppeotstarbeks koostatud joonistest.

Kui osutub raskeks anda vastust küsimusele, on vajalik pöörduda aineõpetaja poole selgituse saamiseks, kuid kunagi ei tohi jätta küsimust vastamata.

Peab silmas pidama, et jooniste lugemine on üldse väga raske ülesanne, milleks vajatakse pikemaajalist praktikat, et õppida kiiremini joonistes kogema. Alguses läheb see pikkamisi, kuid seda ei ole vaja karta: harjutus teeb meistriks!

2. Harjutusi jooniste lugemiseks.



Joon. 348.

Küsimusi joon. 348 lugemisel.

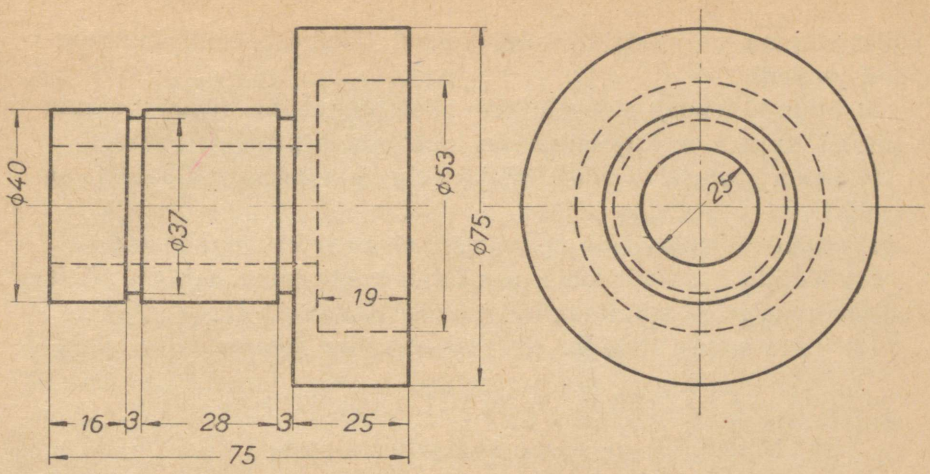
1) Missugune detail on kujutatud joonisel?
2) Mitu projektsiooni on antud joonisel?
3) Kas joonisel on näidatud detaili lõiget?
4) Mida tähendab mõõde 60°?
5) Leida kõige pikemad mõõted pikkuses, laiuses ja läbimõõdus (gabariitmõõted).

Küsimusi joon. 349 lugemisel.

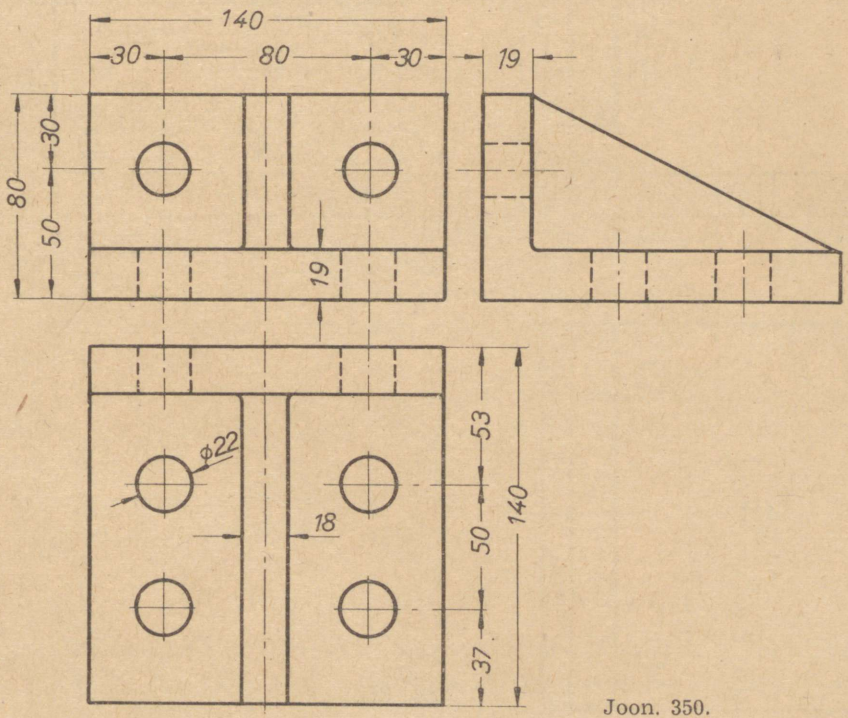
1) Missugune detail on kujutatud joonisel?
2) Mitu projektsiooni on antud joonisel?
3) Kas joonisel on näidatud detaili lõiget?
4) Leida kõige pikemad mõõted pikkuses, laiuses ja kõrguses (gabariitmõõted).
5) Paremal pool projektsioonil on joonestatud 5 ringjoont, millest 3 on tõmmatud pidevate täisjoontega ja kaks kriipsjoontega. Mida kujutab iga ringjoon ja missugused läbimõõdud on igal ringil?

