A. ABRIKOSSOV

JOONESTAMINE

VIII–XI
KLASSILE

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

A-21100

A. ABRIKOSSOV

JOONESTAMINE

KÄSIRAAMAT
VIII—XI KLASSILE

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1956

Originaali tiitel:
А. А. Абрикосов. ЧЕРЧЕНИЕ. Часть вторая.
Руководство для учащихся 8—10 классов средней школы.
Утверждено Министерством просвещения РСФСР.
Учпедгиз, 1955

Tõlge kinnitatud Eesti NSV Haridusministeeriumi poolt.

2
Tartu Riikl. Ülikooli
Raamatukogu
33225

ARHIIVKOGU

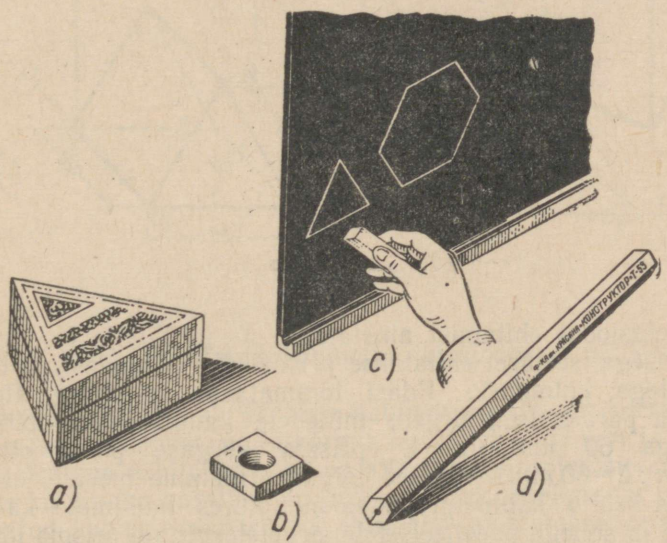
I peatükk.

PRISMA- JA SILINDRIKUJULISTE ESEMETE JOONESTAMINE.

A. KORRAPÄRANE PÜSTPRISMA.

KORRAPÄRASE PÜSTPRISMA MÕISTE.

Joonisel 1 on toodud rida esemeid, millede vaatlemine annab ettekujutuse prismast. Niisugusteks esemeteks on näiteks kolmnurkne karbike (joon. 1, *a*), detailide kinnitamiseks kasutatav neli-



Joon. 1.

kant mutter (joon. 1, *b*), klassitahvlil kirjutamiseks kasutatav nelinurkne kriiditükk (joon. 1, *c*) ja kuusnurkne joonestuspliiats (joon. 1, *d*).

Prisma on hulktahukas, mille põhjadeks nimetatud kaks tahku on võrdsete ja vastavalt paralleelsete külgedega hulknurgad (näiteks kolmnurgad joonisel 1, *a* või kuusnurgad joonisel 1, *d*), kuna kõik ülejäänud tahud, mida nimetatakse külgtahkudeks, lõikuvad mööda paralleelseid sirgeid. Neid sirgeid nimetatakse prisma külgservadeks.

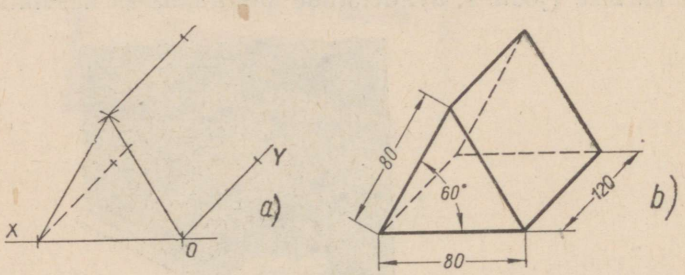
Prismat nimetatakse püstprismaks, kui tema külgservad on ühe põhjaga risti. Püstprismat nimetatakse korrapäraseks, kui tema põhjad on korrapärased hulknurgad. Niisuguse prisma[1] kõik külgtahud on võrdsed ristkülikud.

Prismad on kolmnurksed, nelinurksed, kuusnurksed jne. vastavalt sellele, kas prisma põhjaks on kolmnurk, nelinurk, kuusnurk jne.

Ettekujutuse kolmnurksest, nelinurksest või kuusnurksest prismast annab näiteks joonisel 1 kujutatud esemete vaatlemine.

I. Prisma kabinetprojektsioonid.

Kolmnurkne prisma. Näide 1. Ehitada (konstrueerida) kabinetprojektsioonis prisma, mille kõrgus on 120 *mm* ja mille põhjadeks on võrdkülgsed kolmnurgad külje pikkusega 80 *mm*. Prisma põhjad on paralleelsed esiprojektsioonipinnaga.



Joon. 2.

Projektsiooni ehitamist alustatakse *X*- ja *Y*-telje (joonis 2, *a*) tõmbamisega, seejärel ehitatakse prisma üks põhjadest, s. t. antud mõõtmetega kolmnurk. Edasi tõmmatakse kolmnurga tippudest *Y*-teljega paralleelsed sirged, milledele kantakse siis sirglõigud pikkusega 60 *mm*, s. t. prisma kõrguse poole pikkusega (120 *mm* : 2=60 *mm*) võrdsed lõigud. Tuletame meelde, et selline lühendus kehtib kabinetprojektsiooni juures mõõtmete kandmisel *Y*-teljele ja sellega paralleelsetele sirgetele. Antud prisma lõpetatud kabinetprojektsioon on toodud joonisel 2, *b*.

Näide 2. Joonisel 3 on näidatud kabinetprojektsiooni ehitamine kolmnurksest prismast, mis mõõtmetelt vastab eelmisele, kuid

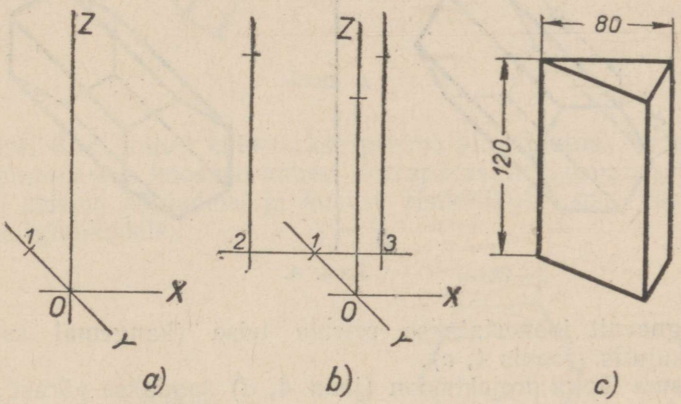
[1] Edaspidi, kui pole nõutud erilist täpsustamist, nimetatakse lühiduse mõttes korrapärast püstprismat lihtsalt prismaks.

on põhjadega asetatud paralleelselt põhiprojektsioonipinnaga, mitte esiprojektsioonipinnaga.

Kabinetprojektsiooni ehitamist alustatakse *X*-, *Y*- ja *Z*-telje tõmbamisega (joon. 3, *a*). Selle järel kantakse punktist *O* *Y*-teljele lõik *O*—1, mis on võrdne prisma põhja moodustava kolmnurga poole kõrgusega.

Prisma alumise põhja ehitamiseks on läbi punkti 1 (joon. 3, *b*) tõmmatud sirge paralleelselt *X*-teljega. Sellele sirgele on sümmeetriliselt punktile 1 kantud lõik 2—3 (s. o. punkt 1 on lõigu 2—3 keskpunkt), mis on võrdne põhja moodustava kolmnurga külje pikkusega, s. o. 80 *mm*-ga.

Edasi on läbi punktide 2 ja 3 tõmmatud sirged paralleelselt *Z*-teljega. Nendele sirgetele on punktidest 2 ja 3 ning *Z*-teljele punktist *O* kantud lõigud, mis on võrdsed prisma külgservadega, s. o. 120 *mm*-ga.



Joon. 3.

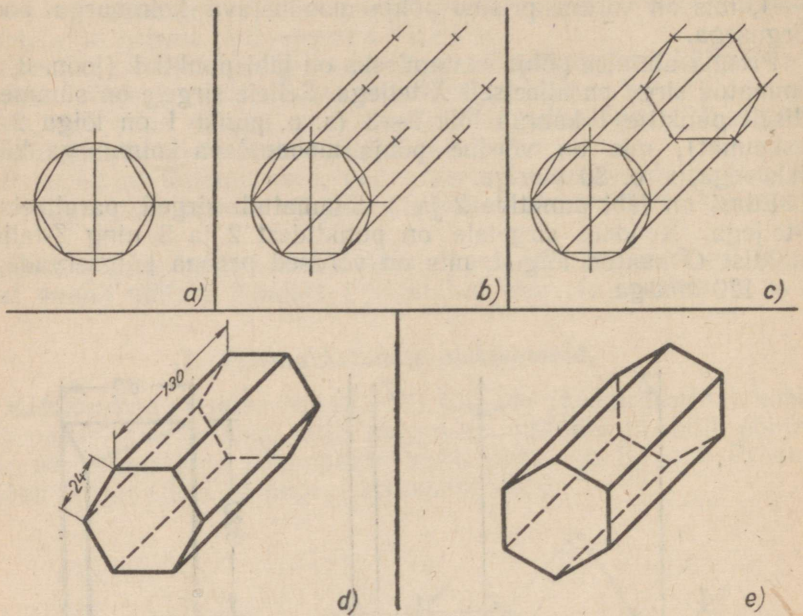
Antud prisma lõpetatud kabinetprojektsioon on näidatud joonisel 3, *c*.

Kuusnurkne prisma. Ehitada kabinetprojektsioon korrapärasest kuusnurksest prismast, mille kõrgus on näiteks 130 *mm* ja põhiserv 24 *mm*. Prisma põhitahud olgu paralleelsed esiprojektsioonipinnaga ja kaks külgtahku paralleelsed põhiprojektsioonipinnaga.

Nõutud kabinetprojektsiooni ehitamist alustatakse prisma põhjaks oleva korrapärase kuusnurga (joon. 4, *a*) (näiteks lähema) joonestamisega peenjoonte abil. Prisma kujutamiseks nõutud tahkude asendi korral joonestatakse kuusnurk paralleelselt esiprojektsioonipinnaga nii, et kaks tema tippu ühtiksid abiringjoone ja rõhttelgjoone lõikepunktidega.

Seejärel tõmmatakse läbi kuusnurga tippude (joon. 4, *b*) peened

sirgjooned paralleelselt *Y*-teljega. Tõmmatud sirgetele kantakse lõigud pikkusega 65 *mm*, s. o. prisma kõrguse poole pikkusega (130 *mm* : 2 = 65 *mm*).



Joon. 4.

Järgnevalt joonestatakse prisma teise (kaugemal asetseva) põhja kujutis (joonis 4, *c*).

Prisma lõplik projektsioon (joon. 4, *d*) saadakse pärast kõikide abijoonte kustutamist, nähtamatute kontuurjoonte tõmbamist kriipsjoonte abil, joonte vastavas jämeduses väljatõmbamist ning mõõtmete märkimist. Sama, kuid teisiti asetatud prisma kabinetprojektsioon on toodud joonisel 4, *e*.

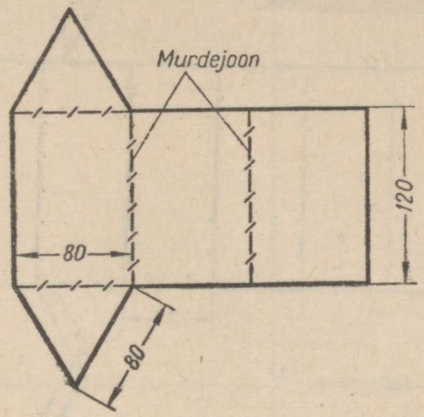
II. Prisma pinnalaotuse valmistamine.

Eseme pinnalaotuseks nimetatakse tasapinnalist kujundit, mis on saadud selle eseme kogu pinna laialilaotamisel joonise tasapinnale.

Iga korrapärase prisma pinnalaotus koosneb järgmistest osadest: kahest prisma põhjaga võrdsest hulknurgast (s. t. kolmnurgast, nelinurgast, kuusnurgast jne.) ning ristkülikutest, millede arv ja mõõtmed on võrdsed prisma külgtahkude arvu ja mõõtmetega.

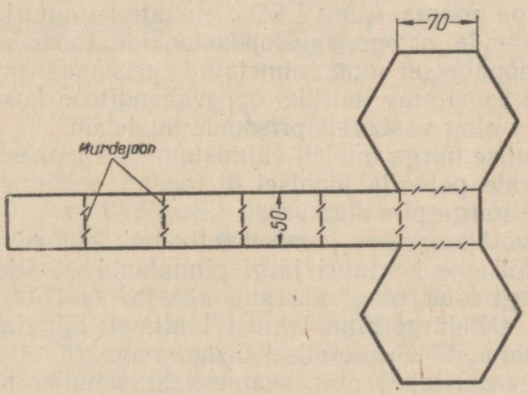
Pinnalaotus kolmnurksest prismast, mille kabinetprojektsioonide ehitamist käsitleti eespool (joonised 2 ja 3), on kujutatud jooni-

sel 5. Nimetatud prisma pinnalaotus koosneb kahest võrdkülgsest kolmnurgast, mis vastavad tema põhjadele, ja kolmest ristkülikust, mis vastavad prisma külgtahkudele.



Joon. 5.

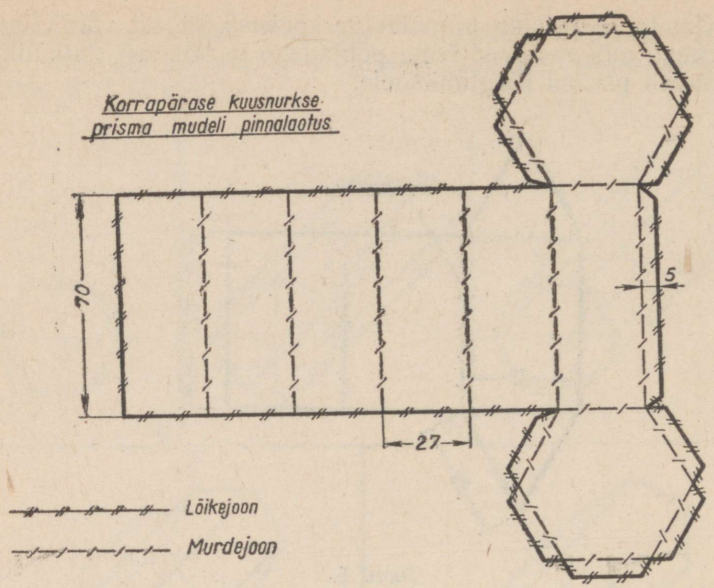
Joonisel 6 on antud kuusnurkse prisma pinnalaotus. Nimetatud prisma pinnalaotus koosneb kahest korrapärasest kuusnurgast, mis vastavad prisma põhjadele, ja kuuest ristkülikust, mis vastavad prisma külgtahkudele.



Joon. 6.

Joonisel 7 on antud kuusnurkse prisma mudeli pinnalaotus.

Niisuguse prisma mudeli valmistamiseks joonestame esmalt tugevale paberile prisma pinnalaotuse. Seejärel lõikame saadud pinnalaotuse kontuuri järgi välja, murrame ta joonisel 7 näidatud murdejoonte järgi ja kleebime vastavad ääred kokku.



Joon. 7.

III. Prisma ortogonaalprojektsioonid.

Kolmnurkne prisma. Allpool käsitletavate kolmnurksete ja kuusnurksete prismade ortogonaalprojektsioonide (normaalprojektsioonide) tundmaõppimisel ning nimetatud prismade projektsioonide ehitamisel on soovitatav näitlike õppevahenditena kasutada kolmetahulise nurga ning vastavate prismade mudeleid.

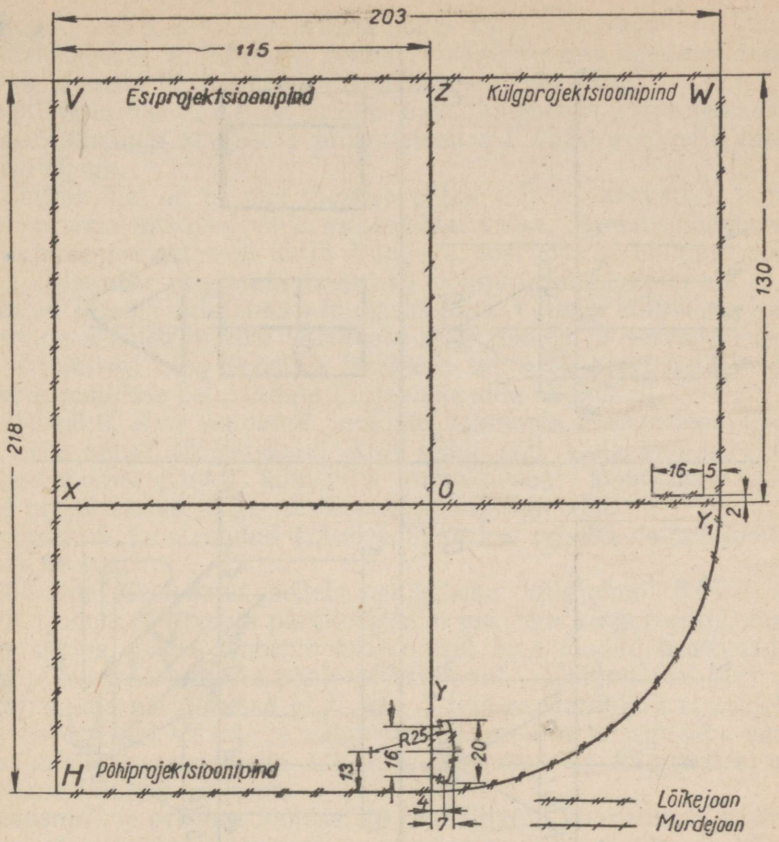
Kolmetahulise nurga mudeli valmistamiseks joonestame mastaabis 1:1 tugevale paberile joonisel 8 toodud mõõtmetele vastava kolmetahulise nurga pinnalaotuse.

Seejärel, võttes arvesse joonisel 8 toodud seletusi joonte tähenduse kohta, lõikame kontuuri järgi pinnalaotuse välja, lõikame ta joone OY_1 järgi lahti ning murrame siis joonte OX ja OZ järgi kokku. Joone OY järgi pinnalaotust lahti ei lõigata ega murta kokku. Tasapinna W ühendamisel tasapinnaga H, selleks eelnevalt väljalõigatud osa (luku) abil, saame kolmetahulise nurga mudeli.

Joonisel 9 on näidatud kolmnurkse prisma kolme ortogonaalprojektsiooni, s. t. prisma eest-, pealt- ja külgvaate järjestikust ehitamist.

Prisma toetub alumise põhjaga põhiprojektsioonipinnale (joon. 9, *a*); prisma ülemise põhja tipud on tähistatud tähtedega *A, B* ja *C*, alumise põhja omad aga tähtedega *D, E* ja *F*.

Prisma antud asendi puhul alustatakse joonise valmistamist pealtvaate joonestamisega (joon. 9, *b*). Antud korral on pealtvaa-



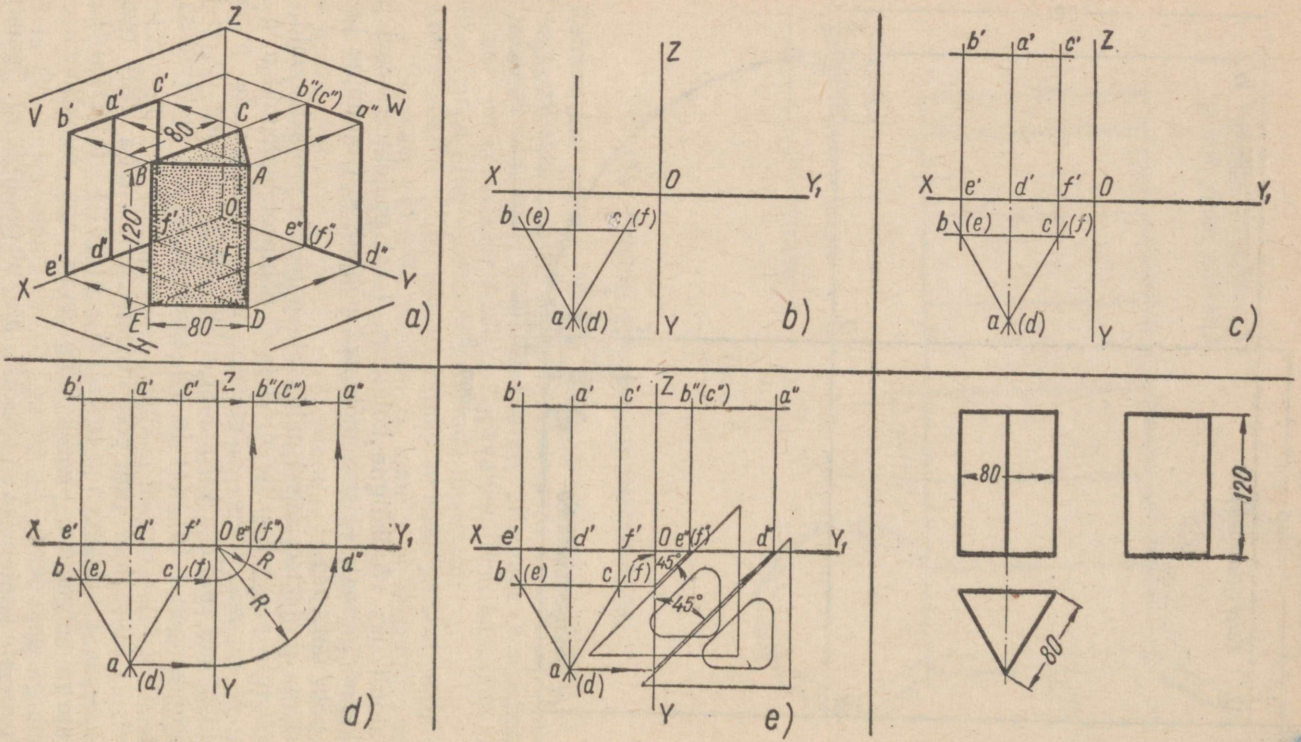
Joon. 8.

teks ainult üks võrdkülgne kolmnurk (sest projekteerimisel põhiprojektsioonipinnale prisma mõlemad põhjad, s. t. alumine ja ülemine põhi ühtivad).

