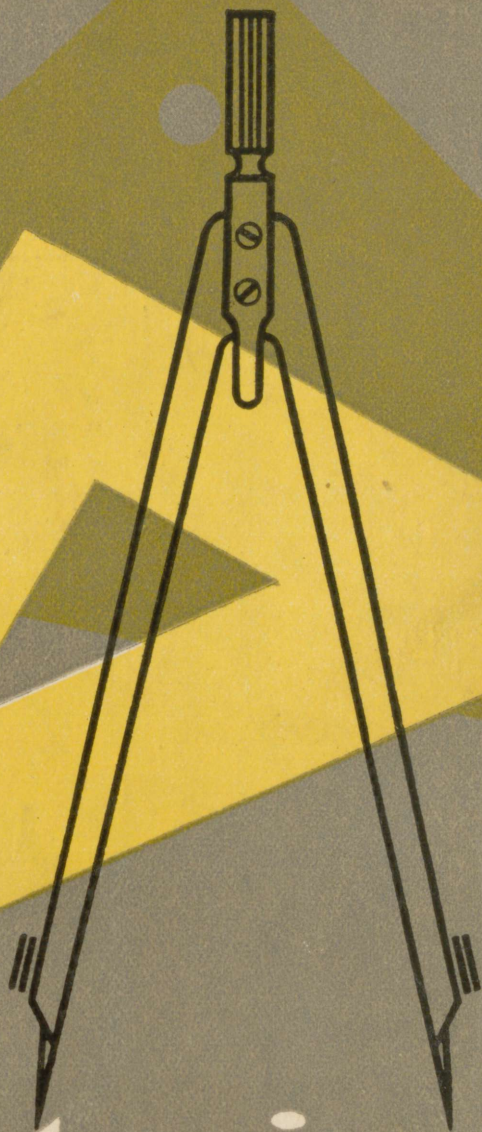


A. RIDALI



Joonestamine

V - VIII KLASSILE



A-24998

A. RIDALI

JOONESTAMINE

V—VIII KLASSILE

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1963

Kinnitatud Eesti NSV Haridusministeeriumi poolt



ARHIIVKOGU

SISSEJUHATUS

Tänapäeva kvalifitseeritud tööline peab põhjalikult tundma joonist. Joonis on dokument, mille järgi esemeid toodetakse ja ehitatakse.

Meie tehased ja vabrikud, samuti kolhoosid ja sovhoosid on varustatud eesrindliku tehnikaga. Keeruliste tehniliste seadmete valitsemine eeldab nende ehituse ja töötamispõhimõtte põhjalikku tundmist.

Kirjeldusega pole võimalik anda esemest nii täielikku kujutlust kui annab joonis. Seepärast ongi joonis kujunenud tehnika keeleks ja põhiliseks dokumendiks; joonise järgi valmistatakse masinaid ja nende osi, püstitatakse hooneid, ehitatakse teid ja sildu, planeeritakse maa-alasid jne.

Joonestamine jaotatakse harilikult kolme ossa:

- 1) geomeetriline joonestamine,
- 2) projektsiooniline joonestamine ja
- 3) tehniline joonestamine.

Tehniline joonestamine jaotatakse edasi vastavalt erialale masinaehituslikuks joonestamiseks, ehituslikuks joonestamiseks, topograafiliseks joonestamiseks jne.

Jooniste valmistamisel ja vormistamisel tuleb alati silmas pidada ka jooniste esteetilist külge — paigutust, joonte puhtust, kirjade korrektsust jm. Eriti jooniste juurde kuuluvate kirjade osas olgu nõudeks, et kiri peab joonist kaunistama.

Käesoleva õpiku kaks esimest peatükki annavad joonestamisel vajalike materjalide ja tööriistade kirjeldused ning õpetavad joonestustehnikat. See osa on vajalik igas klassis. Sellele järgneb teemade esitamine klasside järgi. Esitatud materjali on püütud võimalikult ulatuslikult illustreerida vastavate näidetega kehtivatest standarditest.

I. JOONESTUSVAHENDID

1. Paberid. Joonestamisel kasutatava paberi valik oleneb ülesande iseloomust. Pliiatsijooniseid saab korralikult valmistada ka halvemal paberil, tušijooniste jaoks aga tuleb võtta võimalikult kõrgekvaliteediline paber. Hea joonestuspaber on siledapinnaline ja tugev. Ta peab võimaldama kummiga hõõrumist ja žiletiga või noaga kaapimist. Eskiisid tehakse kas harilikule ruudulisele paberile või tavalisele valgele kirjutuspaberile.

Jooniste paljundamisel kasutatakse läbipaistvat paberit, nn. kalkat ehk pauspaberit. Kalkale joonestatakse tušiga, mitte pliiatsiga, sest ainult tušijoonisest võib saada häid valguskoopiaid.

2. Pliiatsid. Harilikke kirjutuspliiatseid märgistatakse numbritega, paremaid — joonestuspliiatseid aga — kindlate tähtedega. Meie kodumaal tähistatakse kõvu pliiatseid tähega T, pehmeid aga tähega M.¹ Kõvaduse astmeid eraldatakse numbritega. Kui näiteks T on lähtekõvadus, siis 2T on kõvem, 3T veel kõvem jne., samuti on 2M pehmem kui M, 3M veel pehmem jne. Keskmise kõvadusega pliiatsid kannavad märki TM.

Teistes maades kasutatakse pliiatsite kõvadusastmete märkimisel ladina tähti järgmiselt: H — kõvad (H, 2H, 3H jne.), B — pehmed (B, 2B, 3B jne.) ning HB — keskmise kõvadusega pliiatsid. Meil on peale kodumaa toodete müügil Tšehhoslovakkia «KOH-I-NOOR» pliiatsid.

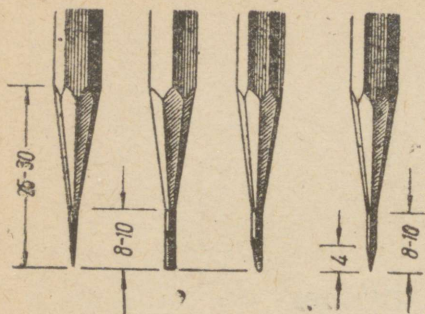
Joonestuspaberil töötades kasutatakse harilikult kahte pliiatsit. Kõvemaga, näiteks 2T-ga või 3T-ga tehakse eeljoonis ja kõik vajalikud peened jooned, aga T-ga või TM-ga tõmmatakse üle kujutise kontuurjooned.

Eskiiside valmistamisel kasutatakse pehmemaidsid pliiatseid, näiteks M või 2M. Neist veel pehmemad pliiatsid määrivad ning pole seepärast soovitatavad.

Joonestuspliiatseid teritatakse kas kiiljalt (joon. 1, a) või kooniliselt (joon. 1, b). Kiiljalt teritatud pliiatsiga saab hästi tõmmata

¹ Т — твердый (kõva)

М — мягкий (pehme)



Joon. 1.

3. Tušid. Joonestustušš valmistatakse eriti peeneks hõõrutud värvollusest. Tušš ei tohi olla liiga lahja ega liiga paks; ta peab paberit katma ühtlase musta tooniga. Tuleb nõuda tušši, mis kuivab kiiresti ja on kuivanult veekindel. Tuši voolavust ja katvust kontrollitakse peenikeste ja jämedate joonte tõmbamisega joonsule abil. Joonte ääred peavad jääma pärast kuivamist siledad, mitte aga «karvased». Halval või määrdunud paberil saadakse «karvaseid» jooni ka kõige kvaliteetsema tušiga.

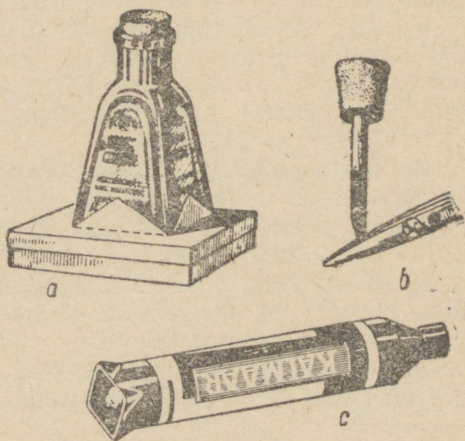
Tušipoti ümbermineku vältimiseks võib ta paigutada laiemale alusele, näiteks pappkarbi kaande lõigatud avasse (joon. 2, a).

Väga praktilised on tušituubid (joon. 2, c), mille üks ots on varustatud nõelpeene avaga ja teine ots elastse kummikorgiga. Vajutades sõrmega kummist korgile, valgub avast vajalik hulk tušši välja ning seda saab juhtida vahetult redis- või joonsulesse.

4. Suled. Joonestuslikud kirjad kirjutatakse redissulega (ketasulega). Praegu on meil kasutusel Riias valmistatud redissuled (joon. 3, a), mis on müügil seitsmest sulest koosneva komplektina. Redissuled on märgistatud numbritega $\frac{1}{2}$; $\frac{3}{4}$; 1; $1\frac{1}{2}$; 2; $2\frac{1}{2}$; 3; numbrid näitavad kirjutava ketta läbimõõtu mm-tes ja seega ka tekkiva joone jämedust. Kirjanurga vormistamisel kasutatakse peene-maid redissulgi ($\frac{1}{2}$; $\frac{3}{4}$; 1). Mõõtarvude kirjutamisel võib kasutada ka hari-

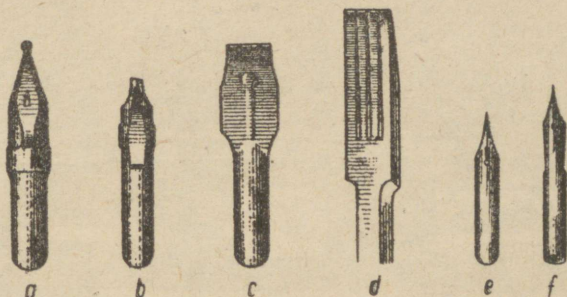
peenikesi jooni joonlaua või kolmnurga ääre järgi. Kiiljalt teritatud pliiatsit kasutatakse ka jämedamate joonte tõmbamisel. Koonilist teritust kasutatakse kirja kujundamisel ja vabakäe-joonestamisel.

Pliiatsi teravikku ihutakse peeneteralisel smirgel- või klaaspaberi ribal, mis on liimitud lauakesele. Samaks otstarbeks võib kasutada ka karedatoimelist paberit või joonestuspaberi vaba äärt, mis kuulub mahalõikamisele.



Joon. 2.

likke ja täitesulepea sulgi, mis on ümara otsaga. Kõiki neid sulgi tuleb aga enne kasutamist hoolega kontrollida ja vajaduse korral nende otsi luisul lihvides parandada.



Joon. 3.

Mõõtnoolte otste joonestamisel, katkestusjoonte tõmbamisel, vabakäejoonise valmistamisel, peenkirja kirjutamisel ja samuti üksikute kirja defektide kõrvaldamisel kasutatakse spetsiaalseid, nn. tušisulgi (joon. 3, e ja f).

Plakatite ja tabelite valmistamisel kasutatakse jämedamaid redissulgi (2; 2½ ja 3) või plekist valmistatud nn. plakatsulgi (joon. 3, c). Nendesarnaseid sulgi (laisulgi) võib ka ise puust valmistada. Plakatsule otsas peavad olema lõhed kirjutusvedeliku kogumiseks; ilma nendeta ei tõmba sulg kuigi pikki jooni (joon. 3, d).

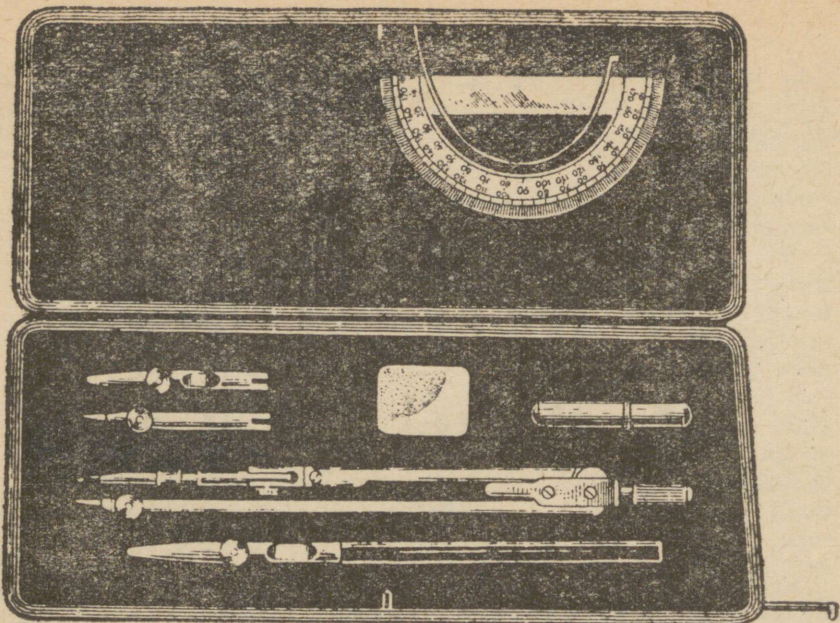
Mitmesuguste ehiskirjade kirjutamisel kasutatakse veel nn. atosulgi (joon. 3, b) ja ka hanesulest või roost lõigatud sulgi.

5. Kummid. Kummisid olgu käepärast kaks — üks pehme ja teine peeneteraline kare kummi. Pliatsijooni kustutatakse pehme kummiga, tušijoonete kõrvaldamiseks võib kasutada kaapimisriistade kõrval ka karedat kummi. Uued kummid on tavaliselt pisut õlised ja neid tuleb enne kasutamist vee ja seebiga pesta. Sama tuleb teha ka vana määrdunud kummiga.

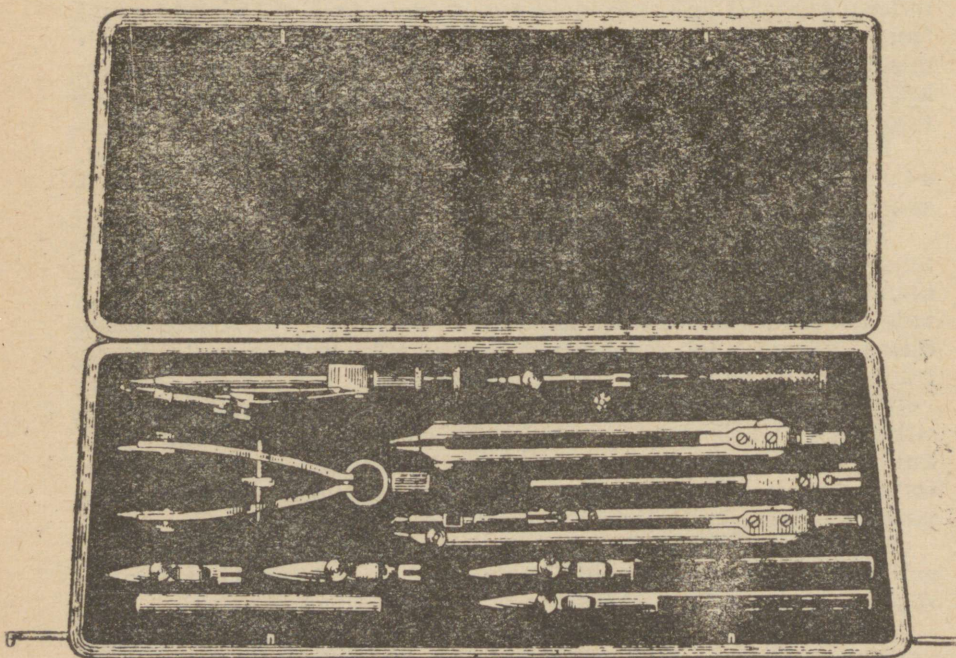
6. Sirklikarp. Joonestamisel vajalikud riistad on koondatud sirklikarpi. Üksikesemete arv karbis ei tarvitse olla väga suur, kuid esemed peavad olema kõrgekvaliteedilised ja hästi korrasstatud. Sageli võib odavama, kuid korrasstatud tööriistaga teha parema töö kui kalli, kuid korrasstatud riistaga.

Korralikus sirklikarbis peab olema: joonsulg, joonsirkel, mõõtesirkel, kruvisirkel, nullsirkel, sirkliharu pikendaja ja pliatsisõe-toos (joon. 4, b).

Joonsulge kasutatakse harilikult joonimist juhtivate vahendite (joonlaua, kolmnurga või lekaali) kaasabil.



a



b

Joonsulge ei kasteta täitmisel tuši sisse, vaid selleks kasutatakse kas puidust pilpakest või tušipoti korgisse pistetud hane-sulge (joon. 2, b). Tušituubi kasutamisel lastakse tušš voolata tuu-bist otsekohe joonsulesse.

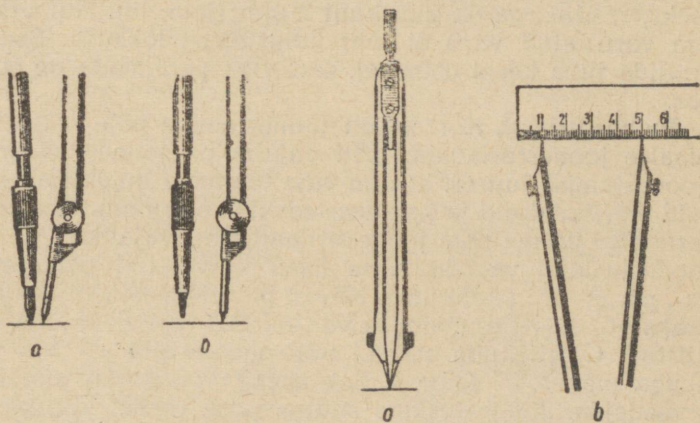
Pideva töö kestel joonsuled kuluvad ja ei tõmba enam küllalt peenikesi jooni. Hea joonestaja teritab ise oma joonsulge, kasu-tades selleks peeneteralist luisku. Algul ihutakse mõlemad harud õhemaks. Seejärel kontrollitakse nende pikkust ja teravust. Joon-sulge hoitakse risti vastu luisku, hõõrutakse liigse teravusega otsad ära nõnda, et need töötamisel ei lõika paberisse. Karedad servad lihvitakse joonestuspaberil siledaks. Kogu töö nõuab hoo-likust ja suurt täpsust. Teritamine võib võtta aega kuni paar tundi.

Joonsirkli (joon. 5) ühe haru otsa võib asendada pliitsi-otsaga või suleotsaga; teise haru otsas oleva nõela pikkus on reguleeritav.

Enne tööle asumist on vaja seada sirkli teravik sõe (või joon-sule) otsaga ligikaudu ühele kõrgusele (joon. 5, a). Sirkli otste väär vastastikune asend on näidatud joonisel 5, b.

Peale selle tuleb alati kontrollida, kas sirkli harud liiguvad paraja hõõrdumisega. Liiga lähedalt või liiga tihkelt liikuvat sirk-lit tuleb liigendi kruvist reguleerida. Selleks on sirklikarbis kas kruvikeeraja või väike terasplekist plaadike.

Suuremate ringjoonte tõmbamisel kasutatakse sirkliharu pikendajat (vt. paremalt alt üles lugedes neljandat eset sirklikabris, mis on kujutatud joonisel 4, b).



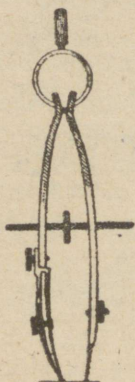
Joon. 5.

Joon. 6.

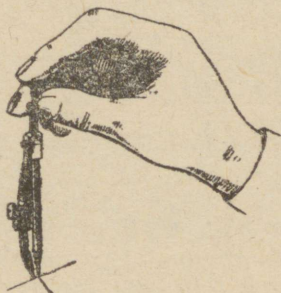
Mõõtesirkli mõlemad harud on varustatud teravikuga. Sirkli kokkupööramisel peavad nõelte teravikud minema vasta-misi ja olema ühel kõrgusel (joon. 6, a).

Mõõtesirkli kasutatakse tavaliselt joonisel pikkuste ülekandmiseks ühest kohast teise ja ka joonlaualt joonisele (joon. 6, b), või vastupidi, s. o. joonisel oleva lõigu pikkuse määramiseks.

Kruvisirkel on varustatud reguleerimiskruviga, mis võimaldab väga täpselt seada sirkli sammu (joon. 7). Seda sirkli kasutatakse väiksemate eriti täpsete ringjoonte puhul. Suure raadiusega kaarte joonestamist selle sirkli samm ei võimalda.



Joon. 7.



Joon. 8.

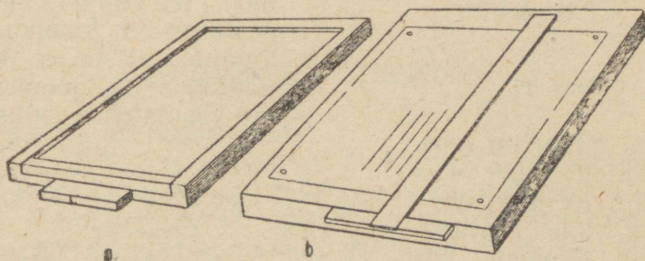
Nullsirkli kasutatakse õlge väikeste ringikeste joonestamiseks, raadiusega $\frac{3}{4}$ mm kuni 2 mm (joon. 8). Nullsirkli teravikuga varustatud varb ei tohi külgsuunas loksuda. Seda tuleb kontrollida juba karbi ostmisel, sest viga parandada on siin üsna tülikas.

7. Joonestuslaud. Korralikult joonestamine pole võimalik ilma spetsiaalse joonestuslauata. Eriti vajalik on joonestuslaud tehnilise joonestamise juures, kus on vaja tõmmata hulgaliselt horisontaalseid, vertikaalseid ja kalduasetsevaid rööpjooni. Geomeetrilise joonestamise juures pole joonestuslaud alati vajalik.

Joonestuslaud valmistatakse hästi kuivatatud pehmest lepa-, haava-, pärna- või paplipuust. Kõvad puuliigid selleks ei sobi. Laua kõveraks või kiiva tõmbumise vältimiseks tapitakse laua otstesse põikliistud. Otsaliistude asemel võib lauale alla asetada põõnad, kallakuga umbes 7° . Laua kallak asend võimaldab joonist paremini vaadelda. Joonestuslaua suurus peab olema kooskõlas joonise formaadiga. Keskkoolis kasutatakse väikest joonestuslauda suurusega 332×243 mm (joon. 9), milline on kaubandusvõrgus valmistootena müügil.

8. Kolmnurgad. Joonestamisel kasutame korraga kahte täisnurkset kolmnurka; üks neist olgu võrdhaarne (s. o. teravnurkadega 45°) ja teine teravnurkadega 30° ja 60° . Kolmnurkade üldist

suurust arvestatakse ligikaudu joonise formaadi ja laua järgi. Joonestaja kasutab tavaliselt kahes suuruses kolmnurki. Hea on kasutada puust kolmnurkade kõrval üht läbipaistvat kolmnurka, sest sellisest on läbinähtav ka tema all oleva joonise osa. Puust kolmnurkade määrdumisel tuleb neid liivapaberiga puhastada, sest määrdunud kolmnurk määrab ka joonist.

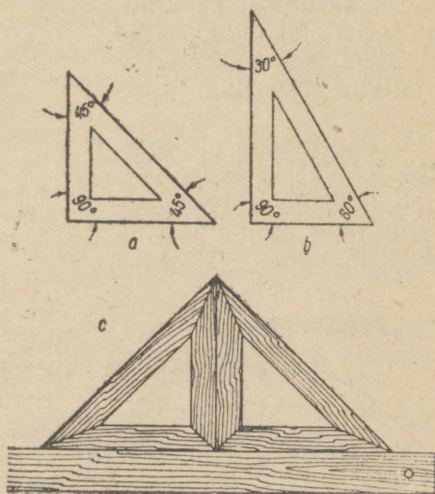


Joon. 9.

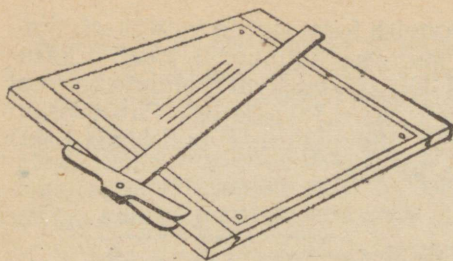
Kolmnurga täisnurga õigsuse kontrollimiseks asetatakse kolmnurk oma ühe kaatetiga vastu joonlauda ja tõmmatakse teise kaateti järgi joon; siis pööratakse kolmnurk ümber ja vaadatakse, kas sama kaatet ühtib endise joonega (joon. 10, c). Mitteühtivuse korral on tegemist terav- või nürinurgaga; säärane kolmnurk tekitab joonestamisel vigu.

Kolmnurga (või joonlaua) ääre sirgjoonelisuse kontrollimiseks tõmmatakse selle ääre järgi joon ja pööratakse siis kolmnurka 180° ning vaadatakse, kas sama äär ühtib tõmmatud joonega või mitte. Võrdlemisel selgub kohe, kas kolmnurga või joonlaua äär on sirge, nõgus või kumer. Väikest viga on võimalik kõrvaldada vastava ääre hõõrumisega tasapinnale asetatud peenikesel liivapaberil. Kindlam on siiski muretseda uus ja täpne kolmnurk, sest vigase kolmnurga defektide kõrvaldamine polegi nii lihtne.

9. Rööpjoonlaud. Joonestuslaud muutub eriti otstarbekaks siis, kui kasutatakse



Joon. 10.



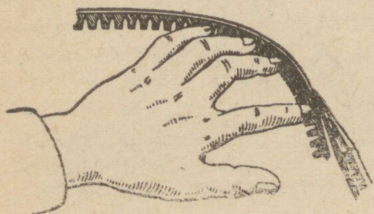
Joon. 11.

joonlauda, millel on hari-liku juhtklotsi peal veel teine, pööratav ja kruviga kinnitatav klots. Niisugusega saab tõmmata mis tahes kaldega rööpjooni (joon. 11).

10. Lekaalid. Kõverjoonte joonestamisel kasutatakse lekaale. Neid peab olema joonestajal käepärast mitmes suuruses ja mitmesuguse kujuga (joon. 12).

Harilike lekaalide kõrval on kasutusel ka kummimassist lekaalid, mille painutamise saadakse vajalikke kõverikke (joon. 13).

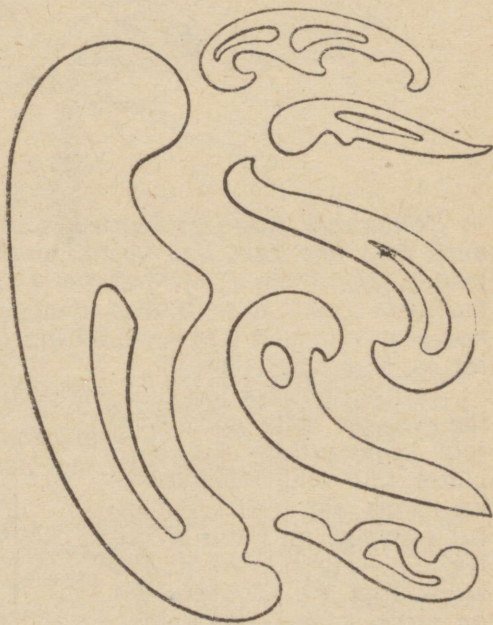
11. Tööriistade hoidmine. Kõiki joonestusriistu tuleb hoolega hoida. Joonestuslauda, kolmnurki ja rööpjoonlauda ei tohi



Joon. 13.

rööpjoonlauda ehk reissini. Rööpjoonlauda ja kolmnurkade koos kasutamisega saab tõmmata rõhtsaid rööpjooni ja nende ristsirgeid.