Küsimusi joon. 350 lugemisel.

1) Missugune detail on kujutatud joonisel?
2) Mitu projektsiooni on joonisel antud?
3) Missugune projektsioonidest on siin peavaatena, missugune külgvaatena?
4) Kas on joonisel lõige või on kujutatud ainult detaili vaade?
5) Leida detaili gabariitmõõted.
6) Missugused paksused on detaili rõht- ja püstseintel?
7) Eestvaatel ja pealtvaatel, rööbiti püstsuunas jooksva kriips-



Joon. 349.



Joon. 350.

punktjoonega, on näidatud kaks pidevat täisjoont. Mida kujutavad need jooned?

8) Mida tähendab pidev kaldne täisjoon, mis on tõmmatud külgvaatele? Kuidas on kujutatud see joon teistes projektsioonides?

9) Leida joonisel mõõde 37 ja teha kindlaks, milleks ta on vajalik?

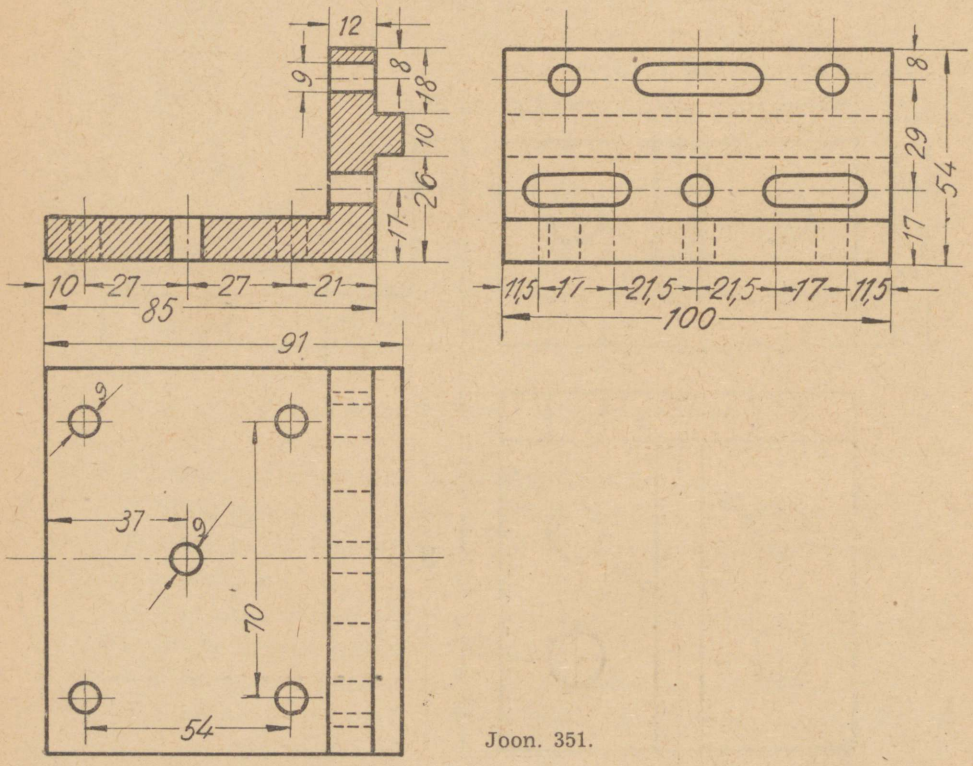
10) Näidata külgvaade (parempoolne projektsioon) lõikes.

11) Kujutada detaili lõige, mis läbib kahte auku, mis on näidatud pealtvaates 37 mm kaugusel joonise alumisest äärest.

12) Teha sellest detailist aksonomeetriline joonis.

Küsimusi joon. 351 lugemisel.

1) Missugune detail on kujutatud joonisel?
2) Mitu projektsiooni on antud joonisel?



Joon. 351.

3) Missugune projektsioon kujutab peavaadet, missugune pealtvaadet ja missugune külgvaadet?

4) Kas joonisel on lõiget?

5) Leida detaili gabariitmõõted.

6) Missugused on seinte paksused?

7) Kas on püst- ja rõhtseintel ühesugune paksus?

8) Leida joonisel läbijooksvad augud; selgitada, kuipalju on auke ja missuguses kujus.

9) Teha kindlaks, kuidas on detail läbi lõigatud (mis kohalt), et saada kujundit, mis on näidatud peavaates.

10) Teha kindlaks piklike aukude pikkus ja laius.

11) Leida joonisel mõõde 37 ja teha kindlaks, mida see mõõde tähendab ja milleks on ta vajaline?

12) Kas on joonisel puudusi ja missuguseid?

13) Kujundada projektsioon, mis näitab külgvaadet mitte vasakult, nagu see on antud joonisel, vaid paremalt poolt.

Küsimusi joon. 352 lugemisel.

1) Missugune detail on kujutatud joonisel?

2) Mitu projektsiooni on antud joonisel?

3) Kuidas on teostatud lõige, mis on kujutatud joonisel?