Prisma projekteerimisel nähtavate punktide projektsioonid, näiteks ülemise põhja tippude *A*, *B* ja *C* põhiprojektsioonid *a*, *b* ja *c* (joon. 9, *b*), märgitakse sulgudeta, kuna nähtamatute punktide projektsioonid, näiteks prisma alumise põhja tippude *D*, *E* ja *F* põhiprojektsioonid (*d*), (*e*) ja (*f*) (joon. 9, *b*) on asetatud sulgudesse.

Prisma külgtahud (kui põhiprojektsioonipinnaga risti olevad) projekteeruvad lõikudena $a(d)b(e)$, $b(e)c(f)$ ja $c(f)a(d)$, s. t. kolmnurga külgedena, prisma külgservad aga punktidena, s. t. kolmnurga tippudena.

Eestvaate kontuuriks on ristkülik $b'c'f'e'$ (joon. 9, *c*). Tema rõhtkülgede pikkuse määrab näiteks pealtvaates lõik $b(e)c(f)$, mis on


Z
V
b'
a'
c'
b''(c'')
a''
W
80
C
B
A
O
f'
e''(f'')
120
d'
F
e'
X
d''
Y
E
80
D
H
a)
X
Z
O
Y,
b
(e)
c
(f)
a
(d)
Y
b)
b'
a'
c'
Z
X
e'
d'
f'
O
Y,
b
(e)
c
(f)
a
(d)
Y
c)
b'
a'
c'
Z
b''(c'')
a''
X
e'
d'
f'
O
e''(f'')
Y,
b
(e)
c
(f)
R
R
d''
a
(d)
Y
d)
b'
a'
c'
Z
b''(c'')
a''
X
e'
d'
f'
O
e''(f'')
d''
Y,
b
(e)
c
(f)
45°
45°
a
(d)
Y
e)
80
120
80

Joon. 9.

võrdne joonisel 9, *a* toodud prisma põhja külje pikkusega (või külgtahu laiusega, s. o. 80 *mm*). Sama ristküliku püstkülgede pikkuse määrab joonisel 9, *a* antud prisma kõrgus (120 *mm*).

Ristlõigud *b'e'* ja *c'f'* on prisma kahe külgserva esiprojektsioonideks. Kolmanda külgserva projektsioon *a'd'* ühtib eestvaate sümmeetriateljega.

Rõhtlõik *b'c'* on prisma ülemise põhja esiprojektsiooniks, kuna *e'f'* on prisma alumise põhja esiprojektsiooniks. Paneme tähele, et see alumine projektsioon ühtib *X*-teljega, sest prisma alumine põhi toetub (ülesande tingimuse kohaselt) põhiprojektsioonipinnale.

Antud prisma kolmanda projektsiooni, s. t. tema külgvaate joonestamine seisneb prisma vastavate külgtahkude ja servade kujutiste ehitamises ning koosneb järelikult tahke ja servi määravate üksikute punktide kolmandate projektsioonide leidmisest.

Joonisel 9, *d* on näidatud punktide kolmanda projektsiooni leidmist kahe antud projektsiooni järgi sirkli abil, kuna joonisel 9, *e* on toodud võte punkti kolmanda projektsiooni leidmiseks kahe antud projektsiooni järgi võrdhaarse kolmnurga abil.

Joonisel 9, *f* on toodud antud kolmnurkse prisma valmis joonis kolmes vaates.

Pöörame tähelepanu sellele, et prisma külgtahud *BADE* ja *CADF* (joonis 9, *a*) pole paralleelsed ei esi- ega külgprojektsioonipinna suhtes. Sama kinnitab ka joonisel 9, *d* toodud pealtvaade, millel nimetatud tahkude põhiprojektsioonid — lõigud $a(d)b(e)$ ja $a(d)c(f)$ pole paralleelsed ei *X*- ega *Y*-teljega. Järelikult ei projekteeru need tahud ka esi- ja külgprojektsioonipinnale tegelikus suuruses, mistõttu nende laius nii eestvaates kui ka külgvaates on tegelikust laiusest väiksem.

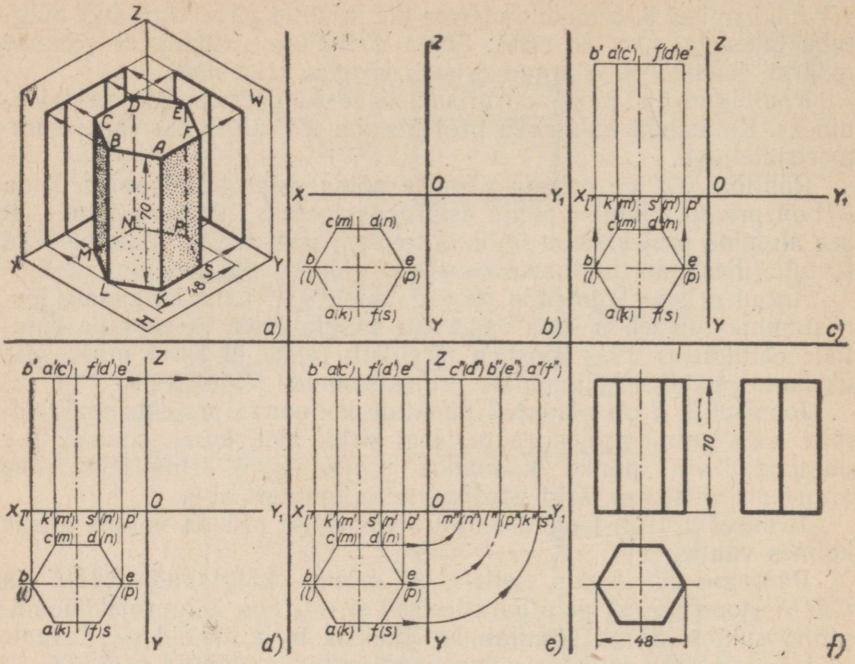
Kuusnurkne prisma. Joonisel 10 on näidatud kuusnurkse prisma kolme ortogonaalprojektsiooni, s. t. prisma eest-, pealt- ja külgvaate ehitamist.

Prisma toetub alumise põhjaga põhiprojektsioonipinnale (joon. 10, *a*); prisma ülemise põhja tipud on tähistatud tähtedega *A, B, C, D, E* ja *F*, alumise põhja tipud aga tähtedega *K, L, M, N, P* ja *S*.

Prisma antud asendi puhul alustame joonise valmistamist pealtvaatega (joon. 10, *b*), mis kujutatakse üheainsa korrapärase kuusnurgana (sest projekteerimisel põhiprojektsioonipinnale prisma mõlemad põhjad, nii alumine kui ka ülemine ühtivad).

Prisma külgtahud (kui põhiprojektsioonipinnaga risti olevad) projekteeruvad sirglõikudena, s. t. kuusnurga külgedena, prisma külgservad aga punktidena, s. t. kuusnurga tippudena.

Prisma eestvaate kontuuriks on ristkülik *b'e'p'l'* (joon. 10, *c*). Tema rõhtkülgede pikkuse määrab näiteks pealtvaates punktide *b* ja *e* või (*l*) ja (*p*) vaheline kaugus. Sedasama suurust määrab ka prisma aluse mõõde (48 *mm*), mis on antud joonisel 10, *a*. Sama ristküliku püstkülgede pikkuse määrab joonisel 10, *a* antud prisma kõrgus (70 *mm*).



Joon. 10.

Püstlõigud *b'l'*, *a'k'*, *f's'* ja *e'p'* on prisma eestvaate projekteerimisel nähtavate külgservade esiprojektsioonid.

Rõhtlõik *b'e'* on prisma ülemise põhja esiprojektsioon, lõik *l'p'* aga prisma alumise põhja esiprojektsioon.

Paneme tähele, et nimetatud alumise põhja projektsioon ühtib *X*-teljega, sest prisma alumine põhi toetub (ülesande tingimuse kohaselt) põhiprojektsioonipinnale.

Antud prisma kolmanda projektsiooni, s. t. külgvaate (joon. 10, *d* ja *e*) joonestame eespool (joon. 9, *d*) käsitletud viisil sirkli abil.

Joonisel 10, *f* on antud kuusnurkse prisma valmis joonis kolmes vaates.

IV. Joonise lugemise näiteid.

Prisma põhjade ja tahkude asendi määramine joonise järgi. Joonisel 11, *a* (vt. tabelit) on toodud detaili joonis kolmes vaates (projektsioonis): eest-, pealt- ja külgvaatena. Antud joonise lugemise kergendamiseks on sama detail joonisel 11, *b* kujutatud näitlikult. Nagu näha, kujutab antud detail endast korrapärast viisnurkset prismat. Punased nooled näitavad eestvaate, sinised pealtvaate, rohelised aga külgvaate projekteerimise suunda.

Siirdume nüüd joonistel 11, *c, d, e* ja *f* kujutatud detaili ortogonaalprojektsioonide ja näitliku kujutise juurde ning vaatleme detaili tahkude ja põhjade asetust projektsioonipindade ja projekteerija suhtes.

Joonisel 11, *c* toodud eestvaates on üks detaili kolmest esitahust (tähendab projekteerimisel nähtavatest) ja nimelt keskmine esitahk, kujutatud ristkülikuna ja tinglikult esile tõstetud helepunase värviga.

Pealtvaates on sama tahk kujutatud sama värvi rõhtlõiguna, mis on paralleelne *X*-teljega. Külgvaates on seesama tahk kujutatud helepunase ristlõiguna, mis on paralleelne *Z*-teljega.

Öeldust võime teha järgmised järeldused.

1. Kui detaili antud tahk on pealtvaates või külgvaates kujutatud sirglõiguna, siis on ta risti vastavalt põhi- või külgprojektsioonipinnaga.
2. Kui antud tahku kujutav sirglõik on pealtvaates või külgvaates paralleelne vastava projektsioonitelgedega (*X* või *Z*), siis see tahk on paralleelne esiprojektsioonipinnaga.
3. Kui tahk on paralleelne esiprojektsioonipinnaga, siis annab tema kujutis eestvaates (helepunane ristkülik) edasi antud tahu tegeliku suuruse.

Erinev asend esitasapinna suhtes on prisma kahel teisel esitahul, ja nimelt eesmisel vasakul ja eesmisel paremal, mis eestvaatel (joonis 11, *c*) on kujutatud ristkülikutena ning tinglikult esile tõstetud tumepunase värviga.

Nimetatud kaks tahku, mis pealtvaates on kujutatud tumepunaste sirglõikudena, pole paralleelsed ei *X*- ega *Y*-teljega.

Külgvaatel on vasak esitahk kujutatud tumepunase ristküliku kujul. Parempoolse esitahu kujutis külgvaates ühtib vasakpoolse esitahu kujutisega.

Öeldust võime teha järgmised järeldused.

1. Kui mõlemad tahud pealtvaates on kujutatud sirglõikudena, siis on need tahud risti põhitasapinnaga.
2. Kui sirglõigud, mis kujutavad mõlemaid tahke pealtvaates, pole paralleelsed ei *X*- ega *Y*-teljega, siis ei ole need tahud paralleelsed ei esi- ega külgprojektsioonipinnaga.
3. Kui tahud pole paralleelsed ei esi- ega külgprojektsioonipinnaga, siis nende kujutised eest- ja külgvaates (tumepunased ristkülikud) ei anna edasi nimetatud tahkude tegelikku suurust.

Seega tegime kindlaks, et keskmine esitahk on risti kahe projektsioonipinnaga, ja nimelt põhi- ja külgprojektsioonipinnaga (vt. helepunaseid sirglõike pealt- ja külgvaates), kuna kaks ülejäänud esitahku, nimelt vasakpoolne ja parempoolne esitahk, on risti vaid ühe projektsioonipinna, ja nimelt põhiprojektsioonipinna suhtes (vt. tumepunaseid sirglõike pealtvaatel).

Vaatleme nüüd detaili mõlemate põhjade asetust projektsioonipindade suhtes.

Detaili ülemine (tähendab projekteerimisel nähtav) põhi on kujutatud pealtvaates (joon. 11, *d*) korrapärase viisnurgana ning tinglikult esile tõstetud sinise värviga, kuna eest- ja külgvaates on sama põhi kujutatud siniste sirglõikudena.

Detaili alumise (projekteerimisel nähtamatu) põhja kujutis (joonis 11, *d*) ühtib pealtvaates ülemise põhja kujutisega. Eest- ja külgvaates on alumine põhi kujutatud musta rõhtlõigu abil.

Öeldust võime teha järgmised järeldused.

1. Kui detaili ülemine (ja alumine) põhi on eest- või külgvaates kujutatud sirglõikudena, siis on ta risti vastavalt esi- või külgprojektsioonipinnaga.

2. Kui detaili ülemist põhja kujutav sirglõik on eest- või külgvaates paralleelne vastava projektsiooniteljega (*X* või *Y*), siis on ülemine põhi paralleelne põhiprojektsioonipinnaga.

3. Kui detaili ülemine põhi on paralleelne põhiprojektsioonipinnaga, siis tema kujutis pealtvaates on korrapärane hulknurk (sinise värvusega) ning annab edasi põhja tegeliku suuruse.

Vaatleme nüüd detaili külgtahkude asendit.

Detaili üks külgtahkudest (projekteerimisel nähtavatest) (joon. 11, *e*), ja nimelt parempoolne, on kujutatud eestvaates ristkülikuna ning tinglikult tähistatud tumerohelise värviga.

Pealtvaates on sama tahk kujutatud tumerohelise sirglõiguna, mis pole paralleelne *X*- ega *Y*-teljega. Külgvaates on see tahk kujutatud tumerohelise ristkülikuna.

Detaili teine külgtahk, ja nimelt vasak, on kujutatud pealtvaates helerohelise sirglõiguna, mis pole paralleelne ei *X*- ega *Y*-teljega. Eestvaate projekteerimisel on see tahk nähtamatu, kuna külgvaates on ta kujutatud helerohelise ristkülikuna.

Öeldust võime teha järgmised järeldused.

1. Kui detaili mõlemad külgtahud on pealtvaates kujutatud sirglõikudena, siis need tahud on risti põhiprojektsioonipinnaga.

2. Kui sirglõigud, mis kujutavad mõlemaid tahke pealtvaates, pole paralleelsed ei *X*- ega *Y*-teljega, siis ka tahud ise ei ole paralleelsed ei külg- ega esiprojektsioonipinnaga.

3. Kui mõlemad tahud pole paralleelsed ei esi- ega külgprojektsioonipinna suhtes, siis ka nende kujutised — tumeroheline ristkülik eest- ja külgvaates ning helerohelise ristkülik külgvaates — ei anna edasi nimetatud tahkude tegelikku suurust.

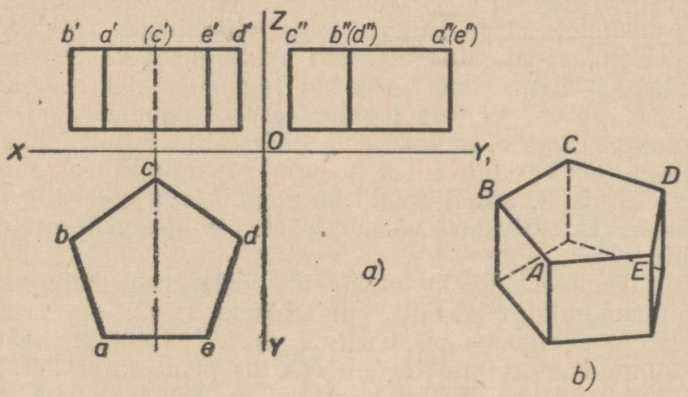
Prisma servade asetuse ja pikkuse määramine joonise järgi. Vaatleme joonisel 11, *f* antud detaili külgservade asetust projektsioonipindade suhtes. Nagu juba tähendatud, on detailil korrapärase viisnurkse prisma kuju.

Eest- ja külgvaates on detaili kõik külgservad kujutatud punaste sirglõikudena, kusjuures projekteerimisel nähtamatud servad on eestvaates kujutatud kriipsjoontena (punased). Detaili ortogonaalprojektsioonide järgi teeme kindlaks, et kõik tema külgservad on

paralleelsed kahe projektsioonipinna, ja nimelt esi- ning külgprojektsioonipinna suhtes, sest külgservi kujutavad sirglõigud on paralleelsed *Z*-teljega. Järelikult annavad need sirglõigud esi- ja külgprojektsioonipinnal edasi külgservade tõelise pikkuse, s. t. nad on võrdsed servade tegeliku pikkusega. Nende sirglõikudega määratakse detaili külgtahkude tõeline suurus ja järelikult ka detaili tegelik kõrgus.

Detaili külgservad, olles paralleelsed kahe projektsioonipinnaga, nimelt esi- ja külgprojektsioonipinnaga, on samal ajal risti kolmanda projektsioonipinnaga — põhiprojektsioonipinnaga, sest nende kujutised pealtvaates on punktid — viisnurga tippudeks (mis tinglikult on samal joonisel 11, *f* kujutatud punaste punktidena).

Vaatleme nüüd detaili ülemiste rõhtservade asetust projektsioonipindade suhtes. Joonisel 12, *b* on nendeks servadeks *AB, BC, CD, DE* ja *EA*.



Joon. 12.

Detaili ortogonaalprojektsioonide (joon. 12, *a*) järgi teeme kindlaks, et üks detaili viiest servast, nimelt serv *AE*, on paralleelne kahe projektsioonipinnaga, ja nimelt põhi- ning esiprojektsioonipinnaga, sest selle serva kujutis — lõik *a'e'* eestvaates ja lõik *ae* pealtvaates — on paralleelsed *X*-teljega. Järelikult annavad need sirglõigud nii eest- kui ka pealtvaates edasi serva tegeliku pikkuse, s. t. nad on servaga võrdse pikkusega. Kolmanda projektsioonipinna — külgprojektsioonipinna suhtes on antud serv risti, sest tema kujutiseks külgvaates on punkt *a''(e'')*.

Ülejäänud neli ülemist rõhtserva pole paralleelsed ei esi- ega külgprojektsioonipinna suhtes, sest pealtvaates neid kujutavad lõigud *ab, bc, cd* ja *de* pole paralleelsed ei *X*- ega *Y*-teljega. Tähendab, nende servade projektsioonid — lõigud *a'b', b'(c'), (c')d'* ja *d'e'* esiprojektsioonipinnal ning lõigud *a''b'', b''c'',*

$c''(d'')$ ja $(d'')(e'')$ külgprojektsioonipinnal — ei anna edasi servade tegelikku pikkust.

Samal ajal on need servad paralleelsed põhiprojektsioonipinnaga, sest nende projektsioonid esi- ja külgprojektsioonipinnal on paralleelsed X- ja $Y(Y_1)$-teljega. Tähendab, ainult nende kujutised pealtvaates, s. t. lõigud *ab, bc, cd* ja *de* (viisnurga küljed), annavad edasi nimetatud servade tegeliku pikkuse, s. t. nad on servadega võrdsed.

Seega tegime kindlaks, et erinevalt servast *AE*, mis on paralleelne kahe projektsioonipinna, nimelt esi- ja põhiprojektsioonipinnaga, on ülejäänud neli serva paralleelsed vaid ühe projektsioonipinna — põhiprojektsioonipinna suhtes.

Detaili alumistel rõhtservadel on projektsioonipindade suhtes samad asendid, mis neile vastavatel ülemistel servadel, sest pealtvaates (joon. 12, *a*) alumiste rõhtservade projektsioonid ühtivad ülemiste projektsioonidega.