Rööpjoonlaud on varustatud juhtklotsiga, mis peab olema joonlauda külge liimitud, et ta ei logiseks. Keerukamate jooniste juures kasutatakse sellist rööp-



Joon. 12.

noaga ega žiletiteraga lõigata või muul viisil kriimustada. Sirklikarbis olevaid tööriistu tuleb alati korralikult puhastada. Kõiki tööriistu tuleb hoida kuivas ja normaalse temperatuuriga ruumis.

Eriti vastutusriikka kõvera joonestamisel võib lekaali kuju veidi muuta taskunoaga lõigates ja lõikekohta liivapaberiga siludes.

II. JOONESTUSTEHNKA

1. Tööpaiga ettevalmistamine.

Tuleb hoolt kanda selle eest, et tööpaik joonestamisel oleks hästi valgustatud ja mugav. Eelistada tuleb päevavalgust.

Vajalikud materjalid ja tööriistad paigutatakse enamikus joonestuslaua taha, muist aga lauast paremale — et kõik oleks käepärast. Töö juures tuleb hoiduda joonise määrimisest käehigi, pliiaatsisöe või tušiga.

Istumise asend töö juures olgu selline, et ei pingutataks liigselt nägemist, et rinnakorv ei oleks kokku surutud ning et hingamine võiks toimuda normaalselt. Jalad tuleb asetada korralikult põrandale, et töö juures ei tekiks juhuslikke nihkumisi ega komistusi.

2. Paberi kinnitamine joonestuslauale.

Paber seatakse rööpjoonlaua abil laual otse ja kinnitatakse siis lauale rõhknaeltega. Algul kinnitatakse üks nurk, siis diagonaalne vastasnurk, lõpuks ülejäänud nurgad. Seejuures hoolitsetakse, et paberi pind ei jääks laineliseks.

Ulatuslike tööde puhul liimitakse paber äärtest laua külge. Üldhariduslikus koolis antavate tööde puhul pole paberi liimiga kinnitamine tarvilik.

3. Rööpjoonlaua ja kolmnurga kasutamine.

Tuleb rangelt silmas pidada, et rööpjoonlaua juhtsirgeks kasutatakse ainult joonestuslaua vasakut äärt. Sel juhul ei teki püst- ja rõhtjoonte tõmbamisel vigu ka siis, kui joonestuslaua või rööpjoonlaua nurgad pole täpselt täisnurgad. Kui aga rööpjoonlaud asetada kord laua ühe, kord teise serva vastu, siis laua ja rööpjoonlaua vead kanduvad üle ka joonisele.

Reeglina tõmmatakse rõhtjooned alati rööpjoonlaua järgi (joon. 14), püstjooned aga kolmnurga järgi, mis toetub kaatetiga vastu rööpjoonlauda (joon. 15).

4. Töö pliiaatsi, joonlaua ja kolmnurgaga. Rööplükke võtted.

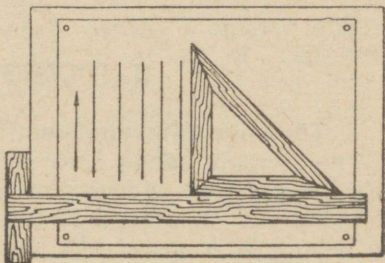
Joonestamisel tõmmatakse rõhtjooni suunaga vasakult paremale (joon. 16). Püst- ja kaldjoonte puhul on tõmbamise suund alt üles; seejuures muudab joonestaja oma keha ja käte asendit sedavõrd, et käe liikumine toimub ikkagi vasakult paremale (joon. 17).

Joone tõmbamisel toetub parem käsi pisut kõverdatud väikese sõrme küljele. Pliiatsit hoitakse terituskoonuse alguse kohalt, kolme sõrme abil — samuti nagu kirjutamisel. Pliiatsi ülemine ots kaldub pisut tõmbamise suunas, kuid joonestaja suhtes ei tohi ta kalduda enda poole ega endast eemale.

Vasak käsi hoiab kindlalt joonlauda või kolmnurka, vältides libisemisi (joon. 16 ja 17).



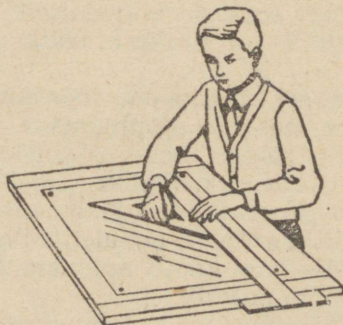
Joon. 14.



Joon. 15.



Joon. 16.



Joon. 17.

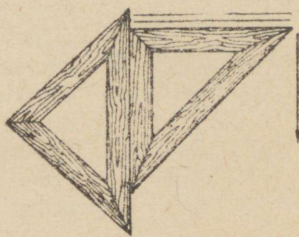
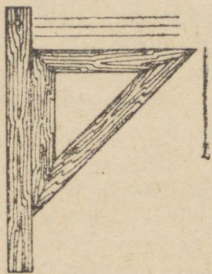
Rööpjoonte tõmbamisel ilma rööpjoonlauata kasutatakse kahte joonestuskolmnurka või harilikku joonlauda ja kolmnurka (joon. 18 ja 19).

Joonlaua ja kolmnurkade abil rööpjoonte tõmbamist nimetatakse rööplükkeks. Sageli tuleb antud ülesande lahendamisel kolmnurka pöörata mitmesugusesse asendisse, seejuures joonlaua asendit muutmata.

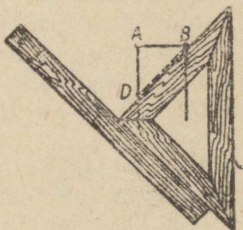
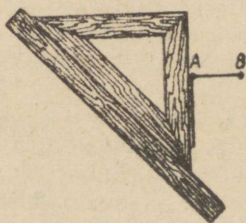
Rööplükke võtete tundmaõppimiseks on soovitatav joonestada ruut antud küljele nõnda, et juhtsirge asendit ei muudeta (joon. 19). Selleks tuleb kasutada võrdhaarset joonestuskolmnurka. Teades, et ruudu vastasküljed on paralleelsed ning diagonaal

moodustab külgedega 45°-lised nurgad, saame hõlpsasti leida tipu *D* asukoha joonisel näidatud viisil. Joonise lõpetamiseks viime kolmnurga tagasi lähteasendisse.

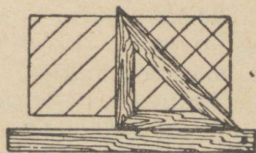
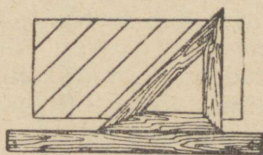
Ristjoonte joonestamisel võib kasutada joonlauda ja kolmnurka ka nõnda, et erisihiliste sirgete tõmbamise vahel pööratakse kolmnurka nii, et mõlemas sihis tõmmatakse jooni kolmnurga hüpotenuusi järgi (joon. 20).



Joon. 18.

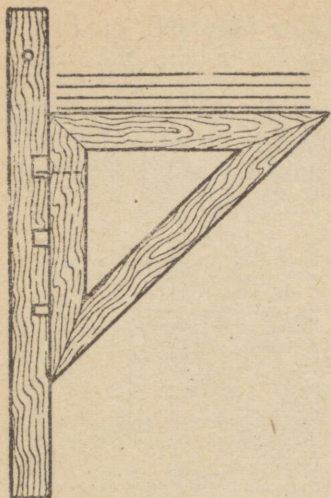


Joon. 19.



Joon. 20.

Viirutamine tähendab joonise osa katmist tihedalt võrdvaheliste rööpjoontega. Viirutamisel kasutatakse sisselõikega (sälgu) joonlauda ja tihtviga kolmnurka (joon. 21). Neid korda-



Joon. 21.

mööda edasi liigutades tõmmatakse iga kolmnurga uue asendi puhul joon. Seejuures tuleb joonlauda ja kolmnurka nõnda kinni hoida, et nad korraga ei nihkuks. Pliiatsit peab hoidma alati ühtlaselt ja grafiidi otsaga võimalikult joonlaua vastu. Pliiatsi kallutamise puhul võib üks joone vahe teise kulul jääda kitsamaks või laiemaks. Väheste harjutamise järel saab pinda viirutada väga ühtlaselt. Sellise lihtsa viirutusseadme võib iga õpilane endale ise valmistada. Mitmesuguse viirutustiheduse saamiseks lõigatakse joonlauale mitu erineva laiusega sälku. Tihvtiks vajutatakse kolmnurga ääresse nõõpnõel ja ülearune osa lõigatakse tangidega ära.

Viirutamisel saadav joonte vahemaa võrdub sälgu laiuse ja tihvti läbimõõdu vahega.

Viirutamine on vajalik näiteks ornamentide kujundamisel ja detailide lõikepindade esitamisel.

Viirutada võib ka nii, et joonte vahesid hinnatakse silmamõõdu järgi. Silmamõõdu arendamise mõttes on see isegi väga soovitav. Vastutusrikkama töö puhul aga viirutatakse ikka vastava seadme abil.

Sirgjoone tõmbamisel läbi kahe punkti lähendatakse joonlaua serv mõlemale punktile, pidades silmas, et punktide kaugused joonlaua äärest jääksid võrdsed. Enne joone tõmbamist kontrollitakse vahet nõnda, et puudutatakse pliiatsisõe otsaga joonlaua serva kummagi punkti juures. Kui pliiatsi ots langeb mõlemas kohas punktiga kokku, siis võib joone ära tõmmata. Töö kiirendamiseks võib talitada ka järgmiselt. Toetatakse pliiatsi teravik ühte antud punkti, lükatakse joonlaud vastu pliiatsit ning pööratakse siis joonlauda, kuni tema äär läbib ka teist punkti.

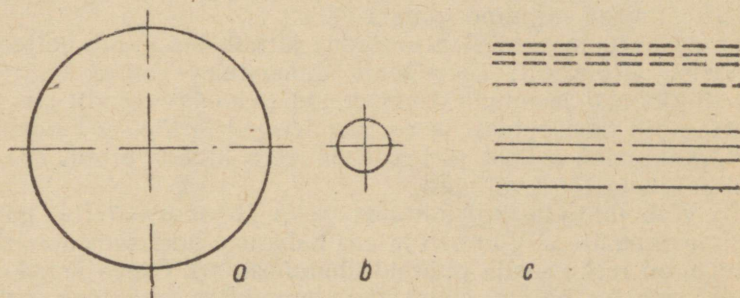
Kriipsjoonte ja kriipspunktjoonte tõmbamisel peetakse silmas, et lõikumiste kohtadele jääksid kriipsukesed, mitte aga katkestused. Selle saavutamiseks võib kriipse mõnevõrra pikendada või lühendada. Kriipspunktjoonte «punktid» on tegelikult lühikesed kriipsukesed (joon. 22).

Suuremate ringjoonte joonestamisel seatakse sirkli otsad nõnda, et need asetseksid risti joonisepinnaga (joon. 23 ja 24).

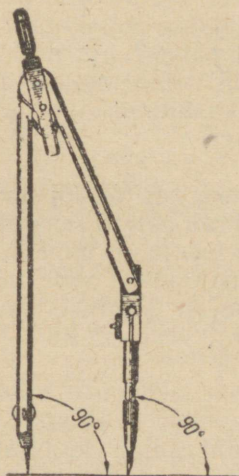
Ringjoonte või kaarte tõmbamisel hoitakse sirklit nupust pöidla ja nimetissõrmega (joon. 24). Ringjoone tõmbamist alustatakse vasakult alt — siis on võimalik joonestada kogu ringjoon ühe-

ainsa tõmbega. Pliiatsijoonisel saavutatakse ühtlane joonejämedus ringjoonte korduva ületõmbamisega; seejuures hoolitsetakse, et sirkli nõel keskpunktist välja ei nihkuks.

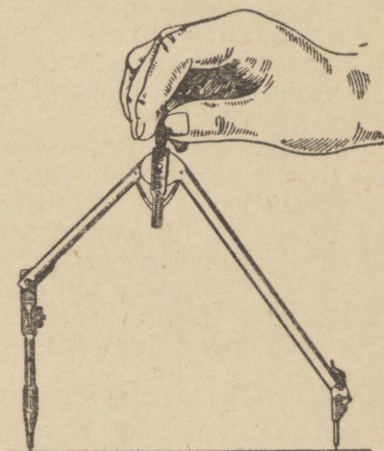
Kui kaks antud punkti tuleb ühendada kaarega, siis on vaja enne joone tõmbamist proovida (sirkliga), kas kaar läbib täpselt mõlemat antud punkti. Ebatäpsuse ilmnemisel tuleb muuta sirkli nõela asendit või korrigeerida joonist muus osas nii, et kaar läbiks ikkagi antud punkte täpselt. Eriti tähtis on see joonte seostamis-ülesannete lahendamisel.



Joon. 22.



Joon. 23.



Joon. 24.

Pliiatsijoonise teostamise järjekord.

1. Joonise formaadi määramine.
2. Joonise raami ja kirjanurga lahtrite väljajoonestamine (pliiats kõvadusega T).

3. Paigutuse küsimuste otsustamine ja üldmõõtmete (gabariitmõõtmete) märkimine (pliiats T).

4. Telgjoonte tõmbamine (pliiats 3T).

5. Eeljoonise valmistamine ühtlaselt peenikeste joontega (pliiats 2T või 3T).

6. Ülearuste joonte kustutamine.

7. Detaili kontuuride ületõmbamine jämedama joonega (pliiats T või TM).

8. Distsants- ja mõõtjoonte tõmbamine (pliiats 3T).

9. Mõõtarvude kirjutamine (pliiats T).

10. Kirjanurga täitmine (pliiats T).

Joonte kuju ja asendit arvestades jätkub töö peale eeljoonise lõpetamist järgmiselt: kõigepealt tõmmatakse õiges tugevuses välja ringjooned ja muud kõverjooned (lekaalkõverad); siis tõmmatakse kõik horisontaal- ja vertikaalsirged ja lõpuks kaldsirged. Kõrvalekaldumisi sellest järjekorrast võib lubada ainult siis, kui see ei kahjusta töö kvaliteeti.

Mis võib juhtuda, kui töötame vales järjekorras? Kui näiteks tõmbame enne ära sirgjooned ja siis hakkame neid seostama ringikaartega, on raske saada puhtaid ühenduskohti. Õiges järjekorras töötades aga on hõlbus kaari üle otspunktide sirgetega jätkata, ringjoontele puutujaid tõmmata jne.

Pliiatsijoonise parandamine. Keerukalt pliiatsijooniselt üksiku joone kustutamiseks kasutatakse sellekohast šablooni, nn. kustutusplaati, või lihtsalt paberilehti, milledega kaetakse joonise muud osad kinni. Šabloon valmistatakse harilikust joonestuspaberist, lõigates sellesse kustutamisel vajalikke pilusid või auke.

5. Töötamine tušiga. Kopeerimine.

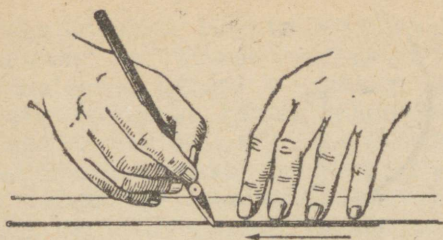
Juba joonise alustamisel peab teada olema, kas töö lõpetatakse pliiatsi- või tušijoonisena. Pliiatsijoonisel ei saa eeltöö osas lubada sellist vabadust kui tušijoonisel. Kui tušiga lõpetatud tööd on võimalik kummiga üleni puhastada, siis pliiatsijoonisel seda võimalust ei ole. Tušijoonise eeltöö osas nõuame, et ülearused jooned kustutataks enne joonise tušiga katmist, sest vastasel korral võidakse ka need kogemata tušiga üle tõmmata.

Joonsulega töötamisel toetub parem käsi pisut kõverdatud väikese sõrme küljele (joon. 25). Joonsulge hoitakse kolme sõrme abil nagu sulepead kirjutamisel, kuid sulge kallutatakse veidi tõmbe suunas. Sule ülaots ei tohi kalduda ei joonestaja poole ega temast eemale (joon. 26). Vasak käsi hoiab kindlalt joonimist juhtivat vahendit.

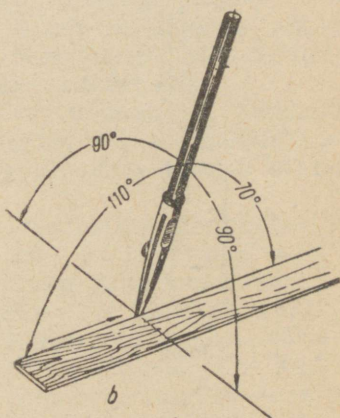
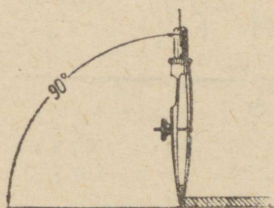
Joone jämeduse kontrollimiseks tõmmatakse mõned kriipsud sama liiki paberile, millele joonestatakse.

Joonsule ava reguleerimiseks tuleb harjutada joonsule kruvi pöörama sama (parema) käe pöidla ja keskmise sõrmega.

Joonsule tõmme peab olema kerge ja ühtlane. Iga uue täitmise



Joon. 25.



Joon. 26.

eel ja samuti peale töö lõppu tuleb joonsulge puhastada pehme lapiga, mis imendab hästi vedelikku.

Tušiga täidetult seisnud joonsulg ei tõmba igakord joont. Siis tuleb temaga prooviks tõmmata kord üle niisutatud kuivatuspaberi või riidelapi. Kuivanud tušš tuleb sulest eemaldada, sulg puhastada ja alles siis võib seda uuesti tušiga täita.

Joonsulge pannakse tušši nii palju, et sellest jätkuks vähemalt ühe tervikliku joone tõmbamiseks. Liigselt tušiga täidetud sulg on ohtlik ja ta kahjustab ka joone puhtust. Keskmiselt peaks tušipiisk ulatuma umbes 7 mm kõrguseni joonsule otsast (joon. 27).

Sirkliga töötamisel seatakse nõela ja joonsule otsad alusega risti ja joonimisel hoitakse joonsule haru pisut tõmbamise suuna poole kaldu.

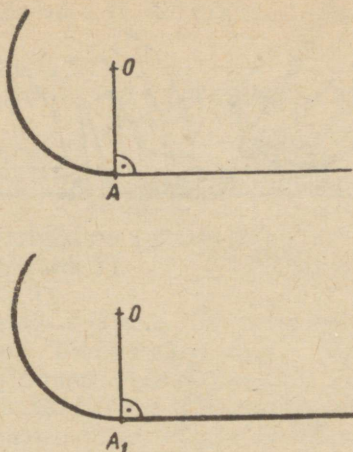
Seostatavate joonte puhul tõmmatakse enne kaar, siis sirge; seejuures sirge tõmbamise suund peab olema kaare otspunktist väljapoole (joon. 28), mitte aga vastupidi.

Kopeerimisel kinnitatakse pauspaber joonisele nõnda, et see katab ühtlaselt ja täielikult joonise. Tavaliselt lõigatakse pauspaber jooniselehest mõnel määral suurem, et paberi ääri saaks kasutada joonsule proovimiseks.

Enne töö alustamist on soovitatav pauspaber peenikese kriidipulbriga üle hõõruda. Sellega kaotame juhuslike rasvaplekkide ja sõrmejälgede kahjustava mõju.



Joon. 27.



Joon. 28.

Tušijoonise teostamise järjekord.

1. Joonsulega proovitakse vastavaid joonejämedusi lisapaberil. Valitakse õiged telgjoonte, varjatud ja nähtavate kontuurjoonte jämedusvahekorrad (vt. tabel 4).

2. Ringjoonte ja kaarte tõmbamine. Alustatakse suurematest ja lõpetatakse väiksematega. Kõigepealt tõmmatakse pideva joonega, siis kriipsjoonega ja lõpuks kriipspunktjoonega esitatavad ringjooned.

3. Peenikeste kriipspunktjoonelistel telg- ja tsentrijoonte tõmbamine.

4. Nähtavate kontuurjoonte tõmbamine. Alustatakse rõhtjoontega, siis tõmmatakse püstjooned ja lõpuks kaldjooned.

5. Varjatud kontuurjoonte tõmbamine kriipsjoonega. Joonte asendite järgi arvestatakse sama järjekorda nagu nähtavate kontuurjoonte tõmbamisel.

6. Lõikepindade viirutamine.

7. Distant- ja mõõtjoonte tõmbamine.

8. Mõõtnoolte joonestamine.

9. Mõõtarvude kirjutamine.

10. Kirjanurga täitmine.

Pärast tušiga katmist tuleb kontrollida, et kõik joonte ristumiskohad oleksid puhtad, et ei esineks nurkades ületõmmatud jooneotsi, karedusi, paisumisi jne. Leitud defektid tuleb parandada kaapimise või lõikamise teel.

Tušijooniste parandamine. Tušijoonel tekkinud vigu saab parandada kumerdatud žiletiteraga või terava tasku-

noaga kaapides. Heakvaliteedilise paberi pind jääb pärast hoolikat kaapimist niisama siledaks ja tarvitamiskõlblikuks kui enne.

Halvemal paberil kasutatakse tušijoonete defektide kõrvaldamiseks lõikamist. Nimelt lõigatakse vea kõrvale terava taskunoaga madal arm ja teiselt poolt sellele vastu nõnda, et paberi pinna eemaldub väike laastuke koos vastava defektiga. Lõpuks võib parandatud kohta siluda tasasemaks, kattes selle enne puhta paberiga, et hõõrumisel kaitsta joonist määrdumise eest. Silumiseks kasutada kas luust pulka või taskunoa siledat pead.

Pauspaberil tekkinud joonise vigu on võimalik kõrvaldada terava taskunoaga või žiletiteraga kaapimise teel. Pauspaber asetatakse kõvale ja siledale alusele ning hoitakse vasaku käega kaapimise kohalt pingul.

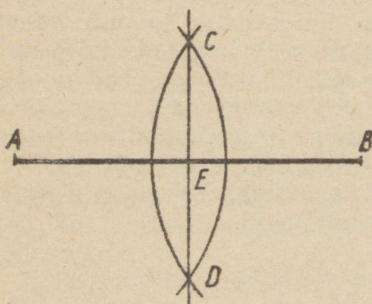
Valguskoopia valmistamiseks asetatakse pauspaberile tehtud tušijoonis valgustundlikule, nn. valguskoopia-paberile ning pannakse paberid korraga kahe klaasi vahele. Oluline on, et mõlemad paberid liibuksid hästi ühtlaselt kokku. Valgustamiseks võib kasutada niihästi kunstlikku kui ka päeva-valgust. Valgustusaeg sõltub valgusallika tugevusest, olles keskmiselt 2...3 min. Valguskoopia-paber pole väga tundlik — rulli võib isegi hämaras valguses avada. Ilmutamine toimub kange nuuskpiirituse auras. Ilmutamisanumaks võib kasutada kõrgemat klaaspurki, mille põhja pannakse madala nõukesega pisut nuuskpiiritust. Nõu tuleb pealt hoolikalt katta paberitega ja tasapinnalise vajutisega. Pärast paberi hoidmist nuuskpiirituse auras 10—15 min. on joonis ilmutatud ja ühtlasi ka kinnitatud.

Massilisel jooniste kopeerimisel kasutatakse vastavaid spetsiaalseid valgustamise ja ilmutamise seadmeid.

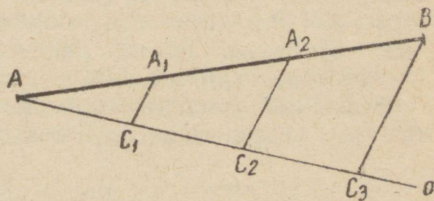
III. LIHTSAMAD GEOMEETRILISI KONSTRUKTSIOONE

1. Sirglõigu poolitamine.

Sirglõigu AB jagamisel kaheks võrdseks osaks (joon. 29) tõmmatakse lõigu otspunktide A ja B ümber kaared ühe ja sama raadiusega, mis on pikem kui pool antud sirglõigust. Kaarte lõikepunktid C ja D ühendatakse sirgega, viimane jagabki antud sirglõigu kaheks võrdseks osaks (joonisel punktis E). Poolitaja CD on ühtlasi lõigu AB keskristsirgeks.



Joon. 29.



Joon. 30.

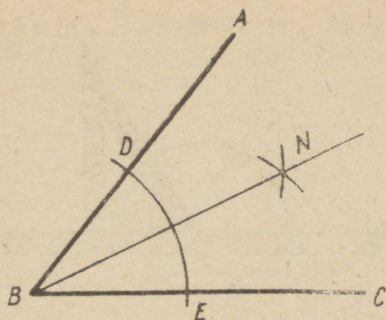
2. Sirglõigu jagamine mitmeks võrdseks osaks.

Sirglõigu otspunktist A tõmmatakse vaba sihiga kiir a (joon. 30), ning sellele asetatakse sirkli vaba sammuga soovitud arv ühepikkusi osi. Nii saadakse näiteks kolmeks jagamise korral punktid C_1, C_2 ja C_3 . Viimane punkt C_3 ühendatakse antud sirglõigu teise otspunktiga B . Sirge C_3B paralleelid läbi punktide C_1 ja C_2 lõikavad antud sirget otsitavates jaotuspunktides A_1 ja A_2 .

Sel teel võib sirglõigu jagada mis tahes arvuks võrdseteks osadeks.

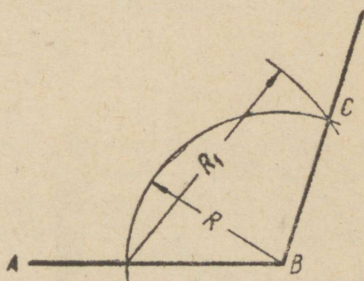
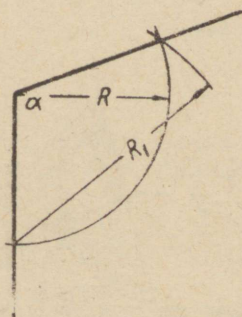
3. Nurga poolitamine.

Antud nurga ABC tipust B tõmmatakse vaba raadiusega kaar (joon. 31); lõigaku see haarasid punktides D ja E . Nüüd tõmma-



Joon. 31.

Asetades nurgas α tekkinud kõõlu pikkuse R_1 otsitava nurga kõõluks, saame punkti C, mida läbib otsitava nurga teine haar. Saadud nurk $ABC = \alpha$.



Joon. 32.

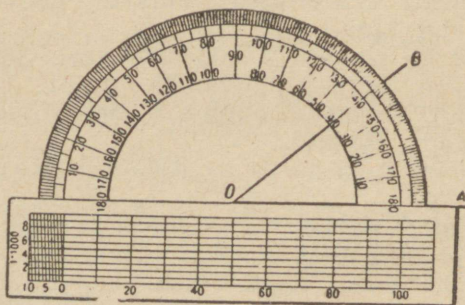
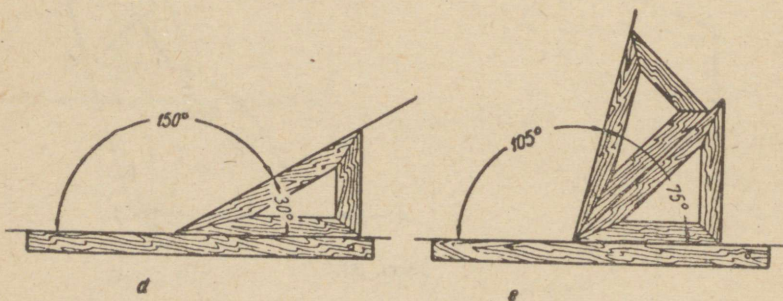
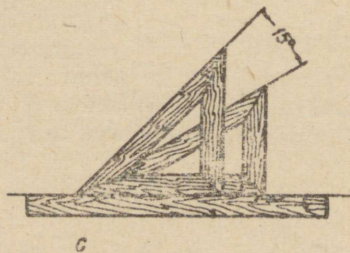
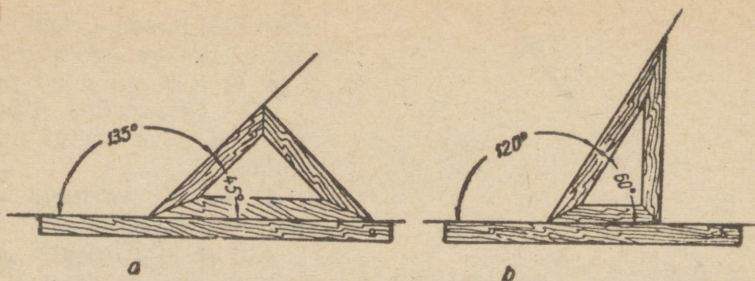
5. Mõnesuguste erisuurusega nurkade ehitamine joonestuskolmnurkade abil. Mall.