4) Palju on läbiulatuvaid ümmargusi (silindrilisi) auke detailis, missugused on nende aukude läbimõõdud?

5) Missugune kaugus on küljeaukude telgede vahel?

6) Mida tähendab kolmnurk, mis asetseb joonise parempoolses ülemises nurgas?

7) Lõike asemel, mis on kujutatud peavaatel, kujutada detail vaates ja võrrelda, kumb moodus pakub selgema ettekujutuse esemest?

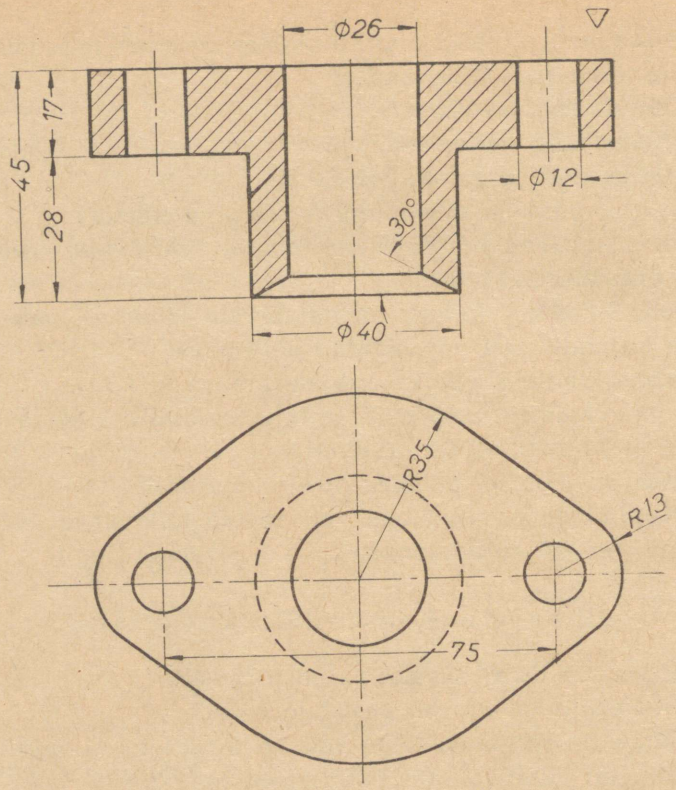
8) Kui paks on silindriline osa?

9) Kujutada detaili altvaade.

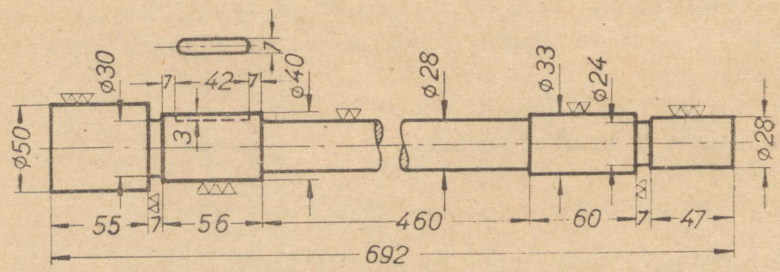
Küsimusi joon. 353 lugemisel.

1) Missugune detail on kujutatud joonisel?

2) Mitu projektsiooni on kujutatud joonisel?



Joon. 352.



Joon. 353.

3) Nimetada detaili gabariitmõõted.

4) Mispärast detail on näidatud katkestatuna? Mida kujutavad kaks silmust, mis on seestpoolt viirutatud ja mis asetsevad projektsiooni keskkohal?

5) Mida tähendab täiendav projektsioon, mis asetseb vasakul peaprojektsiooni peal? Mida tähendab mõõde 7, mis on märgitud sellele projektsioonile?

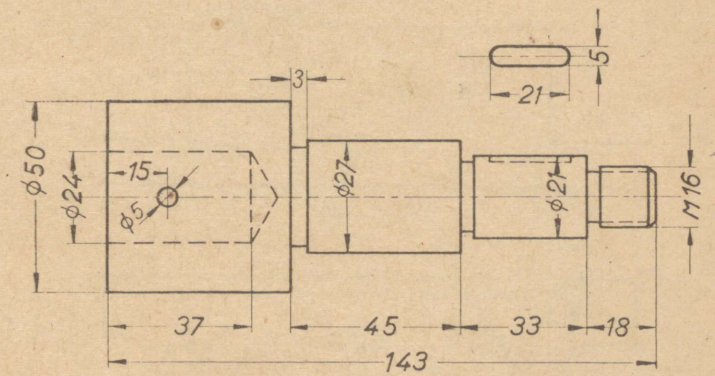
6) Missugused on võlli osade läbimõõdud?

7) Kas on detailil pindu, mis vajavad töötlemist lõiketeraga, kaabitsaga? Milliste märkidega on see näidatud? Kas on detaili pindadele nõutav ühesugune või mitmesugune töötlemine? Missugused pinnad tuleb töödelda puhtamalt?