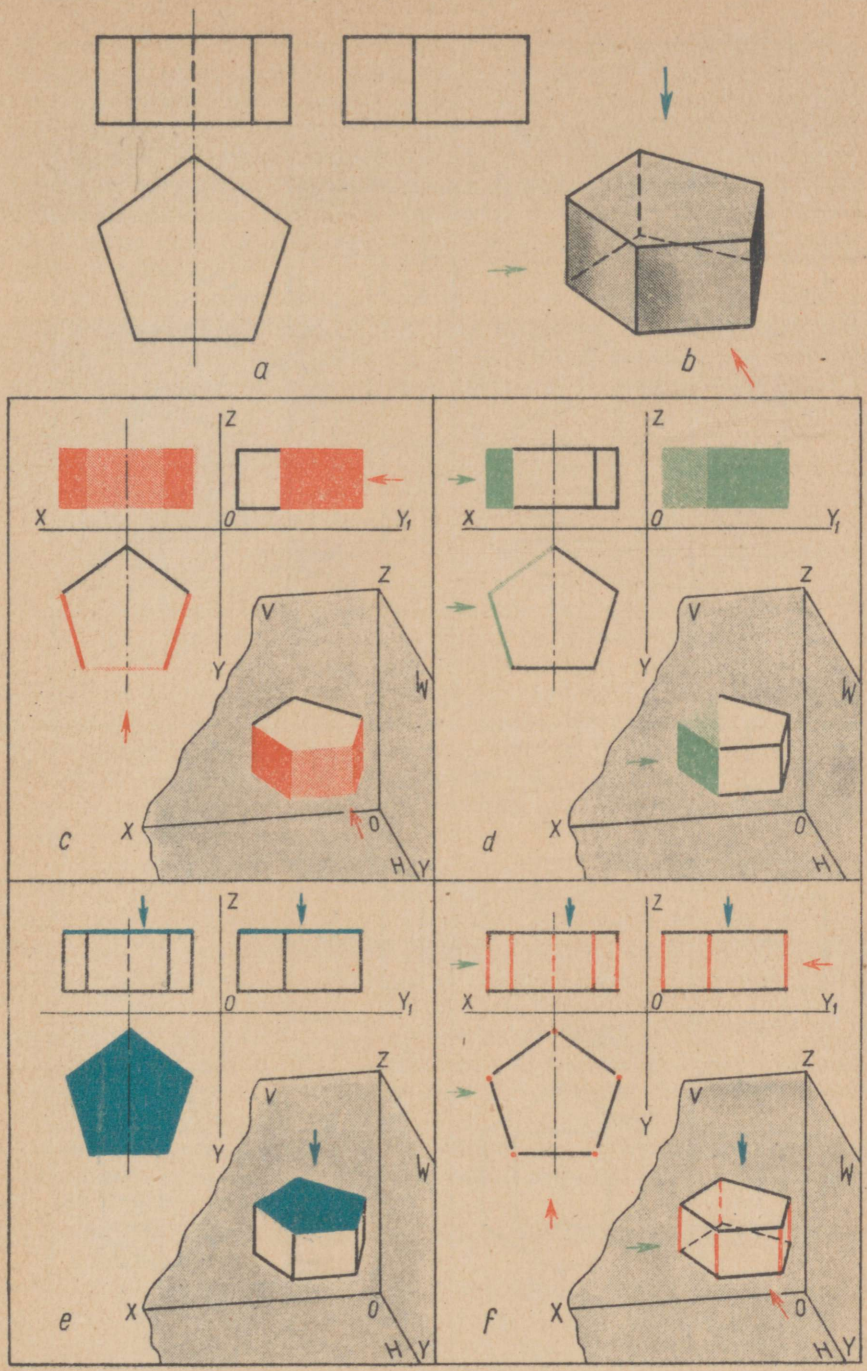
Prisma külgtahkude tegeliku suuruse määramine joonisel tema külgservade mõõtmete järgi. Selleks, et joonisel antud prisma külgservade mõõtmete järgi määrata tema külgtahkude tegelikku suurust, tuleb kõigepealt kindlaks teha, missuguses vaates vastavate külgservade projektsioonid esinevad tegelikus pikkuses, s. t. on võrdsed servadega. Näiteks tegime eespool kindlaks, et kõikide külgservade kujutised, millede abil määratakse detaili tahkude kõrgus nii eest- kui ka külgvaates (joon. 11, *f*) on pikkuselt servadega võrdsed. Järelikult, antud detaili külgtahu kõrguse tegelik väärtus määratakse kas eestvaates või külgvaates külgservade projektsioonide abil.

Samuti tegime kindlaks, et kõikide rõhtservade kujutised, millede abil määratakse detaili külgtahkude laius, on pealtvaates (joon. 12, *a*) servadega pikkuselt võrdsed. Järelikult määratakse detaili külgtahkude laiuse tegelik väärtus pealtvaates antud rõhtservade kujutiste abil. Külgtahu laiust on võimalik määrata ka eestvaatest, kuid ainult selle rõhtserva kujutise (projektsiooni) järgi, mis pikkuselt on servaga võrdne, s. t. lõigu $a'e'$ (joon. 12, *a*) järgi.

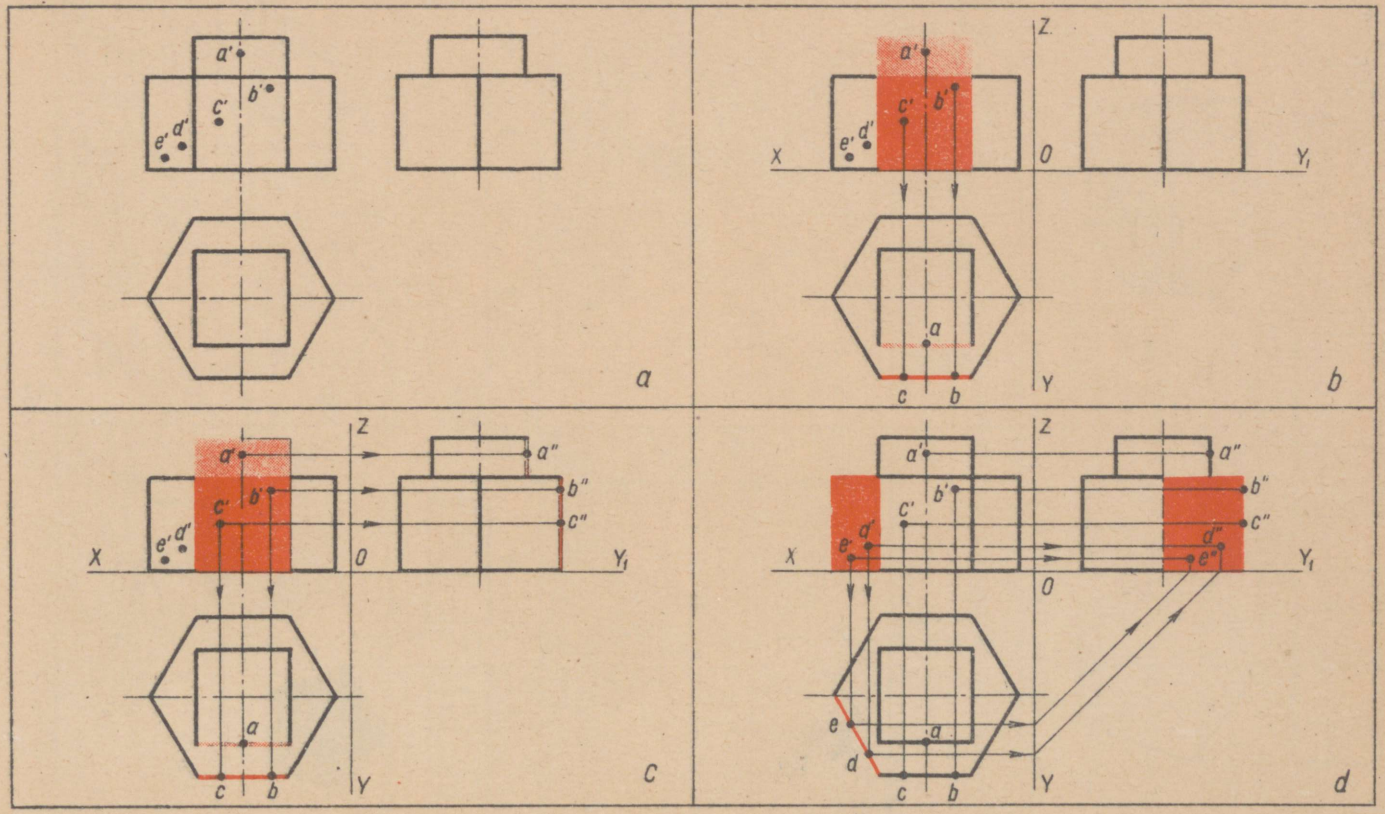
Prisma pinnale kantud punktide projektsioonide määramine joonise järgi. Joonisel 13, *a* (vt. tabelit) on toodud detaili joonis kolmes vaates: eest-, pealt- ja külgvaates. Detailiks on liitkeha, mis on saadud korrapärase nelinurkse prisma (detaili ülemine osa) korrapärase kuusnurkse prisma (detaili alumine osa) liitmisel. Detaili esipindadele (tahkudele), mis projekteerimisel on nähtavad, on kantud punktid *A, B, C, D* ja *E* (joon. 13, *a* on antud ainult nende esiprojektsioonid a', b', c', d' ja e').

Joonise järgi tuleb nüüd määrata, kas antud detaili pinnale kantud punktid asetsevad meist võrdsel või erineval kaugusel, ning kui erineval kaugusel, siis missugune nendest on meile lähemal.

Määrame esmalt, kasutades selleks peale eestvaate veel mõnda muud vaadet, näiteks pealtvaadet, detaili pindade teised projekt-



Joon. 11



Joon. 13

sioonid, milledele on kantud *A*, *B* ja *C*, ja samade punktide vastavad projektsioonid. Detaili pind, millele on kantud punkt *A*, on eestvaates kujutatud ristkülikuna (joon. 13, *b*), mis tinglikult on näidatud helepunase värviga. Pealtvaates on ta kujutatud helepunase sirglõiguna. Tähendab, punkti *A* teine, s. t. põhiprojektsioon *a* asetseb sellel sirglõigul. Seejuures asetseb vaadeldav pind risti põhiprojektsioonipinna suhtes (projekteerub sellele sirglõiguna) ja on paralleelne esiprojektsioonipinnaga (sirglõik on pealtvaates paralleelne *X*-teljega).

Pind, millele on kantud punktid *B* ja *C*, on eestvaates kujutatud ristkülikuna (joonis 13, *b*), mis tinglikult on näidatud tumepunase värviga. Pealtvaates on ta kujutatud tumepunase sirglõiguna. Tähendab, punktide *B* ja *C* teised, s. t. põhiprojektsioonid *b* ja *c* asetsevad sellel sirglõigul. Seejuures on see pind risti põhiprojektsioonipinna suhtes (projekteerub sellele sirglõiguna) ja on paralleelne esiprojektsioonipinnaga (sirglõik on pealtvaates paralleelne *X*-teljega.

Nüüd, olles kindlaks teinud kahes vaates detaili külgpinnad, milledele on kantud punktid *A*, *B* ja *C* ning samuti ka nimetatud punktide projektsioonid, on kerge määrata nende pindade, ja järelikult ka nendele kantud punktide asend projekteerija suhtes.

Näiteks asetseb pealtvaates (joon. 13, *b*) helepunane sirglõik *X*-teljele lähemal kui tumepunane sirglõik. See tähendab, et pind, millele on kantud punkt *A*, ja seega ka punkt *A* ise, on *X*-teljele ja ühtlasi ka esiprojektsioonipinnale lähemal, ja järelikult projekteerijast kaugemal kui pind, millele on kantud punktid *B* ja *C*. Seejuures mõlemad viimased, olles meile lähemal, on samal ajal meist võrdsel kaugusel, sest pind, millele nad on kantud, on paralleelne esiprojektsioonipinnaga.

Antud detaili pindade ja nendele kantud punktide asendit on võimalik määrata mitte ainult käsitletud kahe vaate põhjal, vaid ka eest- ja külgvaate abil. Näiteks (joon. 13, *c*) pind, millele on kantud punkt *A*, on külgvaates kujutatud *Z*-teljega paralleelse sirglõiguna. Punkti *A* külgprojektsioon *a″* asetseb sellel sirglõigul. Teine pind, millele on kantud punktid *B* ja *C*, on külgvaates kujutatud tumepunase ja *Z*-teljega paralleelse sirglõiguna. Punktide *B* ja *C* külgprojektsioonid *b″* ja *c″* asetsevad sellel sirglõigul. Seejuures on helepunane sirglõik külgvaates *Z*-teljele lähemal kui tumepunane sirglõik; see tähendab, et helepunane pind ja seega ka sellele kantud punkt *A*, on *Z*-teljele ning ühtlasi ka esiprojektsioonipinnale lähemal, ja järelikult projekteerijast kaugemal kui tumepunane pind, millele on kantud punktid *B* ja *C*.

Vaatleme nüüd ülejäänud punktide (*D* ja *E*) asendit projekteerija suhtes.

Eestvaatel (joon. 13, *d*) on pind, millel asetsevad mõlemad punktid, kujutatud ristkülikuna ning tinglikult näidatud tumepunase värviga, kuna pealtvaatel on see pind kujutatud tumepunase sirglõiguna. Tähendab, punktide *D* ja *E* põhiprojektsioonid

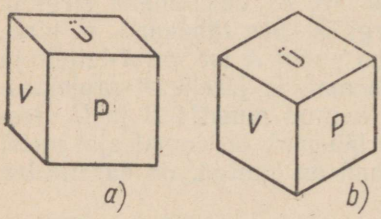
d ja *e* asetsevad sellel sirglõigul. Vastandada näiteks pealtvaates (joon. 13, *d*) kõikide antud viie punkti asendid *X*-telje suhtes (või, mis on sama, esiprojektsioonipinna suhtes), leiame, et punkt *E* asetseb *X*-teljele lähemal (tähendab ka esiprojektsioonipinnale lähemal) ja järelikult projekteerijast kaugemal kui ülejäänud neli punkti. Samal ajal asetsevad punktid *B* ja *C* *X*-teljest kaugemal (tähendab kaugemal ka esiprojektsioonipinnast) ja järelikult on nad projekteerijale lähemal kui ülejäänud kolm punkti.

Sel viisil tegime kindlaks, et detaili pindadele kantud punktid *A, B, C, D* ja *E* asetsevad meist mitte võrdsel, vaid erineval kaugusel. Seejuures on viiest punktist punktid *B* ja *C* projekteerijale kõige lähemal, punkt *E* aga kõige kaugemal.

B. ISOMEETRIA

ISOMEETRIA MÕISTE

Isomeetria (ka isomeetriline ristaksonomeetria), samuti nagu meile tuntud kabinetprojektsioon, annab näitliku ettekujutuse esemest. Joonisel 14 on kõrvutatud kuubi kaks näitlikku kujutist, milledest üks on valmistatud kabinetprojektsioonis (joon. 14, *a*), teine aga isomeetrilises projektsioonis (joon. 14, *b*).



Joon. 14.

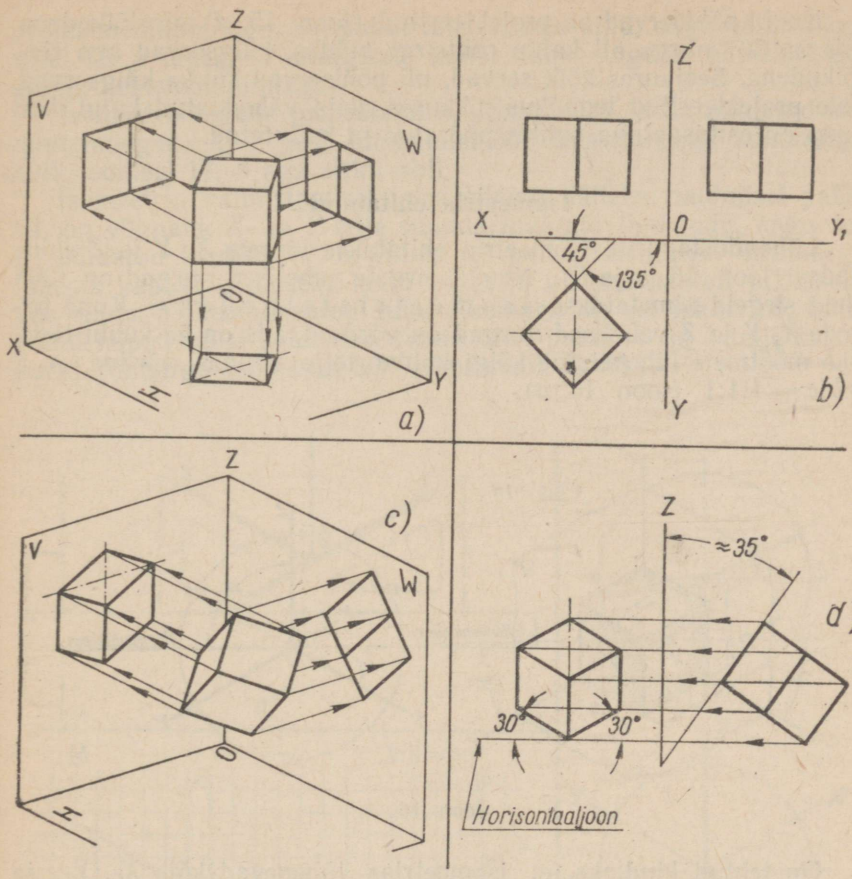
Mõlemate näitlike kujutiste võrdlemisel näeme, et nii isomeetria kui ka kabinetprojektsioon võimaldavad kuubi ruumilist kujutamist ühes vaates, sest nad peegeldavad eseme kolme mõõdet (pikkus, laius ja kõrgus) ühelainsal projektsioonil. See annab kergesti üldise ruumilise ettekujutuse eseme vormist. Selles seisabki isomeetria sarnasus kabinetprojektsiooniga.

Jatkates kuubi mõlemate näitlike kujutiste võrdlemist, võime kindlaks teha isomeetria ja kabinetprojektsiooni erinevused.

Isomeetria korral on kuubi külgtahk *P* kujutatud rombina, seega moonutatuna, kuna kabinetprojektsioonis on sama külgtahk kujutatud ruuduna, seega moonutamata.

Edasi on kerge tähele panna, et kuubi teiste külgtahkude moonutusaste on kummagi projekteerimise viisi juures isesugune. Kui tähtedega *V* ja *Ü* tähistatud kuubi külgtahud on isomeetrilise projektsiooni puhul kujutatud samuti rombidena, siis kabinetprojektsiooni puhul on nimetatud tahkudel rööpküliku kuju.

Isomeetria ülalnimetatud erinevus kabinetprojektsioonist tekib seetõttu, et tema ehitamisele asetatakse ese projektsioonipinna ja projekteerija silma vahele teisiti kui kabinetprojektsiooni valmistamisel. Peale selle — projekteerivad kiired on suunatud projekt-



Joon. 15.

sioonipinnale täisnurga all, mitte teravnurga all nagu kabinetprojektsiooni puhul.

Joonisel 15 on näitena toodud kuubi isomeetria saamine. Seejuures on täidetud järgmised operatsioonid:

a) esmalt on kuup pööratud selliselt (joon. 15, *a* — näitlik kujutis, joonis 15, *b* — isomeetria), et tema külgtahud moodustavad esiprojektsioonipinnaga 45° (135°) nurga;

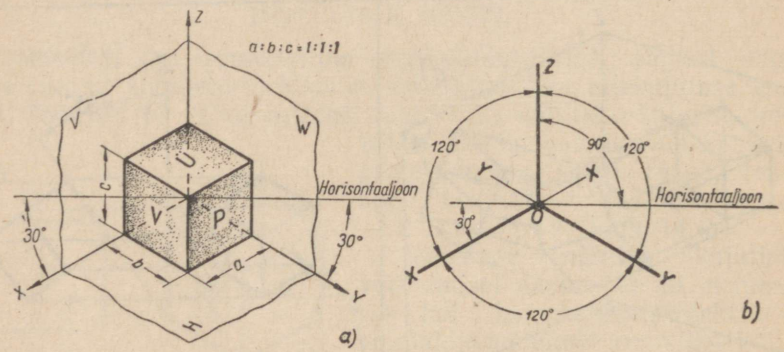
b) seejärel on kuup kallutatud selliselt (joon. 15, *c* — näitlik kujutis, joonis 15, *d* — isomeetria), et tema külgservad on 35° nurga all kaldu esiprojektsioonipinna suhtes;

c) pärast kuubi pööramist ja kallutamist projekteeriti teda esiprojektsioonipinnale projekteerivate kiirte abil, mis on risti selle pinnaga, ja seetõttu viimasel saadi kuubi kujutis isomeetrilises projektsioonis.

Kuubi põhiservad on projekteeritud (joon. 15, *d*) sirglõikudena, mis on 30° nurga all kaldu rõhtsirge suhtes, külgservad aga ristlõikudena. Seejuures kõik servad, nii põhiservad kui ka külgservad, pole projekteeritud tegelikus pikkuses, vaid vähendatud kujul, sest kuup on esitasapinna suhtes pööratud ja kallutatud.

Isomeetria ehitamine.

Lühendustegurid. Isomeetria ehitatakse sirgete *X*, *Y* ja *Z* suundades (joon. 16, *a* ja *b*). Nende sirgete vahelised nurgad on 120°. Neid sirgeid nimetatakse isomeetriatelgedeks. Kuna telgede *X*, *Y* ja *Z* vahelised nurgad on võrdsed, siis on ka kuubi tegelike mõõtmete lühenemine kõigi kolme telje suunas võrdne, s. t. $a:b:c = 1:1:1$ (joon. 16, *a*).



Joon. 16.

On tehtud kindlaks, et isomeetrias lühenevad kõik *X*-, *Y*- ja *Z*-teljega paralleelsed mõõtmed tegelikega võrreldes 0,82 korda (täpsemalt 0,816 korda). Suurust 0,82 nimetatakse moonutus- ehk lühendusteguriks. Seega tuleb esemest täpse isomeetrilise kujutise valmistamisel kõiki tema tegelikke mõõtmeid vähendada 0,82 korda.