Joonisel 33 on näidatud, kuidas tavaliste joonestuskolmnurkade abil saab hõlpsasti ehitada nurki 135° , 120° , 15° , 150° , 75° ja 105° . Nimetatud nurgad saadakse kolmnurga-nurkade liitmise või lahutamise teel.

Mis tahes suurusega nurga joonestamist malli abil selgitab joonis 33, f.

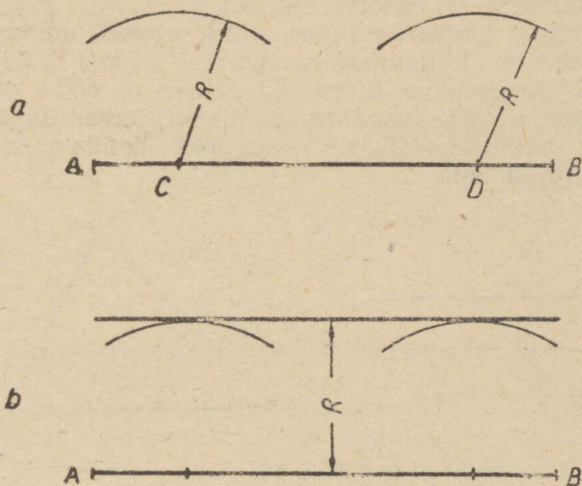
6. Paralleelsirge tõmbamine joonlaua ja sirkli abil.

Antud sirgel AB valitakse vabalt kaks punkti C ja D (joon. 34). Nende punktide ümber tõmmatakse kaared raadiusega R, mis võrdub paralleelide soovitava vahemaaga. Tõmmates joonlauaga nende kaarte ühise puutuja, saamegi sirge, mis on paralleelne antud sirgega AB.



Joon. 33.

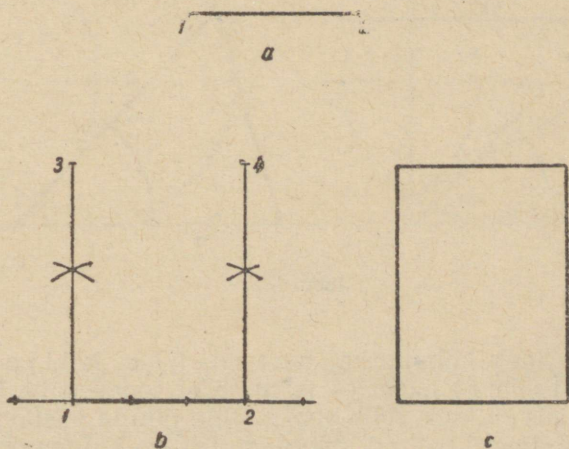
Tehnilise joonestamise juures kasutatakse sama ülesande lahendamisel rööplüket (joon. 18), mis annab tulemuse kiiremalt ja täpsemalt.



Joon. 34.

7. Ristküliku konstrueerimine.

Joonestatakse ristküliku ühe külje pikkune rõhtne sirglõik ning selle otspunktidest 1 ja 2 tõmmatakse üles ristsirged. Viimastele märgitakse ristküliku teise külje pikkuse abil punktid 3 ja 4. Seejärel ühendatakse punktid 3 ja 4, kõrvaldatakse kõik



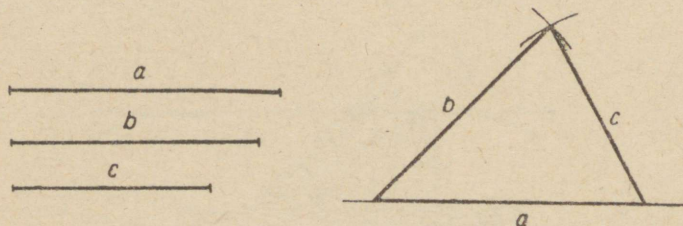
Joon. 35.

tarbetud joonetükid ning tõmmatakse kujund jämedama joonega üle (joon. 35).

Samal viisil võib konstrueerida ka ruutu. Ruudu joonestamine rööplükke võtetega on esitatud eespool (joon. 19).

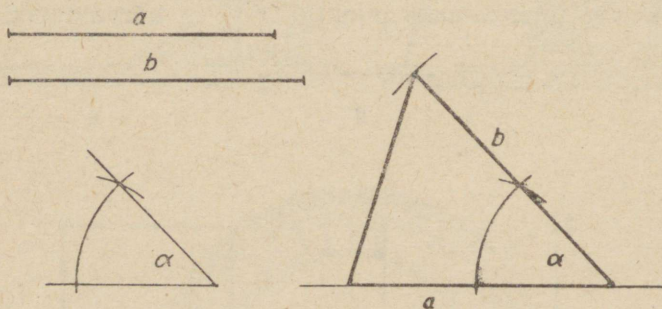
8. Kolmnurga konstrueerimine mitmesuguseil andmeil.

Konstrueerides kolmnurka antud kolme külje (a , b ja c) järgi, joonestame kõigepealt aluse a , selle otspunktide ümber tõmbame kaared raadiustega, mis võrduvad ülejäänud külgedega b ja c pikkustega. Kaarte lõikepunkt ühendatakse aluse otspunktidega (joon. 36).



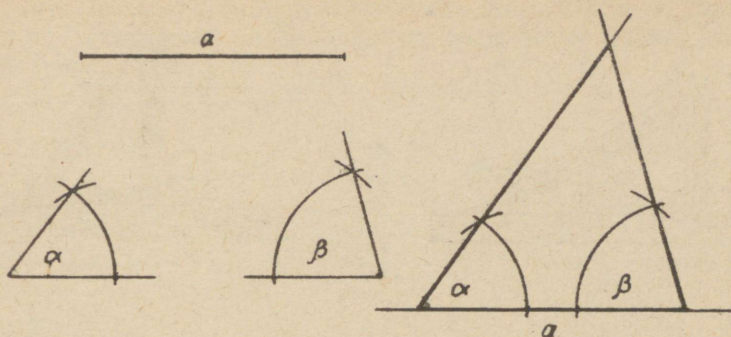
Joon. 36.

Konstrueerides kolmnurka antud kahe külje (a ja b) ning nende vahel oleva nurga (α) järgi joonestame kõigepealt aluse a ning ehitame tema ühe otspunkti juurde nurga α (vt. p. 4). Nurga teisele haarale asetame külje b pikkuse. Saadud punkti ühendame aluse ülejäänud otspunktiga (joon. 37).



Joon. 37.

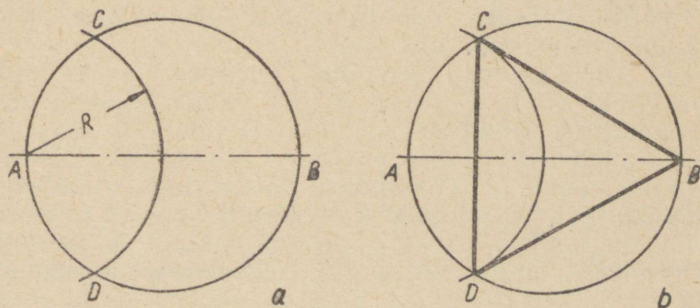
Konstrueerides kolmnurka antud ühe külje (a) ning selle lähisnurkade (α ja β) järgi joonestame kõigepealt aluse a ning siis ehitame selle otspunktide juurde vastavalt nurgad α ja β . Nende teised haarad lõikuvad otsitava kolmnurga kolmandas tipus (joon. 38).



Joon. 38.

9. Korrapäraste kõõlhulknurkade konstrueerimine.

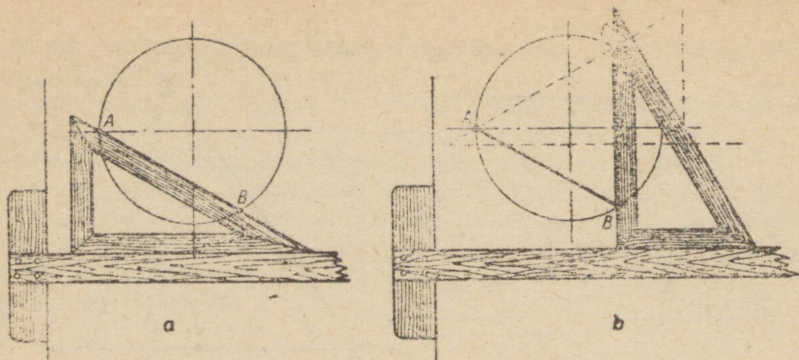
Võrdkülgse kolmnurga konstrueerimiseks jagatakse ringjoon kolmeks võrdseks osaks. Selleks tõmmatakse üks diameeter (joon. 39) ning selle ühe otspunkti A ümber joonestatakse kaar raadiusega, mis võrdub antud ringjoone raadiusega R . Kaare ja ringjoone lõikepunktid C ja D koos diameetri teise otspunktiga B jagavad ringjoone kolmeks võrdseks osaks. Punkte C , B ja D paarikaupa ühendades saadakse võrdkülgne ehk korrapärane kõõlkolmnurk.



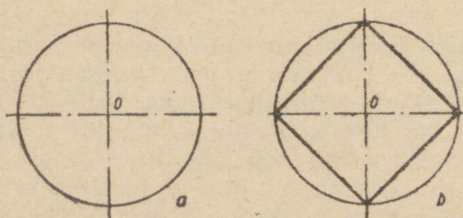
Joon. 39.

Korrapärast ehk võrdkülgset kõõlkolmnurka saab konstrueerida ka joonestuskolmnurga abil, mille teravnurgad on 30° ja 60° . Vastav konstruktsioon selgub jooniselt 40.

Ruudu konstrueerimiseks jagatakse ringjoon neljaks võrdseks osaks. Selleks tõmmatakse läbi keskpunkti O kaks ristuvat



Joon. 40.



Joon. 41.

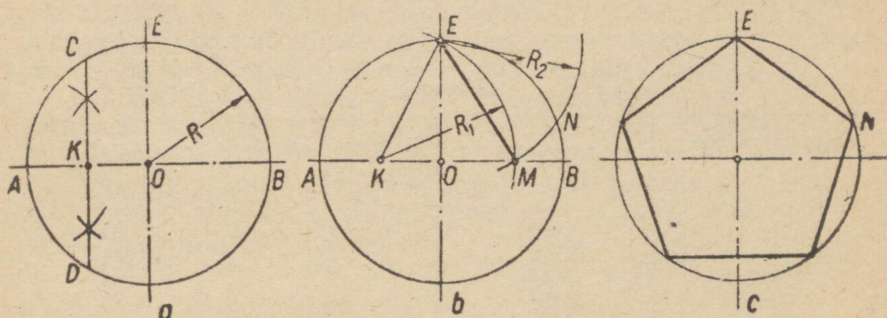
diameetrit (joon. 41). Diameetrite otspunktid jagavadki ringjoone neljaks võrdseks osaks. Jaotuspunktide ühendamisel saadakse korrapärane kõõlnelinurk ehk ruut.

Korrapärase viisnurga konstrueerimiseks jagatakse ringjoon viieks võrdseks osaks. Vastav konstruktsioon on järgmine. Poolitatakse ringjoone raadius AO (joon. 42, *a*). Poolituspunkti K ümber tõmmatakse kaar raadiusega $R_1 = KE$ kuni lõikumiseni sirgega OB punktis M . Lõik EM on siis korrapärase kõõlviisnurga külje pikkus. Nüüd kantakse nimetatud lõik sirkliga korduvalt ringjoone kõõluks nõnda, et tekib viis jaotuspunkti ($EN = R_2 = EM$), ning need punktid ühendatakse omavahel järjestikku.

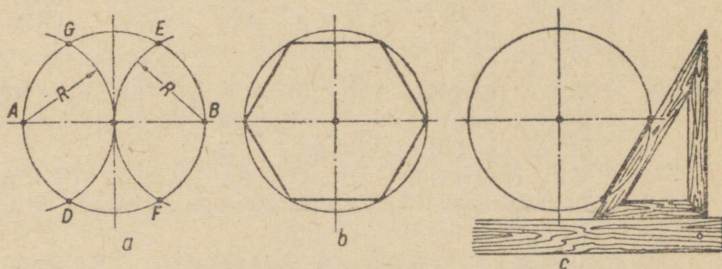
Viisnurga konstruktsioon on võrdlemisi keeruline ja kipub ununema; seepärast tuleb sellele konstruktsioonile pöörata suuremat tähelepanu. Hoolikal vaatlemisel märkame, et joonis 42 sisaldab terve rea muid tuntud konstruktsioone: sirglõik CD (joon. 42, *a*) on korrapärase kõõlkolmnurga külj; punktide A ja C ühenduslõik oleks korrapärase kuusnurga külj; punktide A ja E ühenduslõik oleks kõõlsruudu külj; punktide C ja E ühenduslõik aga oleks korrapärase kõõlkaksteistnurga külj.

Lisaks neile tulemustele annab viisnurga konstruktsioon veel

ka korrapärase kõõlkümmenurga külje lõigu OM näol (joonis 42, *b*) ning korrapärase kõõlseitsenurga külje lähisväärtuse lõigu KC näol (joon. 42, *a*).



Joon. 42.



Joon. 43.

Korrapärase kuusnurga konstrueerimiseks jagatakse ringjoon kuueks võrdseks osaks. Selleks tõmmatakse ringjoone diameetri mõlema otspunkti A ja B ümber kaared raadiusega, mis võrdub antud ringi raadiusega (joon. 43). Nende kaarte ja ringjoone lõikumisel tekivad punktid G , E , F ja D , mis koos diameetri otspunktidega A ja B jagavadki ringjoone kuueks võrdseks osaks. Tavaliselt ei tõmmata kaari pikalt välja, vaid antakse neist ainult lühikesed kriipsukesed löikekohtade märkimiseks.

Jaotuspunktide järjestikuse ühendamisel saadakse korrapärane kõõlkuusnurk. Korrapärast kuusnurka saab joonestada ka joonestuskolmnurga abil rööplükke võtetega, kui kolmnurga teravnurgad on 30° ja 60° (joon. 43, *c*).

Ringjoont võib jagada võrdseteks osadeks ka nn. kõõlutaabeli abil, milles antakse korrapärase kõõlhulknurga külje pikkuse sõltuvus külgede arvust.

Tabeli esimese veeru arvud näitavad, mitmeks osaks on ringjoon jagatud. Teises veerus antav koefitsient on arv, millega tuleb korrutada ringjoone läbimõõtu, et saada otsitava kõõlhulknurga külje pikkust.

Tabel 1

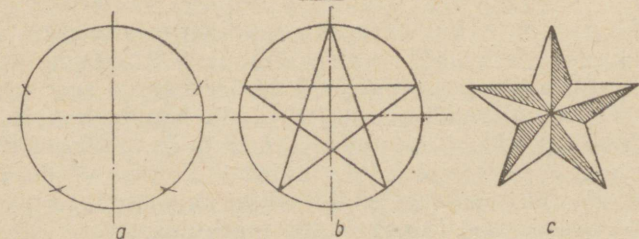
Kõõlitabel

Ringjoone osade arv	Koefitsient	Ringjoone osade arv	Koefitsient
1.	0,000	11.	0,282
2.	1,000	12.	0,259
3.	0,866	13.	0,239
4.	0,707	14.	0,223
5.	0,588	15.	0,208
6.	0,500	16.	0,195
7.	0,434	17.	0,184
8.	0,383	18.	0,174
9.	0,342	19.	0,165
10.	0,309	20.	0,156

Näiteid: 1) Kui ringjoone läbimõõt on 10 cm, siis vastava korrapärase kõõlseitsenurga külje pikkuseks on $10 \cdot 0,434 \text{ cm} = 4,34 \text{ cm}$.

2) Kui ringjoone läbimõõt on 12 cm, siis vastava korrapärase kõõlkolmteistnurga külje pikkuseks on $12 \cdot 0,239 \text{ cm} = 2,87 \text{ cm}$.

Täht-viisnurga konstrueerimine. Joonestatakse vajaliku suurusega ringjoon ja jaotatakse see viieks võrdseks osaks. Saadud jaotuspunktide ühendamisel üle ühe tekibki täht-viisnurk (joon. 44).



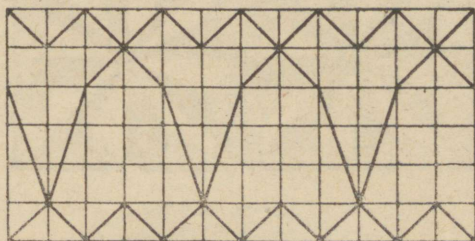
Joon. 44.

10. Geomeetriline ornament.

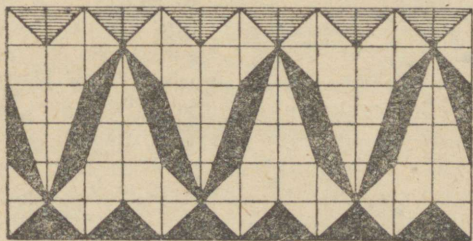
Ornamendi all üldiselt mõistetakse mitmesuguste esemete, nagu ehitiste, mööblite, riiete ja ehteasjade niisugust kaunistust, milles motiivid rütmiliselt korduvad. Motiivide vali-

kult eristatakse geomeetrilist, taim-, loom- ja inimornamenti. Meie vaatleme siin ainult mõnesuguseid lihtsamaid geomeetrilisi ornamente. Geomeetriline ornament saadakse mingi geomeetrilise kujundi (lõpmata riba, ruudu, ringi, rombi, ristküliku või korrapärase hulknurga) kunstipärase tükeldamise teel. Tükeldusjoonteks on harilikult sirg- ja ringjooned. Geomeetrilise ornamendi üheks tunnuseks on tema sümmeetriline ülesehitus.

Ornamendi kujundamisel tuleb pidada silmas, et tekkivad vormid oleksid lihtsad, selged ja omavahel hästi tasakaalustatud. Nende nõuete täitmine esialgu näib olevat üsna lihtne. Tööle asudes aga selgub peagi, et kauni geomeetrilise ornamendi loomine pole sugugi nii hõlbus. Mingi geomeetrilise ornamendi iseseisva kujundamisega teeb iga õpilane tõsise katse kunstilise loomingu alal. Toome rea näiteid geomeetrilise ornamendi kujundamisest.



a



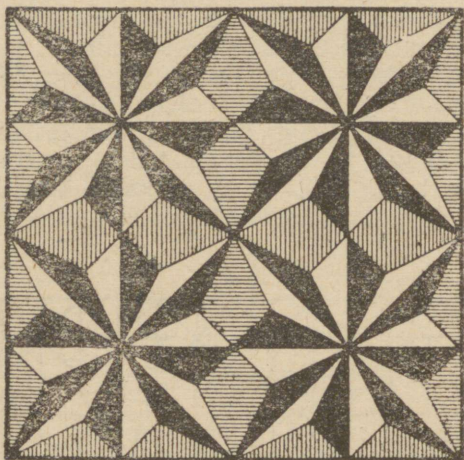
b

Joon. 45.

Ornamendi kujundamisega lõpmatul ribal saame äärisel ehk poordi. Jagame tüki ribast võrdseteks ruutudeks (joon. 45). Ühendades ruudu nurki diagonaalidega või neist pikemate ühendusjoontega, on võimalik kujundada mitmesuguseid huvitavaid mustreid.

Ornamendi kujundamisel ruudusse näiteks jagame selle ruudu poolitamise teel neljaks võrdseks osaruuduks (joon. 46).

Saadud ruutude küljed poolitame omakorda ja joonestame neisse ruutudesse uued ruudud kaldasendis. Nüüd joonestame piklikud kolmnurgad nii, et suurema ruudu tipust tõmmatud jooned suunduksid läbi väiksema ruudu tippude. Edasine konstruktsioon on jooniselt otseselt loetav.



Joon. 46.

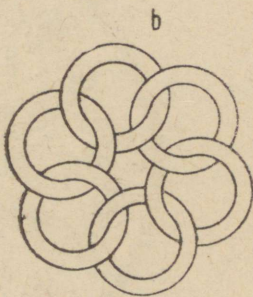
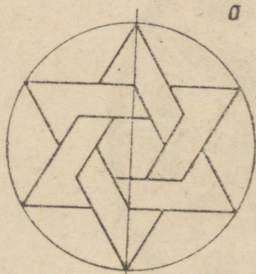
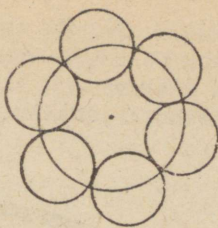
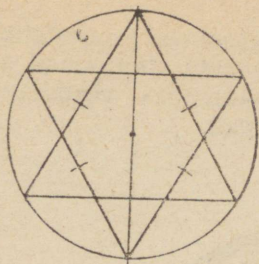
Ornamendi kujundamisel ringisse jagame ringjoone võrdseteks osadeks, näiteks kuueks (joon. 47).

Ühendades saadud jaotused üle ühe, saame kaks lõikuvat võrdkülgset kolmnurka (joon. 47, a). Joonestame kolmnurkadele sisse väiksemad kolmnurgad nii, et nende tipud asetsevad suurema kolmnurga külgede keskpunktides. Osa jooni kustutame nii, et tulemusel kolmnurgad teineteisega põimuksid.

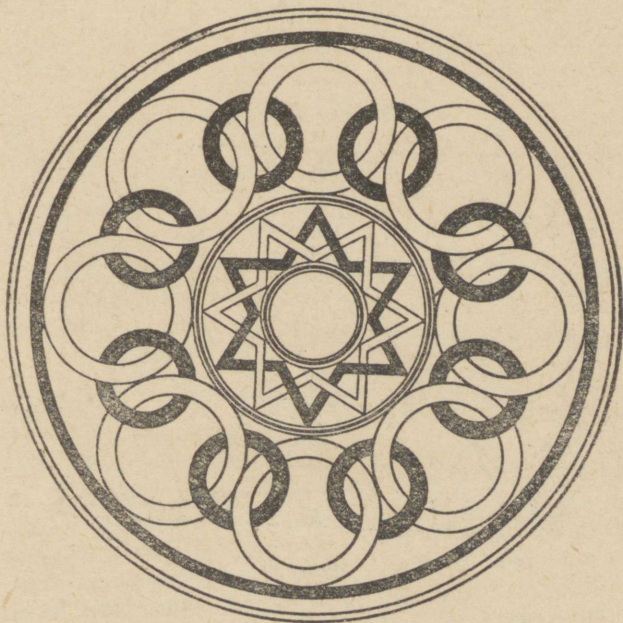
Teisel näitel on ringjoone iga jaotuspunkti ümber tõmmatud uued ringjooned — endisest poole väiksema raadiusega; nii on saadud kuus väikest üksteist puudutavat ringjoont. Tõmmates igale ringile ümber ühe suurema ringjoone (vaba raadiusega) ning kustutades ülearused joonetükid, saame kuus üksteisega põimunud rõngast.

Kasutades abiringjooni ja nende jaotusi, saab ringisse kujundada mitmesuguseid keerukamaid ornamente (joon. 48 ja 49).

Ornamendi kujundamisel piiramata pinna (tapeedi, ilupaberi) kaunistusena jaotatakse vabalt valitud pinnalõik võrdseteks pinnaosadeks (üksikmotiivi aladeks) ja haaratakse neid osi kavandisse nii, et kavandi piirjooned kulgeksid üksikmotiivi alade ääri mööda või lõikaksid neid alasid keskelt. Joonisel 50 on ornament kujundatud võrdsete raadiustega suurematest ringidest, mis

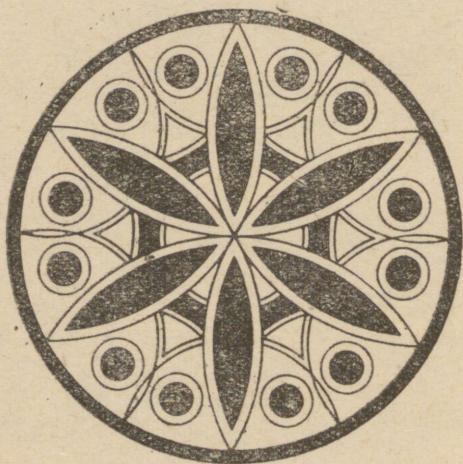


Joon. 47.

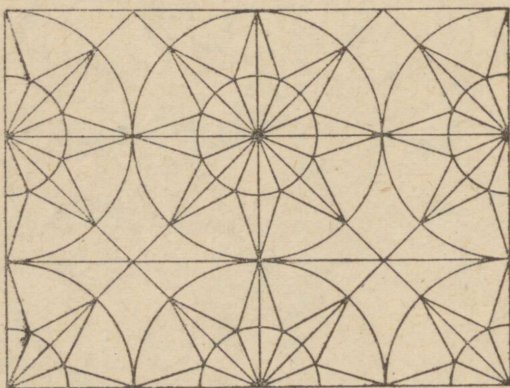


Joon. 48.

puudutavad üksteist. Nende ringide sisse on joonestatud poole väiksema raadiusega ringjooned. Suuremad ringjooned on jagatud kaheksaks, väiksemad kuueteistkümneks võrdseks osaks. Lõpuks on joonestatud tähtkaheksanurgad.



Joon. 49.



Joon. 50.

IV. KIRJAÕPETUS

1. Plakatkiri.

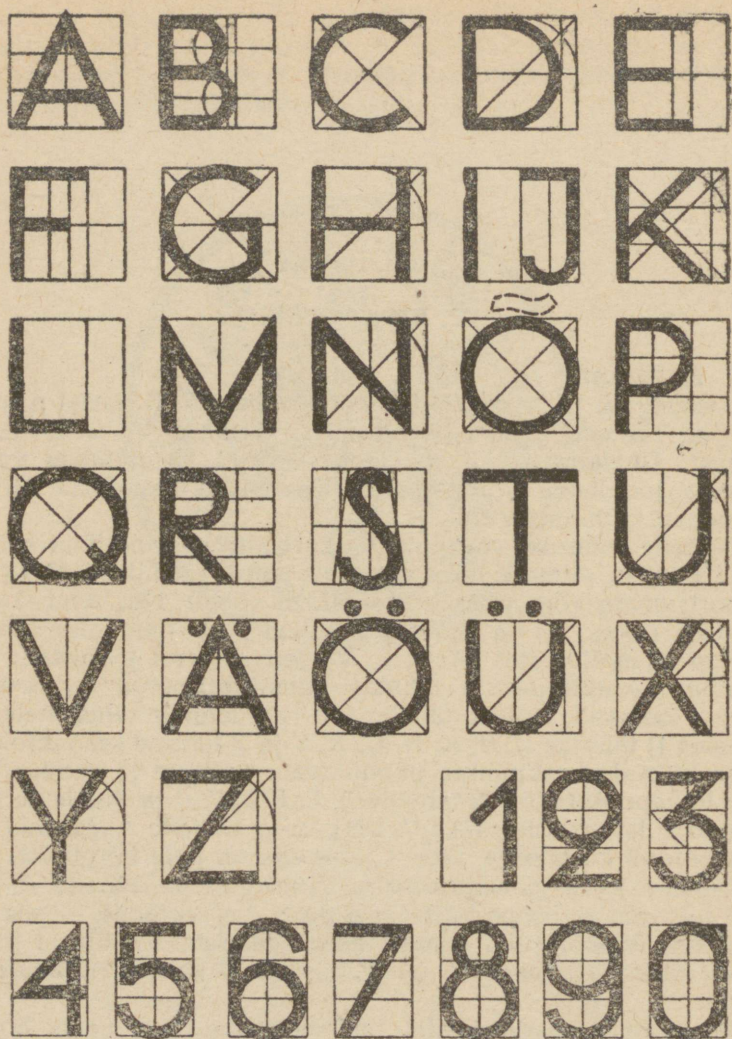
Loosungitel ja plakatitel kasutatakse harilikult lihtsat p l o k k - kirja. Tähtede joone jämeduseks võetakse $\frac{1}{8}$ kuni $\frac{1}{5}$ tähe kõrgust. Ühelaiuste tulpade joonestamisel kasutatakse vastava laiusega joonlauda või papiriba. Kaared joonestatakse sirkliga, ristjooned kolmnurga abil.