8) Leida joonisel süvendi (kiilusoone) kujutis. Määrata selle süvendi mõõted — pikkus, laius, sügavus.

9) Kujutada detailist ristlõige, mis läbib seda soont.

Küsimusi joon. 354 lugemisel.



Joon. 354

1) Missugune detail on joonisel?
2) Mitu projektsiooni on joonisel?
3) Millised on gabariitmõõted?
4) Millised välisläbimõõdud on üksikutel osadel?
5) Kas on detailil keermeid?

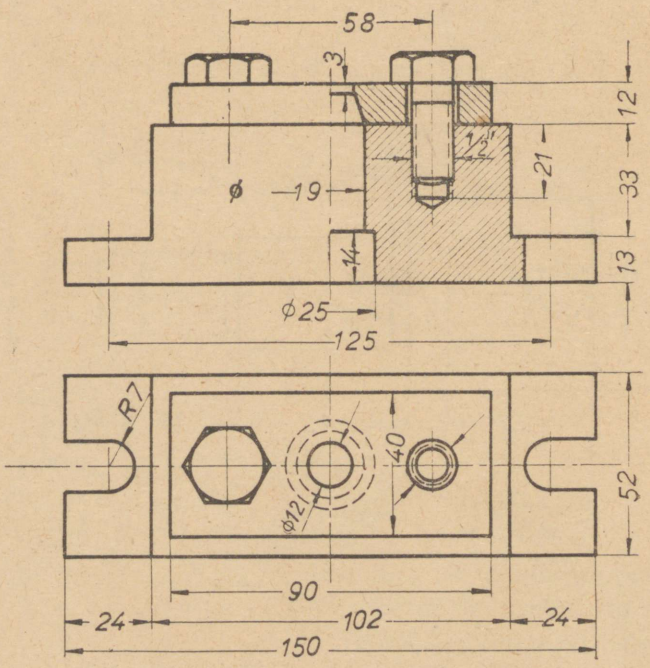
6) Mida iseloomustab täht M mõõtarvu 16 ees?

7) Mida tähendab väike joonis, mis on asetatud detaili kohale? Mida tähendavad mõõted 21 ja 5, mis on märgitud sel joonisel?

8) Pahempoolses projektsiooni lõpus on kriipsjoonega välja joonestatud ristkülik, kusjuures selle ristküliku mõõted on antud kahe suurusega — 24 ja 37. See ristkülik kujutab võlli sees olevat süvendit (õõnsust). Mille põhjal saab kindlaks teha, et süvend on silindrikujuline?

9) Ristlõike joonestamisega näidata süvend, millest on jutt eelmises punktis.

10) Vasakpoolses joonise lõpus on näidatud pideva täisjoonega väikese läbimõõduga ringike, mis asetseb projektsiooni peateljel. See ringike kujutab augukest, mis on võllist läbi puuritud täisnurga all. Kujutada lõige, mis on tehtud läbi selle augu.



Joon. 355.

11) Lugedes joonisel antud projektsiooni peavaateks, kujutada selle abil vaade vasakult ja sellel näidata auk, millest oli jutt eelnevas punktis.

12) Kas on joonisel puudusi ja missuguseid?

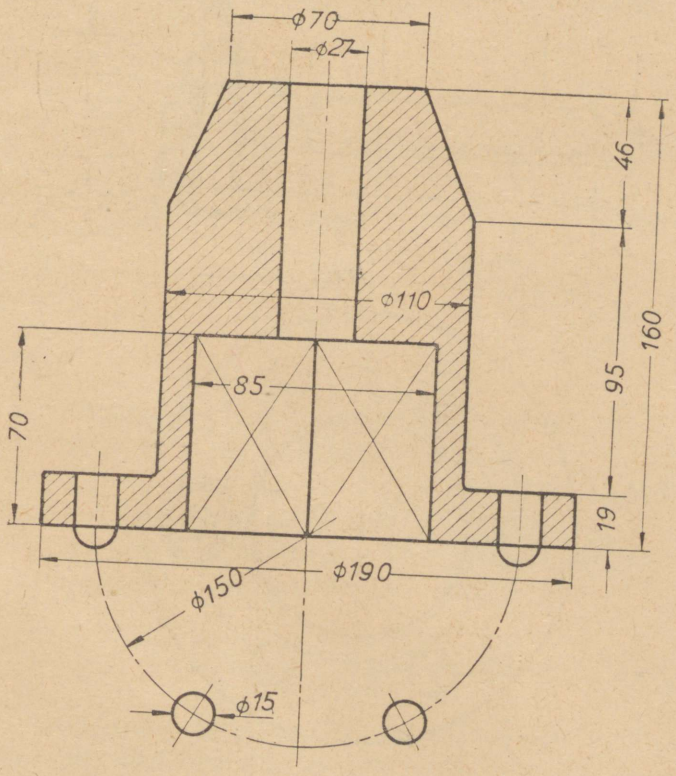
Küsimusi joon. 355 lugemisel.

1) Missugused detailid on kujutatud joonisel?