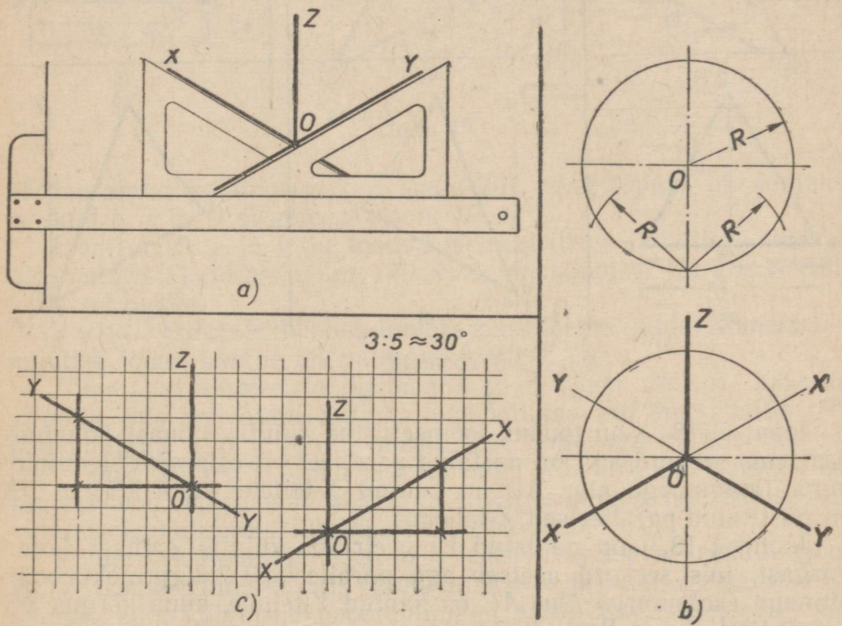
Isomeetriat võib ehitada ka tegelike mõõtmete järgi, s. t. neid lühendamata. Sel puhul on isomeetriline kujutis tõelisest kujutisest veidi suurem, ja nimelt 1,22 (100:82) korda. Joonestamise lihtsustamiseks jätame edaspidi mõõtmed lühendamata ning kanname telgedele ja nendega paralleelsetele sirgetele kujutatava eseme tegelikud mõõtmed.

Edasises käsitluses — ruumis asetseva eseme asendi selgitamisel ning samuti ka isomeetrias kujutatud jooniste lugemisel ja nende valmistamisel, loeme eseme sellised pinnad, nagu näiteks joonisel 16, *a* tähega *P* märgitud kuubi tahk, asetatuks paralleelselt esiprojektsioonipinnaga, kuna niisugused pinnad, nagu näiteks samal joonisel tähega *U* märgitud tahk, asetatuks paralleelselt põhi-

projektsioonipinnaga. Sel puhul tuleb eseme pind, nagu näiteks joonisel 16, *a* tähega *V* märgitud kuubi tahk, lugeda paralleelseks külgprojektsioonipinnaga.

Isomeetriatelgede joonestamine. Joonisel 17, *a* on näidatud isomeetriatelgede *X, Y* ja *Z* tõmbamist 30° teravnurgaga kolmnurga abil, joonisel 17, *b* aga sirkli abil.

Isomeetria valmistamisel vaba käega, näiteks ruudulisel paberil, on võimalik *X*- ja *Y*-telje suunda määrata ligikaudu, nagu see on näidatud joonisel 17, *c*, võttes sel puhul täisnurkse kolmnurga lühema kaateti pikkuseks kolm ruutu ja pikema kaateti pikkuseks viis ruutu. Lühema kaateti suhe pikemaga on sel juhul 3:5, mille puhul hüpotenuusi kaldenurk (meie näite puhul *X*- ja *Y*-telje kaldenurk) rõhtsirge suhtes on 30° (täpsemalt 30°58′).

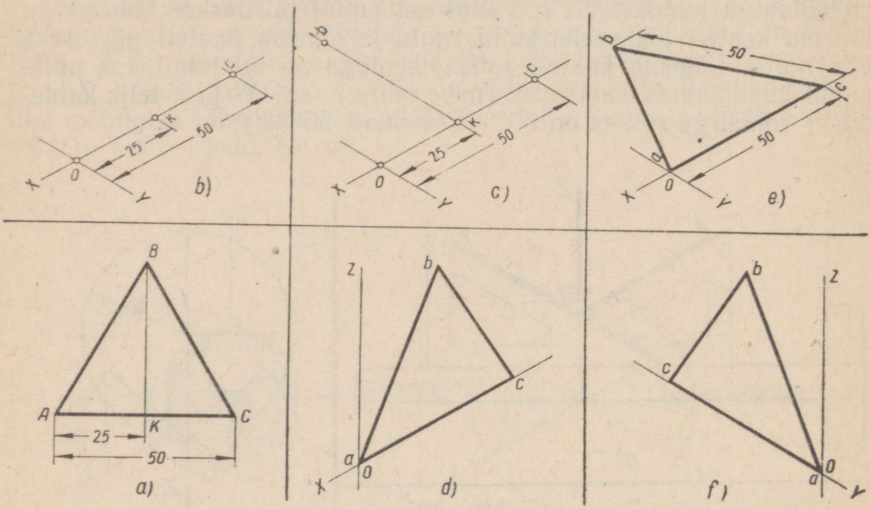


Joon. 17.

Tasapinnaliste kujundite — hulknurkade joonestamine isomeetrias. Kolmnurk. Esimene juhtum. Antud on võrdkülgne kolmnurk *ABC* (joon. 18, *a*) külje pikkusega 50 *mm*. Teha isomeetriline kujutis antud kolmnurgast, kui ta asetseb paralleelselt põhiprojektsioonipinnaga. Ülesanne lahendatakse järgmiselt. Esmalt tõmmatakse isomeetriateljed *X* ja *Y* (joon. 18, *b*), mille järel punktist *O* kantakse *X*-teljele lõik *Oc*, mis võrdub antud kolmnurga külje *AC* pikkusega (s. o. 50 *mm*). Järgnevalt jaotatakse lõik *Oc* punktis *k* kaheks võrdseks osaks (kumbki 25 *mm*), s. t. täpselt samuti

nagu joonisel 18, *a* kolmnurga *ABC* kõrgus *BK* jaotab külje *AC* punktis *K*.

Seejärel tõmmatakse läbi punkti *k* (joon. 18, *c*) *Y*-teljega paralleelne sirge, millele punktist *k* kantakse lõik *kb*, mis on võrdne antud kolmnurga kõrgusega *BK*, mille järel punktid *b*, *O* ja *c* ühendatakse sirgetega (joon. 18, *d*). Saadud kujund *abc* ongi põhiprojektsioonipinnaga paralleelse kolmnurga *ABC* isomeetriline kujutis.



Joon. 18.

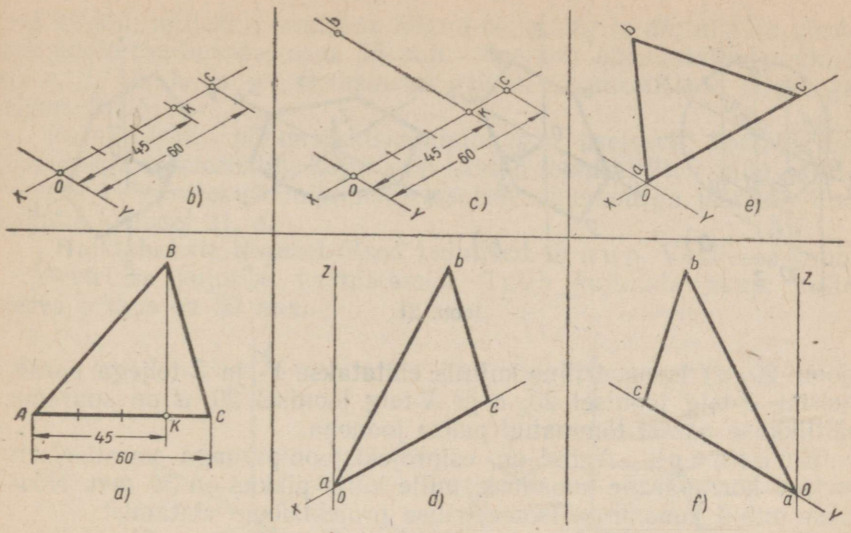
Joonisel 18, *e* on toodud isomeetriline kujutis samast kolmnurgast, mis seekord aga on asetatud paralleelselt esiprojektsioonipinnaga (kolmnurga alus *AC* on kantud *X*-teljele, kuna kõrgus *BK* on püstitatud paralleelselt *Z*-teljega).

Joonisel 18, *f* on näidatud isomeetriline kujutis samast kolmnurgast, mis seekord asetseb aga paralleelselt külgprojektsioonipinnaga (kolmnurga alus *AC* on kantud *Y*-teljele, kuna kõrgus *BK* on püstitatud paralleelselt *Z*-teljega).

Teine juhtum. Antud on kolmnurk *ABC* (joon. 19, *a*). Joonestada isomeetriline kujutis antud kolmnurgast *ABC* (joon. 19, *a*), kujutades teda asetatuna paralleelselt põhiprojektsioonipinnaga.

Joonestamise käik on analoogiline joonisel 18, *b*, *c* ja *d* näidatule. Esmalt tõmmatakse antud kolmnurga tipust *B* (joon. 19, *a*) ristsirge kolmnurga alusele *AC*, mis punktis *K* jaotab viimast teatud vahekorras (antud juhul 1:4).

Seejärel jaotatakse lõik *Oc* joonisel 19, *b* samas vahekorras, ning läbi saadud jaotuspunkti *k* (joon. 19, *c*) tõmmatakse *Y*-teljega paralleelne sirge. Edasi kantakse sellele sirgele lõik *kb*, mis on



Joon. 19.

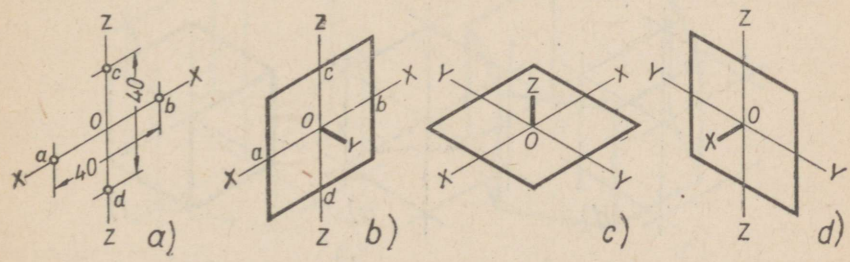
võrdne antud kolmnurga kõrgusega *BK*, ning lõpuks ühendatakse punktid *b, c* ja *O* sirgetega (joon. 19, *d*).

Joonisel 19, *e* ja *f* on toodud isomeetrilised kujutised samast kolmnurgast, kuid asendites, mis vastavad joonisel 18, *e* ja *f* käsitletud juhtudele.

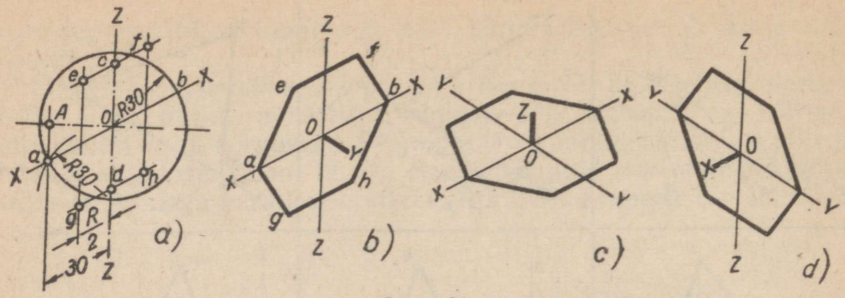
R u u t. Esiprojektsioonipinnaga paralleelse ruudu isomeetrilise kujutise joonestamine on näidatud joonisel 20.

Tõmmatud isomeetriatelgedele *X* ja *Z* (joon. 20, *a*) kantakse sirglõik, mis on võrdne antud ruudu küljega (40 *mm*), mille järel läbi punktide *a, b, c* ja *d* joonestatakse telgedega paralleelsed sirged (joon. 20, *b*). Saadud kujutis ongi antud ruudu isomeetriline projektsioon. Käsitletud näites on *Y*-telg suurema näitlikkuse saavutamiseks kujutatud lühikese paksu joonena.

Põhiprojektsioonipinnaga paralleelselt asetseva ruudu (joon. 20, *c*) isomeetriline kujutis valmistatakse *X*- ja *Y*-teljega paralleelses suunas, kuna külgprojektsioonipinnaga paralleelselt asetseva ruudu



Joon. 20.



Joon. 21.

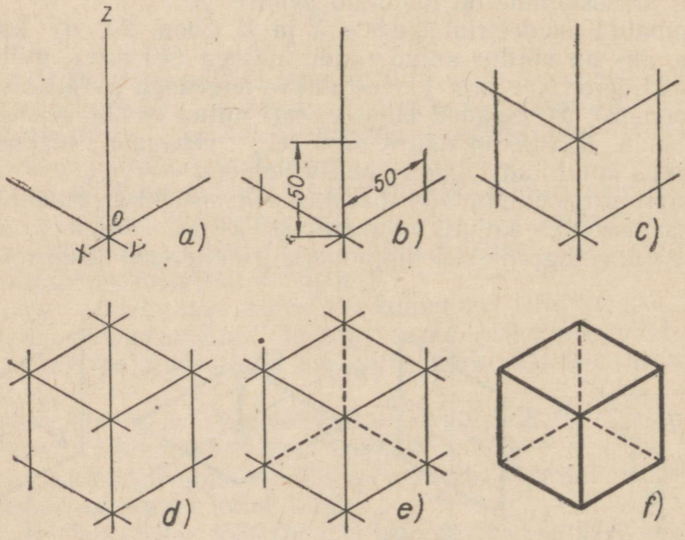
(joon. 20, *d*) isomeetriline kujutis ehitatakse *Y*- ja *Z*-teljega paralleelselt. *Z*-telg joonisel 20, *c* ja *X*-telg joonisel 20, *d* on suurema näitlikkuse pärast tõmmatud paksu joonena.

Kuusnurk. Antud on esiprojektsioonipinnaga paralleelselt asetsev korrapärane kuusnurk, mille külje pikkus on 30 *mm*. Nõutakse antud kuusnurga isomeetrilise projektsiooni ehitamist.

Esmalt tõmmatakse isomeetriateljed *X* ja *Z* (joon. 21, *a*), seejärel tõmmatakse tsentrist *O* abiringjoon, mille raadius võrdub antud kuusnurga külje pikkusega, s. o. 30 *mm*, ning mis lõikab *X*-telge punktides *a* ja *b*.

Edasi on läbi punkti *a* tõmmatud *Z*-teljega paralleelne sirge, mis lõikab abiringjoone rõhttelje kriipspunktjoont punktis *A*. Seejärel kantakse *Z*-teljele lõigud $Oc = OA$ ja $Od = OA$.

Järgnevalt tõmmatakse läbi punktide *c* ja *d* *X*-teljega paralleel-

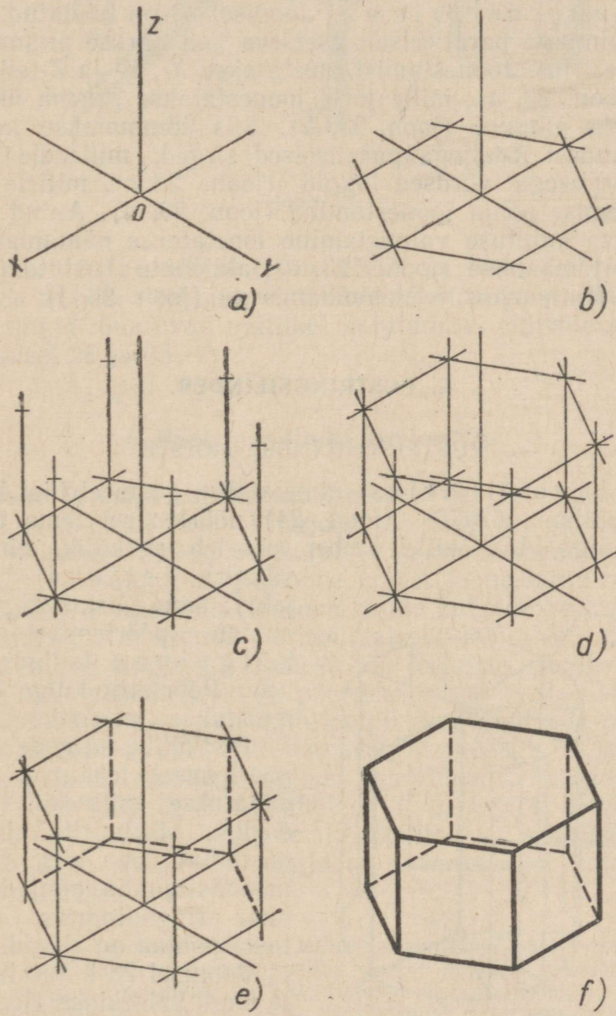


Joon. 22.

sed sirged, milledele kantakse lõigud *ce, cf, dg* ja *dh,* mis on võrdsed poole raadiusega, s. o. 15 *mm.* Seejärel ühendatakse punktid *a, e, f, b, h* ja *g* (kuusnurga tipud isomeetrias) sirgetega (joon. 21, *b*).

Paralleelselt põhiprojektsioonipinnaga asetseva korrapärase kuusnurga isomeetriline kujutis on toodud joonisel 21, *c* ning paralleelselt külgprojektsioonipinnaga asetseva kuusnurga isomeetriline kujutis joonisel 21, *d.*

Hulktahukate isomeetrilised kujutised. K u u p. Vaatleme kuubi isomeetrilise kujutise valmistamist. Tuleb kujutada kuup, mille serva pikkus on 50 *mm.*



Joon. 23.

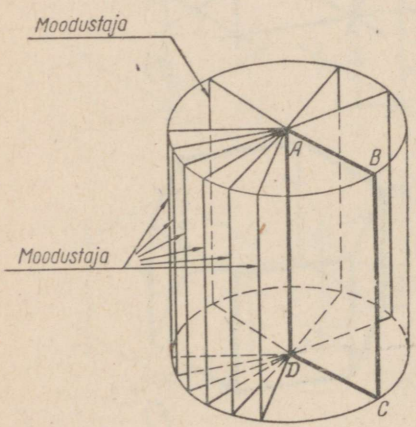
Joonestamist alustatakse (joon. 22, *a*) *X*-, *Y*- ja *Z*-telje tõmbamisega peenjoontena, mille järel nendele kantakse antud kuubi serva pikkusega võrdsed sirglõigud, s. o. 50 *mm* (joon. 22, *b*). Järgnevalt (joon. 22, *c*) ehitatakse *X*- ja *Z*-teljele ning nendega paralleelsetele sirgetele kuubi parempoolne külgtahk ja *Y*- ja *Z*-teljele ning nendega paralleelsetele sirgetele kuubi vasakpoolne külgtahk. Seejärel joonestatakse paralleelselt *X*- ja *Y*-teljega kuubi ülemine tahk (joon. 22, *d*). Kuubi nähtamatud kontuurjooned on tõmmatud kriipsjoontega (joonis 22, *e*). Pärast kuubi isomeetrilise kujutise konstrueerimist kustutatakse kõik abijooned ning tõmmatakse üle nähtavad kontuurjooned (joon. 22, *f*).

K u u s n u r k n e p r i s m a. Joonisel 23 on näidatud põhiprojektsioonipinnaga paralleelselt asetseva kuusnurkse prisma kujutamist isomeetrias. Joonestamist alustatakse *X*-, *Y*- ja *Z*-telje tõmbamisega (joon. 23, *a*), mille järel joonestatakse prisma üks põhjadest, näiteks alumine (joon. 23, *b*). Siis tõmmatakse kuusnurga põhja tippudest *Z*-teljega paralleelsed sirged, milledele kantakse prisma kõrgusega võrdsed lõigud (joon. 23 *c*), millele järgneb prisma ülemise põhja joonestamine (joon. 23, *d*). Antud prismast isomeetrilise kujutuse valmistamine lõpetatakse nähtamatute kontuurjoonte tõmbamise (joonis 23, *e*), abijoonte kustutamise ning nähtavate kontuurjoonte ületõmbamisega (joon. 23, *f*).

C. PÜSTRINGSILINDER.

PÜSTRINGSILINDRI MÕISTE

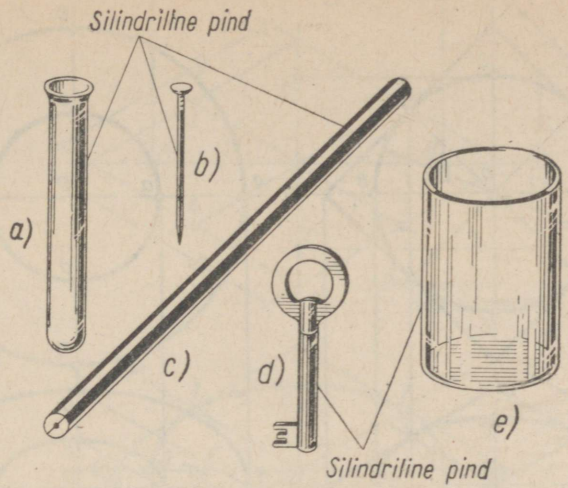
P ü s t r i n g s i l i n d r i k s nimetatakse geomeetrilist keha, mis tekib ristküliku *ABCD* (joon. 24) pöörlemisel tema ühe külje ümber. Külge *AD*, mille ümber pöörleb ristkülik, nimetatakse silindri t e l j e k s (pöördeteljeks); tema vastaskülg *BC* moodustab pöörlemisel silindri k ü l g p i n n a (silindrilise pinna). Pöörlevat külge (*BC*) nimetatakse m o o d u s t a j a k s.