Tähtede laiuseks võetakse $\frac{2}{3}$ kõrgusest. Erandlikud on vaid tähed *I* ja *M*; viimase laius võrdub kõrgusega. Lihtsa plokk-kirja proportsioonid võib võtta enam-vähem vabalt. Nn. antiikva-kirjal (joon. 51) on aga oma kindlad proportsioonid; siingi on lubatud üksikuid tähti (*A*, *L*, *T*, *V*) soovi korral joonistada veidi kitsamalt. Antiikva-kirja tähtede konstruksioonid on eeskujult otseselt loetavad. Juhime tähelepanu vaid mõnele tähtsamale juht-mõttele: 1) tähtede *D*, *H*, *K*, *N*, *U*, *X*, *Y* ja *Z* laiused saadakse antud ruudu külgede keskpunkte puudutava ringjoone ja ruudu diagonaali lõikepunkti abil; 2) tähtede *B*, *E*, *F*, *L*, *P*, *R* ja numbrite (välja arvatud 1) laius vastab tähe $\frac{3}{4}$ kõrgusele; tähtede *A*, *M*, *O*, *T* ja *V* laius võrdub kõrgusega, tähe *J* laius aga on pool kõrgusest.

Tähtede joone jämeduseks on $\frac{1}{8}$ kõrgusest. Tähtede *A*, *M*, *N* ja *V* teravaid tulbaotsi võib lasta pisut üle reajoone — siis paistavad nad ühekõrgused muude tähtedega. Samal põhjusel joonestatakse sirkliga tähtede *C*, *G*, *O*, *Q*, *S* ja *U* kaared pisut üle reajoonte.

Kes soovib saada heaks kirjameistriks, see peab hoolega uurima antiikva-kirja vorme ning iseseisvalt läbi tegema kõigi tähtede ja numbrite konstruksioonid.

Seinalehtede, loosungite ja plakatite kujundamisel tuleb hooliga jälgida, et tähtede paigutus oleks ühtlane. Tähtede vahesid ei mõõdeta, vaid tähed paigutatakse silmamõõdu järgi nõnda, et nendevahelised pinnad oleksid võimalikult võrdsed. Nii tuleb püstkriipsudega piiratud tähed paigutada teineteisest kaugemale kui kaldjoontega piiratud tähed. Ka kui vahes esineb ainult ühel pool püstkriips, teisel pool aga kaldkriips või kaar (näiteks paarides *NA*, *HO*), võetakse vahe väiksem; kui vahe on mõlemalt poolt piiratud kaldkriipsu või kaarega (näiteks paarides *AA*,



Joon. 51.

OO), võetakse vahe veelgi väiksem. Paarides TA, AV, LV ja LT võib vahe võtta kummagi tähe laiusruumi arvelt.

Sõnade vaheks võetakse ühe normaaltähe laius.

Laia plakatsulega kirjutatavatest kirjadest on kõige praktilisem kitsas plokk-kiri (joonis 52, a, b). Algul harjutame seda kirja ruudulisel, hiljem valgel paberil. Eriti tuleb harjutada sule pöördeid tähe ümardatud nurkade joonestamisel. Soovi korral võib tähtede kõrgust ühe ruudu võrra vähendada.

2. Standardkiri.

Üleliidulise riikliku standardi (ГОСТ) kohaselt peavad kirjad ja numbrid masinaehituse-alastel joonistel olema kirjutatud nn. standardkirjas (ГОСТ 3454-59). See üldine nõue soodustab jooniste juurde kuuluvate kirjade lugemist.

Standardkirjas esinevad suur- ja väiketähed (joon. 53 ja 57). Pealkirjad võib kirjutada ainult suurtähtedega.

Standardkirja kaldenurk rõhtsihi suhtes on 75° ; see nurk saadakse kahe joonestuskolmnurga nurkade 30° ja 45° liitmise teel.

Standardkirja suuruseks (kirja numbriks) loetakse suurtähe (ühtlasi numbersümbolite) kõrgust millimeetrites; nii tähen-dab standardkiri nr. 10 kirja, mille suurtähe kõrgus on 10 mm. Lubatud on kirjad nr. 2,5; 3,5; 5; 7; 10 ja 14.

Kehtiv standard annab ladina tähestiku kaldruudulisel pinnal, soodustades sellega tähtede kuju ja proportsioonide tundmaõppi-mist. Suurtähed (joon. 53, a) on võrdlemisi kitsad, väiketähed (joon. 53, b) aga suhteliselt laiemad.

Tähe normaallaius on $\frac{1}{7}$ suurtähe kõrgusest; tähed A, M, m ja W on sellest laiemad, aga tähed I, i, J, j, e, r ja t on kit-samad. Väiketähe normaalkõrgus (tähtedel a, e, m, n, o, r, s, u, v, x ja z) on $\frac{5}{7}$ suurtähe kõrgusest. Väiketähed f, g, j, p, ja y ulatu-vad suurtähe kõrguse $\frac{2}{7}$ osa võrra alusjoonest allapoole. Väike-tähtede b, d, f, h, k, l ja t kõrgus võrdub suurtähe kõrgusega.

Tähtede B, E, F, H, P ja R rõhtkriipsud asetsevad poolel tähekõrgusel, tähtede A ja G rõhtkriipsud aga alt kolmandal seits-mendikul. Tähe M kaldkriipsude pikendused suunduvad püst-kriipsude alumistesse otspunktidesse.

Numbritel 2, 3 ja 8 on ülemine osa üldlaiusest poole joone jämeduse võrra mõlemalt poolt kitsam; numbrite 5 ja 6 ülemised osad aga on ainult paremalt poolt poole joone jämeduse võrra kit-samad (joon. 55).

Kirja joone jämedus suurtähtedel, numbritel ja väike-tähtedel on $\frac{1}{7}$ suurtähe kõrgusest.

Ruutude järgi arvestades on tähtede normaalseks vahemaaks $\frac{2}{7}$ suurtähe kõrgusest. Valgele pinnale kirjutades püütakse tähed paigutada üksteise kõrvale nii, et nende vahele jäävad pinnal oleksid suuruselt umbkaudu võrdsed. Standardkirja tähtede üldi-selt kandilise vormi tõttu ei tekita ühtlaste vahede saamine eri-lisi raskusi.

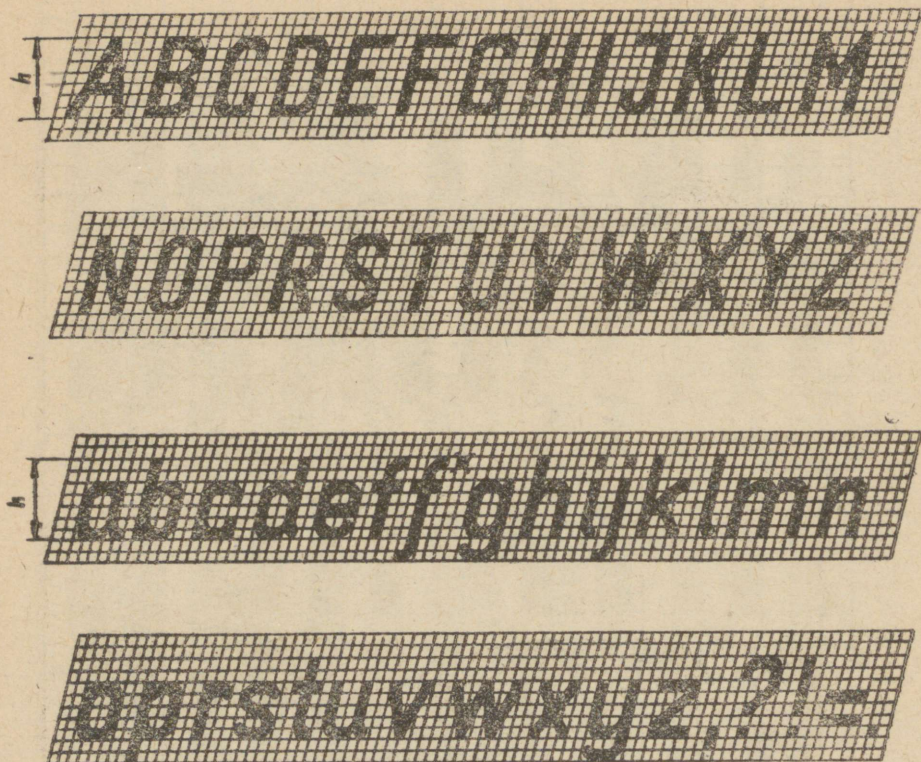
Ridade vahe (s. o. eelmise rea alumisest joonest järgmise rea alumise jooneni) peab olema suurem kui $\frac{9}{7}$ suurtähe kõrgusest, et järgmise rea tähed ei küüniks puudutama eelmise rea tähti.

Kirjutamise tehnika. Jooni on mugavam ja kindlam tõmmata suunaga ülalt alla ja suunaga vasakult paremale. See-pärast eelistatakse neid suundasid ka standardkirja tähtede joo-nistamisel (joon. 54... 57). Kirjutamise raskuse järgi võib liigi-tada tähti järgmiselt (raskuse kasvavas järjekorras): 1) püst- ja



Joon. 52 a.





Joon. 53.

rõhtjoontest koosnevad tähed; 2) kaldjoontest koosnevad tähed; 3) kaarjoontest koosnevad tähed.

Kuidas täita esimesi harjutusi standardkirja õppimisel?

Joonestame paberile terava pliiatsiga õrnalt abiruudustiku, mis vastab soovitavale kirja numbrile. Jälgendades raamatus toodud eeskujusid (joon. 53, a, b), kirjutame kogu tähestiku oma ruudustikule. Järgmistes harjutustes ei tarvitse enam ruudustikku ette joonestada, vaid võib piirduda ridu piiravate joonte tõmbamisega ja tähtede laiuste märkimisega (joon. 54). Edasistes harjutustes kasutame ainult ridade horisontaalseid jooni. Lõppeesmärgiks on teksti tähtede ja numbrite kirjutamine ridu piiravate joonte vahele täiesti vabalt, silmamõõdu järgi.

Kirjutamisel tuleb eriti silmas pidada ümarate tähtede vormi — need tähed on oma keskosas piiratud paralleelsete sirgetega. Kui need tähed kirjutatakse keskelt laiali valguvalt, siis kaob standardkirja ühtlus ja ilu.

A B C D E F G H I J K L M

N O P R S T U V W X Y Z

a b c d e f f g h i j k l m n

o p r s t u v w x y z, ? ! = .

Joon. 54.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

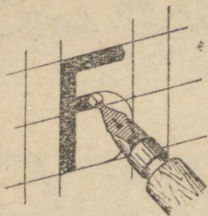
1 2 3 4 5 6 7 8 9

Joon. 55.

Esimesed kirja harjutused teeme pliiatsiga; pärast võib samad harjutused üle kirjutada tušiga, kasutades redissulge (joon. 56). Erilise hoolega tuleb harjutada numbrite kirjutamist, jälgides seejuures numbrite kaju erinevusi võrreldes tavalises käekirjas kasutatavate kujudega (2 on sirge «sabaga», 7 on ilma kriipsuta jne.).

Normid lubavad erijuhtumeil ka püstkirja, kasutades selle juures samu üldisi proportsioone nagu kaldkirja juures. Mitte-

küllaldase ruumi korral lubatakse tähti ja numbreid kirjutada ka kitsamalt, kui normid ette näevad. Kooli õppejoonistel kasutame ainult kaldkirja ja proportsioonides hoidume igasugustest liialdustest.



Vene tähestikus (joon. 57) on standardi järgi suurtähed pisut laiemad ja väiketähed kitsamad kui ladina vastavad tähed. Õppides kirjutama standardkirja niihästi ladina kui ka vene keeles, võib juhinduda ühtlusestatud nõudeist, mis on toodud tabelis 2.

Joon. 56.

Tabel 2

Määratav suurus	Suuruse tähis	Suuruse vahekord kirja kõrgusega (nr-ga)	Kirja number						
			2,5	3,5	5	7	10	14	
			mm						
Suurtähtede, araabia ja rooma numbrite kõrgus	h	—	2,5	3,5	5	7	10	14	
Väiketähtede (välja arvatud järgmises lahtris loetletud tähtede) kõrgus	h_1	$h_1 \approx \frac{5}{7} h$	1,8	2,5	3,5	5	7	10	
Väiketähtede $b, d, t, g, h, j, k, l, p, q, t$ ja y ning $\phi, \theta, \rho, \gamma$ ja ϕ kõrgus	h	—	2,5	3,5	5	7	10	14	
Suurtähtede (välja arvatud tähtede I ja J ning järgmises lahtris loetletud tähtede) laius	b	$b \approx \frac{5}{7} h$	1,8	2,5	3,5	5	7	10	
Suurtähtede M ja W ning $\mathcal{M}, \mathcal{M}, \Phi, \Psi, \Omega$ ja $\mathcal{O}$ laius	b_1	$b_1 = h$	2,5	3,5	5	7	10	14	
Väiketähtede (välja arvatud tähtede f, i, j, l, r ja t ning järgmises lahtris loetletud tähtede) laius	b_2	$b_2 \approx \frac{1}{2} h$	1,3	1,8	2,5	3,5	5	7	
Väiketähtede m ja w ning $\mathcal{M}, \mathcal{M}, z, \phi, w, u, \tau, \nu$ ja $\mathcal{O}$ laius	b_3	$b_3 \approx \frac{5}{7} h$	1,8	2,5	3,5	5	7	10	
Joonejämedus (redissule number)	b_4	$b_4 \approx \frac{1}{10} h$	0,25	0,35	0,5	0,75	1	1,5	
Reavahe	h_3	$h_3 \approx 1,5 h$	4	6	8	12	15	21	

А Б В Г Д Е Ж З И К
Л М Н О П Р С Т У Ф
Х Ц Ч Щ Ъ Ы Э Ю Я

а б в г д е ж з и к л м н о
п р с т у ф х ц ч щ ъ ь
э ю я

О С Ю Э Ж

Р В З Ъ Ы Ь Б

Ч У Я Ф

а б в д ф

н т и ш ц щ

Kirjanurga lahtreid kirjadega täites hoolitseme selle eest, et valitud kirjasuurus oleks kooskõlas lahtri kõrgusega. Paraja kirja numברי saame, kui jagame lahtri kõrguse 2-ga. Võib kasutada ka järgmist väiksemat numbrit, mitte aga suuremat. Näiteks, kui lahtri kõrgus on 8 mm, siis tuleb kasutada kirja nr. 3,5.

Tähtede ä, ö ja ü täpid tehakse punktikujulised, mitte koma-kujulised; tähe õ pealis joonistatakse sirge. Rooma numbrid koostatakse ladina tähtedest I, V, X, L, C ja M, piiravaid rõhtkriipse kasutamata.

Standardiseeritud on ka mitmesugused märgid, mis leiavad joonistel kasutamist (joon. 58). Juhime tähelepanu eriti läbi-mõõdu märgile ja ruudu märgile (joonisel vastavalt kuues ja seitsmes märk).



Joon. 58.

V. JOONISE VORMISTAMINE

Joonise formaat (ГОСТ 3450-60).

Joonise formaadid on normeeritud nii, et iga formaadi kahekordistamisel saadakse järgmine suurem formaat, mis on lähteformaadiga kuju poolest sarnane. Paber joonise jaoks võetakse esialgu normiformaadist mõnevõrra suurem. Paberile kantakse kõigepealt normiformaadi piirjooned, seejärel raami jooned ja kirjanurk. Lõpetatud joonisel lõigatakse ääred ära formaadi piirjoonte järgi.

Standardiseeritud formaadid on antud kõrvalolevas tabelis.

Keskkoolis ettenähtud õppejoonised teeme enamikus formaadile 11, s. o. 297×210 mm.

Paberi kinnitamist joonestuslauale vaatlesime juba eespool (vt. II ptk., p. 2).

2. Raamjoon ja kirjanurk.

Formaadi piirist 5 mm sisepoole tõmmatakse joonisel raamjoon (joon. 59, 2).

Kohustuslikud õppejoonised on soovitatav kõita kausta.

Kõitmise võimaldamiseks jäetakse joonistele raamjoone tõmbamisel vasakule 25 mm laiune äär (joon. 59, b).

Kirjanurk paigutatakse alati joonise parempoolsesse alumisse nurka vastu raamjoont (joon. 59 ja 60).

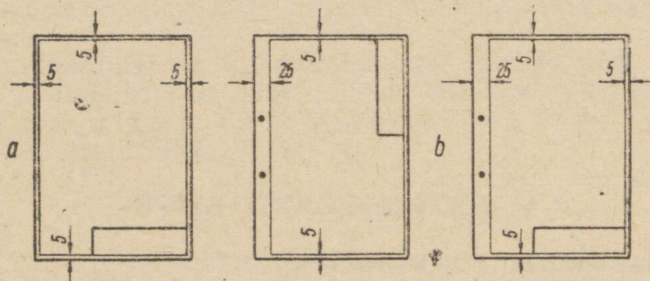
Kirjanurgas esitatakse kõik vajalikud andmed joonise kohta, nagu kujutatud eseme nimetus, mõõtkava, teostamise aeg, õppeasutus, joonestaja nimi, joonise number jm. (joon. 61).

Niihästi raamjoon kui ka kirjanurk joonestatakse algul peene joonega; alles pärast joonise lõpetamist antakse neile õige joone jämedus (vt. tabel 4).

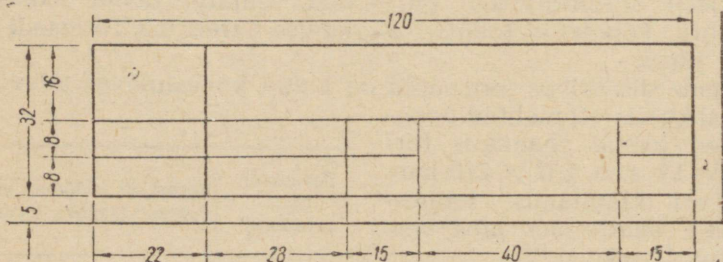
Formaadi tähis (number)	Formaadi mõõdud mm-tes (pärast täpseks lõikamist)
11	297×210
12	297×420
22	594×420
24	594×841
44	1189×841

3. Joonisel kasutatavad jooned.

Masinaehitusalistel joonistel lubab standard (ГОСТ 3456-59) kasutada järgmisi joonte tüüpe: pidevjooned, kriipsjooned ja kriipspunktjooned.



Joon. 59.



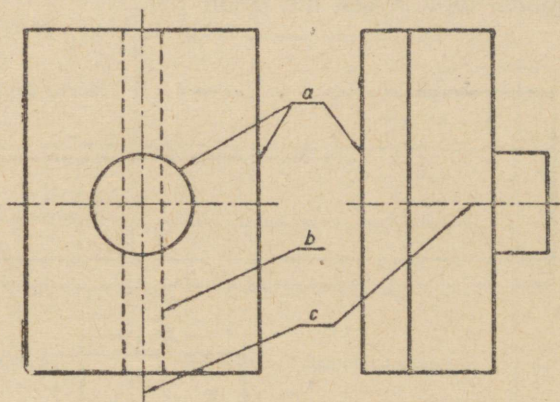
Joon. 60.

M1:2		TISLERI NURGIK		
Joonestas	Rajala, L.	VII ^a kl.	Tallinna 16.	01.03.61.
Kontrollis	S. Erv	4	Keskkool	N°6

Joon. 61.

Oma tähenduse poolest jaotatakse jooned järgmistesse liikidesse: 1) nähtavad kontuurjooned; 2) varjatud kontuurjooned; 3) telg- ja tsentrijooned; 4) mõõtjooned; 5) distantsooned.

Nähtav kontuurjoon on pidev joon jämedusega 0,6...1,5 mm. See joonisel kõige tugevam joon tõstab detaili kujutise selgesti esile (vt. tähega *a* märgitud jooni joonisel 62).

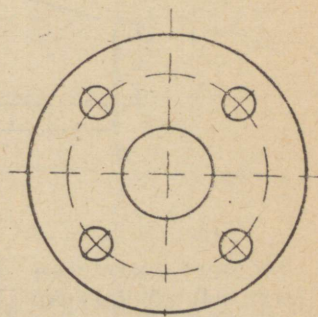


Joon. 62.

Varjatud kontuurjoon on kriipsjoon — 2...3 korda peenem nähtavast kontuurjoonest (vt. *b* joonisel 62). Kriipsukese pikkus on 4—6 mm. Kriipsukeste vahemaa olgu umbes neli korda väiksem ühe kriipsu pikkusest.

Varjatud kontuurjoonega näidatakse kujutisel eseme õõnsusi, tagaküljel paiknevaid detaile ja keermestusi.

Telg- ja tsentrijooned on kriips-punktjooned — 3...4 korda peenemad nähtavast kontuurjoonest (vt. *c* joonisel 62). Kriipsu pikkus on umbes 20 mm. Kriipsude vahemaad olgu enam-vähem võrdsed, suurusega 2...3 mm. Kriipsude vahele pannakse «punktid», mis on tegelikult ka kriipsukesed, kuid võimalikult lühikesed. Telgjooned peavad ulatuma üle kujutise kontuuri umbes poole kriipsu võrra ning peavad lõppema kriipsuga, mitte punktiga. Väikeste ringide tsentrijooned peavad ulatuma mõnevõrra ringjoonest üle (joon. 63).

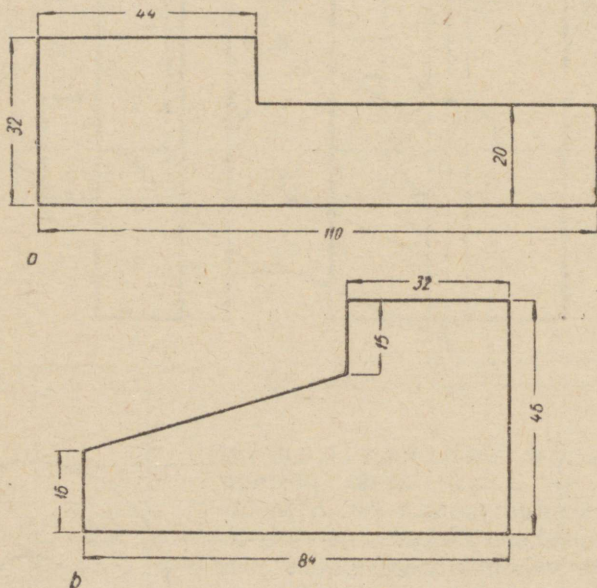


Joon. 63.

Mõõtjooned ja distantsooned on pidevjooned — 3...4 korda peenemad nähtavast kontuurjoonest (joon. 64, *a* ja *b*). Mõõtjoon tõmmatakse paralleelselt detaili lõiguga, mille mõõ-

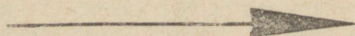
det ta näitab ja sellest 5...7 mm kaugusele. Mõõtjooned on soovitatav kanda väljapoole kontuurjooni, kuid mõnikord paigutatakse need ka detaili kujutise pinnale — kontuurjoonte vahele, kui see ei kahjusta joonise ülevaatlikkust (mõõdud 20 ja 15 joonisel 64).

Distsantsjooned seovad mõõtjooni detailiga ja ulatuvad 2 mm võrra mõõtjoone nooletest üle (joon. 64).



Joon. 64.

Mõõtarv kantakse kas mõõtjoone katkestatud keskosale (joon. 64) või terveks jääva mõõtjoone juurde (mõõt 20 joonisel 64, a). Õppejoonistel eelistame mõõtmete paigutamist keskelt katkestatud mõõtjoonele. Mõõtjoonte otsad varustatakse piklike nooltega. Mõõtnoolte pikkus on umbes 4 mm, laius 1 mm. Noole kuju selgub suurendatud jooniselt 65.



Joon. 65.

Andmed kõikide joonte kohta on koondatud tabelisse 4.

Tabel 4

Jooned ja nende kasutamine	Joone kuju	Suhtelised jämedused võrreldes nõutava kontuurjoone jämedusega b ; $(0,6 \leq b \leq 1,5)$
Nähtavad kontuurjooned		b
Raamjoon ja kirjanurga piirjoon; katkestusjooned		b ja peenem
Lõigete kohajooned		$b \dots \frac{3}{2} b$
Varjatud kontuurjooned ja keermete põhajooned (kriipsukeste pikkus 4 mm, vahed 1 mm)		$\frac{b}{3} \dots \frac{b}{2}$
Distants- ja mõõtjooned, viirutusjooned; pealejoonestatud ristlõigete piirjooned; sidejooned		$\frac{b}{3}$ ja peenem
Telg- ja tsentrijooned (kriipsude pikkus 20 mm, vahed punktide ja kriipsude vahel 1... 1,5 mm)		$\frac{b}{3}$ ja peenem

4. Joonise mõõtkava.

Sageli tuleb masinaid ja nende detaile kujutada vähendatult, et kujutised ei tuleks ülearu suured. Seevastu väikesi esemeid, nagu täppisriistade detailid jm., tuleb kujutada suurendatult, et saada neist küllalt suuri ja selgeid kujutisi. Kujutise suurust reguleeritakse mõõtkavaga ehk mastaabiga, mis näitab eseme kujutise mõõtmete ja tõeliste mõõtmete suhet.

Masinaehitusosalastel joonistel võib standardi (ГОСТ 3451-59) järgi kasutada ainult järgmisi mõõdusuhteid: a) vähendusteks — 1 : 2; 1 : 5; 1 : 10; 1 : 20; ja 1 : 50; b) suurendusteks — 2 : 1; 5 : 1 ja 10 : 1. Peale nimetatute on erilise vajaduse korral lubatud kasutada veel mastaape 1 : 2,5; 1 : 4; 1 : 15; 1 : 25; 1 : 75 ja 2,5 : 1.

Joonisel märgitakse mastaapi järgmiselt:

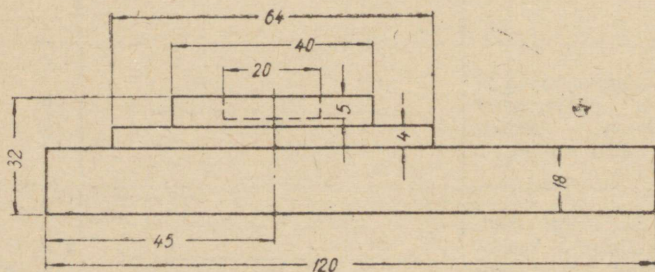
- 1) kujutise loomuliku suuruse korral — M 1 : 1;
- 2) vähenduse korral — M 1 : 2; M 1 : 5 jne.;
- 3) suurenduse korral — M 2 : 1; M 5 : 1 jne.