2) Miks on märgitud vasakul esimesel tasapinnal kruvipoldi pealtvaade ja sama tasapinna paremal pool kolm ringi?

3) Kujutada detaili lõige läbi sümmeetriatelje, kui lõikepind asub risti joonise tasapinnaga.

4) Kas puuduvad joonisel mõned detailide valmistamiseks vajalikud mõõted?



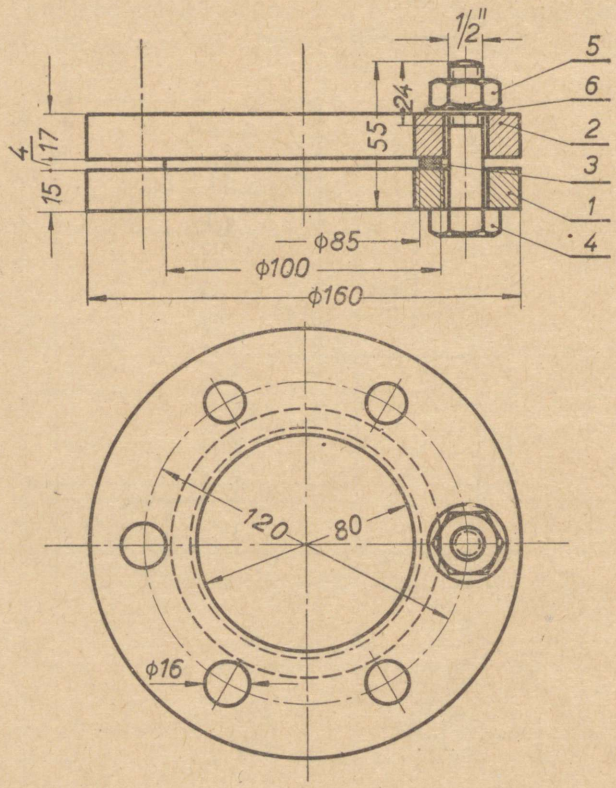
Joon. 356.

Küsimusi joon. 356 lugemisel.

1) Mida kujutab joonis?
2) Mitu projektsiooni on joonisel?
3) Mida kujutavad neli lõikuvat diagonaali?
4) Mida kujutab joonise alumises osas asuv poolring? Mitu auku asub alumisel äärikul, kuidas nad on asetatud ja kui suur on nende läbimõõt?

Küsimusi joon. 357 lugemisel.

1) Missugused detailid on kujutatud joonisel?
2) Mitu projektsiooni on joonisel ja mitu lõiget?



Joon. 357.

3) Mitmest osast koosneb joonisel kujutatud ese?

4) Mida tähendavad joonise paremal poolel märgitud numbrid 1—6?

5) Mida kujutavad pealtvaatel kaks kontsentrilist kriipsjoont?

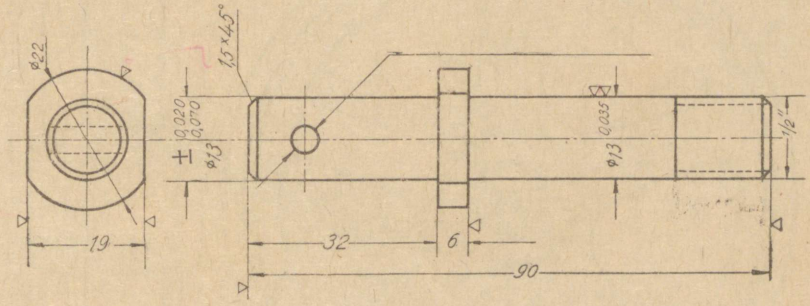
6) Mida kujutab mõõde ½"?

7) Miks on tehtud lõige ainult joonise parempoolses osas?

8) Miks on kujutatud kruvipolt ainult ühes kohas? Kas muutuks joonis selgemaks, kui oleksid joonestatud ka ülejäänud kruvipoldid?

9) Mida kujutab püst-kriipspunktjoon joonise vasakpoolses osas?

Küsimusi joon. 358 lugemisel.



Joon. 358.

1) Missugune detail on kujutatud joonisel?

2) Mida tähendab mõõde 1,5 × 45°?

3) Selgitada kõik mõõted, milledele on määratud lubatud kõrvalekaldumised antud mõõdetest.

4) Joonestada esemest aksonomeetriline joonis.

5) Kas joonisel on puudusi ja missuguseid?

Küsimusi joon. 359 lugemisel.

1) Missugune detail on kujutatud joonisel?

2) Mitu projektsiooni on joonisel?

3) Kas joonisel on lõikeid ja mitu?

4) Leida detaili gabariitmõõted.