Joon. 24.

Ristküliku külgede *AB* ja *DC* pöörlemisel tekkinud ringe nimetatakse silindri p õ h j a d e k s. Silindrit nimetatakse püstsilindriks siis, kui tema moodustaja on põhjadega risti, ning ringsilindriks siis, kui tema põhjad on ringid.

Joonisel 25 kujutatud esemete nagu katseklaasi (joon. 25, *a*), naela (joon. 25, *b*), ümmarguse



Joon. 25.

pliiatsi (joon. 25, *c*), võtme (joon. 25, *d*) ja teeklaasi (joon. 25, *e*) vaatlemine annab ettekujutuse silindrilisest pinnast. Tuleb tähendada, et ringid muutuvad näitlikul kujutamisel ellipsiteks, nagu on näha joonisel 24 ja 25, *e*[1].

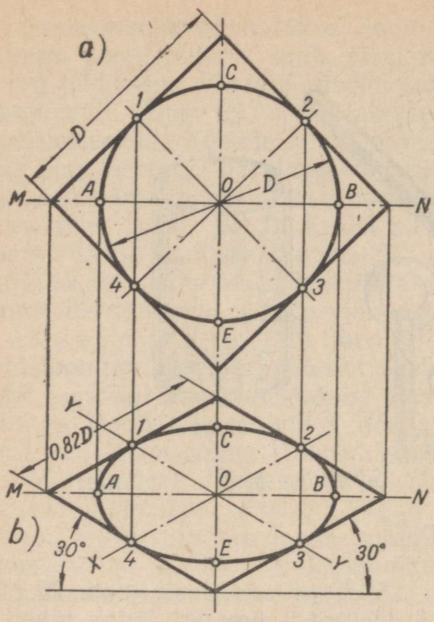
I. Püstringsilindri isomeetria[2].

Ringjoone ja ringi kujutamine isomeetrias. Ellipsi tekkimine isomeetrias. Ringjoon ja ring projekteeruvad isomeetrias ellipsina. Sellest ettekujutuse saamiseks vaatleme joonist 26, *a*, millel on kujutatud ringjoone ümber joonestatud ruut. Punktides 1, 2, 3 ja 4 puudutab ringjoon ruudu külgede keskkohti. Ringjoone läbimõõt *AB* asetseb horisontaalselt, läbimõõt *CE* aga vertikaalselt. Antud ringjoone isomeetrilise kujutise saamiseks võtame rõhtsirge *MN* pöördteljeks ja pöörame ruutu selle telje ümber (joon. 26, *b*) kuni asendini, mille puhul ruudu külgede projektsioonid on paralleelsed vastavate isomeetriatelgedega *X* ja *Y*. Ruut muutub seejuures rombiks, ringjoon aga ellipsiks. Ringjoone puutepunktid ruudu külgede keskkohtadega 1, 2, 3 ja 4 on nüüd ellipsi puutepunktideks rombi külgede keskkohtadega. Saadud punktid 1, *C*, 2, *B*, 3, *E*, 4 ja *A* on ringjoone isomeetrilise kujutise, s. t. ellipsi punktideks.

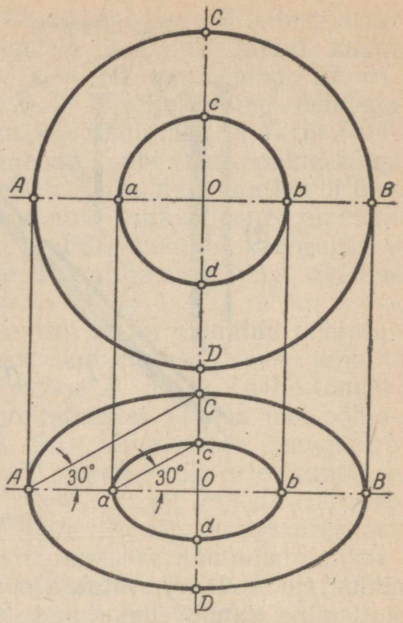
---

[1] Ellips on tasapinnaline kõver, millest ettekujutuse saamiseks tuleb ringjoont kahes vastastikku asetsevas punktis «kokku suruda». Ellips on suletud kõverjoon, millel on keskpunkt ja kaks ristuvat sümmeetriatelge.

[2] Edaspidi, kui pole nõutud erilist täpsustamist, nimetame püstringsilindrit lihtsalt silindriks.



Joon. 26.



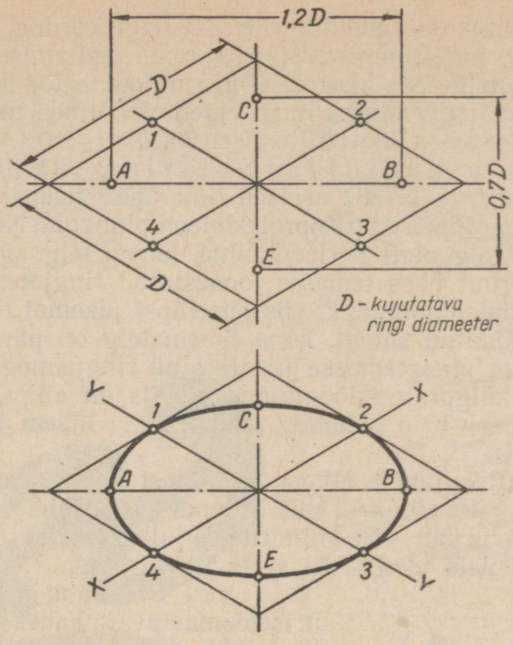
Joon. 27.

Paneme tähele, et kahe kontsentrilise ringjoone kujutamisel isomeetrias (joon. 27) lõigud *Aa* ja *Bb* on suuremad kui lõigud *Cc* ja *Dd*.

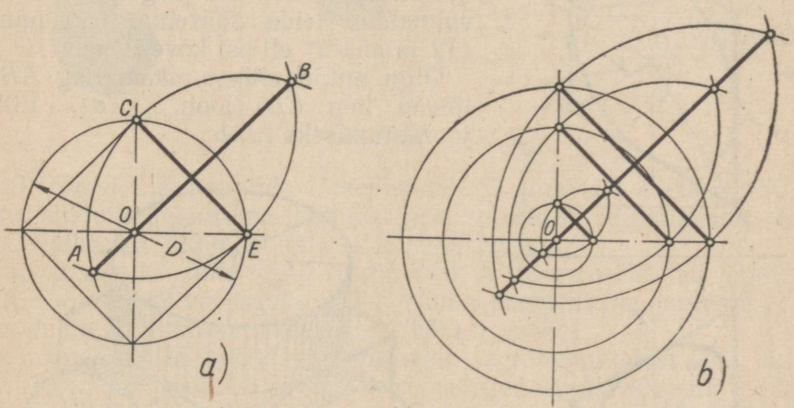
Ellipsi telgede suhe. Ruudu uues asendis (joon. 26, *b*) on tema külje projektsioon, s. t. rombi külg, 0,82 ruudu külje tegelikust pikkusest. Läbimõõdu *AB* mõõde jäi muutmatuks, kuid läbimõõdu *CD* mõõde on 0,58 läbimõõdu tegelikust pikkusest. Järelikult tuleb telgede suunas lüheneva ringjoone (ringi) isomeetrilise kujutise ehitamisel silmas pidada eespool nimetatud ellipsi telgede suhet, s. t. ellipsi pikem telg on võrdne kujutava ringjoone tegeliku läbimõõduga, kuna lühem telg on 0,58 ringjoone tegelikust läbimõõdust.

Ringjoone (või ringi) isomeetrilise kujutise ehitamisel ilma lühenduseta telgede suunas võetakse rombi külg (ruudu külje projektsioon) võrdne ruudu küljega (või mis on sama, võrdne kujutatava ringjoone läbimõõduga). Sel juhul on ellipsi pikem telg 1,2 (täpselt 1,22) kujutava ringjoone tegelikust läbimõõdust, lühem telg aga 0,7 tegelikust läbimõõdust. Joonisel 28 on näidatud ruudusse joonestatud ringjoone isomeetrilise kujutise ehitamist ilma lühendamiseta telgede suunas.

Et vältida ilma lühendamiseta telgede suunas ehitatava ellipsi telgede mõõtmete arvutamist, on soovitatav kasutada järgmist graafilist meetodit (joon. 29, *a* ja *b*) ellipsi pikema ja lühema telje määramiseks.



Joon. 28.



Joon. 29.

Selle meetodi puhul tõmmatakse kahe ristuva telgjoone tsentrist *O* (joon. 29, *a*) ringjoon, mille läbimõõt võrdub isomeetrias kujutatava ringjoone läbimõõduga.

Ringi sisse joonestatud ruudu üks külgedest, antud juhul külg *CE*, on võrdne ellipsi lühema teljega. Pikema telje leidmiseks tõmmatakse punktidest *C* ja *E* kaks kaart raadiusega *CE*. Mõlemate

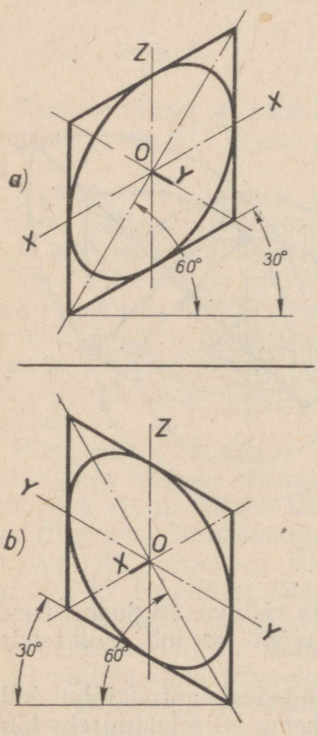
kaarte lõikepunktide vaheline lõik *AB* ongi võrdne ellipsi pikema teljega. Juhul, kui isomeetriliste kujutiste ehitamisel tuleb leida mitme ellipsi telgede pikkused, võib ringjoonte tõmbamiseks kasutada ühist tsentrit *O* ning ellipsi telgede mõõtmed määrata graafiliselt, nagu see on näidatud joonisel 29, *b*.

Ellipsi asendid isomeetrias. Käsitletud näidete puhul (joonised 26 ja 28) asetseb ruut ühes temasse joonestatud ringjoonega paralleelselt põhiprojektsioonipinnaga. Neil juhtudel on ellipsi pikem telg alati horisontaalne, lühem telg aga vertikaalne. Asetseb aga ruut ühes temasse joonestatud ringjoonega paralleelselt esiprojektsioonipinnaga, siis on ellipsi pikemal teljel alati joonisel 30, *a* näidatud suund, kuna lühem telg on paralleelne *Y*-teljega. Kui ruut ühes temasse joonestatud ringjoonega asetseb aga paralleelselt külgprojektsioonipinnaga, siis on ellipsi pikemal teljel alati joonisel 30, *b* näidatud suund, kuna lühem telg on paralleelne *X*-teljega.

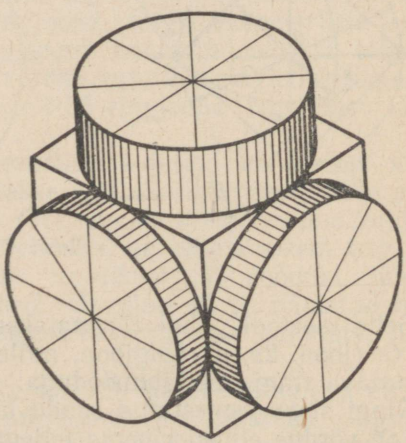
Näitliku ettekujutuse ellipsi asenditest annab joonis 31, millel on kujutatud kolm silindrit, mis liituvad kuubi tahkudega (võrrelda joonistega 28 ja 30). Et silindrite kujutistele anda suuremat reljeefsust, võib neid joonise 31 eeskujul viirutada.

Ellipsi ehitamine. Kuna ellipsit iseloomustavate kaheksa punkti järgi (joon. 28) ei saa ellipsi kõverat küllalt täpselt joonestada, siis võib tema joonestamiseks kasutada järgmist viisi, mis võimaldab leida suurema arvu punkte (12 ja enam) ellipsi kõvera jaoks.

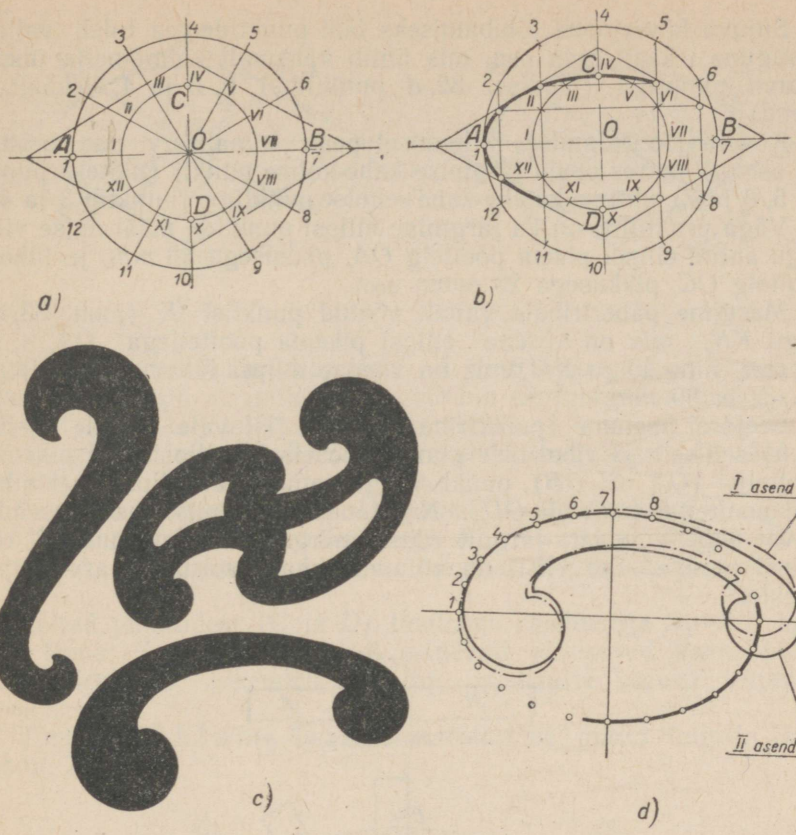
Olgu antud ellipsi pikem telg *AB* ja lühem telg *CD* (joon. 32, *a*). Ellipsi joonestamiseks tuleb:



Joon. 30.



Joon. 31.



Joon. 32.

a) rombi diagonaalide lõikepunktist *O* tõmmata kaks abiringjoont, kusjuures suurema läbimõõt peab võrduma ellipsi pikema teljega, väiksema läbimõõt ellipsi lühema teljega;

b) järgnevalt tuleb need ringjooned, nagu on näidatud joonisel 32, *a*, jaotada 12 võrdseks osaks (mida suurem on jaotuste arv, seda enam punkte saadakse ellipsi kõvera jaoks);

c) suurema läbimõõduga ringjoone jaotuspunktidest 2, 3, 5, 6 jne. (joon. 32, *b*) tuleb tõmmata rööpsirged ellipsi lühema teljega *CD*, kuna väiksema läbimõõduga ringjoone jaotuspunktidest II, III, V, VI jne., tuleb tõmmata rööpsirged ellipsi pikema teljega *AB*. Nimetatud rööpsirgete omavahelised lõikepunktid on ehitatava ellipsi punktideks. Selleks, et neid punkte ühendada sujuva kõverjoonega ning saada ellips, tuleb kasutada lekaali. L e k a a l (joon. 32, *b*) on kõverjoonelise servaga joonlaud igasuguste sääraste kõverjoonte tõmbamiseks, mida pole võimalik joonestada sirkli abil, näiteks niisuguste kõverjoonte jaoks, mis nagu ellipsi kõverjoongi pole ringjooned ega selle osad.

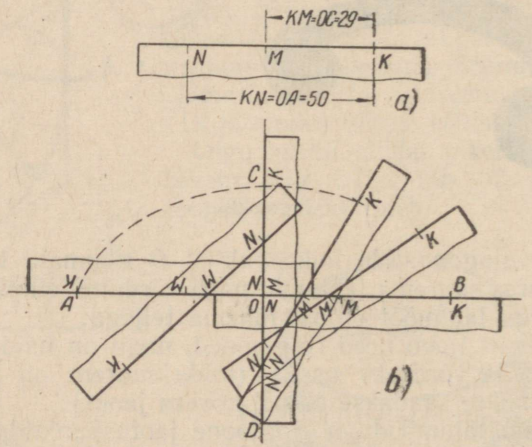
Sujuva kõverjoone tõmbamiseks läbi punktide rea tuleb valida niisugune lekaaliserva osa, mis ühtib vähemalt kolme-nelja ühendatava punktiga (joonisel 32, *d* punktid 1, 2, 3 ja 4, lekaali I asend).

Kõvera joonestamise jätkamisel peab lekaaliserv uue asendi (II asend) juures peale järgmise kahe-kolme punkti (näiteks punktid 5, 6 ja 7) ühtima ka ühe-kahe eelmise punktiga (punktid 3 ja 4).

Väga praktiline on ka järgmine ellipsi punktide määramise viis. Olgu antud ellipsi pikem pooltelg *OA*, pikkusega 50 *mm*, ja lühem pooltelg *OC*, pikkusega 29 *mm*.

Märgime paberiribale vabalt võetud punktist *K* (joon. 33, *a*) lõigu *KN*, mis on võrdne ellipsi pikema poolteljega *OA*, s. o. 50 *mm*, ning lõigu *KM*, mis on võrdne ellipsi lühema poolteljega *OC*, s. o. 29 *mm*.

Seejärel asetame pabeririba kahele ristuvale sirgele (joon. 33, *b*) selliselt, et ribal olev punkt *M* asetseks ellipsi ühel pikemal poolteljel (*OA* või *OB*), punkt *N* aga samal ajal ellipsi ühel lühemal poolteljel (*OC* või *OD*). Nihutades nüüd niisuguses asendis olevat pabeririba järk-järgult edasi, märgib ribal olev punkt *K* rea ellipsi punkte. Sel viisil on võimalik saada mistahes arv ellipsi punkte.

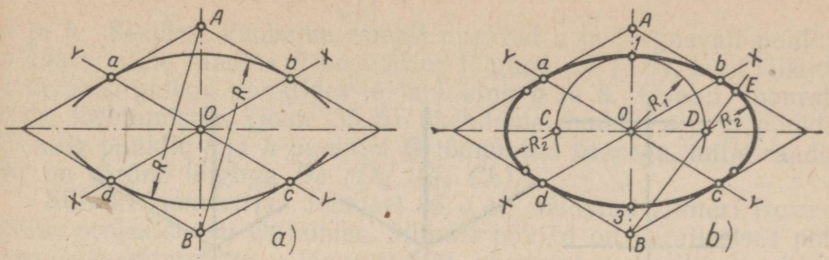


Joon. 33.

Ovaali ehitamine. Selleks, et lihtsustada ringjoonte ja ringide kujutamist isomeetrias, võib ellipsit asendada ovaaliga, s. t. ringi kaartest koosneva kõveraga.

Käsitleme kahte ovaali joonestamise juhtu, mis isomeetrias ligikaudu asendavad ellipsit.

Esimene juhtum. Ovaali joonestamine rombi sisse (joon. 34).



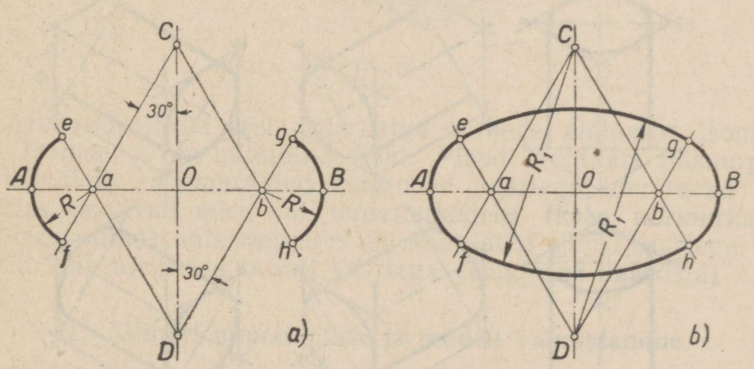
Joon. 34.

Rombi nürinurkade tippudest *A* ja *B* (joon. 34, *a*) tõmbame kaare raadiusega *R*, mille pikkus võrdub nürinurga vastaskülje ja telje (*X*- või *Y*-telje) lõikepunkti (punktid *a, b, c* või *d*) ning sama nürinurga tipu (punkti *A* või *B*) vahelise kaugusega (*Ad, Ac, Ba* või *Bb*).

Seejärel tõmbame rombi diagonaalide lõikepunktist *O* (joon. 34,*b*), kui tsentrist kaare raadiusega R_1, mis võrdub lõiguga *O*—1 või *O*—3, ning mis lõikab rombi pikemat diagonaali punktides *C* ja *D*.