Seejuures ei tohi unustada, et joonisel esitatakse numbriliselt alati kujutatud eseme tõelised mõõtmed, kuigi kujutis on vähendatud või suurendatud.

5. Mõõtarvude joonisele kandmine ja nende lugemine.

Masinaehitusosalastel joonistel antakse mõõtmed alati millimeetrites; mõõtühikut (mm) mõõtarvude juurde joonisel ei kirjutata.

Mõõtjooned ei tohi lõigata kujutisel esinevaid kontuurjooni. Rööbiti asetsevate pikkuste mõõtjooned tõmmatakse paralleelsed, väljapoole kasvavas järjekorras. Vastavad mõõtarvud paigutatakse astmeliselt — keskjoonest ühele ja teisele poole (joon. 66).

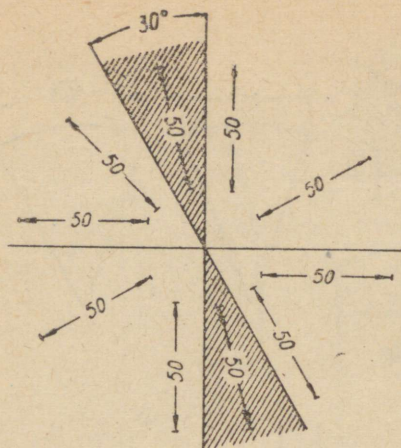


Joon. 66.

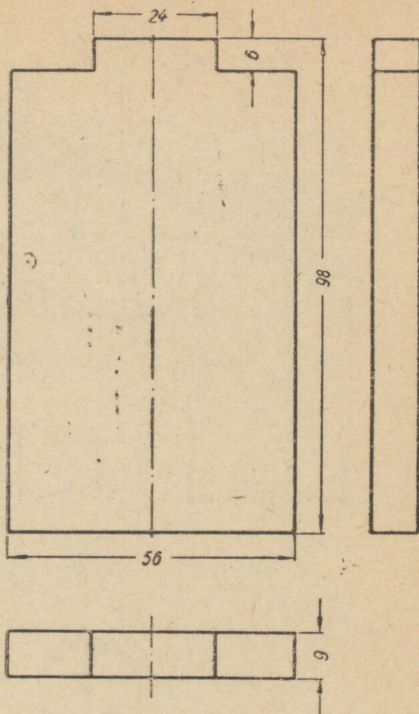
Vertikaalsetele mõõtjoontele kirjutatakse arvud paremalt poolt vaadatavatena. Kaldu asetsevatele mõõtjoontele kirjutatakse arvud nõnda, et nende joonte pööramisel rõhtsaks (pöördenurgaga, mis on väiksem kui 90° , jääksid arvud otse) (joon. 67). Samal joonisel esitatud kolmekümnekraadilisse sektorisse (viirutatud ala) ei ole soovitatav mõõtjooni paigutada.

Esitatud reeglid on väga olulised jooniste lugemisel. Nende mittetundmine võib põhjustada detailide valmistamisel praagi tootmist. Näiteks kui joonisel 68 loetakse vertikaaljoontele kirjutatud mõõtjarve vasakult poolt, siis valmistatakse detail, mille kõrgus on 86 mm ja paksus 6 mm (õigete mõõtmete 98 mm ja 9 mm asemel). Juhime tähelepanu sellele, et kahelt poolt loetavaid numbraid on neli: 0, 6, 8 ja 9.

Õigesti vormistatud joonist koos mõõtarvudega saab ainult siis



Joon. 67.



Joon. 68.

õigesti lugeda, kui leht võetakse ette kirjanurgaga all paremal.

Nurga suuruse märkimisel kraadides kirjutatakse kraadid kaarmõõtjoontele või kantakse nn. «riiulile» välja (joon. 69, a). Kõõlu pikkuse ja kaare pikkuse märkimine on näidatud vastavalt joonistel 69, b ja 69, c.

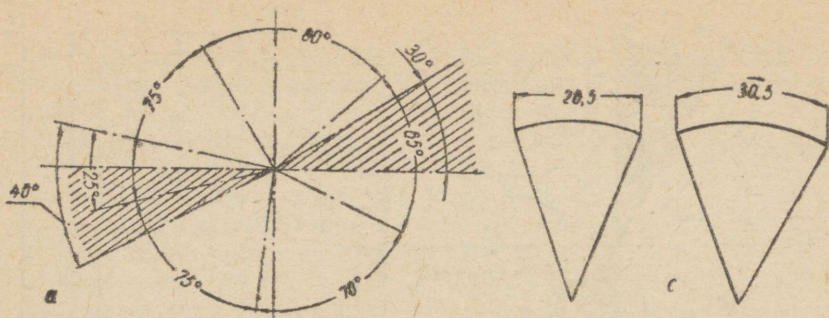
Kui distanttsjooned asuvad teineteisele niivõrd lähedal, et mõõtavar koos mõõtnooltega nende vahele ei mahu, siis pannakse nooled väljapoole distanttsjooni; kui ka arv üksi ei mahu distanttsjoonte vahele, siis kirjutatakse seegi väljapoole (joon. 70).

Silindrikujuliste detailide ja aukude läbimõõdu mõõtvarvu ette kirjutatakse alati läbimõõdu märk (joon. 71).

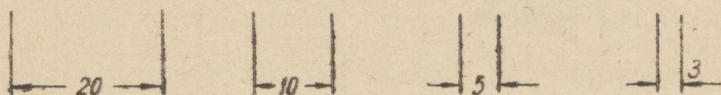
Kui detailil esineb mingi silindrilise pinna osa, mis kujutisel esineb ringikaarena, siis märgitakse kujutisele vastav, noolega varustatud raadius ja kirjutatakse mõõtvarvu ette täht *R* (joon. 72).

Väikese raadiusega kaarte puhul kasutatakse mitmesuguseid erivõtteid noolte, arvude ja tähe *R* paigutamisel (joon. 72, a).

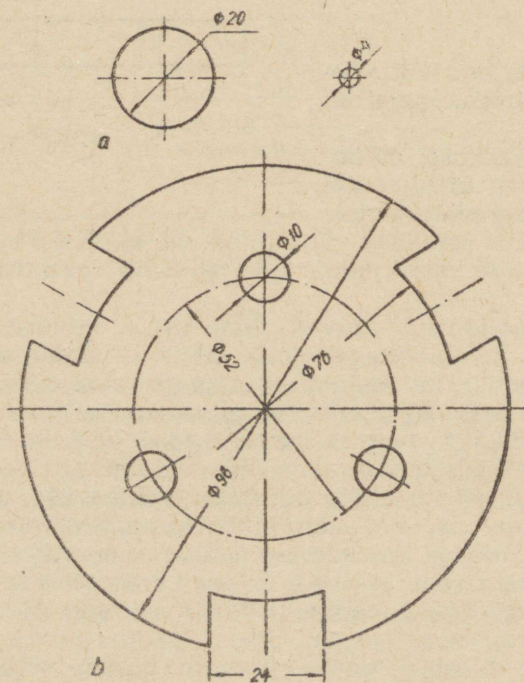
Kui kaare tsenter asetseb joonise piirest väljaspool, kuid tsentri asukoha selgitamine on vajalik, siis tõmmatakse raadius murdjoonena (joon. 72, d).



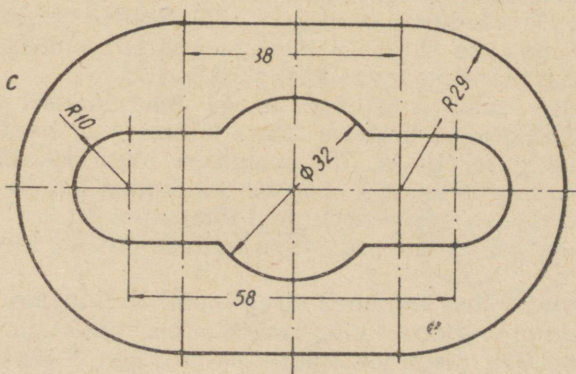
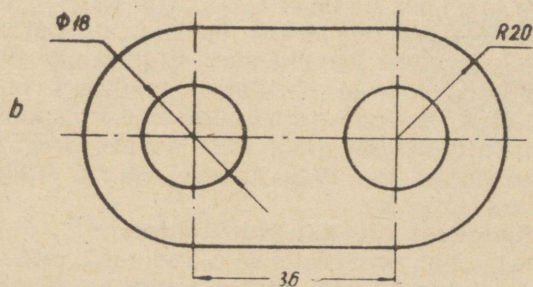
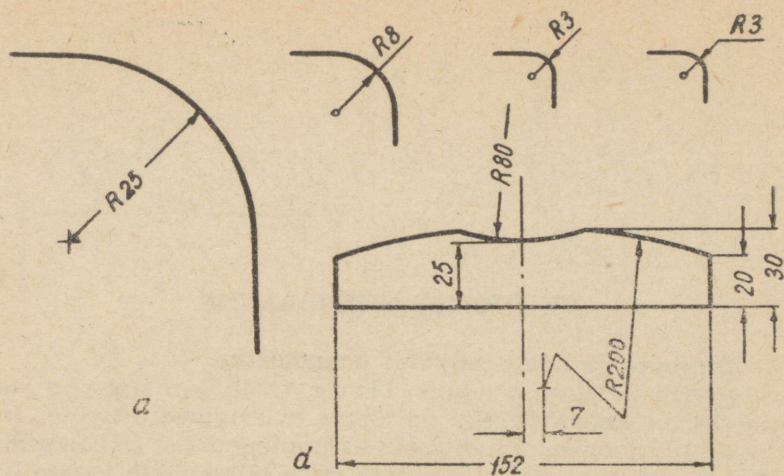
Joon. 69.



Joon. 70.



Joon. 71.



Joon. 72.

VI. JOONTE ÜHENDAMINE

1. Sirgjoone ja kaare sujuvalt ühendamine.

Sirgjoone ja kaare sujuv liide tekib, kui sirge on kaare puutujaks liitekohas. Selleks on tarvis, et ringikaare tsepter (näiteks punkt O joonisel 73, a) asetseks puutepunktist (N) sirgele (s) tõmmatud ristsirgel. Seda tingimust mitte täites tekib joonte liitekohal murre (joon. 73, b). Joonistel 73, c ja 73, d on näidatud, kuidas tõmmatakse ringjoonele puutujat (AB) kolmnurga ja joonlaua abil, kui puutepunkt (N) on antud.

2. Kahe kaare sujuvalt ühendamine.

Kahe kaare sujuv liide tekib, kui kaartel on liitekohas ühine puutuja. Selleks on tarvis, et kaarte tseptreid (näiteks punkte O_1 ja O_2 joonisel 74) ühendav sirge läbiks liitekoha (N). Sujuvalt ühendatud kaared pärinevad teineteist puudutavatest ringjoontest. Kui ringjooned on teineteisest väljaspool (nagu joonisel 74, a), siis nimetatakse puutumist väliseks; kui aga üks ringjoontest on teise sees (nagu joonisel 74, b), siis nimetatakse puutumist seesmiseks.

3. Nurga ümarduskaare konstrueerimine.

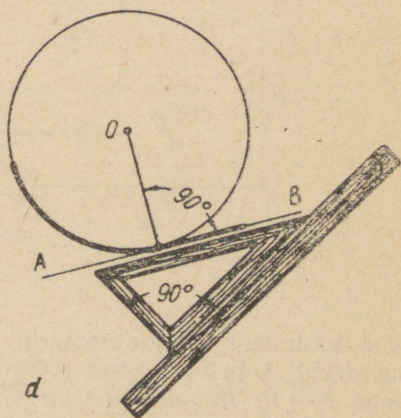
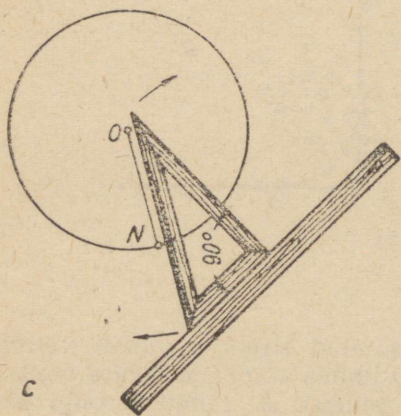
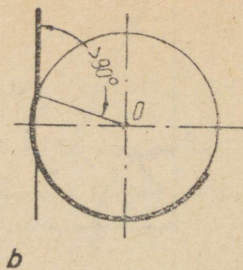
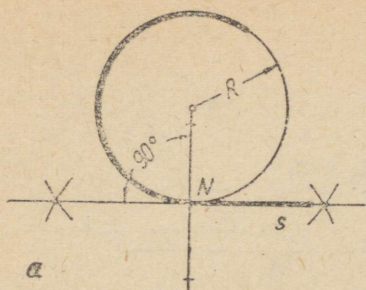
Detaili nurki sageli ümardatakse antud raadiusega kaare abil, mis peab sujuvalt (puutuvalt) liituma nurga haardega. Täisnurga korral mõõdetakse nurga tipust alates mõlemale haarale antud raadiusega (R) võrduvad osad (joon. 75). Saadud punktide (A ja B) ümber tõmmatakse sama raadiusega kaared; viimased lõikuvad just ümarduskaare otsitavas keskpunktis (O).

Mis tahes muu suurusega nurga ümardamisel tõmmatakse nurga sisepiirkonnas mõlema haara rööpsirged, haaradest antud raadiuse kaugusel (joon. 76); viimased lõikuvad ümarduskaare otsitavas keskpunktis (O). Täpsed liitekohad (A ja B) leitakse kaare tseptrist haaradele ristsirgeid tõmmates.

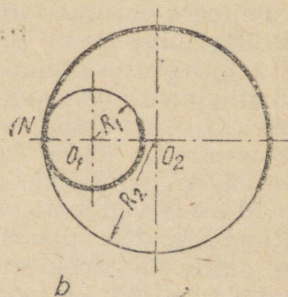
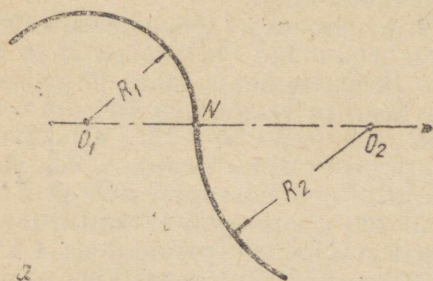
Arusaadavalt võiks samal viisil talitada ka siis, kui antud nurk on täisnurk.

4. Ringjooneline üleminek sirgjoonelt ringjoonele.

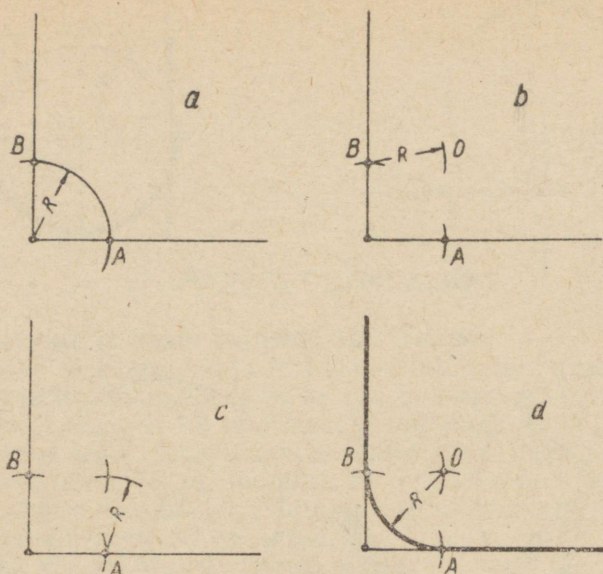
Olgu antud sirgjoon s ning ringjoon keskpunktiga O ja raadiusega r (joon. 77); üleminekukaare raadius olgu R (ka antud). Tõmbame sirgjoone v , mis on paralleelne antud sirgega s ning viima-



Жон. 73.



Жон. 74.



Joon. 75.

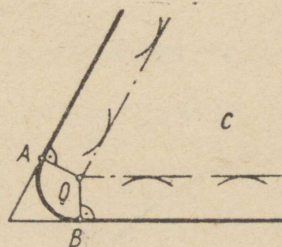
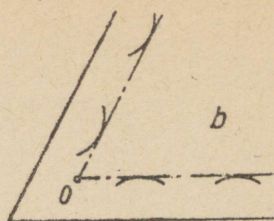
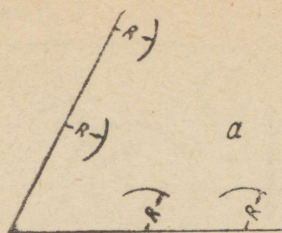
sest kaugusel R (joonisel on kasutatud sirgel s vabalt valitud tsentreid A ja B). Antud tsentri O ümber tõmbame kaare raadiusega $r + R$; lõigaku see sirget v punktis K . Punkt K ongi üleminekukaare otsitav tsenter. Liitekohad L ja M leiduvad sirgeil KO ja $KM \perp s$.

5. Praktilisi näiteid joonte sujuvalt ühendamisest.

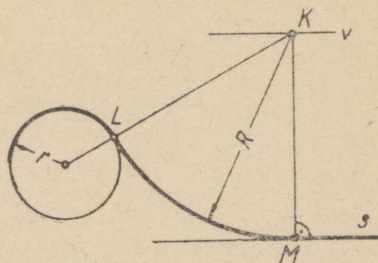
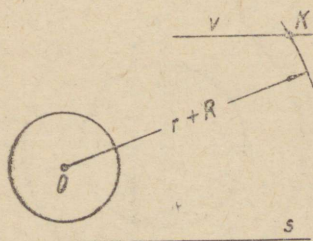
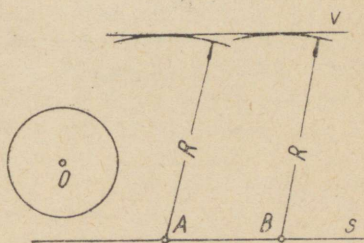
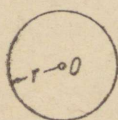
Ruudukujulise ääriku joonestamist alustame telgsirgetest ning siis joonestame vajaliku suurusega ruudu (joon. 78). Nurdade antud ümardusraadiuse $R = 16$ kaugusel külgedest tõmbame külgedele rööpsirged; viimaste lõikumisel saadavad punktid ongi ümarduskaarte tsentrid. Kaared liituvad ruudu külgedega punktides, milledes abisirged lõikavad ruudu külgi.

Prillikujulise plaadi (joon. 79) joonestamisel tõmmatakse kõigepealt telgsirged ja seejärel ringjooned antud raadiustega 25 ja 13. Neid ringjooni ühendava kaare ($R60$) tsenter leitakse järgmiselt. Tsentri O_1 ümber tõmmatakse kaareke raadiusega $60 - 25 = 35$ ning tsentri O_2 ümber kaareke raadiusega $60 - 13 = 47$; kaarekeste lõikepunkt K ongi ühenduskaare otsitav tsenter. Liitekohad L ja M asetsevad vastavalt tsentrite ühendussirgeil KO_1 ja KO_2 .

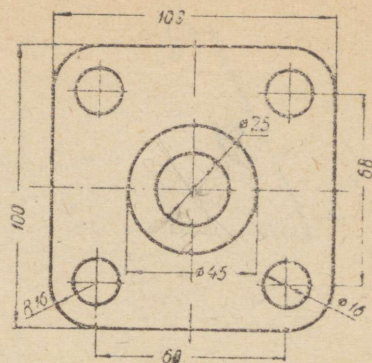
Ripatsikujulise plaadi (joon. 80) joonestamisel konstrueeritakse sujuv üleminek sirgjoonelt ringjoonele paragrahvis 4 kirjeldatud viisil (vt. ka joon. 77). Tsentrit K sirgel v märkiva kaarekesse keskpunkt on O ja raadius on $28 + 25 = 53$.



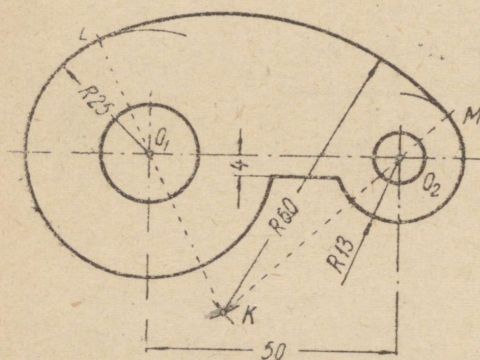
Joon. 76.



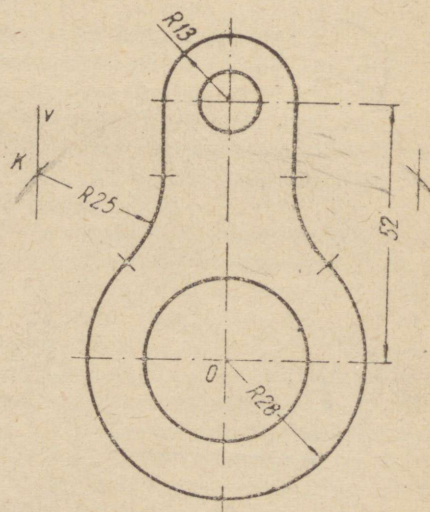
Joon. 77.



Joon. 78.



Joon. 79.



Joon. 80.

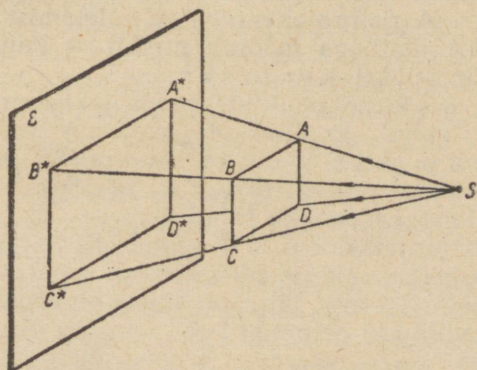
VII. RISTPROJEKTSIOON

1. Projektsiooni mõiste; projektsiooni liigid.

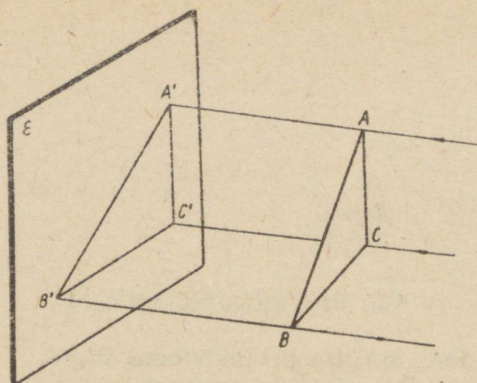
Projektsiooni võib võrrelda esemest mingile pinnale langeva varjuga. Varju tekkimiseks on vajalikud valguskiired, ese ja pind, millele vari langeb. Samuti on eseme projektsiooni ehk kujutise tuletamisel vajalikud 1) projekteerivad kiired ja 2) projektsioonitasapind ehk ekraan. Eseme punkti kujutiseks on seda punkti läbiva kiire ja ekraani lõikepunkt. Ekraani tähiseks on kreeka täht «epsilon» (ϵ).

Kui kiired lähtuvad ühest punktist, siis nimetatakse neid tsentraalkiirteks. Tsentraalkiirte abil tuletatud kujutist nimetatakse tsentraalprojektsiooniks (ehk perspektiiviks). Joonisel 81 näeme nelinurga $ABCD$ tsentraalprojektsiooni ($A^*B^*C^*D^*$) saamist kiirte abil, mis lähtuvad tsentrist S .

Kiiri, mis on omavahel paralleelsed, nimetatakse paralleelkiirteks. Paralleelkiirte abil tuletatud kujutist nimetatakse paralleelprojektsiooniks. Joonisel 82 näeme kolmnurga ABC paralleelprojektsiooni $A'B'C'$ saamist.



Joon. 81.



Joon. 82.

Päikese kiired loetakse päikese suure kauguse tõttu praktiliselt paralleelseteks. Paralleelkiiri võib saada ka nõguspeegli abil.

Paralleelkiired võivad langeda ekraanile kas risti või kaldu. Kui kiired langevad ekraanile risti, siis nimetatakse kujutist **ristprojektsiooniks**¹ ehk vaateks. Kui aga kiired langevad ekraanile kaldu, siis nimetatakse kujutist **kaldprojektsiooniks**.

Eseme punkte ruumis tähistatakse suurte ladina tähtedega (või erijuhtudel ka numbritega). Punkti kujutist tähistatakse punkti enda tähisega ja lisatakse sellele juurde sümbol, mis näitab kiirte liiki. Kiirte sümbolid on järgmised: 1) ekraaniga risti olevad kiired ($\cdot$), 2) ekraani suhtes kaldu olevad kiired ($\cdot'$) ja 3) tsentraalkiired ($\cdot^*$).

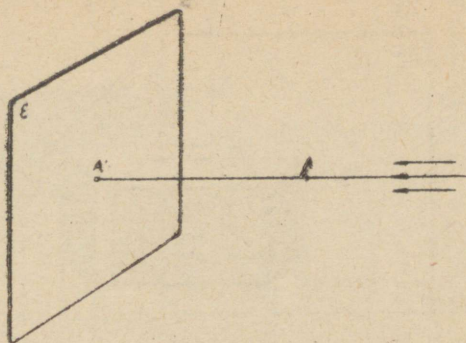
2. Punkti ja sirge ristprojektsioon ühelainsal ekraanil.

Ekraan võetakse kas vertikaalne või horisontaalne. Joonisel 83 näeme punkti A ristprojektsiooni A' tuletamist püstekraani e puhul: lõiku AA', millega mõõhtub punkti A kaugus ekraanist, nimetatakse selle punkti **kvoodiks**.

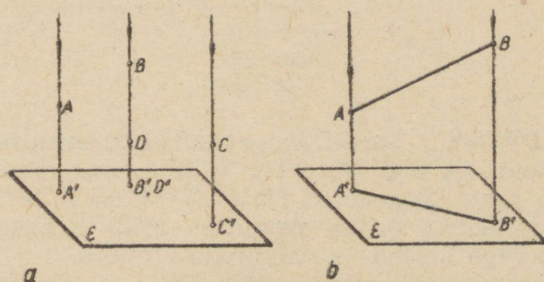
Joonisel 84, a näeme punktide ristprojektsioonide tuletamist rõhtsa ekraani puhul. Punktid A ja C on võrdse kvoodiga ($AA' = CC'$), aga punkti C kvoot on suurem ($BB' > AA'$). Punktidel B ja D on ühine projekteeriv kiir, mistõttu nende punktide projektsioonid langevad kokku ($B' = D'$).

Lõigu AB ristprojektsiooni A'B' saamiseks leitakse enne lõigu otspunktide projektsioonid ja ühendatakse need siis sirglõiguga (joon. 84, b). Selle joonise järgi on lõigu otspunktil B üle kahe korra suurem kvoot kui otspunktil A.

¹ Ristprojektsiooni nimetatakse ka **ortogonaalprojektsiooniks**, samuti **normaalprojektsiooniks**.



Joon. 83.



Joon. 84.

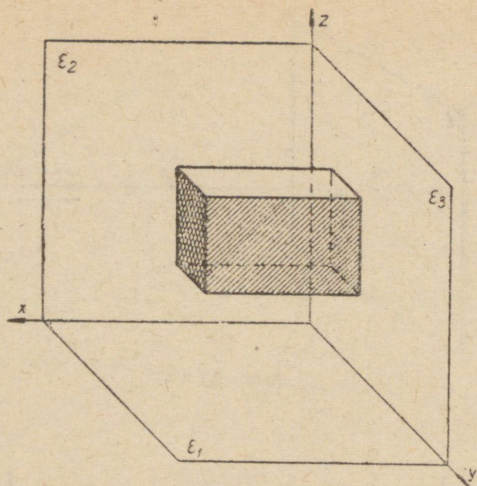
3. Ristprojektsioonid mitmel ekraanil. Kolmvaade ja kaks-vaade.