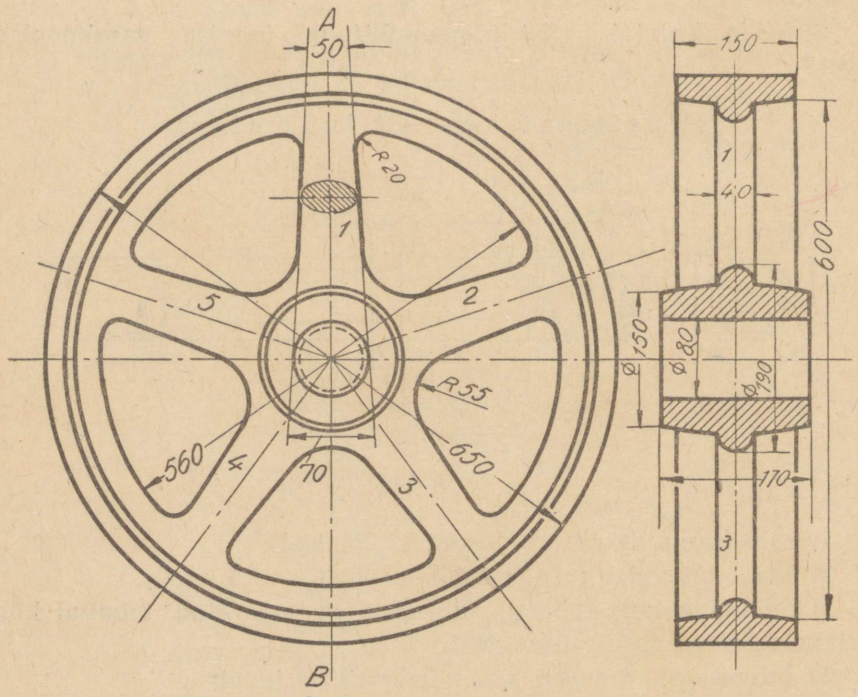
5) Mitu kodarat on rihmarattal ja missugune on nende ristlõige?

6) Kui suur on võlliava?

7) Missugune on kodarate paksus? Kas kodarate läbimõõt on igal pool ühesugune, arvatud kodara kogu ulatuses?

8) Kas on joonisel vigu ja missuguseid?

9) Joonestada aksonomeetrilise joonisena rihmaratta püstlõige.



Joon. 359.

Küsimusi joon. 360 lugemisel.

1) Mida kujutab toodud joonis?

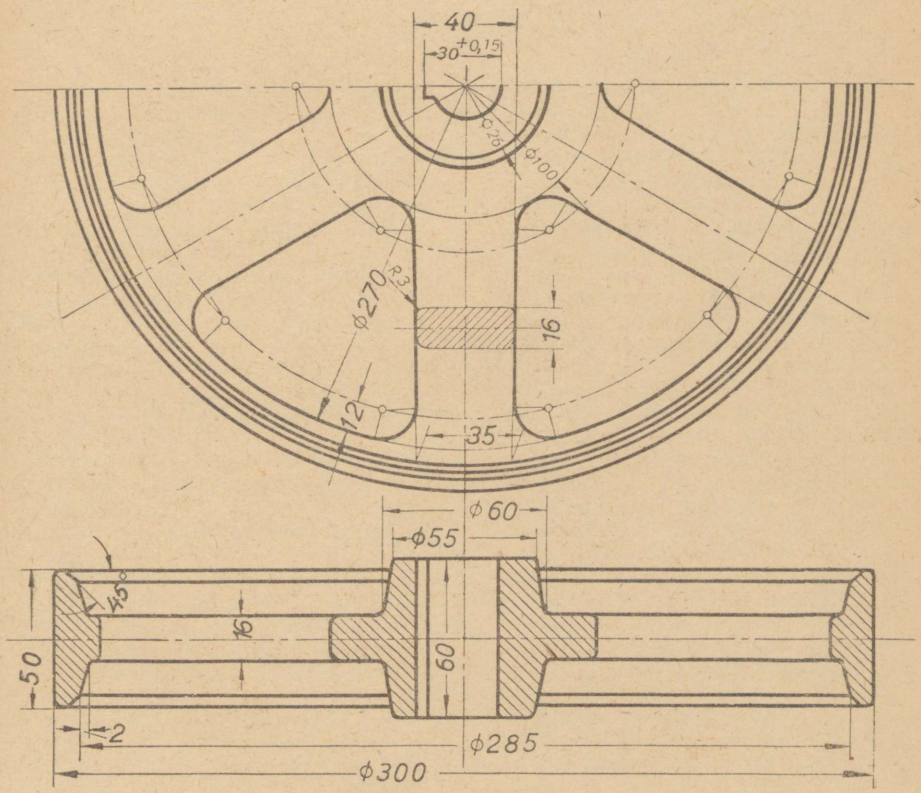
2) Mitu lõiget on kujutatud joonisel?

3) Kuidas on teostatud lõige, mis asub joonise alumises osas?

4) Miks on joonestatud esemest ainult üks pool?

5) Millise kujuga on kodarate ristlõige ja millised on kodara mõõted?

Märkus: Osa pidevaid peenjooni on antud joonise hõlpsama valmistamise selgitamiseks.



Joon. 360.

SÕNASTIK.

Ajam — seade liikumise ülekandmiseks (hammasratta, kruvi, keti, rihma, vända abil).