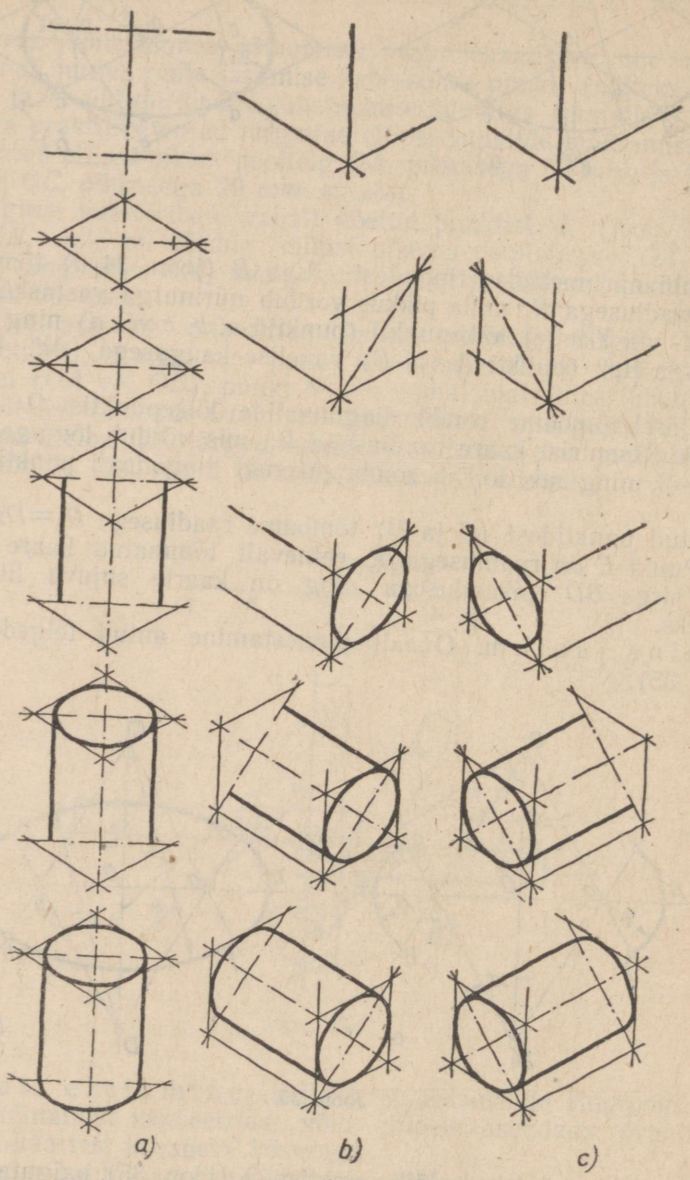
Leitud punktidest (*C* ja *D*) tõmbame raadiusega $R_2 = DE$ kaared. Punkt *E* on raadiusega *R* eelnevalt tõmmatud kaare lõikepunkt sirge *BD* pikendusega ning on kaarte sujuva liitumise punktiks.

T e i n e j u h t u m. Ovaali joonestamine antud telgede järgi (joon. 35).



Joon. 35.

Ristuvate telgjoonte lõikepunktist *O* (joon. 35) paigutame telgjoontele joonestatava ellipsi pikema poolteljega võrdsed lõigud *OA, OB, OC* ja *OD*. Järgnevalt tõmbame punktidest *C* ja *D* 30° nurga all püstteljega abisirged, mis lõikavad rõhttelge punktides

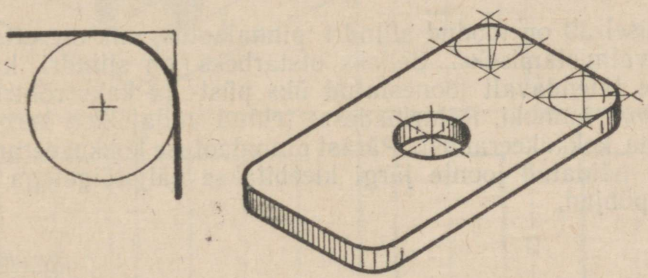


Joon. 36.

a ja *b*. Seejärel tõmbame esmalt punktist *a* ja järgnevalt punktist *b* kaare, mille raadius *R* on võrdne lõiguga *aA* (*bB*), kuni lõikumiseni abisirgetega punktides *e* ja *f* ning *g* ja *h*. Ovaali joonestamise lõpetamiseks (joon. 35, *b*) ühendame punktid *e* ja *g* punktist *D* ning punktid *f* ja *h* punktist *C* tõmmatud kaarega, mille raadius R_1 on võrdne lõiguga *De* (*Dg*, *Cf*, *Ch*).

Silindri isomeetria. Joonisel 36, *a* on näidatud silindri isomeetrilise projektsiooni ehitamist. Silindri põhjad on paralleelsed põhiprojektsioonipinnaga. Joonestamist alustatakse harilikult silindri põhja kujutamisega. Silindri isomeetrilise kujutise joonistamisel on soovitatav esmalt ära märkida joonisel 28 näidatud kõverat iseloomustavad kaheksa punkti ning seejärel joonistada peenjoonega põhja kontuur, ühendades märgitud punktid võimalikult sujuva kõverjoonega.

Joonisel 36, *b* on näidatud isomeetrilise kujutise joonistamist silindrist, mille põhjad on paralleelsed esiprojektsioonipinnaga ning joonisel 36, *c* — silindrist, mille põhjad on paralleelsed külgprojektsioonipinnaga.



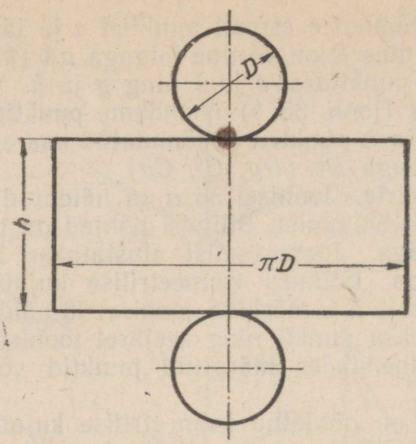
Joon. 37.

Lõpuks käsitleme veel ümardatud nurkade ehitamist isomeetrias. Joonisel 37 on kujutatud plaat. Plaadi kontuuri täisnurgad, mis tegelikult on ümardatud ringjoone kaartega, muutuvad isomeetrias vastavalt nüri- või teravnurkadeks (kaks nürinurka ja kaks teravnurka), mis seejuures on ümardatud ellipsi kaartega. Viimaseid võib asendada ovaali kaartega (ringjoone kaartega).

II. Silindri pinnalaotuse ja mudeli valmistamine.

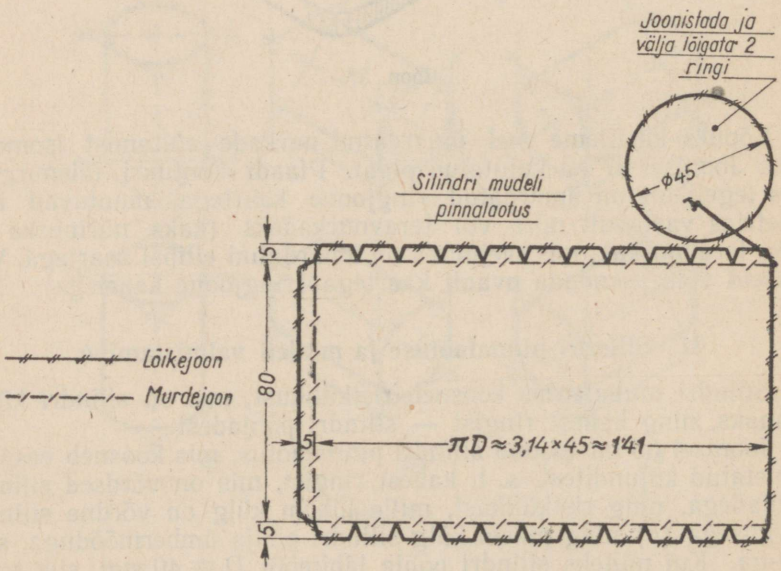
Silindri pinnalaotus koosneb ristkülikust, mis on silindri külgpinnaks, ning kahest ringist — silindri põhjadest.

Joonisel 38 on toodud silindri pinnalaotus, mis koosneb eespool nimetatud kujunditest, s. t. kahest ringist, mis on võrdsed silindri põhjadega, ning ristkülikust, mille lühem külg on võrdne silindri kõrgusega (*h*) ning pikem külg silindri põhja ümbermõõduga, s. t. πD-ga. Kui näiteks silindri põhja läbimõõt $D = 40$ *mm*, siis tema ümbermõõt on ligikaudu $3{,}14 \cdot 40 \approx 125{,}5$ *mm*.



Joon. 38.

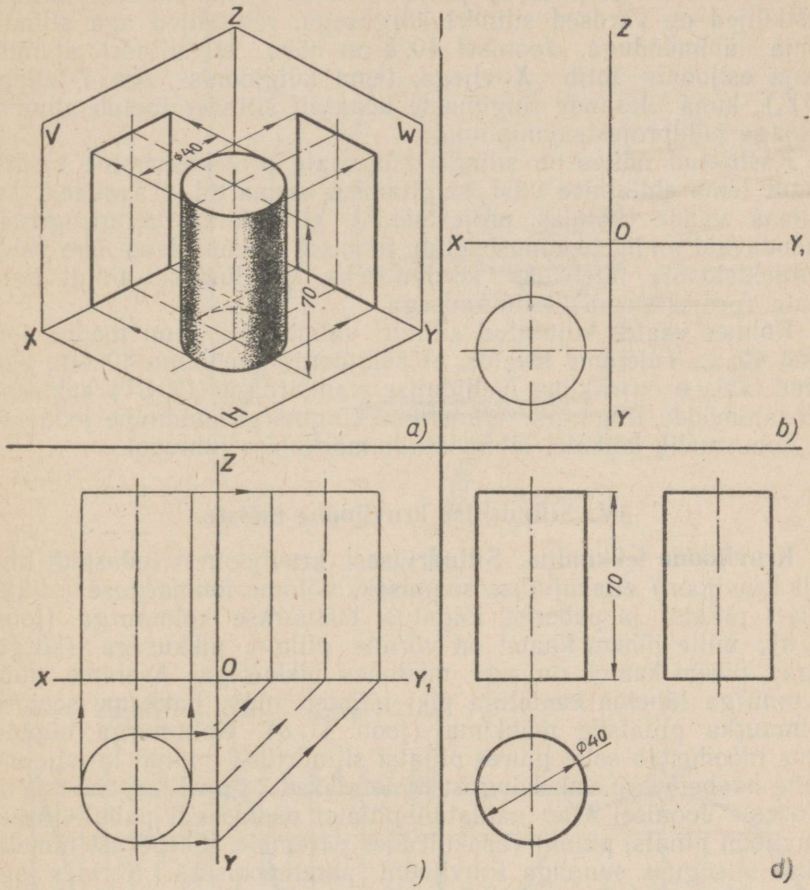
Joonisel 39 on toodud silindri pinnalaotus, mis on ette nähtud mudeli valmistamiseks. Selleks otstarbeks on silindri külgpinna laotusele täiendavalt joonestatud üks püst- ja kaks rõhtriba laiusega 5 *mm* kumbki. Rõhtribadesse tehtud väljalõiked kergendavad külgpinna kokkukeeramist. Pärast pinnalaotuse kokkukeeramist joonisel 39 näidatud joonte järgi kleebitakse väljalõigetega ribadele silindri põhjad.



Joon. 39.

III. Silindri ortogonaalprojektsioonid.

Joonisel 40 on näidatud alumise põhjaga põhiprojektsioonipinnale toetuva silindri (joon. 40, *a*) kolme ortogonaalprojektsiooni, s. t. tema eest-, pealt- ja külgvaate ehitamist[1].



Joon. 40.

[1] Silindri ortogonaalprojektsioonide tundmaõppimisel ning tema projektsioonide ehitamisel on soovitatav näitliku õppevahendina kasutada silindri mudelit, mis on valmistatud joonisel 39 toodud juhiste kohaselt, ning kolmetahulise nurga mudelit, mis on valmistatud lk. 8 toodud juhiste kohaselt. Seejuures on väga otstarbekohane kanda mudeli silindrilisele pinnale kaks-kolm punkti ning juba niisugust mudelit projekteerida kolmetahulise nurga tasapindadele. Nii saadakse silindri enda kui ka sellele kantud iga punkti kolm ortogonaalprojektsiooni.

Olgu silindri kõrgus 70 *mm* ja tema põhja läbimõõt 40 *mm*.

Joonise valmistamist on alustatud (joon. 40, *b*) pealtvaate ehitamisega. Silindri antud asendi puhul ühtivad tema mõlemate põhjade, s. t. ülemise ja alumise põhja projektsioonid ning on seetõttu põhiprojektsioonipinnal kujutatud üheainsa ringjoonena, mille läbimõõt on võrdne silindri põhja läbimõõduga. Silindri esi- ja külgprojektsioonid (joon. 40, *c*) projekteeruvad ristkülikutena, millede püstküljed on võrdsed silindri kõrgusega, rõhtküljed aga silindri põhja läbimõõduga. Joonisel 40, *c* on näha, et silindri alumise põhja esijoonis ühtib *X*-teljega, tema külgjoonis aga *Y*-teljega (OY_1), kuna ülesande tingimuste kohaselt silinder toetub alumise põhjaga põhiprojektsioonipinnale.

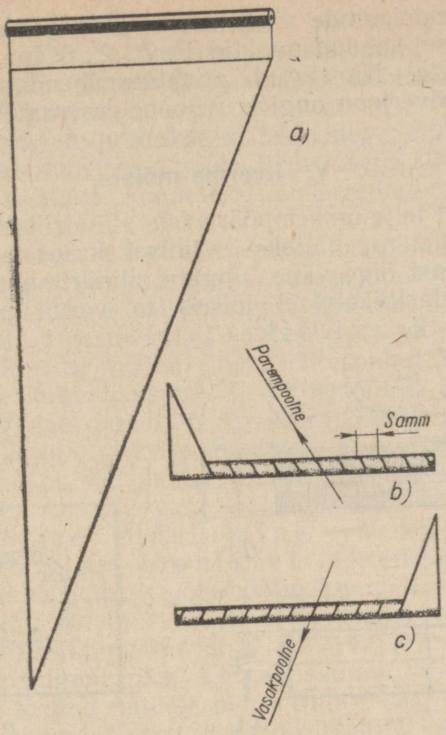
Käsitletud näites on silindri külgvaate projekteerimine toodud ainult tema ehitamise viisi selgitamise eesmärgil. Tavaliselt, kui kolmas vaade (kolmas projektsioon) ei lisanda mingisuguseid täiendavaid andmeid ning osutub joonisel olemasoleva ühe vaate (projektsiooni) täielikuks kordamiseks, piirdutakse ainult kahe vaate (projektsiooni) kujutamisega.

Kolmes vaates kujutatud silindri valmis joonis on toodud joonisel 40, *d*. Tuletame meelde, et põhijoonisel mõõtme 40 ette asetatud tähis ø on riikliku üleliidulise standardiga (ГОСТ) kehtestatud läbimõõdu tingmärk. Nimetatud tingmärgi kandmine joonisele on kohustuslik kõikidel läbimõõtude märkimise juhtudel.

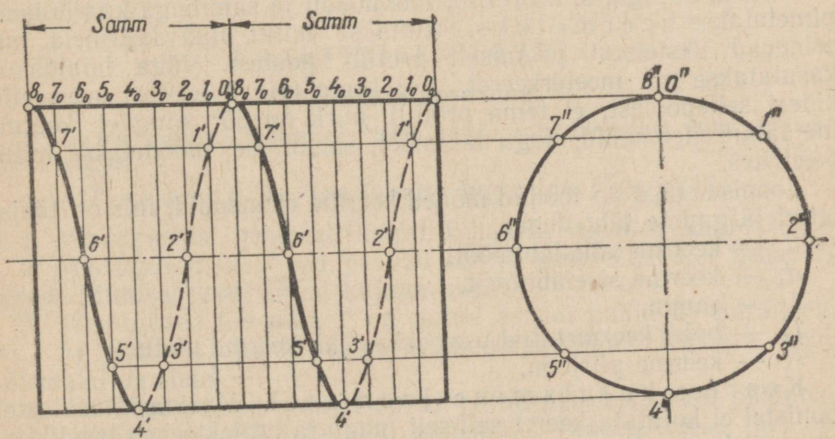
IV. Silindrilise kruvijoone mõiste.

Kruvijoone tekkimine. Silindrilisest kruvijoonest (edaspidi lihtsalt kruvijoon) ettekujutuse saamiseks võtame ümmarguse (silindrilise) pliiatsi ja paberist lõigatud täisnurkse kolmnurga (joon. 41, *a*), mille lühem kaatet on võrdne pliiatsi pikkusega (kõrgusega), pikem kaatet on aga mistahes pikkusega. Asetame nüüd kolmnurga lühema kaatetiga piki pliiatsit ning hakkame seejärel kolmnurka pliiatsile mähkima (joon. 41, *b*). Kolmnurga hüpotenuus moodustab selle juures pliiatsi silindrilisel pinnal kruvijoone. Kahe naaberkeeru vahekaugust nimetatakse k r u v i j o o n e s a m m u k s. Joonisel 41, *b* näidatud pliiatsi püstasendi puhul tõuseb kruvijoon pliiatsi pinnal vasakult üles paremale. Seepärast nimetatakse niisuguse suunaga kruvijoont parempoolseks. Kerides aga kolmnurka pliiatsile vastupidises suunas (joon. 41, *c*), moodustab kolmnurga hüpotenuus v a s a k p o o l s e kruvijoone.

Kruvijoone ortogonaalprojektsiooni ehitamine. Joonisel 42 on kujutatud silinder kahes projektsioonis: eestvaates (ristküliku kujul) ja külgvaates (ringjoone kujul). Kruvijoone külgvaade ühtib silindri külgvaatega, s. t. ta on ringjoon. Kruvijoone eestvaate ehitamiseks on ringjoon antud näite puhul jaotatud kaheksaks võrdseks osaks (mida suurem on jaotuste arv, seda enam punkte saadakse kruvijoone ehitamiseks); niisama paljudeks osadeks on jaotatud ka kruvijoone samm (sirglõik 0_0—8_0 eestvaatel).



Joon. 41.

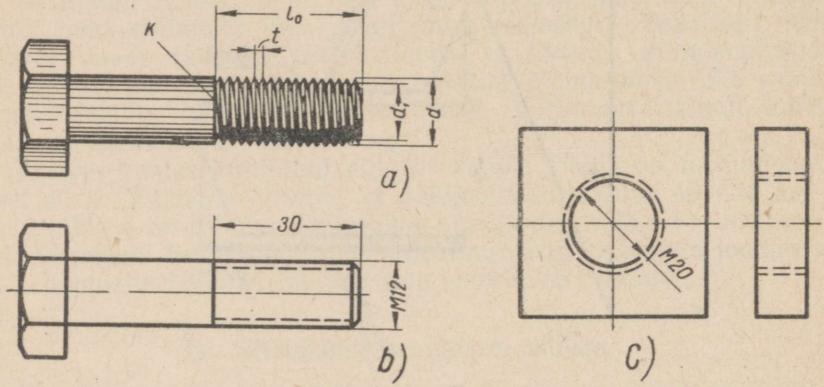


Joon. 42.

Mõlemate projektsioonide vastavatest jaotuspunktidest tõmmatud sirgete lõikumisel saadud punktid 1′, 7′, 2′, 6′ jne. kuuluvad kruvijoone eestvaatele. Nimetatud punktide ühendamisel lekaali abil saadud sujuv kõverjoon ongi kruvijoone eestvaateks.

V. Keerme mõiste.

Kui ühtlaselt telje ümber pöörlevale silindrilisele vardale lähendada mingi lõiketera, näiteks treimisel kasutatava treitera tipp, ning lasta viimast õige vähe tungida silindrisse, siis tera ühtlasel sirgjoonelisel edasiliikumisel lõikab ta varda pinda kruvijoone kujulise jälje — kruvilõike.



Joon. 43.

Poldisse lõigatud kruvilõike näitlik kujutis on toodud joonisel 43, *a*.

Kindla kujuga, s. t. profiili, läbimõõdu ja sammuga kruvilõikeid nimetatakse keermeteks. Tuntakse mitut liiki keermeid, mis erinevad üksteisest peamiselt profiili poolest. Väga laialdaselt kasutatakse nn. meeterkeeret. See keere erineb teistest keermeliikidest sellepoolest, et tema profiili nurk on 60° ning et keerme ülejäänud elemendid, nagu läbimõõt, samm jne. mõõdetakse millimeetrites.

Joonisel 43, *a* on toodud mõned keerme elemendid, mis on tähistatud järgmiste tähtedega:

d — keerme välisläbimõõt,
d_1 — keerme siseläbimõõt,
t — samm,
l_0 — poldi keermetatud osa pikkus ehk keerme ulatus,
K — keerme piirjoon.