Võtame ekraanideks kolm paaride kaupa ristuvat tasapinda ja nimetame neid järgmiselt (joon. 85): põhiekraan (ϵ_1), esiekraan (ϵ_2) ja külgekraan (ϵ_3). Ekraanide lõikesirged nimetame telgedeks ning tähistame neid tähtedega x , y ja z .

Ristprojektsioone põhi-, esi- ja külgekraanil nimetatakse vastavalt põhi-, esi- ja külgvaateks ning vastavad tähised varustatakse ühe, kahe ja kolme ülakomaga (lugedes neid vastavalt: «prim», «sekund» ja «ters»).

Asetame risttahuka ekraanide suhtes nii, et tema tahud oleksid ekraanidega paralleelsed, ning tuletame ristprojektsiooni (vaate) igal ekraanil eraldi.

Punktidel B ja C on ühine põhikiir (ehk projekteeriv kiir põhiekraani suhtes) ning seetõttu nende punktide põhivaated langevad kokku ($B' = C'$). Samuti langevad kokku punktide A ja D , punktide E ja H ning punktide F ja G põhivaated. Järelikult pealmise tahu põhivaade ja alumise tahu põhivaade langevad kokku



Joon. 85.

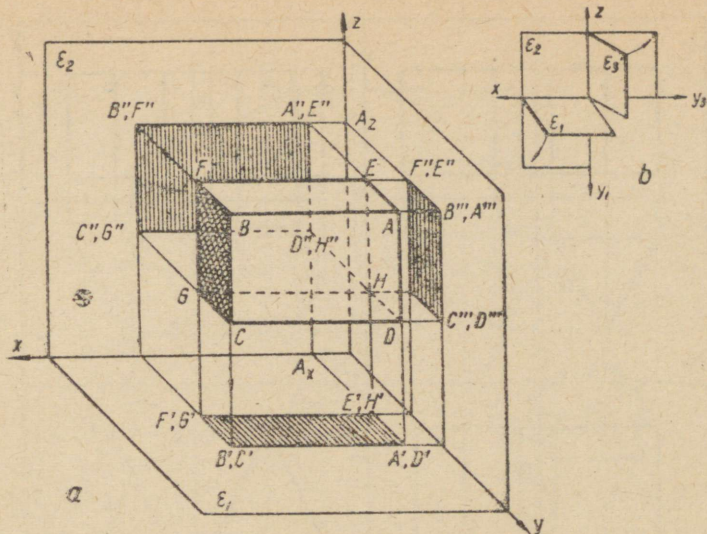
($A'E'F'B' = D'H'G'C'$). Samuti langevad kokku eesmise ja tagumise tahu esivaated ($A''B''C''D'' = E''F''G''H''$) ning vasakpoolse ja parempoolse tahu külgvaated ($B'''F'''G'''C''' = A'''E'''H'''D'''$). Nii selgub, et risttahuka erilise paigutuse tõttu tulevad tema kõik kolm vaadet väga lihtsad — ristkülikukujulised.

Saadud kolm vaadet viiakse kõik ühele ja samale tasapinnale järgmise mõttekäigu alusel. Põhiekraan ja külgekraan lõigatakse teineteise küljest lahti mööda y -telge ning pööratakse siis mõlemad esiekraani peale — põhiekraan allapoole, külgekraan paremale (joonis 86, b). Saadud projektsioonikolmikut nimetatakse eseme (seekord risttahuka) kolmvaateks (joon. 87). Kolmvaatel on y -telg kahes kohas: kohale y_1 on ta läinud koos põhiekraaniga ning kohale y_3 koos külgekraaniga.

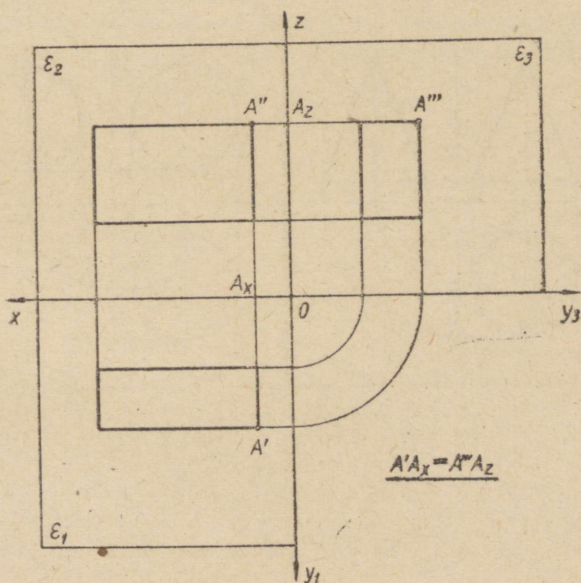
Punkti A esi- ja põhivaadet siduvat sirget $A''A' \perp x$ ning samuti esi- ja külgvaadet siduvat sirget $A''A''' \perp z$ nimetatakse sidejooneks.

Jooniselt 86 selgub, et punkti (näiteks A) esikvoot AA'' (s. o. kaugus esiekraanist) projekteerub niihästi põhiekraanile kui ka külgekraanile oma õiges pikkuses: $A'A_x = A'''A_z$. Viimased lõigud peavad olema võrdsed ka joonisel 87. Edaspidi nimetame seda asjaolu punkti kolmvaate peaomaduseks.

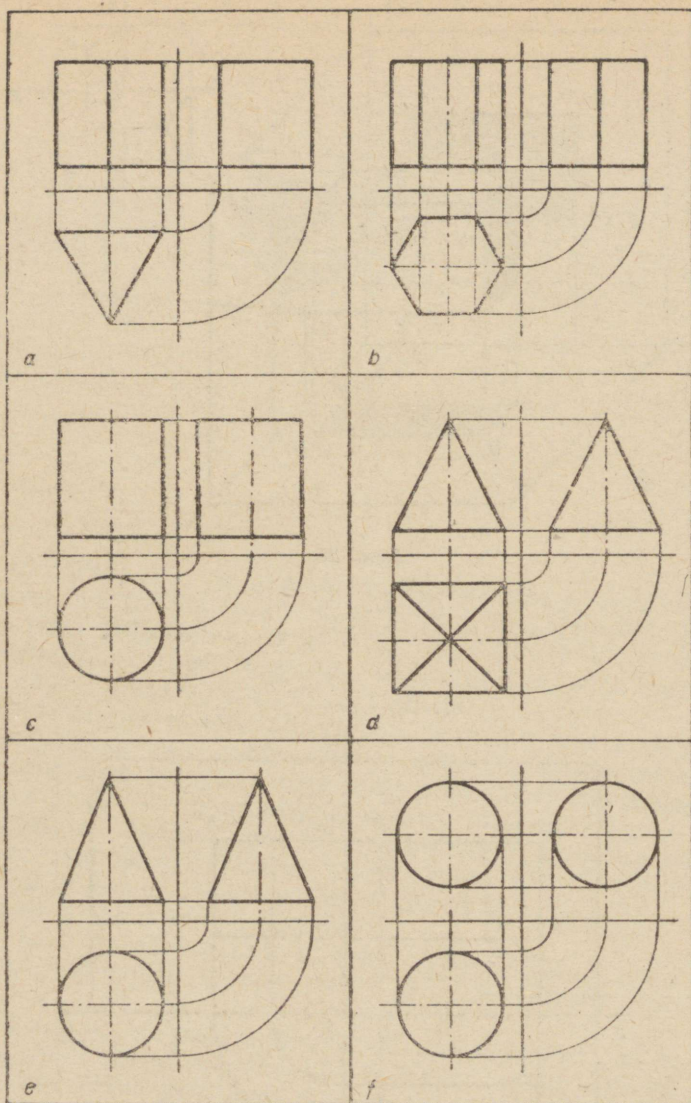
Kujutamisel kolmvaates harilikult ekraane joontega ei piirata ega tähistata (joon. 89). Tehnilistel tööjoonistel jäetakse ära ka teljed x , y ja z ; ära jätta võib ka sidejooned, kui nende järele pole erilist vajadust. Igale juhul tuleb aga hoolitseda selle eest, et kolmvaate vaadete vaheline projektsiooniline side jääks püsima.



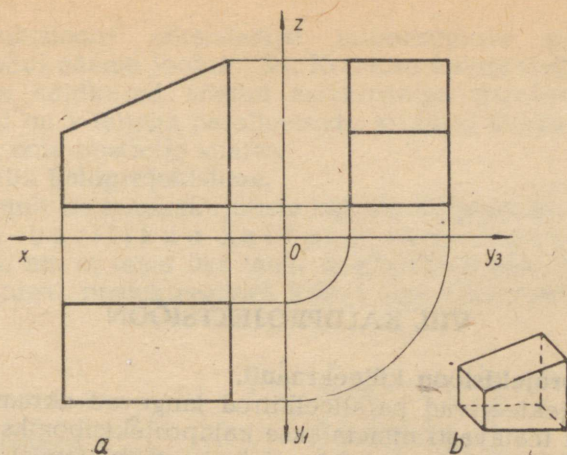
Joon. 86.



Joon. 87.



Joon. 88.



Joon. 89.

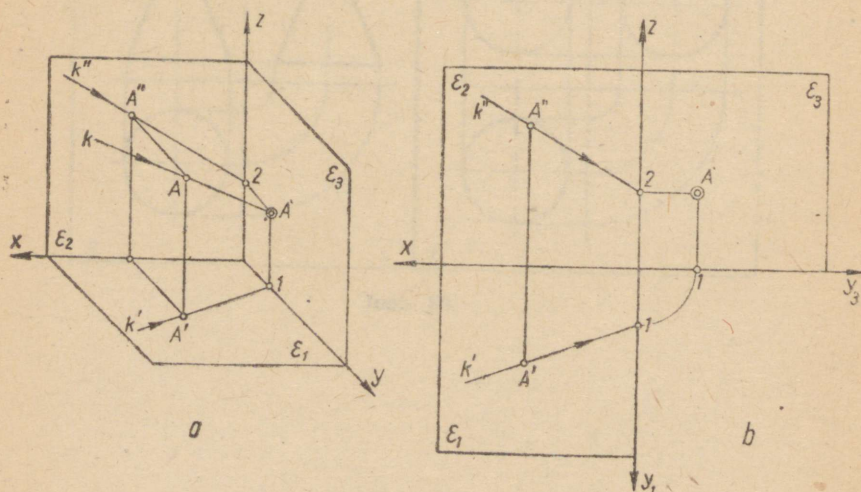
Tehnilised detailid oma kuju poolest kas vastavad mingisugusele geomeetrilisele kehale, selle osale või mitme geomeetrilise keha kombinatsioonile. Seepärast on tarvilik osata õigesti kujutada esmajoones just geomeetrilisi kehi: prismsid, püramiide, silindrit, koonust ja kera (joon. 88).

Joonist, mis koosneb ainult kahest teineteisega seotud vaatest (esivaade koos põhivaatega või esivaade koos külgvaatega), nimetatakse kaksvaateks.

VIII. KALDPROJEKTSIOON

1. Kaldprojektsioon külgekraanil.

Kui projekteerivad paralleelkiired langevad ekraanile kaldu, siis kujutist teatavasti nimetatakse kaldprojektsiooniks. Vaatleme kaksvaatega antud eseme kaldprojektsiooni tuletamist külgekraanil. Esemeks olgu algul vaid üksainus punkt (joon. 90). Vasakpoolisel näitlikul joonisel (joon. 90, *a*) näeme punkti A koos oma põhivaatega A' ja esivaatega A'' ning kaldkiirt k koos oma projektioonidega k' ja k'' . Leida tuleb punkt A_1 , milles kiir k lõikab külgekraani ε_3 . See punkt leidub ühelt poolt püstsirgel, mis läbib kiire põhivaate k' ja y -telje lõikepunkti 1 , ning teiselt poolt rõhtsirgel, mis läbib kiire esivaate k'' ja z -telje lõikepunkti 2 . Seda arvestades on hõlbus punkti A_1 leida kaksvaate andmeil (joon. 90, *b*). Konstruktsioon on sama mis joonisel 90, *a*, ainult punkt 1 tuleb vahepeal teljelt y_1 üle kanda teljele y_3 .

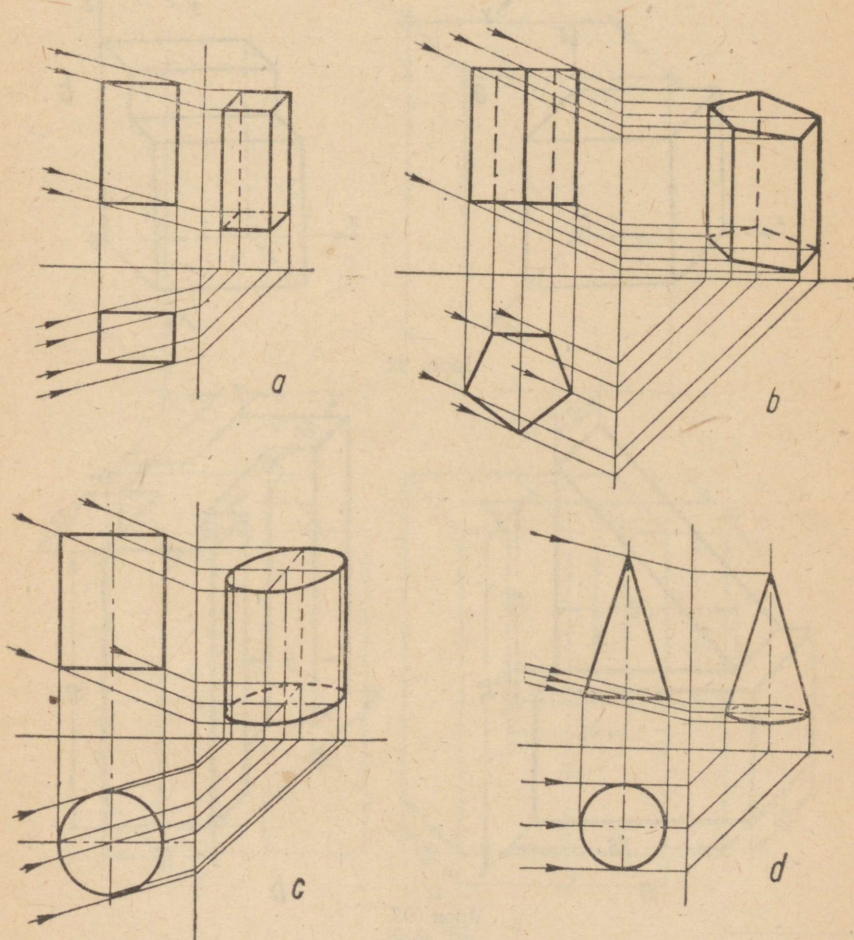


Joon. 90.

Konstruksiooni rakendamist mitmesuguste geomeetriliste kehade puhul näeme joonisel 91. Koonuse kaldprojektsiooni tuletamisel on kaldkiired võetud esiekraaniga paralleelsed (kiirte põhivaated on x-teljega paralleelsed); seetõttu kujutis tuleb sümmeetriline oma püsttelje suhtes.

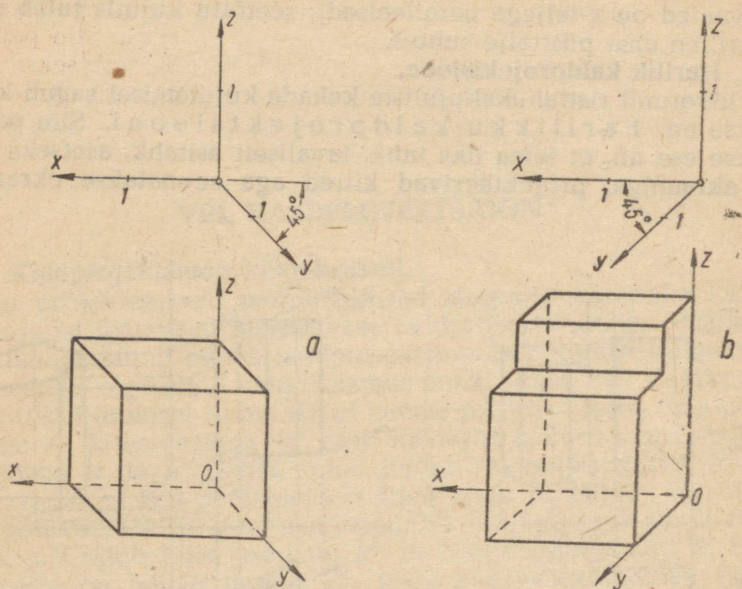
2. Harilik kaldprojektsioon.

Üldvormilt risttahukakujuliste kehade kujutamisel sageli kasutatakse nn. harilikku kaldprojektsiooni. Siin paigutatakse ese nii, et tema üks tahk, tavaliselt esitahk, asetseks rööbiti ekraaniga, projekteerivad kiired aga suunatakse ekraanile

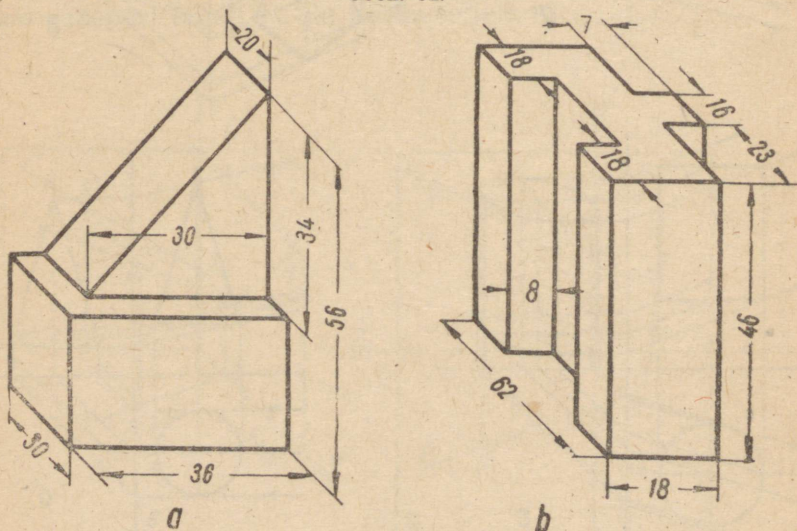


Joon. 91.

kaldu nii, et ekraani ristlõikude kujutised tulevad joonisel 45° -lise kaldega ning pikkuselt poole lühemad võrreldes lõikude tõeliste pikkustega.¹



Joon. 92.

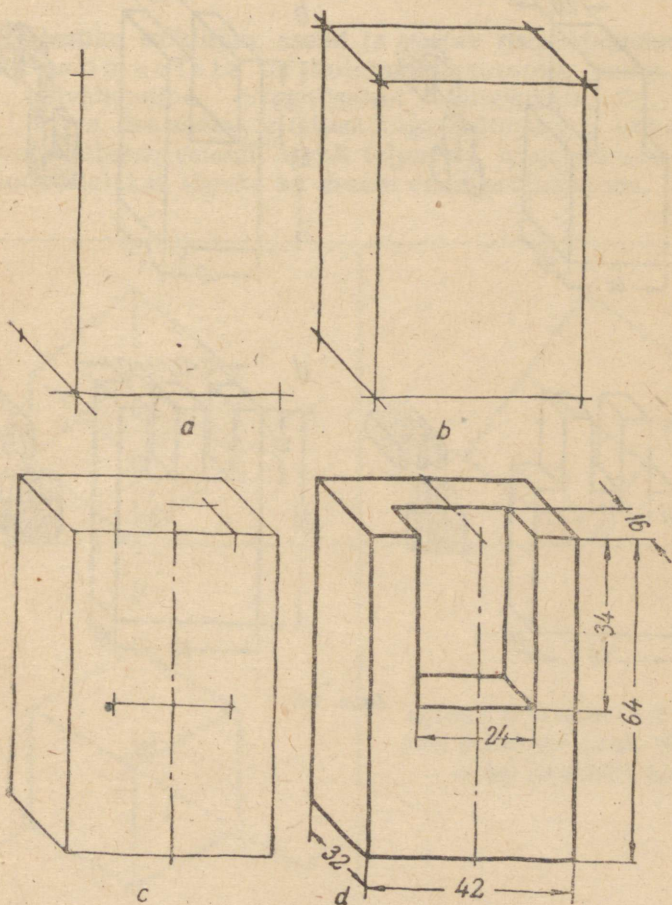


Joon. 93.

¹ Harilikku kaldprojektsiooni, mis rahuldab neid tingimusi, nimetatakse ka kabinetprojektsiooniks.

Joonisel 92, a näeme ruumilise ristteljestiku harilikku kaldprojektsiooni ja selle alusel joonestatud kuubi kujutist. Sel joonisel on ekraaniga risti olev y-telg projekteeritud paremale, teda võiks aga projekteerida ka vasakule (nagu joonisel 92, b). Eseme kujutis saadakse telgedel otseselt mõõtmisi toimetades järgmiselt: x- ja z-teljel ning nende paralleelidel võetakse mõõtmised õiges pikkuses, y-teljel ja tema paralleelidel aga vähendatakse kaks korda. Joonist alustatakse telgede joonestamisest ja kõik telgedega paralleelsed jooned tõmmatakse rööplükke võtetega.

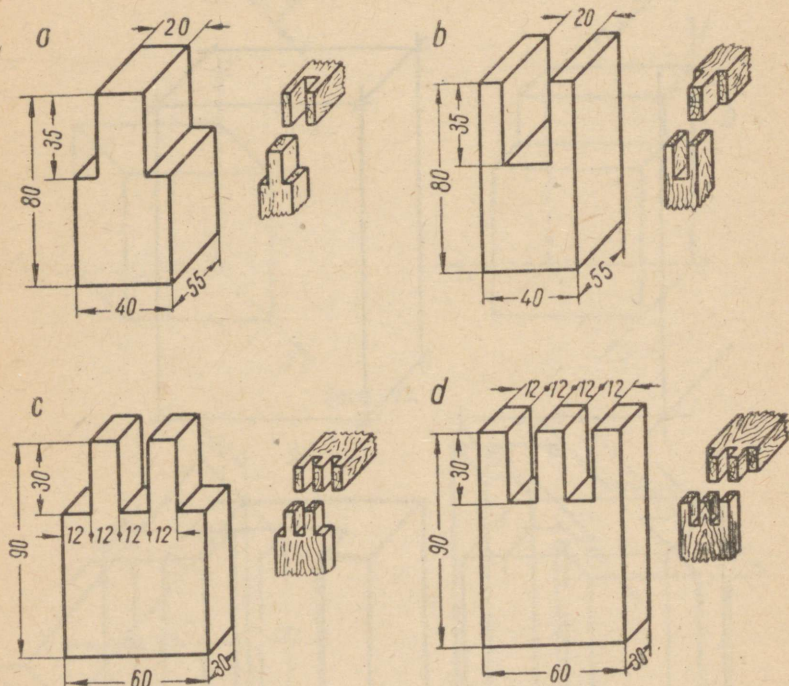
Joonisel 93 näeme paari tehnilist detaili harilikus kaldprojektsioonis koos mõõtmete märkimisega kujutisel.



Joon. 94.

Tehnilises joonestamises tuleb sageli skitseerida detaile harilikus kaldprojektsioonis. Skitseerimisel märgime joonisele silma järgi teljed (üks horisontaalne, teine vertikaalne, kolmas kaldu 45°) ning määrame ligikaudu detaili mõõtmed, kandes need eespool kirjeldatud viisil kujutisele (joon. 94). Joonise kujundamisel tõmmatakse kõik jooned õrnalt. Pärast abijoonte kustutamist tõmmatakse kujutise kontuurid tugevamini üle.

Harilik kaldprojektsioon on väga sobiv näiteks puitühenduste (tappide, tapipesade jm.) piltlikuks esitamiseks (joon. 95).

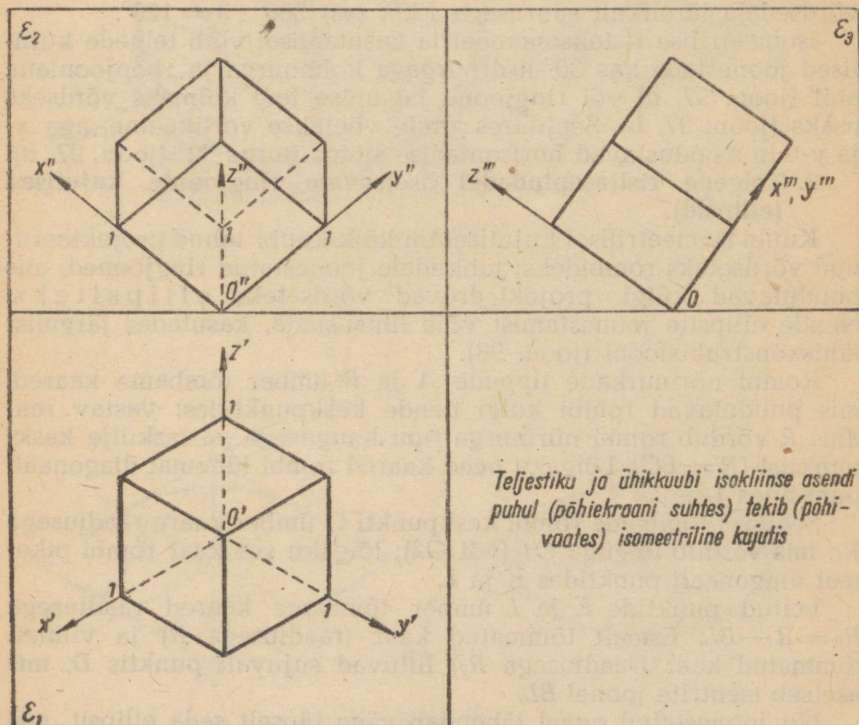


Joon. 95.

IX. ISOMEETRILINE RISTAKSONOMEETRIA

1. Teljestiku isokliinne asend ja vastav ristprojektsioon.

Aksonomeetria on kujutamise meetod, milles kasutatakse abivahendina ortogonaalset teljestikku $Oxyz$, kus $x \perp y \perp z \perp x$. Ese seotakse teljestikuga (võimalikult lihtsal viisil) ning joonestatakse esialgu ainult teljestiku projektsioon; viimase najal joonestatakse lõpuks ka eseme enda projektsioon.



Teljestiku ja ühikkuubi isokliinse asendi puhul (põhiekraani suhtes) tekib (põhi-vaates) isomeetriline kujutis

Joon. 96.

Vastavalt sellele, kas projekteerivad kiired on ekraani suhtes risti või kaldu, liigitatakse aksonomeetriat rist- ja kaldaksonomeetriaks. Eespool käsitletud kaldu projekteerimist (harilikul viisil) võib nimetada ka kaldaksonomeetriaks, kui kujutamisel kasutatakse telgesid (vt. joon. 92).

Siin vaatleme ristaksonomeetria ühte kitsast erijuhtumit, nimelt niisugust, kus kõigil telgedel on võrdne kaldenurk ekraani suhtes. Teljestiku vastavat asendit nimetatakse isokliinseks (võrdkaldeliseks) asendiks. Teljestiku isokliinset asendit põhiekraani suhtes võime näha kuubi kolmvaatel joonisel 96. Niisuguses asendis kujutatava kuubi kõik 12 serva on võrdse kaldega põhiekraani suhtes ning seetõttu kõigi servade põhivaated tulevad võrdsed. Kui kuubi kõigi servade kujutised on võrdsed, siis kuubi kujutist nimetatakse isomeetriliseks (võrdmõõduliseks). Niisiis teljestiku ja ühikkuubi isokliinse asendi puhul tuleb ühikkuubi ristprojektsioon isomeetriline. Teiste sõnadega — kõigil telgedel on projektsioonis sama mõõt. Kui kõigil telgedel on ristprojektsioonis sama mõõt, siis ongi tegemist nn. isomeetrilise ristaksonomeetria-ga. Isomeetrilises ristaksonomeetrias (lühemalt — risticomeetrias) on nurgad telgede kujutiste vahel võrdsed ja järelikult suurusega 120° , sest $360^\circ : 3 = 120^\circ$.