Aksonomeetria — telgede mõõtmine; kujutavas geomeetrias see võtete rühm, mille abil valmistatakse ruumilise kujundi paralleelprojektsioon.

Detail — üksikasi, osa, üksikjoon, kild suuremast tervikust.

Distants — vahemaa, kaugus, kaug, kaugmik.

Ekstsentriline — lahkkeskne, geomeetrias niisugune ringide paigutus, milles keskpunktid ei ühti.

Formaat — kaust, paberipoogna laiuse ja kõrguse mõõted või vahekorrad.

Gabariit — piirjoonestik, peamised mõõted.

Geneetiline — tekkeline, järjestikuline töö kergemast raskemale.

Geomeetria — matemaatika osa, mis käsitleb kujundite (punkt, joon, pind, keha) omadusi (asend, suurus, kuju) ja nende kohta maksvaid seaduspärasusi.

GOST (ГОСТ) — riiklikud standardnormid (Государственный стандарт).

Graafika — kirjakunst, kirjutamis-, maalimis-, trükkimiskunst; üldises tähenduses joonistamine paljunduse otstarbeks trükkimise abil.

Idee — kujutlus, mõte, aade, eriti uus mõiste.

Isomeetria — võrd- ehk samasugusus, -mõõdusus.

Konstantne — püsikestev, muutumatu.

Konstrueerima — tarindama, kokku seadma.

Kontsenter — ühine kese, keskpunkt (tsenter), keskendis (kontsentrilised ringid).

Kontuur — piirjoon.

Koordinaadid — arvud, millega määratakse punkti asend ruumis, pinnal või joonel.

Kopeerimine — ärakirjade (koopiate), jäljendite valmistamine käsitsi või mehaanilisel teel läbipaistvale või valgustundlikule paberile, lõuendile, klaasile jne.

Kvalifikatsioon — kohasuse määramine, hinne; võime midagi teha või korda saata.

Meetod — (õppe-, uurimis-) viis; plaanipärane toimetus.

Montaaž — rakestamine, kokkuseadmine, ülesseadmine.

Moodul — arv, millega korrutatakse ühe süsteemi logaritme, et saada samade arvude logaritme teise süsteemi järgi; hammasratta hamba samm jagatud π -ga ($\pi = 3{,}14$).

Originaal — algupärand.

OST (ОСТ) — üleliidulised standardnormid (Общесоюзный стандарт).

Paralleelperspektiiv — ruumilise kujundi tasapinnaline projektsioon juhul, kui projitseerivad kiired on rööpsed.

Perspektiiv — tsentraalprojektsioon; kunst kujutada esemeid nii, kuidas nad näivad silmale teatavast punktist vaadatuna.

Positsioon — asupaik, asend, seis.

Profiil — külgvaade, külglõikjoonis.

Projekt — kavand, plaan, eelnõu.
Projektsioon — vaadejoonis, piirjoonis.
Ratsionaalne — mõistuspärane, korrapärane, otstarbekohane.
Skeem — kava, kavand, lihtsustatud kujutis.
Spetsifikatsioon — üksikasjaline läbitöötamine ja esitamine, alarühmadeks liigitamine.
Standard — määr, ühik, eeskuju, hinna ja aja norm; näidis, eeskiri või nõue, mis on püstitatud mitmesuguste toodete ja tööde suhtes.
Süsteem — kavastik, plaanipärasus.
Sümmeetria — võrd-, tasamõõt; terviku säärane asetus, mil selle mingist teljest või keskpunktist võrdsel kaugusel olevad osad on ühetaolised.
Tehnika — töötlusviisid toodete valmistamisel, ka vastavaid alasid käsitlevate rakendusteaduste kogunimetus.
Tolerants — veapiir, lubatud põikumissuurus.

KASUTATUD KIRJANDUST.

1. Куликов, С. М. Черчение. 1944.
2. Никулин, М. А. Черчение.
3. Маслов, П. Ф., Куликов, С. М., Евдокимов, И. И. Курс для машиностроительных техникумов.
4. Евдокимов, И. И. Альбом учебных таблиц по черчению.
5. Каменев, В. И. Машиностроительное черчение.
6. Федоренко, В. А. и Шошин, А. И. Справочник по машиностроительному черчению. Машгиз, 1947.
7. Kuukiri «Вестник машиностроения», № 7. — 1947.
8. Giesecke, F., Mitchell, A., Spencker, H. Technical Drawing. New York.
9. Technisches Zeichnen. Reichsinstitut für Berufsausbildung, Berlin.
10. Taal, H. Tehniline joonestamine masinaehituse alal.

SISUKORD.

Lk.

Eessõna 3

Sissejuhatus.

Mida õpetab tehniline joonestamine 5
Graafiliste kujunduste meetodid 6
Joonestamise liigitus ja jooniste tähtsus tehnikas 7

I peatükk.

Joonestusvahendid ja joonise üldkujundamine.