Keerme kujutamine joonistel. Masinaehitusalastel joonistel ei kujutata keeret selliselt, nagu ta projekteerub tegelikkuses, näiteks nagu see on toodud joonisel 43, *a*, vaid lihtsustatult,

vastavalt riikliku üleliidulise standardi (ГОСТ) nõuetele. Lihtsustamine seisab selles, et keerme välisläbimõõt (d) kujutatakse pideva joonega, mille jämedus on võrdne nähtava kontuurjoone jämedusega antud joonisel.

Siseläbimõõt (d_1) kujutatakse kriipsjoonega, mille jämedus on võrdne nähtava kontuurjoone poole jämedusega. Keerme piirjoon (K) kujutatakse nähtava kontuurjoone jämedusega pideva joone abil.

Augus olevat keeret märgitakse teisiti kui poldil olevat, nimelt keerme välisläbimõõt (d) märgitakse kriipsjoonega ning keerme siseläbimõõt (d_1) pideva täisjoonega; näitena on joonisel 43, *c* toodud nelikantmutri joonis kahes vaates: eest- ja külgvaates. Vastavalt sellele on keerme mõõde (meie näite puhul *M20*), kui välisläbimõõdu juurde kuuluv, asetatud kriipsjoonega kujutatud ringjoone sisse. Külgvaate puhul on aga keerme mõlemad läbimõõdud kui nähtamatud kujutatud kriipsjoontega. Pidevate ja kriipsjoonte jämeduse vahekord on sel juhul sama, mis keerme kujutamisel poldile.

Meeterkeerme märkimine ja keerme mõõtmete paigutamine joonistel. Meeterkeerme (samuti ka iga teist liiki keerme) üheks põhimõõtmeks, mis märgitakse joonisele, on välisläbimõõdu suurus (12 *mm* joonisel 43, *b* ja 20 *mm* joonisel 43, *c*). Välisläbimõõtu tähistava arvu ees seisev täht «*M*» on meeterkeerme tingmärgiks. Keerme sammu mõõde pole joonistel 43, *b* ja 43, *c* toodud näidete puhul antud, sest selle suurus leitakse vastavatest standarditest. Kuid on lubatud joonistele märkida ka keerme sammu mõõde; sellisel juhul märgitakse näiteks joonisel 43, *b* ja joonisel 43, *c* kujutatud keeret vastavalt *M12* × *1,75* ja *M20* × *2,5*.

Teiseks kohustuslikuks mõõtmeks, mis tuleb märkida joonisele, on keermetatud osa pikkus (keerme ulatus), näiteks mõõde 30 *mm* joonisel 43, *b*.

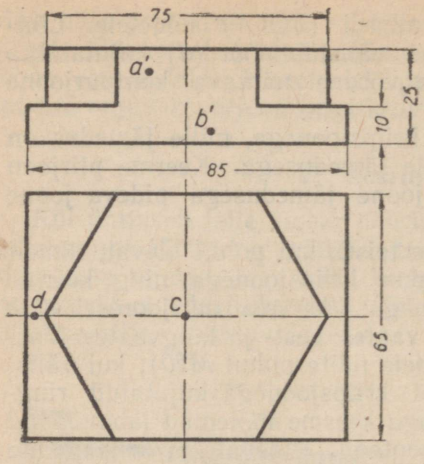
PRAKTILISED TÖÖD.

I. Jooniste lugemine.

Märkus. Jooniste lugemiseks tuleb valida mitu ülesannet esitatud ülesannete hulgast.

Ülesanne 1. **Toe joonise lugemine** (joon. 44).

1. Missugustest geomeetrilistest kehadest koosneb antud tugi?
2. Missugused mõõtmed peavad olema geomeetrilistel kehadel, millede liitmisel tekib antud kujuga tugi?
3. Missugused toe pinnad on antud asendi puhul *a)* paralleelsed, *b)* risti, *c)* kaldu esiprojektsioonipinnaga? Näidata neid mõlematel vaadetel.
4. Missugused toe pinnad on *a)* paralleelsed, *b)* risti põhiprojektsioonipinnaga? Näidata neid mõlematel vaadetel. Kas toel on pindu, mis on kaldu põhiprojektsioonipinna suhtes?



Joon. 44.

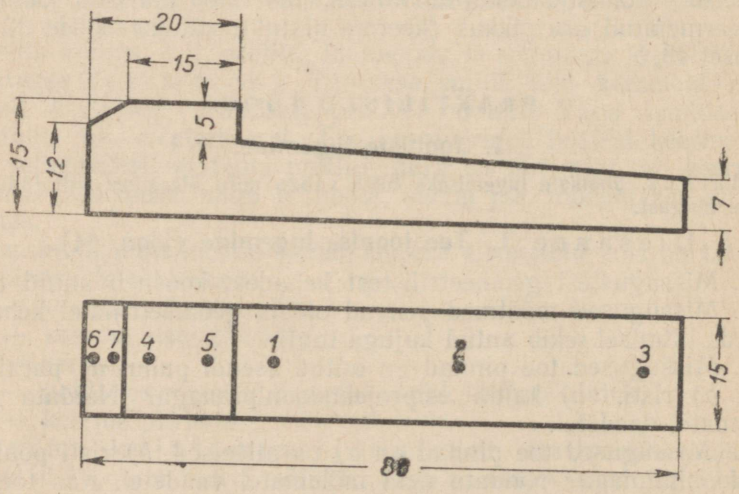
5. Missugused toe pinnad on *a*) paralleelsed, *b*) risti, *c*) kaldu külgprojektsioonipinna suhtes? Näidata neid mõlematel vaadetel.

6. Toe pinnale, mis on nähtav tema projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud punktid *A* ja *B* (antud on ainult nende esiprojektsioonid *a'* ja *b'*). Kas antud punktid on meist võrdsel või erineval kaugusel?

7. Pindadele, mida me näeme toe projekteerimisel põhiprojektsiooni pinnale, on kantud punktid *C* ja *D* (antud on ainult nende põhiprojektsioonid *c* ja *d*). Missugune nendest punktidest asetseb kõrgemal? Mitme millimeetri võrra? Määrata mõõde joonist mõõtmata.

Ülesanne 2. **Pikikiilu joonise lugemine** (joon. 45).

1. Missugused vaated (projektsioonid) on joonisel antud?
2. Missugused pikikiilu pinnad on paralleelsed *a*) põhiprojektsioonipinnaga, *b*) esiprojektsioonipinnaga, *c*) külgprojektsioonipinnaga? Näidata neid mõlemal vaatel.
3. Missugused pikikiilu pinnad on risti *a*) põhiprojektsioonipinnaga, *b*) esiprojektsioonipinnaga, *c*) külgprojektsioonipinnaga? Näidata neid mõlemal vaatel.



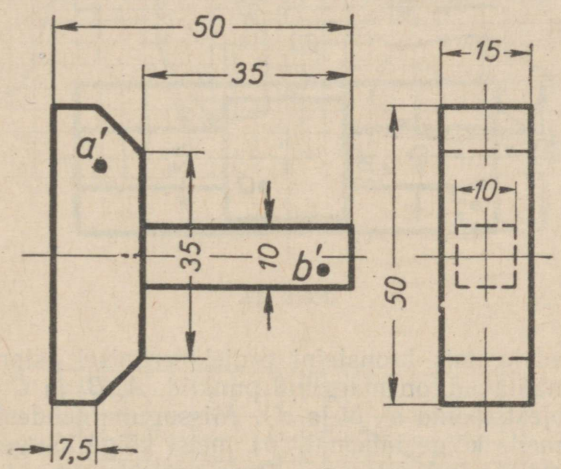
Joon. 45.

4. Kas antud asendi puhul leidub pikikiilu pindu, mis on kaldu *a)* põhiprojektsioonipinnaga, *b)* esiprojektsioonipinnaga, *c)* külgprojektsioonipinnaga? Näidata neid mõlemal vaatel.

5. Pikikiilu pindadele, mis on nähtavad tema projekteerimisel põhiprojektsioonipinnale, on kantud punktid 1, 2, 3, 4, 5, 6 ja 7 (antud on ainult nende põhiprojektsioonid). Missugune nendest punktidest asetseb *a)* kõige kõrgemal, *b)* kõige madalamal teistest punktidest?

Ülesanne 3. **Põkatsi joonise lugemine** (joon. 46).

1. Missugused vaated (projektsioonid) on joonisel antud?
2. Nimeta antud detaili gabariitmõõtmed.
3. Missugused põkatsi pinnad on antud asendi puhul kaldu põhiprojektsioonipinna suhtes? Näidata neid mõlemal vaatel.
4. Kas leidub põkatsil pindu, mis antud asendi puhul on kaldu *a)* põhiprojektsioonipinna, *b)* esiprojektsioonipinna, *c)* külgprojektsioonipinna suhtes? Näidata neid mõlemal vaatel.



Joon. 46.

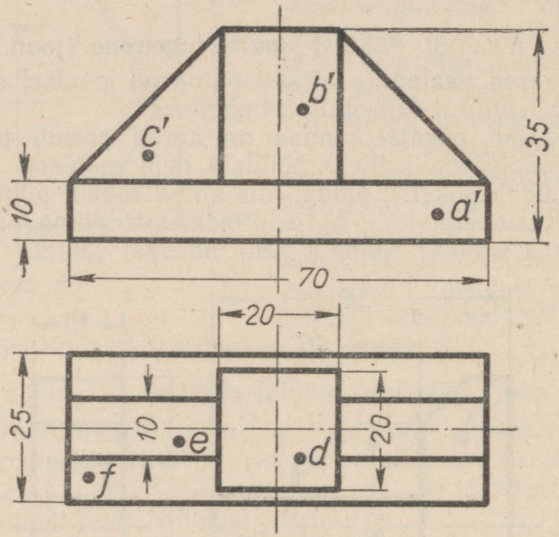
5. Missugused põkatsi pinnad on risti põhiprojektsioonipinna suhtes? Näidata neid mõlemal vaatel.
6. Põkatsi pindadele, mis on nähtavad tema projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on märgitud punktid *A* ja *B* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *a'* ja *b'*). Kumb nendest punktidest asetseb meile lähemal? Mitme millimeetri võrra? Määrata kaugus joonist mõõtmata.

Ülesanne 4. **Kronsteini joonise lugemine** (joon. 47).

1. Nimetada kronsteini gabariitmõõtmed.
2. Missugused kronsteini pinnad on antud asendi puhul risti *a)* põhiprojektsioonipinnaga, *b)* esiprojektsioonipinnaga, *c)* külgprojektsioonipinnaga? Näidata neid mõlemal vaatel.

3. Missugune kronsteini pind on paralleelne *a*) põhiprojektsioonipinnaga, *b*) esiprojektsioonipinnaga, *c*) külgprojektsioonipinnaga?

4. Kas kronsteinil leidub pindu, mis antud asendi puhul on kaldu *a*) põhiprojektsioonipinna, *b*) esiprojektsioonipinna, *c*) külgprojektsioonipinna suhtes? Näidata neid mõlemal vaatel.



Joon. 47.

5. Pindadele, mis kronsteini projekteerimisel esiprojektsioonipinnale on nähtavad, on märgitud punktid *A, B* ja *C* (on antud nende esiprojektsioonid *a', b'* ja *c'*). Missugune nendest punktidest asetseb *a*) meile kõige lähemal, *b*) meist kõige kaugemal?

6. Kronsteini pindadele, mis tema projekteerimisel esiprojektsioonipinnale on nähtavad, on märgitud punktid *D, E* ja *F* (on antud ainult põhiprojektsioonid *d, e* ja *f*). Missugune nendest punktidest asetseb *a*) kõrgemal, *b*) madalamal teistest?

Ülesanne 5 (joon. 48).

Joonisel 48 on toodud tasapinnaliste kujundite projektsioonid.

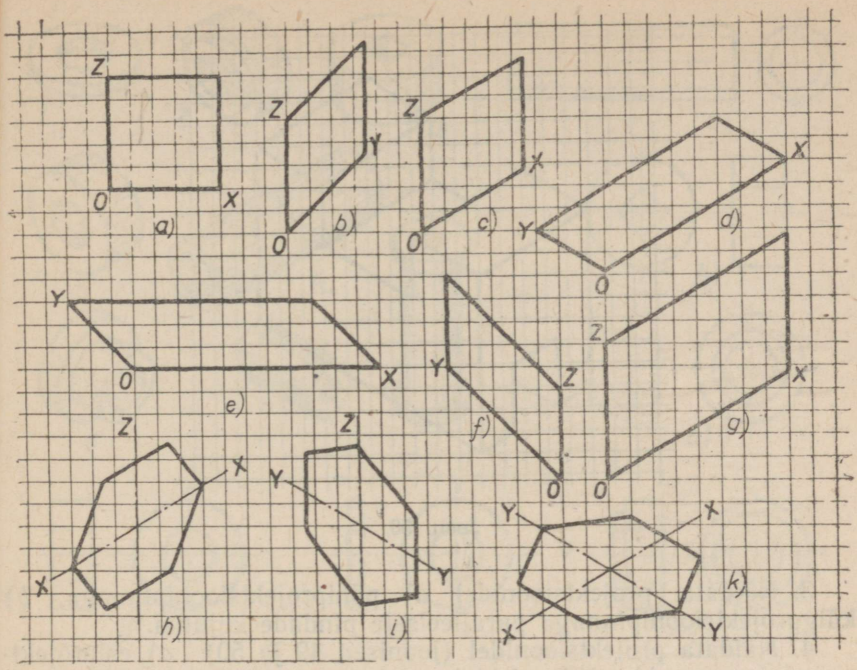
1. Kuidas nimetatakse igaühte toodud projektsioonidest? Missuguste kujundite projektsioonid on antud joonisel?

2. Missuguse projektsioonipinnaga on iga kujund paralleelne?

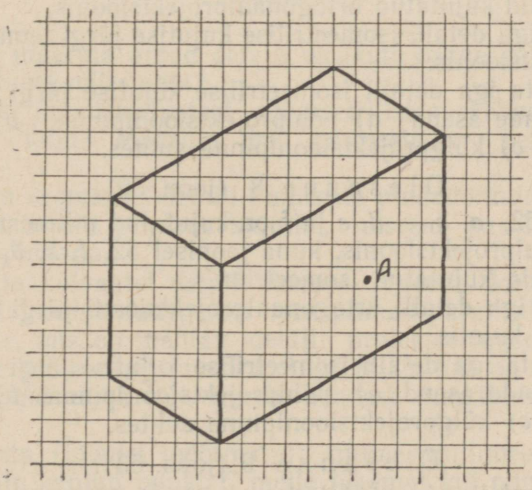
Ülesanne 6 (joonised 49 ja 50).

1. Kuidas nimetatakse joonistel 49 ja 50 toodud projektsioone?

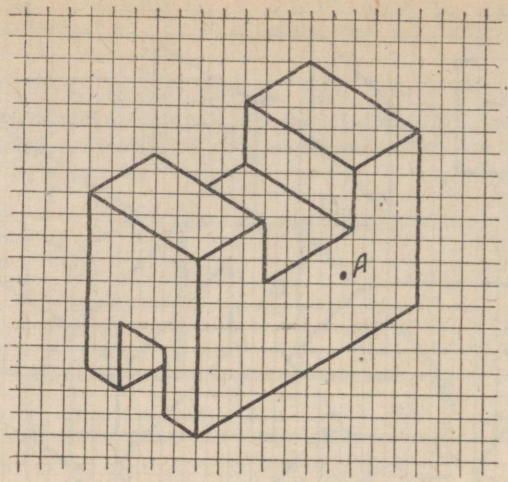
2. Missuguse projektsioonipinnaga on paralleelsed pinnad, millede kujutistele on kantud punkt *A*?



Joon. 48.



Joon. 49.



Joon. 50.

3. Näidata projektsioonidel *a*) põhiprojektsioonipinnaga, *b*) külgprojektsioonipinnaga paralleelsete pindade kujutisi.

4. Näidata projektsioonidel (joonised 49 ja 50) *a*) esiprojektsioonipinnaga, *b*) põhiprojektsioonipinnaga, *c*) külgprojektsioonipinnaga risti olevate pindade kujutisi.

Ülesanne 7 (joon. 51).

Joonisel 51, *1, 2, 3, 4, 5, 6, 7* ja *8* on mitmesugused detailid kujutatud isomeetrias, kuna joonisel 51, *a, b, c, d, e, f, g* ja *h* on samad detailid kujutatud ortogonaalprojektsioonis.

1. Leida iga detaili isomeetrilise kujutise järgi tema joonis ortogonaalprojektsioonis.

2. Määrata iga detaili isomeetrilise kujutise järgi sama detaili tasaste pindade asend *a*) põhiprojektsioonipinna, *b*) esiprojektsioonipinna, *c*) külgprojektsioonipinna suhtes.

Ülesanne 8 (joon. 52).

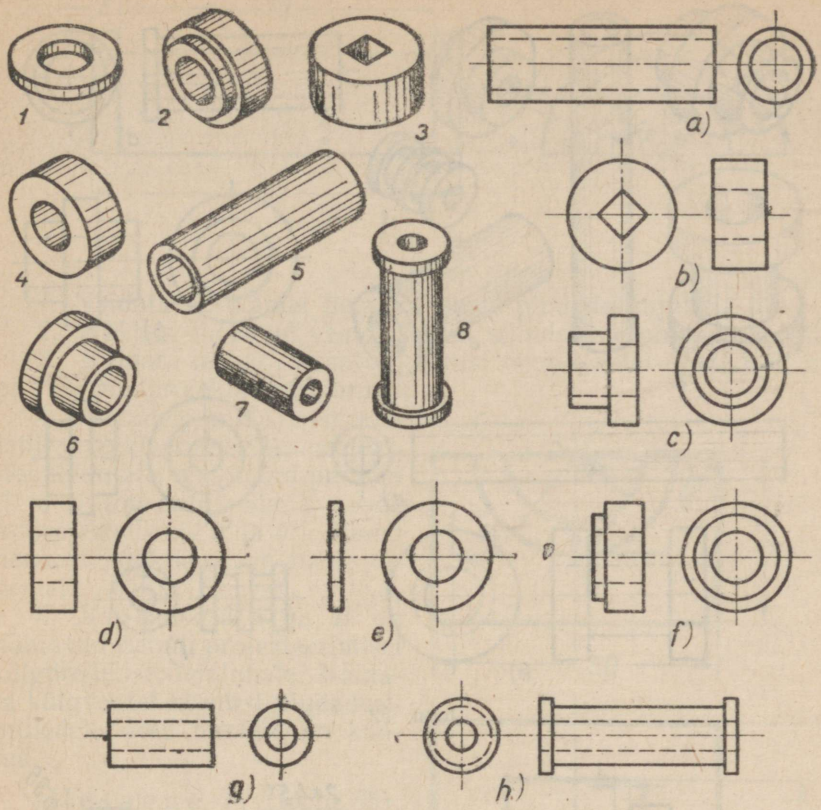
Joonisel 52, *a, b, c, d, e* ja *f* on kujutatud mitmesugused detailid ortogonaalprojektsioonis, kuna joonisel 52, *1, 2, 3, 4, 5* ja *6* on samad detailid kujutatud isomeetrias.

1. Leida iga detaili ortogonaalprojektsiooni järgi sama detail isomeetriline kujutis.

2. Määrata iga detaili isomeetrilise kujutise järgi sama detaili tasaste pindade asend *a*) põhiprojektsioonipinna, *b*) esiprojektsioonipinna, *c*) külgprojektsioonipinna suhtes.

Ülesanne 9 (joon. 53).

1. Külgvaatel pole näidatud detaili (telje) nähtamatut kontuuri. Missugused mõõtmete märkimisel kasutatavad tingmärgid



Joon. 51.

võimaldavad määrata antud detaili üksikute osade kuju, ilma nähtamatut kontuuri näitamata?

2. Mitmest ja missugustest geomeetrilistest kehadest koosneb selle detaili kuju? Määrata iga geomeetrilise keha gabariitmõõtmed.

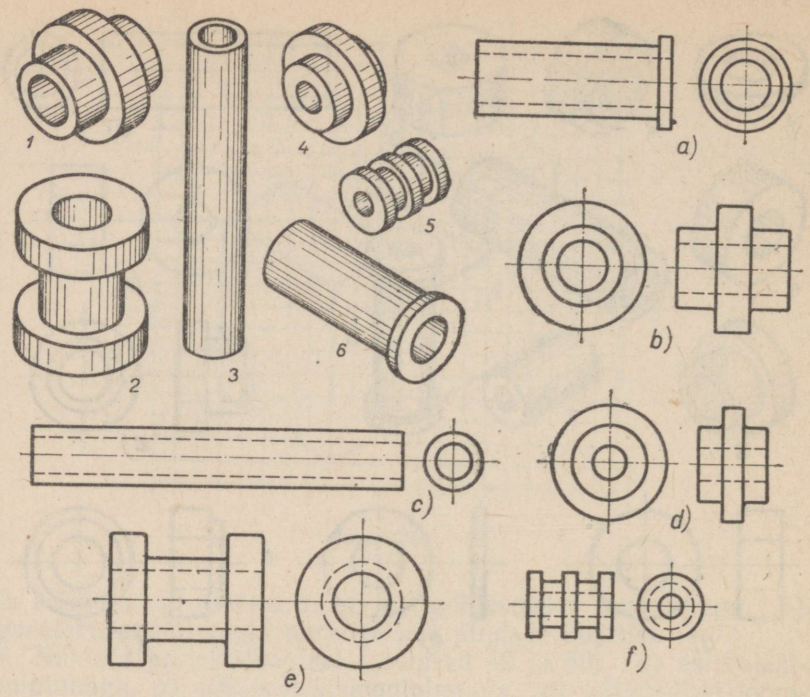
3. Näidata eestvaatel detaili kumerate pindade kujutisi. Näidata samal vaatel detaili pindade kujutisi, mis on paralleelsed külgprojektsioonipinnaga.