Isomeetrilise ristaksonomeetria kasutamisel võib telgede kujutised joonestada kas 30° -lise nurgaga kolmnurga ja rööpjoonlaua abil (joon. 97, a) või ringjoone jagamise teel kolmeks võrdseks osaks (joon. 97, b). Seejuures z-telg võetakse vertikaalne, aga x-ja y-telg moodustavad horisontaalse sihiga nurga 30° (joon. 97, d).

2. Telgede risttasapindadel asetsevate ringjoonte kujutised (ellipsid).

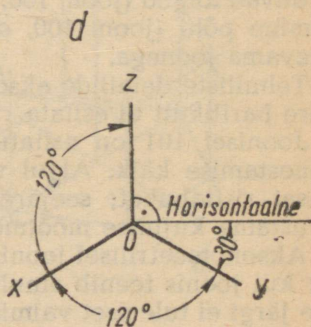
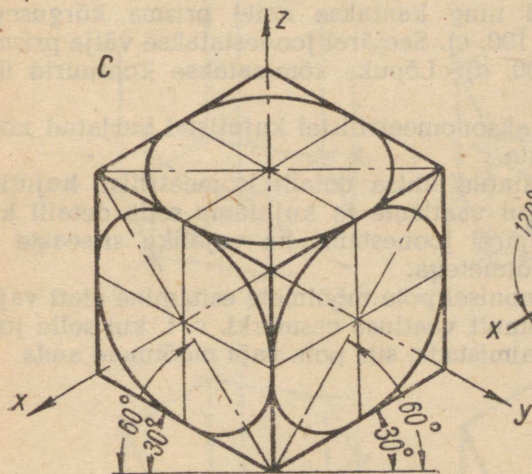
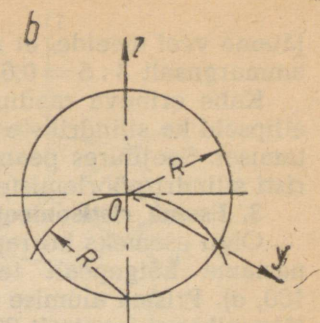
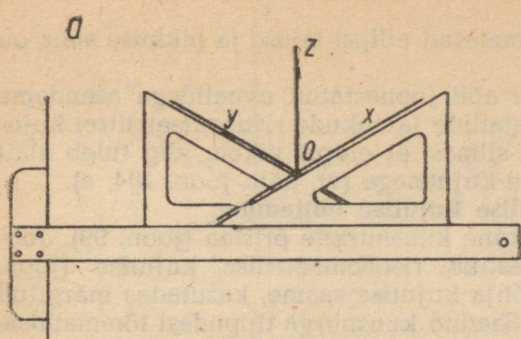
Kuubi isomeetrilisel kujutisel on kõik kuubi tahud projekteerunud võrdseteks rombideks; tahkudele joonestatud ringjooned, mis puudutavad külgi, projekteeruvad võrdseteks ellipsiteks. Nende ellipsite joonestamist võib lihtsustada, kasutades järgmist lähiskonstruktsiooni (joon. 98).

Rombi nürinurkade tippude A ja B ümber tõmbame kaared, mis puudutavad rombi külgi nende keskpunktides; vastav raadius R võrdub rombi nürinurga tipu kaugusega vastaskülje keskpunktist ($R = BC$). Lõigaku need kaared rombi lühemat diagonaali punktides 1 ja 2.

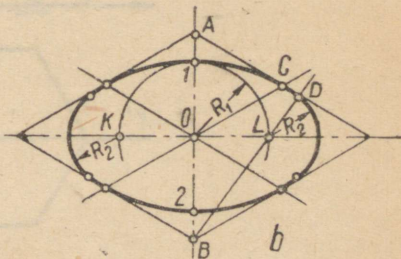
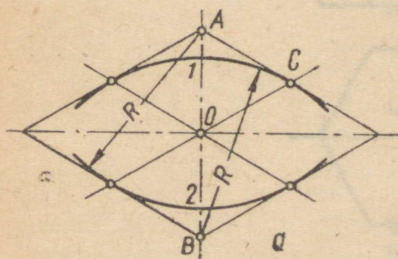
Seejärel tõmbame rombi keskpunkti O ümber kaare raadiusega R_1 , mis võrdub lõiguga $O1$ (või $O2$); lõigaku see kaar rombi pikemat diagonaali punktides K ja L.

Leitud punktide K ja L ümber tõmbame kaared raadiusega $R_2 = R - BL$. Esmalt tõmmatud kaar (raadiusega R) ja viimati tõmmatud kaar (raadiusega R_2) liituvad sujuvalt punktis D, mis asetseb tsentrite joonel BL.

Nii joonestatud ovaal lähendab väga täpselt seda ellipsit, mis tekib kuubi tahule joonestatud ringjoonest risticomeetrias. Lõpuks



Joon. 97.



Joon. 98.

jätame veel meelde, et nimetatud ellipsi laiuse ja pikkuse suhe on ümmarguselt $3 : 5 = 0,6$.

Kahe erineva raadiuse abil joonestatud ovaalidega asendame ellipseid ka silindriliste detailide ja aukude ristisomeetrilisel kujutamisel. Seejuures peame silmas, et ellipsi pikem telg tuleb alati risti silindri pöörlemistelje kujutisega (vt. näit. joon. 104, e).

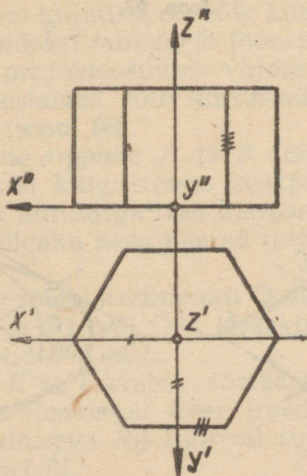
3. Eseme ristisomeetrilise kujutise ehitamine.

Olgu esemeks korrapärane kuusnurkne prisma (joon. 99). Joonestame kõigepealt teljestiku ristisomeetrilise kujutise (joon. 100, a). Prisma alumise põhja kujutise saame, kasutades märgitud lõigupikkusi jooniselt 99. Saadud kuusnurga tippudest tõmmatakse üles z -telje paralleelid ning kantakse neile prisma kõrgusega võrduvad lõigud (joon. 100, c). Seejärel joonestatakse välja prisma ülemine põhi (joon. 100, d). Lõpuks tõmmatakse kontuurid üle tugevama joonega.

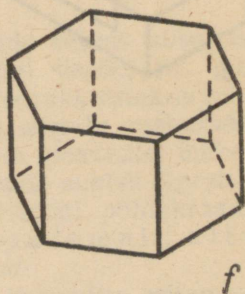
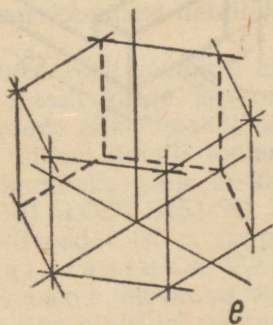
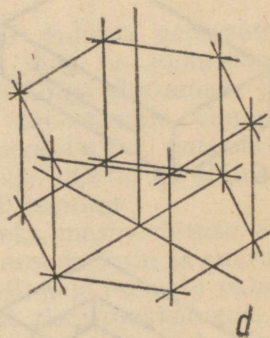
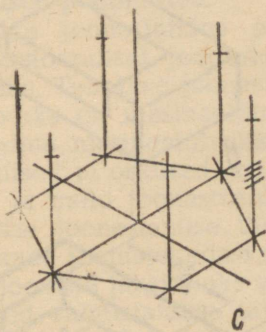
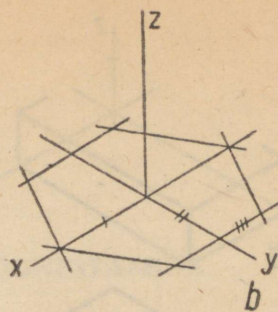
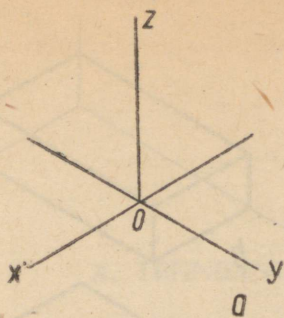
Tehniliste detailide aksonomeetrilistel kujutistel varjatud kontuure harilikult ei esitata.

Joonisel 101 on esitatud lihtsa detaili isomeetrilise kujutise joonestamise käik. Algul vaatleme ja kujutame seda detaili kui lihtsat risttahukat; seejärel joonestame ka vajaliku sisseaste ja varustame kujutise mõõtmatega.

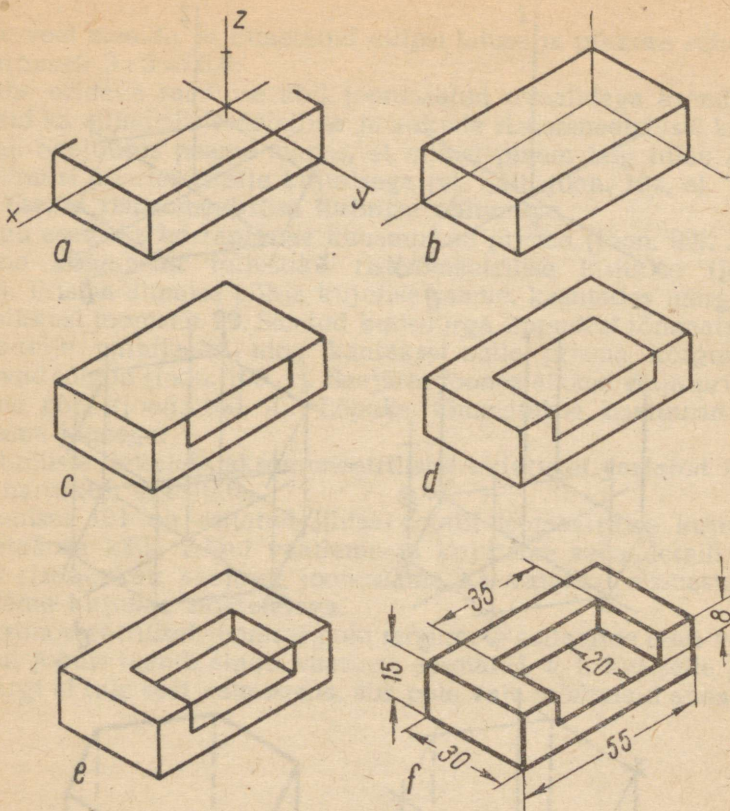
Aksonomeetrilisel joonisel pole mõõtmete esitamine alati vajalik; kui joonis teenib ainult vaatluse eesmärki, s. t. kui selle joonise järgi ei tule eset valmistada, siis pole vaja mõõtmeid anda.



Joon. 99.



Joan. 100.



Joon. 101.

X. TEHNILINE JOONESTAMINE

1. Üldised põhimõtted.

Tehniline joonestamine põhineb niihästi geomeetrilisel kui ka projektsioonilisel joonestamisel ning on joonestamisõpetuse lõppastmeks. Tehnilise joonestamise kõige tähtsamaks ja ulatuslikumaks osaks on masinaehituslik joonestamine. Õppides põhjalikult tundma masinaehituslikku joonestamist, omandatakse ühtlasi teadmised ja oskused, mis aitavad mõista ka ehituslikku joonestamist ja muid joonestuslikke distsipliine.

Tehnilise joonestamise ülesandeks masinaehituse alal kõigepealt on anda joonistel edasi masinaosade kuju ja suurus nii täielikult, et jooniste järgi oleks võimalik neid esemeid valmistada.

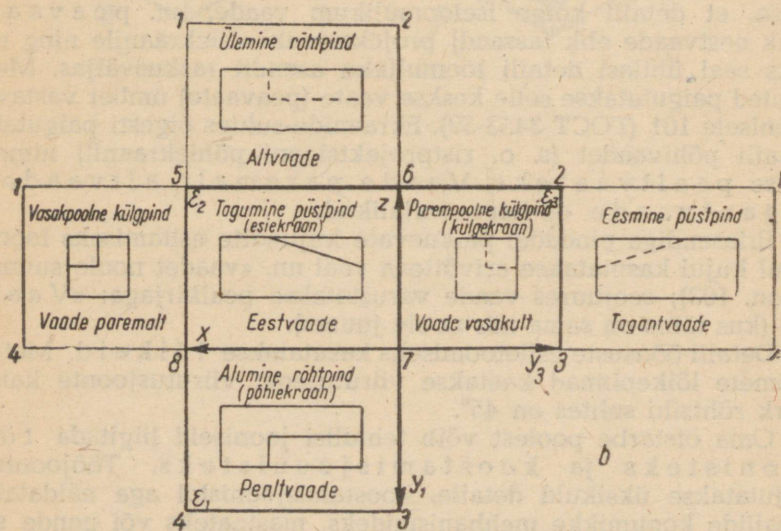
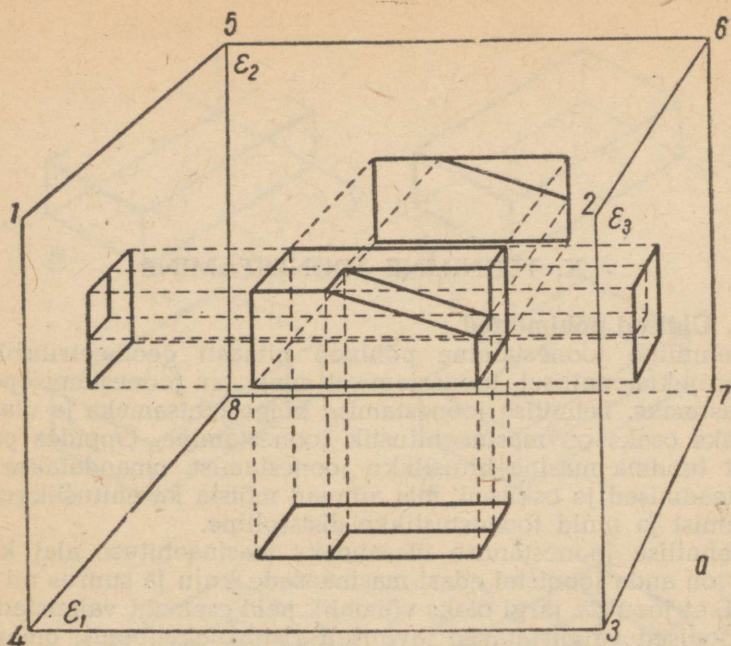
Joonised valmistatakse tavaliselt ristprojektsioonis, omavahel seotud vaadete näol. Lihtsamate esemete korral piisab kahest vaatest, keerukamatest detailidest joonestatakse vaateid kolm või rohkem.

Tehniline detail seatakse ekraanide suhtes niisugusesse asendisse, et detaili kõige iseloomulikum vaade, nn. peavaade (ehk eestvaade ehk fassaad) projekteeruks esiekraanile ning näitaks seal ühtlasi detaili loomulikku asendit raskusväljas. Muud vaated paigutatakse selle keskse vaate (peavaate) ümber vastavalt joonisele 101 (ГОСТ 3453-59). Ekraanide suhtes õigesti paigutatud detaili põhivaadet (s. o. ristprojektsiooni põhiekraanil) nimetatakse pealtvaateks. Vaade paremalt, altvaade ja tagantvaade on harva vajalikud.

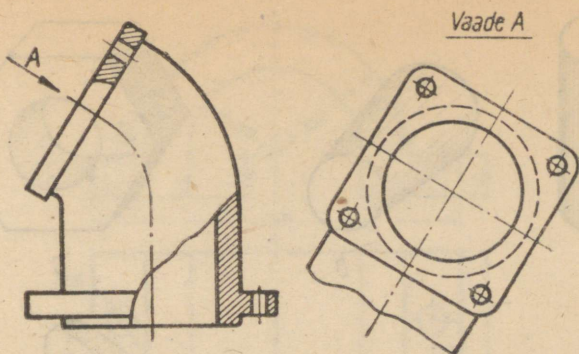
Eriasendiga pindadel paiknevate kujundite esitamiseks loomulikul kujul kasutatakse erivõttena veel nn. «vaadet noole suunas» (joon. 103); seejuures vaade varustatakse pealkirjaga: «Vaade A» (kus tähis on sama mis noole juures).

Detaili õõnsuste esiletoomiseks kasutatakse lõikeid. Metall-esemete lõikepinnad kaetakse viirutusega; viirutusjoonte kaldenurk rõhtsihi suhtes on 45° .

Oma otstarbe poolest võib tehnilisi jooniseid liigitada tööjoonisteks ja koostamisjoonisteks. Tööjoonistel kujutatakse üksikuid detaile, koostamisjoonistel aga näidatakse detailide kogumikke mehhanismideks, masinateks või nende sõlmedeks kokkumonteerituna.



Joon. 102.



Joon. 103.

2. Detaili geomeetrilise kuju selgitamine.

Tehnikas kasutatakse eseme või tema üksiku osa (detaili) määramisel võrdlemist geomeetriliste kehadega (risttahukas, silinder, koonus, kera jne.). Nii osutub p u k s (joon. 104, a) silindriliseks detailiks silindrilise avaga. Laagri rull (joon. 104, b) on tüvikoonuse-kujuline detail. Mutri tooriku kohta (joon. 104, c) võib öelda, et see on kujult kuuetahtuline prisma, milles on silindriline auk. Pole raske ka ülejäänud esemeid jooniselt 104 võrrelda tuntud geomeetriliste kehadega.

3. Detaili tööjoonis.

Detaili tööjoonis peab kõigepealt täielikult määrama detaili geomeetrilise kuju ja suuruse. See saavutatakse sobival viisil ja arvul valitud vaadetega ning mõõtmete märkimisega vaadetel (joon. 105). Teiseks antakse tööjoonisel ka andmeid detaili materjali ja pindade sileduse kohta (joon. 105). Tööjooniste järgi töötavad tehastes treialid, freesijad, lukksepad, valajad ja teised üksikdetaille valmistavad töölised. Tööjooniste järgi tehakse ka detailidele remonti.

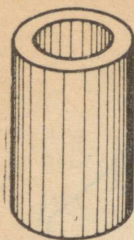
Detaili pinnad, mis vajavad eritöötlemist, varustatakse tööjoonisel võrdkulgse kolmnurga kujulise märgiga (joon. 106). Kolmnurk meenutab kujult lõiketera, mis «toetub» oma tipuga töötlemist vajavale pinnale. Numbrid kolmnurga juures märgivad sileduse astet. Kapsaraua-kujulise märgiga varustatakse pinnad, mis ei vaja eritöötlust.

4. Koostamisjoonis.

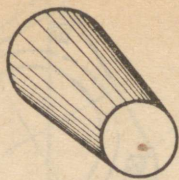
Joonist, mis kujutab kokkumonteeritud toodet, mehhanismi või sõlme, nimetatakse vastavaks koostamisjooniseks (vt. näit. joon. 107, a, b, c).

Koostamisjooniselt selgub töölisele:

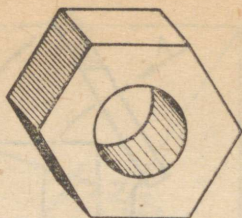
- toote üldine ehitus ja tema töötamise põhimõte;
- missuguseid ja kui palju detaile toode sisaldab;



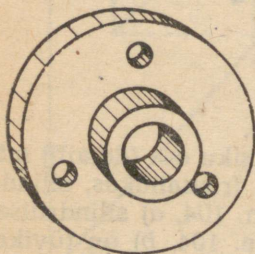
a



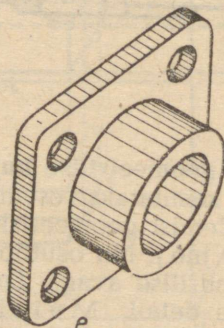
b



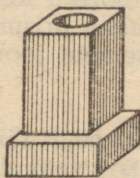
c



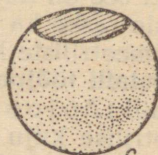
d



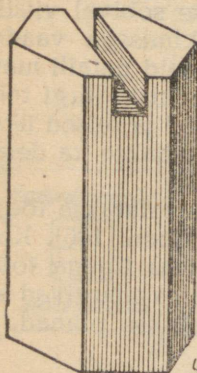
e



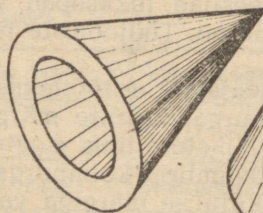
h



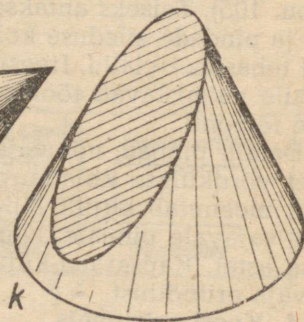
f



g

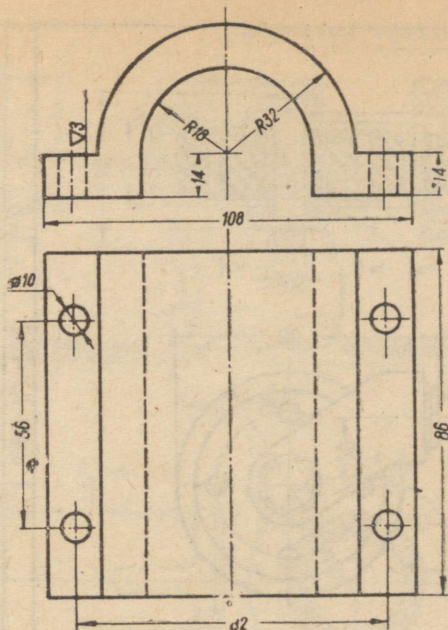


i

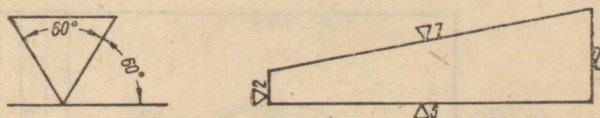


k

Joon. 104.



Joon. 105.



Joon. 106.

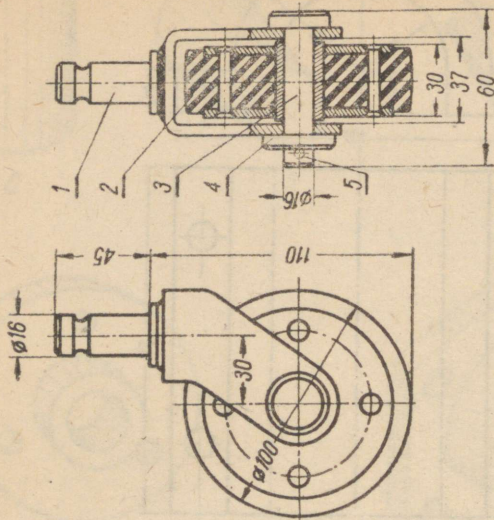
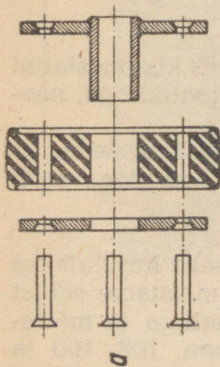
c) kuidas on detailid omavahel ühendatud — kas keermestatud või muude ühenduselementidega (keevitamisega, jootmisega, neetimisega jne.);

d) milliseid tingimusi tuleb kokkumonteerimisel arvestada.

Koostamisjoonistel kasutatakse ka lõikeid, kui nendega saab joonise sisulist selgust tõsta (joon. 107).

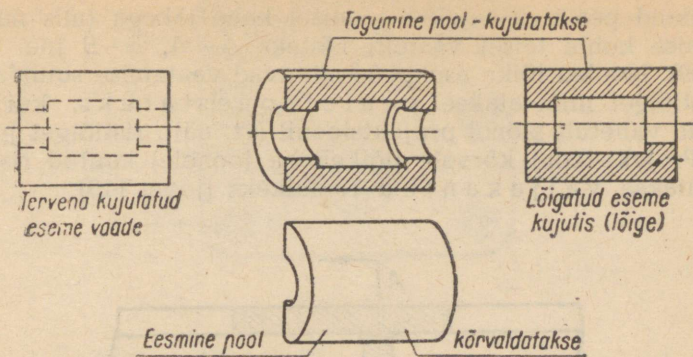
5. Lõiked.

Eseme õõnsuste kujust parema ülevaate andmiseks kujutatakse eset fiktiivselt (mõtteliselt) lõigatult. Lõike all mõistame sellist eseme kujutist, kus see osa esemest, mis asub vaateleja ja mõtte- lise lõikava tasapinna vahel, on kõrvaldatud (joon. 108, 109 ja 118). Juhul kui piirduakse ainult lõikamisel tekkiva pinna esita- misega (tema taga olevat kehaosa ära jättes), nimetatakse kujutist ristlõikeks (joon. 110 ja 111).

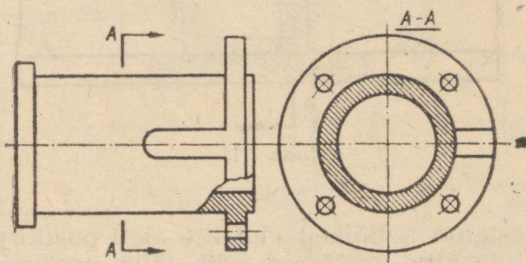


a		b	
4	Nelc. 7 x 35	4	
3	Kummist ketas	1	Ostetav
2	Ketas	1	
1	Puksiga ketas	1	Koostatud
N ^o	Tähis	Nimetus	Arv
		Märkusi	
		RATTA KOOSTAMISJÕONIS	

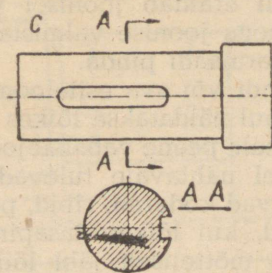
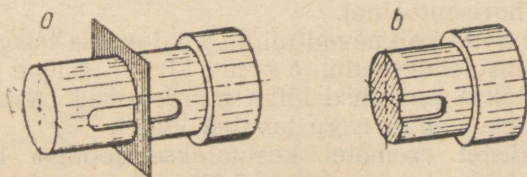
5	Splint 2,7 x 25,3	1	
4	Seib	1	
3	Telg	1	
2	Ratas	1	Koostatud
1	Kahvel	1	Koostatud
N ^o	Tähis	Nimetus	Arv
		Märkusi	
		PÖÖRLEVA RATTA KOOSTAMISJÕONIS	



Joon. 108.



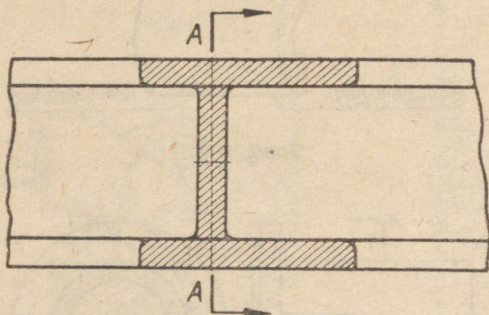
Joon. 109.



Joon. 110.

Lõikeid pealkirjastatakse joonisel kahe tähega (mis näitavad lõikamise kohta teisel vaatel); näiteks A—A, B—B jne. (ГОСТ 3452-59). Nooled lõike asukohas näitavad vaatamise suunda.