1. Joonestusvahendid ja nende kasutamine 9
   a. Sirklikarp 9
   b. Tušš 9
   c. Pliiatsid 14
   d. Joonlaud ja kolmnurgad 16
   e. Lekaalid 22
   f. Nurgamõõtja ehk mall 22
   g. Mõõtejoonlauad 22
   h. Rõhknaelakesed ehk nuplid 23
   i. Kustutuskumm 23
2. Joonestuspaber 23
3. Kirjanurk 25
4. Mõõt ehk mastaap 26
5. Normkiri 27

II peatükk.

Geomeetriline joonestamine.

1. Tegelikud joonestamisvõtted ja geomeetrilised ülesanded 31
   a. Sirgjoonte ja ringide joonestamine 31
   b. Lihtsamad geomeetrilised ülesanded 33
   c. Korrapäraste hulknurkade joonestamine antud ringisse 37
   d. Korrapäraste hulknurkade joonestamine antud külgede järgi . . 38
   e. Korrapäraste hulknurkade joonestamine kõõlude tabeli järgi . . 41
   f. Joonte liitmine 43
2. Sõõrikute joonestamine 46
   a. Pikersõõrikute (ovaalide) joonestamine 46
   b. Munasõõrikute joonestamine 47

3. Spiraalide (keeritsate) joonestamine 48
4. Koonuslõigete joonestamine 48
a. Ellips 49
b. Parabool 53
c. Hüperbool 54
5. Mitmesuguste lekaalkõverate joonestamine . . . 56
a. Evolvent 56
b. Tsükloid 56
c. Sinusoid 58

III peatükk.

Projektsioon-joonestamine.

1. Projektsiooni üldseletusi 59
2. Projektsiooni liigid 60
a. Tsentraalprojektsioon 60
b. Paralleel- ehk rööpprojektsioon 61
3. Kujundite projitseerimine 61
a. Punkti projitseerimine tasapinnale 61
b. Sirglõigu projitseerimine 62
c. Pinna projitseerimine 63
d. Projitseerimine kahele tasapinnale 63
e. Projitseerimine kolmele tasapinnale 65
4. Vaated (projektsioonid) 66
5. Geomeetriliste kehade projektsioonid 70
a. Mitmesuguste kehade projektsioonid 70
b. Punktide leidmine geomeetrilistel kehadel 75
6. Geomeetriliste kehade pinnalaotused 77
a. Risttahuka pinnalaotus 78
b. Püramiidi pinnalaotus 78
c. Tüvipüramiidi pinnalaotus 79
d. Tüvikoonuse pinnalaotus 79
7. Kehade läbitungimised 80
8. Kruvijoon 81

IV peatükk.

Aksonomeetrilised joonised.

1. Aksonomeetriliste jooniste mõiste 86
2. Frontaalprojektsioon 88
3. Isomeetriline ristprojektsioon 88
4. Aksonomeetriliste jooniste valmistamine 88
5. Ülesandeid 94

V peatükk.

Tehniline joonestamine.

1. Jooned tehnilises joonestamises 96
2. Ruumilised vaated ja tehniline joonestamine . . 96

3. Vaated ja lõiked 99
4. Lõigete kujundamisest 107
5. Mõõdete asetamine joonisele 113
6. Tolerantsid 129
7. Pikkade esemete kujutamine 131
8. Kalle ja koonilisus 132
9. Leppelised kujutamisviisid 134
a. Keermed. Poldid ja kruvid 134
b. Needid 142
c. Hammasrattad 145
d. Vedrud 151
e. Keevitõmblused 153
10. Skemaatiliste kujutusvõtete kasutamine 155
11. Pinnatöötlemismärgid 159
12. Montaažjoonis 161
13. Visandi valmistamine 162
14. Tehnilise joonise valmistamise järjestikkus . . 163
15. Joonise parandamine ja mõõtarvude muutmine 165
mine 165
16. Harjutustööd 167
17. Mõõteriistad 176

VI peatükk.

Jooniste lugemine.

1. Joonise lugemise järjekord 182
2. Harjutusi jooniste lugemiseks 184
Sõnastik 196

II, täiendatud ja parandatud trükk.

Vastutav toimetaja H. Kuldma.
Keeleline toimetaja J. Pedari.

Ladumisele antud 10. VI 1948. Trükkimisele antud 19. X 1948. Trükiarv 2200. Paber 61x86, 1/16.
Trükipoognaid 12,75. Arvutuspoognaid 13. Trükitähti trükipoognas 40785. MB-08218.
Trükikoda „Kommunist", Tallinn, Pikk t. 2. Tellimise nr. 2698.

На эстонском языке.
Т. Уссисоо. Техническое черчение для металлистов.

ÕIENDUSI.

	On trükitud	Peab olema
Lk. 88, rida 11 ül.	telge	telgi
Lk. 201, rida 11 ül.	Tušš ... 9	Tušš ... 14
Lk. 201, rida 13 ül.	Joonlaud	Joonlauad
Lk. 203, rida 8 alt	mine ... 165	

Märkus. Esimene viga esineb vastutava toimetaja, teised esinevad korrektori süül.

RBL. 4.60