Ristlõiget nimetatakse pealejoonestatuks, kui ta on esitatud vahetult mõnel projektsioonil (vt. näit. ristlõiget joonisel 111). Projektsiooni kõrvale (lõikekoha joonele) kantud ristlõiget nimetatakse väljakantud ristlõikeks (joon. 110).



Joone 111.

Pealejoonestatud ristlõiked jäetakse alati pealkirjaga varustamata. Ka väljakantud ristlõiked võib jätta pealkirjaga varustamata, kui see ei kahjusta selgust.

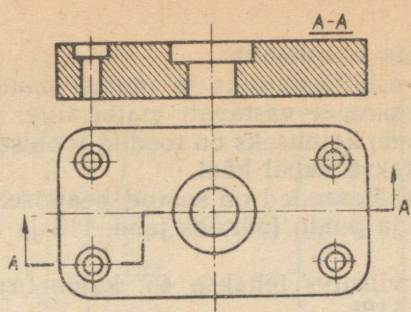
Lõikeid liigitatakse ka lõikava tasapinna asendi järgi: a) vertikaal-lõige (lõikav pind on vertikaalne); b) horisontaal-lõige (lõikav pind on horisontaalne).

Kui eseme avad paiknevad nii, et neid ei saa tasapinnaga korraga läbida, siis tehakse nn. astmeline lõige (joon. 112). Vaatel märgitakse astmelise lõike murdekohad. Astmelist lõiget pealkirjastatakse samuti nagu tavalist lõiget.

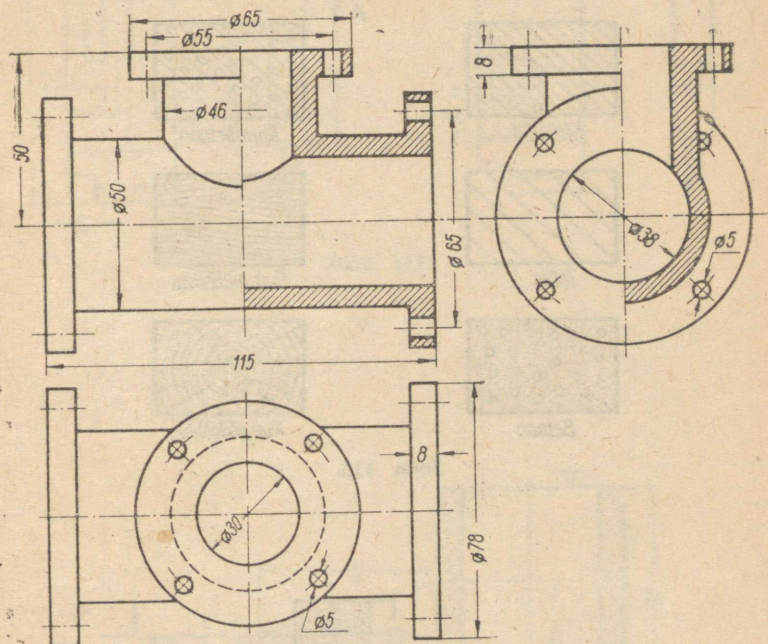
Sümmeetrilistel esemetel kasutatakse joonise lihtsustamise huvides poolvaate ja poollõike ühendamist (joon. 113). Sel puhul öeldakse, et detail on kujutatud «pool vaates, pool lõikes». Pooli eraldab joonisel vaid telgjoon. Selline kujutamiski viis säästab aega joonise valmistamisel ning võimaldab otstarbekalt kasutada formaadi pinda.

Detaili üksiku süvendi või ava esiletoomiseks kasutatakse nn. kohalõiget; sel puhul näidatakse lõikes ainult ühte osa detailist ning piiratakse lõikeala peene vabakäejoonega (joon. 109, 114).

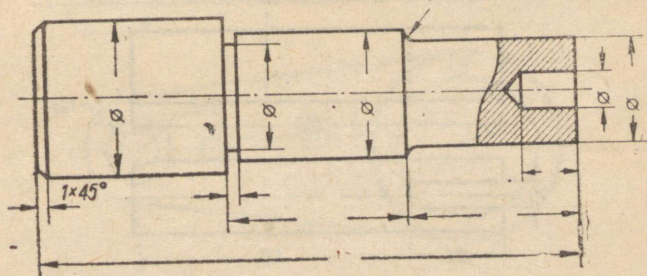
Mõttelisel lõikamisel nähtavale tulevad lõikepinnad viirutatakse. Erandi moodustavad kodarad, ribad, poldid, needid ja muud peened umbsed vardad, kui lõikav tasapind läbib nende telge. Need detailid jäetakse mõtteliselt läbi lõikamata — nad esitatakse eseme lõikel tegelikult vaates.



Joon. 112.



Joon. 113.



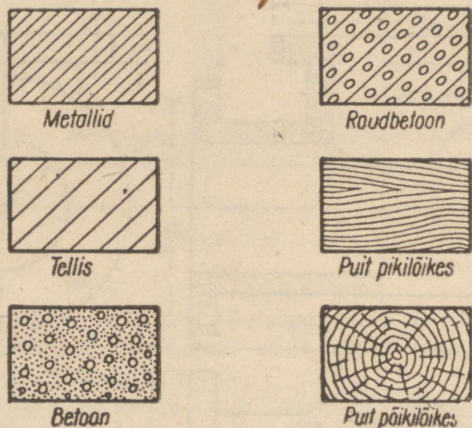
Joon. 114.

6. Lõikepindade viirutamine.

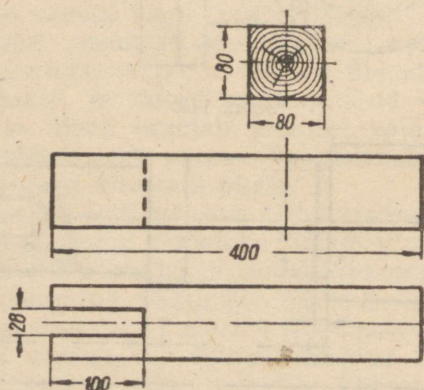
Lõikepindade esiletõstmiseks ja ühtlasi materjali näitamiseks viirutatakse lõikepinnad vastavalt materjalile. Materjalide tingmärgid lõikepindade katmiseks on toodud joonisel 115. Puidu tingviirutus joonestatakse vabal käel.

Kooli joonestusülesanded on seotud peamiselt metalli (näiteks joon. 107...114) ja puidu (näiteks joon. 116 ja 117) lõikepindade viirutamisega.

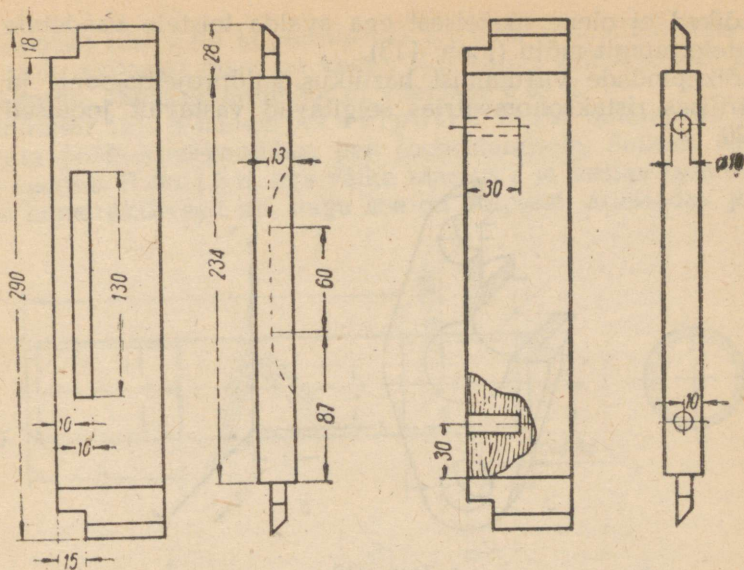
Sirgjooneline viirutus tehakse 45° kaldenurgaga horisontaalsihi suhtes (joon. 118).



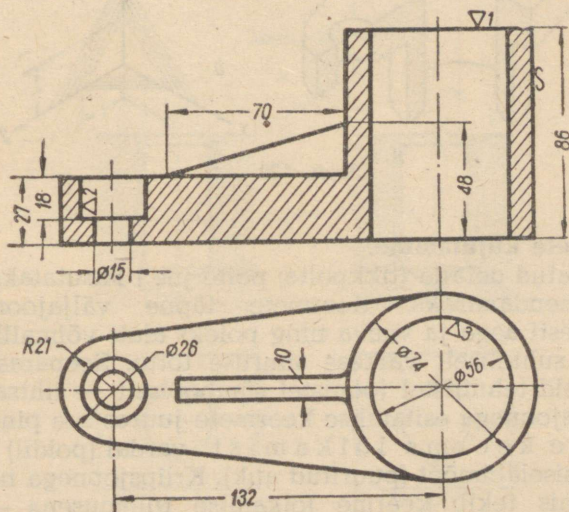
Joon. 115.



Joon. 116.



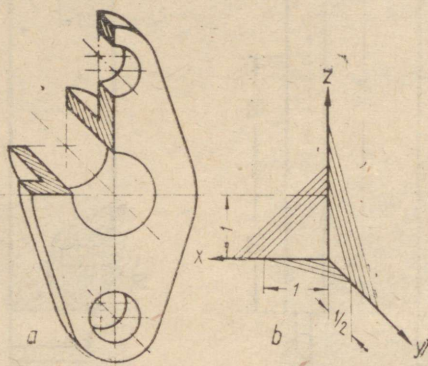
Joon. 117.



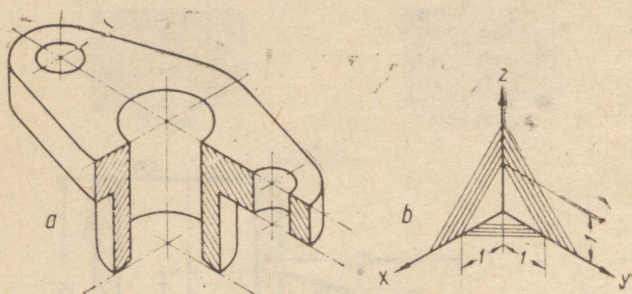
Joon. 118.

Lõiked ei olene üksteisest ega avalda teistele vaadetele ega lõigetele mingit mõju (joon. 113).

Lõikepindade viirutamist harilikus kaldprojektsioonis ja isomeetrilises ristaksonomeetrias selgitavad vastavalt joonised 119 ja 120.



Joon. 119.



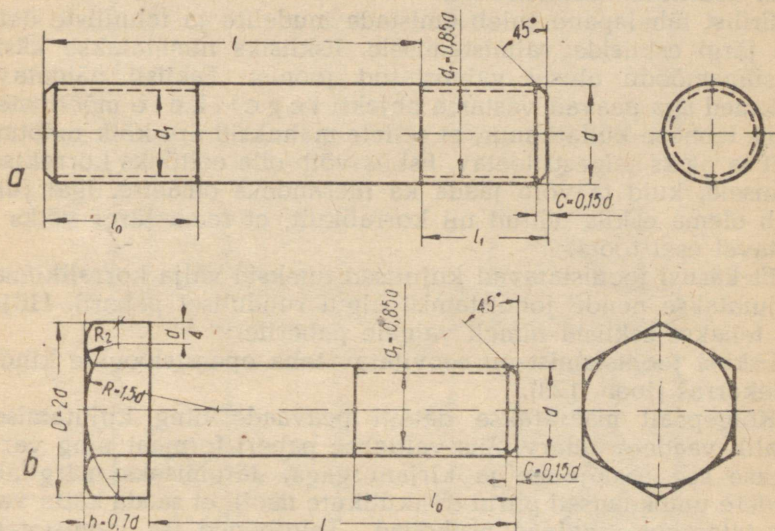
Joon. 120.

7. Keermete kujutamine.

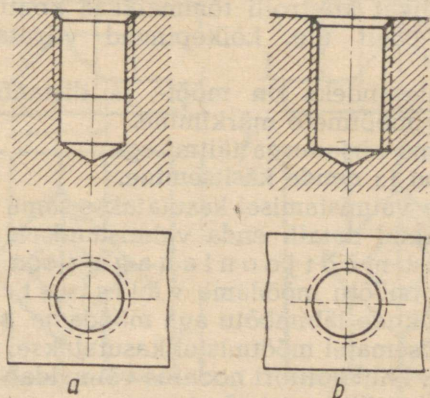
Keermestatud detaile (tikkpolt, polt jne.) kasutatakse muude detailide ühendamiseks. Keermete täpne väljajoonestamine nõuaks rohkesti aega ja vaeva ning poleks alati võimalikki ühendusdetailide suhteliselt väikese suuruse tõttu. Seepärast kujutatakse keermesid tehnilistel joonistel sümboolselt — lihtsalt kriipsjoonega. Täisjoonega esitatakse keermete juures see pind, mis oli detailil enne keermelõikamist: vardal (poldil) välisläbimõõt, augul siseläbimõõt (puuritud auk). Kriipsjoonega näidatakse läbimõõtu, mis tekib keermelõikamise tulemusena — milleni küündib keermesoone põhi.

Joonisel 121, *a* on kujutatud tikk polt, s. o. silindriline varras, mille mõlemas otsas on keere. Kui varda välisläbimõõt on d , siis keermes sisemine läbimõõt d_1 võetakse $0,85 d$.

Joonisel 121, *b* näeme kruvipolti. Erilist tähelepanu tuleb pöörata poldi kuuekandilise pea joonestamisele. Selleks vajalik suur raadius R on $1,5 d$, aga väike raadius r ja vastav tšenter leiatakse konstruktiivselt nii, nagu see on hõlpsasti arusaadav jooni-



Joon. 121.



Joon. 122.

selt; d on poldi välisläbimõõt. Poldi pea üldläbimõõt $D = 2d$ ning kõrgus $h = 0,7 d$.

Joonisel 122 näeme keermestatud auke metallkehas — tikkpoldide sissekeeramiseks.

Tikkpoldi otstesse ja augu ääre juurde lõigatava faasi lõpujoont ei näidata neil vaadetel, kus vaatamise suund on piki telge (joon. 121, a ja 122, b).

8. Eskiiside valmistamine.

Erilist tähelepanu tuleb omistada mudelite ja tehniliste detailide järgi eskiiside valmistamisele. Eskiisiks nimetatakse käsitsi ja silmamõõdu alusel valmistatud joonist. Eskiisil näidatavad mõõtmed aga peavad vastama objekti tegelikele mõõtmetele. Eskiis tehakse küllalt suur, et sellele mahuksid ära kõik mõõtmed ja et ta oleks selgesti loetav. Eskiis võib olla eeltöoks korrektsele joonisele, kuid ta võib jääda ka ülesandeks omaette. Igal juhul peab olema eskiis tehtud nii korralikult, et tema järgi võiks ka vastavat eset toota.

Et käsitsi joonistatavad kujutised tuleksid välja korralikumalt, harjutatakse nende joonistamist algul ruudulisel paberil. Hiljem aga tehakse eskiisid nimelt valgele paberile.

Eskiisi joonistamist on soovitatav teha operatsioonide kindlas järjekorras (joon. 123).

Kõigepealt määratakse detaili peavaade ning kujutamiseks vajalik vaadete üldarv. Siis valitakse paberi formaat ning varustatakse see raamjoone ja kirjanurgaga. Järgmiseks märgitakse vaadete umbkaudsed piirid (ristkülikute näol), et saada kätte vajalike telgjoonte sobivad asukohad. Telgjooned ise joonistatakse välja võimalikult korrektselt (sirged kriipspunktjooned, üksteisega risti).

Järgneb detaili kontuuride väljajoonestamine, alguses peenjoonega. Paralleelselt sellega selgitatakse vajalike lõigete küsimus. Alles pärast hoolikat kontrolli tõmmatakse kontuurid (pehmema pliiatsiga) tugevamalt üle. Lõikepinnad viirutatakse (kõvema pliiatsiga).

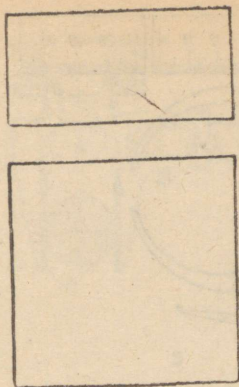
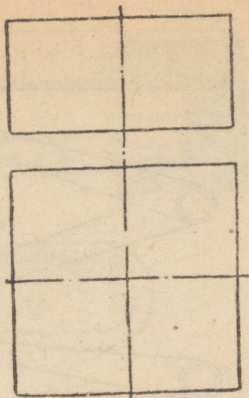
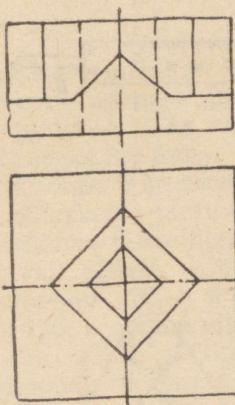
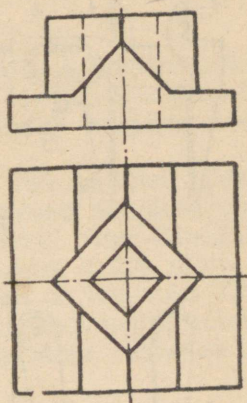
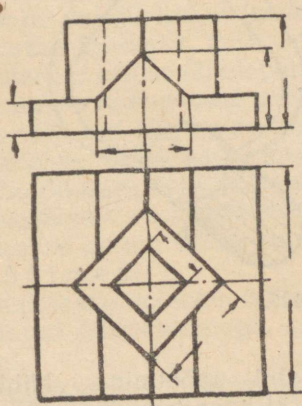
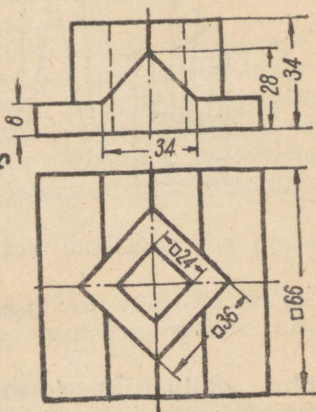
Järgmiseks ülesandeks on mõõt- ja distantsjoonte kohalepaigutamine ning mõõtmete märkimine.

Eskiisi lõpetame kirjanurga täitmisega.

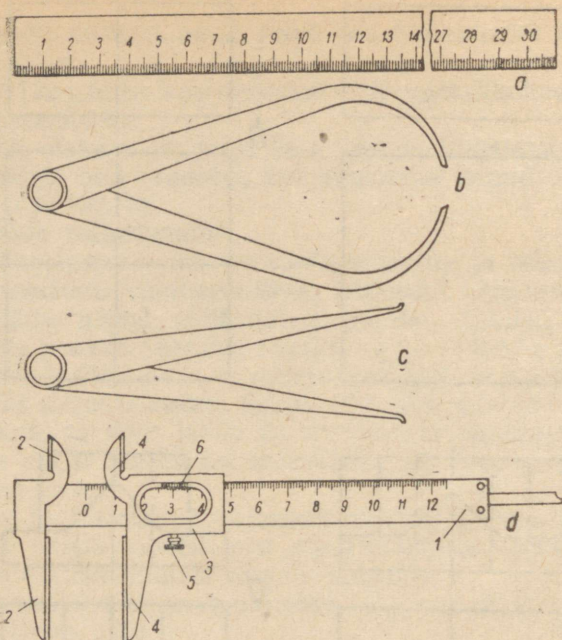
9. Mõõteriistad ja nende käsitsemine.

Detaili joonise valmistamisel kasutatakse samu mõõteriistu, mis töölisel on vajalikud detaili enda valmistamisel. Pikkusi otseselt mõõdame metallist mõõtjoonlauaga (joon. 124, a). Silindriliste kehade läbimõõtu mõõdame välistastriga (joon. 124, b); silindriliste aukude läbimõõtu aga mõõdame sisetastriga (joon. 124, c). Täpsematel mõõtmistel kasutatakse nihkkaliibrit (joon. 124, d). Nihkkaliibri noonius võimaldab skaalalt pikkusi lugeda kümnendik-millimeetri täpsusega.

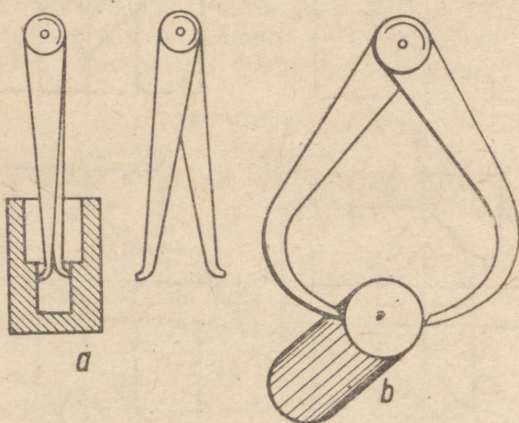
Tastritega mõõtmise viise selgitab joonis 125. Lisaseletusi vajab

a*b**c**d**e**f*

Joon. 123.

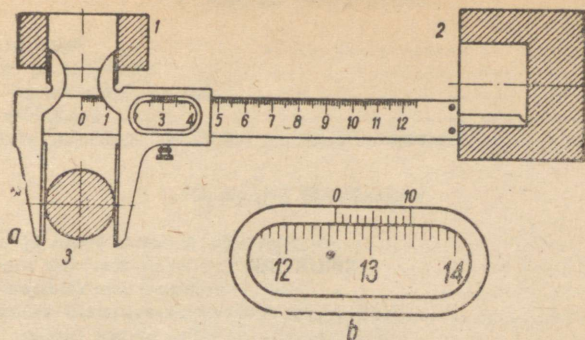


Joon. 124.



Joon. 125.

nihkkaliibri ehitus ja tema abil mõõtmine. Nihkkaliiber (joon. 124, d) koosneb joonlauast (1) koos harudega (2), liugurist (3) ühes haruga (4) ja stoppkruvist (5). Nihkkaliibri liuguril on



Joon. 126.

nooniuseks nimetatav skaala (6), mis võimaldabki kümnen-dikmillimeetrite lugemist (joon. 126, b). See skaala on 9 mm pikk ning ta on jaotatud 10-ks võrdseks osaks, seega on nooniuse ühe jaotuse pikkuseks 0,9 mm.

Detaili mõõtme lugemisel (joon. 126, a) tuleb esmalt jälgida, missuguse põhiskaala-jaotuse järel seisab nooniuse nullkriips — nii saame mõõtme täismillimeetrite arvu. Neile lisandub kümnen-dikke vastavalt sellele, mitmes nooniuse kriips ühtib põhiskaala kriipsuga. Joonise 126, b järgi näiteks on lugemiks 125,7 mm.

Joonisel 126, a näeme nihkkaliibri rakendamist kolmel erineval viisil: 1) ava laiuse mõõtmine; 2) augu sügavuse mõõtmine; 3) välisläbimõõdu mõõtmine.

10. Jooniste lugemine.

1. Kirjanurgast loetakse kujutatud detaili nimetus ja muud andmed selle detaili kohta (materjal, kaal).

2. Tehakse kindlaks, mitu projektsiooni ja missugused nimelt on joonestatud; erilist tähelepanu pööratakse peavaatele.

3. Uuritakse täiendavaid projektsioone ja lõikeid, jälgides peal-kirju, mis viitavad lõigete asukohtadele teistel projektsioonidel.

4. Juhitakse tähelepanu lõigetele üksikutel projektsioonidel; nii leitakse õõnsate detailide seinapaksused ja materjalid (metall, puit jm. vastavalt viirutustele).

5. Leitakse detaili kõige suuremad mõõtmed ehk nn. g a b a - r i i t - m õ õ t m e d.

6. Vaadatakse hoolega, milliseid detaili varjatud osi ja õõnsusi on kujutatud kriipsjoontega, ning uuritakse, millise kujuga on need osad.

7. Jälgitakse detaili pindade töötlemismärke.

8. Olles joonise põhjalikult läbi uurinud, märgitakse vajaduse korral ära selle puudused ja vead.

SISUKORD

Sissejuhatus	3
--------------------	---

I. Joonestusvahendid

1. Paberid	5
2. Pliiatsid	5
3. Tušid	6
4. Suled	6
5. Kummid	7
6. Sirklikarp	7
7. Joonestuslaud	10
8. Kolmnurgad	10
9. Rööpjoonlaud	11
10. Lekaalid	12
11. Tööriistade hoidmine	12

II. Joonestustehnika

1. Tööpaiga ettevalmistamine	13
2. Paberi kinnitamine joonestuslauale	13
3. Rööpjoonlaua ja kolmnurga kasutamine	13
4. Töö pliiatsi, joonlaua ja kolmnurgaga. Rööplükke võtted	13
5. Töötamine tušiga. Kopeerimine	18

III. Geomeetrilisi konstruktsioone

1. Sirglõigu poolitamine	22
2. Sirglõigu jagamine mitmeks võrdseks osaks	22
3. Nurga poolitamine	22
4. Antud nurgaga võrduva nurga ehitamine	23
5. Mõnesuguste erisuurusega nurkade ehitamine joonestuskolmnurkade abil. Mall	23
6. Paralleelsirge tõmbamine joonlaua ja sirkli abil	23
7. Ristküliku konstrueerimine	25
8. Kolmnurga konstrueerimine mitmesuguseil andmeil	26
9. Korrapäraste kõõlhulknurkade konstrueerimine	27
10. Geomeetriline ornament	30

IV. Kirjaõpetus

1. Plakatkiri	35
2. Standardkiri	37

V. Joonise vormistamine

1. Joonise formaat	45
2. Raamjoon ja kirjanurk	45
3. Joonisel kasutatavad jooned	46
4. Joonise mõõtkava	49
5. Mõõtarvude joonisele kandmine ja nende lugemine	50

VI. Joonte ühendamise

1. Sirgjoone ja kaare sujuvalt ühendamise	54
2. Kahe kaare sujuvalt ühendamise	54
3. Nurga ümarduskaare konstrueerimine	54
4. Ringjooneline üleminek sirgjoonelt ringjoonele	54
5. Praktilisi näiteid joonte sujuvalt ühendamisest	56

VII. Ristprojektsioon

1. Projektsiooni mõiste; projektsiooni liigid	59
2. Punkti ja sirge ristprojektsioon ühelainsal ekraanil	60
3. Ristprojektsioonid mitmel ekraanil. Kolmvaade ja kaksvaade	61

VIII. Kaldprojektsioon

1. Kaldprojektsioon külgekraanil	66
2. Harilik kaldprojektsioon	67

IX. Isomeetriline ristaksonomeetria

1. Teljestiku isokliinne asend ja vastav ristprojektsioon	71
2. Telgede risttasapindadel asetsevate ringjoonte kujutised (ellipsid)	72
3. Eseme isomeetrilise kujutise ehitamine	74

X. Tehniline joonestamine

1. Üldised põhimõtted	77
2. Detaili geomeetrilise kuju selgitamine	79
3. Detaili tööjoonis	79
4. Koostamisjoonis	79
5. Lõiked	81
6. Lõikepindade viirutamine	86
7. Keermete kujutamine	88
8. Eskiiside valmistamine	90
9. Mõõteriistad ja nende käsitsemine	90
10. Jooniste lugemine	93

Ридали, Александер
ЧЕРЧЕНИЕ ДЛЯ V—VIII КЛ.

На эстонском языке

Обложка художника Э. Тали

Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярнуское шоссе, 10

*

Toimetanud R. Siirak

Kunstiline toimetaja H. Keigo

Tehniline toimetaja A. Odamus

Korrektorid E. Kask ja H. Kahar

Ladumisele antud 27. VI 1962. Trükkimisele antud 16. X 1962. Paber 60×92, 1/16.
Trükipoognaid 6. Arvutuspoognaid 5,07.
Trüklarv 26 000. Tellimise nr. 1562.
Trükikoda «Punane Täht», Tallinn,
Pikk tn. 54/58.

Hind 10 kop.

10 kop.

A-24998

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00418063 6