4. Näidata külvaatel detaili tasaste pindade kujutisi. Missuguste projektsioonipindadega on need pinnad paralleelsed?

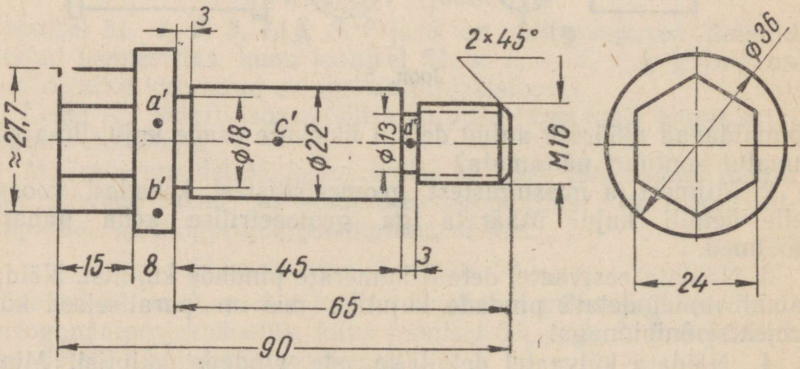
5. Pinnale, mis on nähtav detaili projekteerimisel esiprojektsioonipinnale on kantud punktid *A* ja *B* (antud on ainult nende esiprojektsioonid *a'* ja *b'*). Kumb nendest punktidest on meile lähemal?

6. Määrata (joonist mõõtmata), mitme millimeetri võrra on detaili pinnale kantud punkt *C* meile lähemal kui punkt *D*.

7. Kas antud detail tuleb keermetada? Kui jaa, siis määrata



Joon. 52.

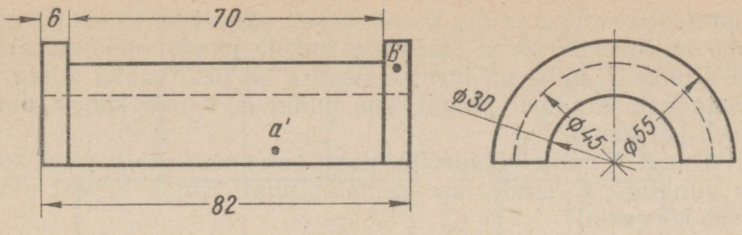


Joon. 53.

keerme liik, tema välisläbimõõt ja keermetatud osa pikkus. Näidata joonisel jooned, millega on kujutatud keerme siseläbimõõt.

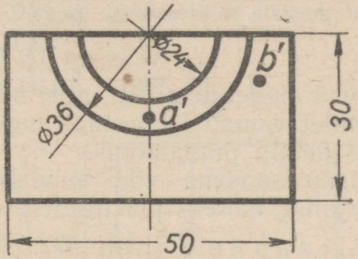
Ülesanne 10 (joon. 54).

Joonisel 54 on toodud detaili (laagrikausi) joonis kahes vaates: eest- ja külgvaates.



Joon. 54

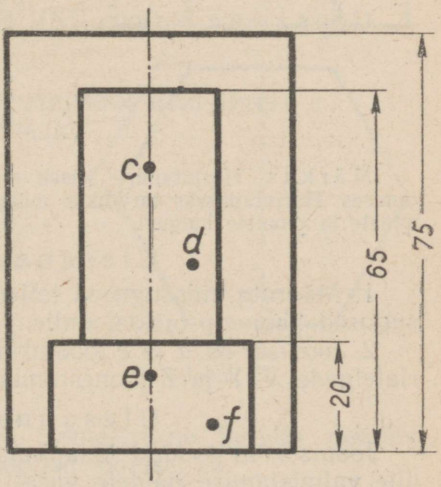
1. Näidata eestvaatel detaili tasaste pindade kujutisi.
2. Näidata mõlemal vaatel detaili silindriliste pindade kujutisi.
3. Näidata mõlemal vaatel kujutisi detaili neist pindadest, mis on risti põhiprojektsioonipinnaga.
4. Pindadele, mida näeme detaili projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud punktid *A* ja *B* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *a'* ja *b'*). Kumb nendest punktidest on meile lähemal?
5. Kas punktid *A* ja *B* on nähtavad detaili projekteerimisel külgprojektsioonipinnale? Näidata külgvaatel kujutisi pindadest, milledele need punktid on kantud.



Ülesanne 11 (joon. 55).

Joonisel 55 on kujutatud detaili (kandealuse) joonis kahes vaates: eest- ja pealtvaates.

1. Missugune geomeetriline kuju on detaili *a*) sisekontuuril, *b*) väliskujul?
2. Näidata eestvaatel detaili tasaste pindade kujutisi.
3. Näidata pealtvaatel detaili kumerate pindade kujutisi.
4. Pindadele, mida näeme kandealuse projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud punktid *A* ja *B* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *a'* ja *b'*). Kumb kahest punktist asetseb meile lähemal? Näidata eest- ja pealtvaatel kujutisi pindadest, milledele punktid on kantud.
5. Pindadele, mida näeme kandealuse projekteerimisel põhiprojektsioonipinnale, on kantud punktid *C* ja *D* (on antud ainult nende



Joon. 55.

TRÜ Raamatukogu

põhiprojektsioonid *c* ja *d*). Kumb kahest punktist asetseb kõrgemal? Mitme millimeetri võrra (määrata mõõde joonist mõõtmata)?

6. Punkt *D*, mille põhiprojektsioon *d* on pealtvaatel antud, asetseb kandealuse samal pinnal, kus punkt *E*. Kumb kahest punktist asetseb kõrgemal?

7. Punkt *F*, mille põhiprojektsioon *f* on antud pealtvaatel, asetseb koos punktiga *E* kandealuse samal pinnal. Kumb kahest punktist asetseb kõrgemal?

II. Harjutused.

1. MODELLEERIMINE.

Märkus. Harjutamine seisab mitme mudeli valmistamises jooniste järgi. Mudeleid võib valmistada mitmesugusest materjalist, näiteks paberist, kartongist, plastiliinist, puidust vm. Harjutusmaterjali võib valida järgnevalt toodud jooniste ja ülesannete hulgast.

Ülesanne 1 (joon. 56).

Teha mudel detailist, mille mõõtmed on toodud joonisel 56. Selleks tuleb esmalt joonestada tugevale paberile vabalt valitud mõõtkavas detaili pinnalaotus.

Lisaülesandena võib mudelit valmistada veel mõnest teisest materjalist, näiteks plastiliinist.

Ülesanne 2 (joon. 57). Sama, mis ülesanne 1.

Ülesanne 3 (joon. 58). Sama, mis ülesanne 1.

2. TEHNILISTE JOONISTUSTE, ESKIISIDE JA JOONISTE VALMISTAMINE

Märkus. Harjutamine seisab mitme tehnilise joonise ja eskiisi valmistamises. Harjutamiseks tarvilikke mudeleid võib valida järgnevalt toodud ülesannete ja jooniste hulgast.

Ülesanne 1 (joon. 59).

1. Määrata, missugused teljed kuuluvad isomeetrilisele ja missugused kabinetprojektsioonile.

2. Joonisel 59, *d* ja *e* toodud näidete eeskujul harjutada isomeetriatelgede *X*, *Y* ja *Z* joonestamist.

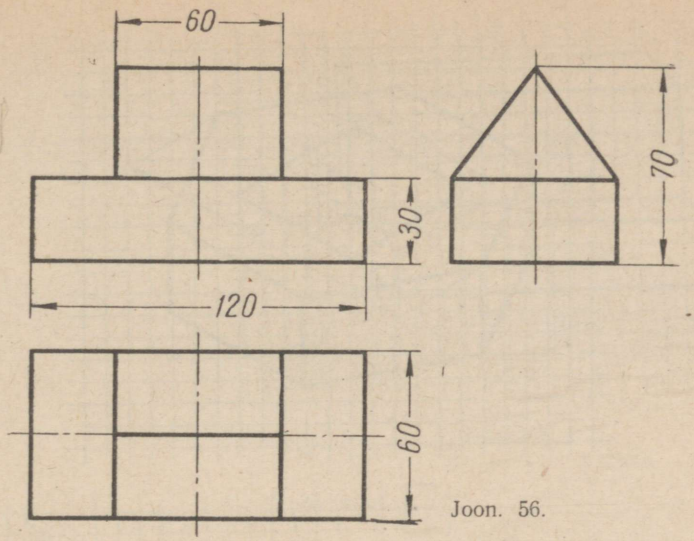
Ülesanne 2 (joon. 48).

Joonisel 48 toodud tasapinnaliste kujude isomeetriliste kujundite valmistamise näidete varal joonistada isomeetrias:

1) ruut, mis asetseb paralleelselt *a*) esiprojektsioonipinnaga, *b*) külgprojektsioonipinnaga;

2) korrapärane kuusnurk, mis asetseb paralleelselt *a*) esiprojektsioonipinnaga, *b*) põhiprojektsioonipinnaga;

3) ring, mis asetseb paralleelselt *a*) põhiprojektsioonipinnaga, *b*) esiprojektsioonipinnaga, *c*) külgprojektsioonipinnaga.



Joon. 56.

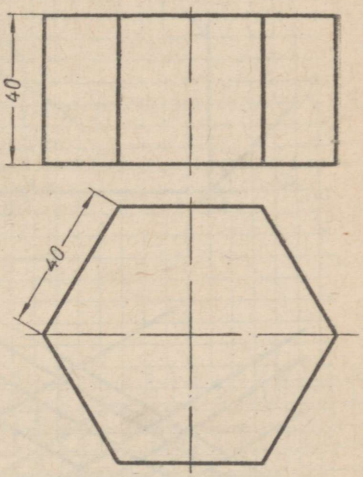
Ülesanne 3 (joon. 60).

Joonistada silmamõõdu järgi isomeetriline kujutis detailist, mille kabinetprojektsioon on toodud joonisel 60. Seejuures peab detaili pind, mille kujutisele on kantud punkt *A*, asetsema paralleelselt esiprojektsioonipinnaga.

Ülesanne 4 (joon. 61). Sama, mis ülesanne 3.

Ülesanne 5 (joon. 62).

Joonistada silmamõõdu järgi isomeetriline kujutis joonisel 62 toodud detailist. Seejuures tuleb detail asetada selliselt, et pind, mille kujutisele on kantud punkt *A*, oleks paralleelne külgprojektsioonipinnaga.



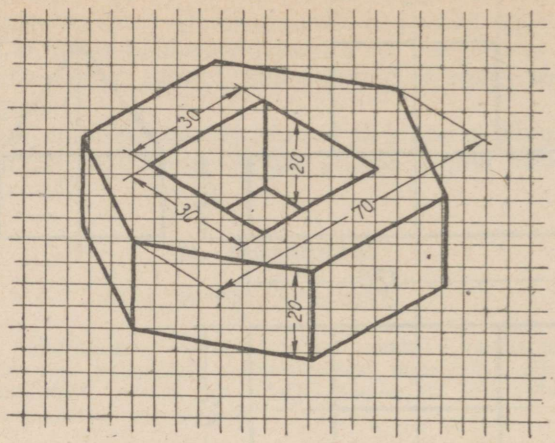
Joon. 57.

Ülesanne 6 (joon. 63).

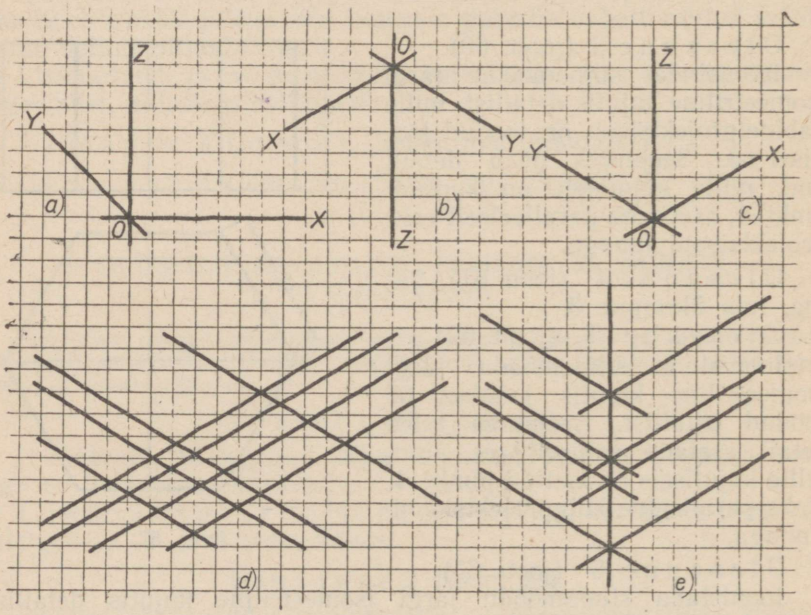
Joonistada silmamõõdu järgi isomeetriline kujutis detailist, mille ortogonaalprojektsioon on toodud joonisel 63.

Ülesanne 7 (joon. 64).

1. Joonistada (ruudukujulisele paberile) joonisel 64 toodud näidete eeskujul isomeetrilised kujutised silindrist, asetades seejuures silindri põhja esmalt paralleelselt esiprojektsioonipinnaga, seejärel põhiprojektsioonipinnaga ning lõpuks külgprojektsioonipinnaga. Joonistada silinder silmamõõdu järgi, võttes tema kõrguseks 60 *mm* ja põhja läbimõõduks 40 *mm*.



Joon. 58.

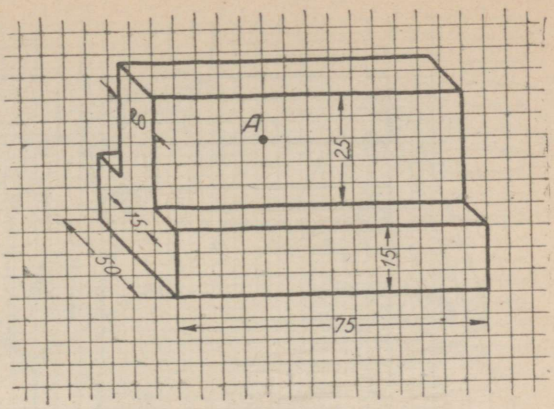


Joon. 59.

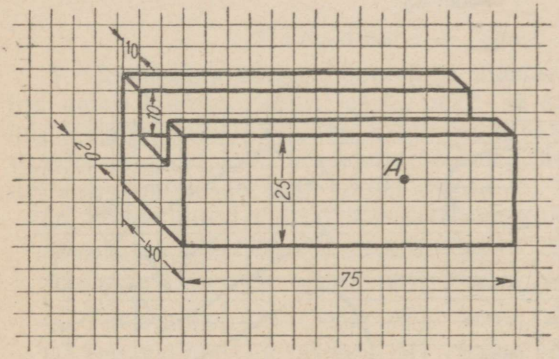
2. Joonestada antud silindri pinnalaotus ning teha paberist tema mudel.

3. Joonestada antud silindri eest- ja külgvaade, kujutades teda asetatuna ühe põhjaga külgprojektsioonipinnale.

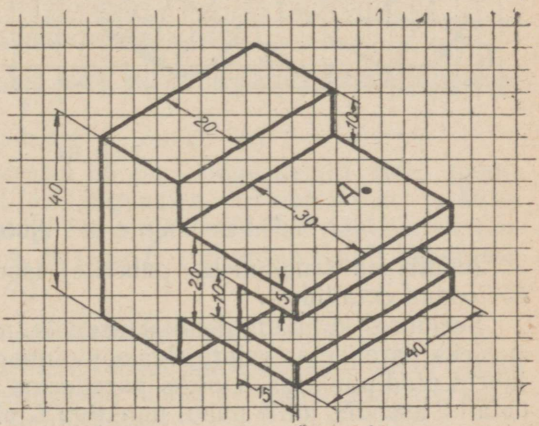
4. Joonestada isomeetriline kujutis antud silindrist, mille põhjad on paralleelsed põhiprojektsioonipinnaga.



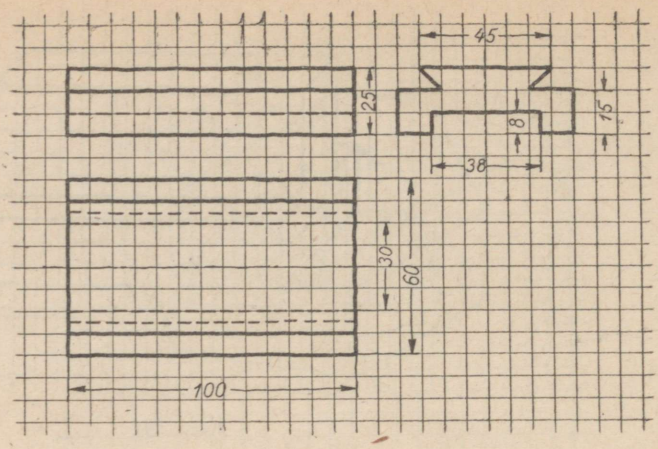
Joon. 60.



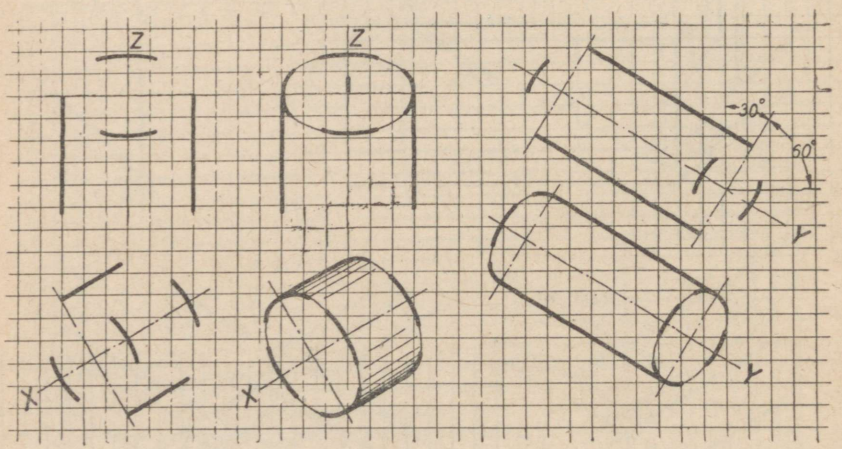
Joon. 61.



Joon. 62.



Joon. 63.

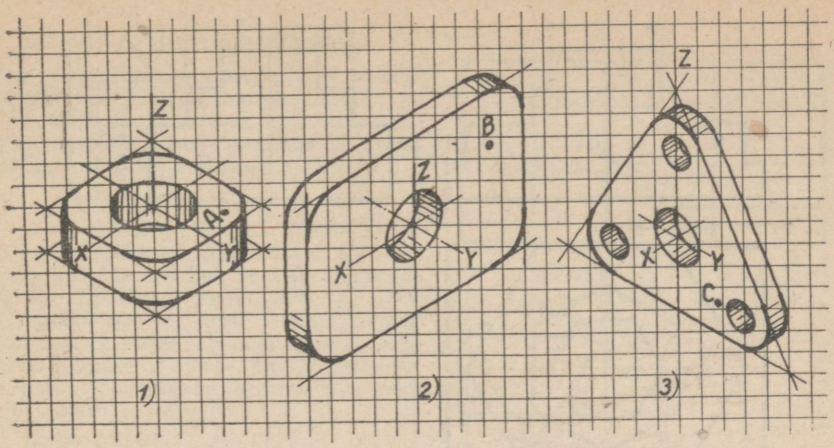


Joon. 64.

Ülesanne 8 (joon. 65).

Joonistada (ruudulisele paberile) isomeetrilisi kujutisi joonisel 65 toodud detailidest.

Seejuures kujutada detail 1 asendis, mille juures pind punktiga *A* oleks paralleelne esiprojektsioonipinnaga; detail 2 asendis, mille juures pind punktiga *B* oleks paralleelne külgprojektsioonipinnaga; detail 3 asendis, mille puhul punktiga *C* pind oleks paralleelne põhiprojektsioonipinnaga.



Joon. 65.

Ülesanne 9 (joon. 44).

1. Joonistada silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 joonisel kujutatud detail kolmes vaates: eest-, pealt- ja külgvaates ning märkida ära tema mõõtmed. Seejärel joonestada mastaabis 1:1 detaili samad vaated ning märkida ära tema mõõtmed. Joonestada detaili pindadel antud punktide kolm projektsiooni.

2. Teha antud detaili isomeetriline kujutis.

Ülesanne 10 (joon. 45). Sama, mis ülesanne 9.

Ülesanne 11 (joon. 46). Sama, mis ülesanne 9.

Ülesanne 12 (joon. 47). Sama, mis ülesanne 9.

Ülesanne 13 (joon. 54). Sama, mis ülesanne 9.

Ülesanne 14 (joon. 55). Sama, mis ülesanne 9.

3. PUUDUVATE ELEMENTIDEGA PROJEKTSIOONIDE LÕPUNIJOONESTAMINE.

Märkus. Harjutusülesandeid tuleb valida järgnevalt toodud ülesannete hulgast.

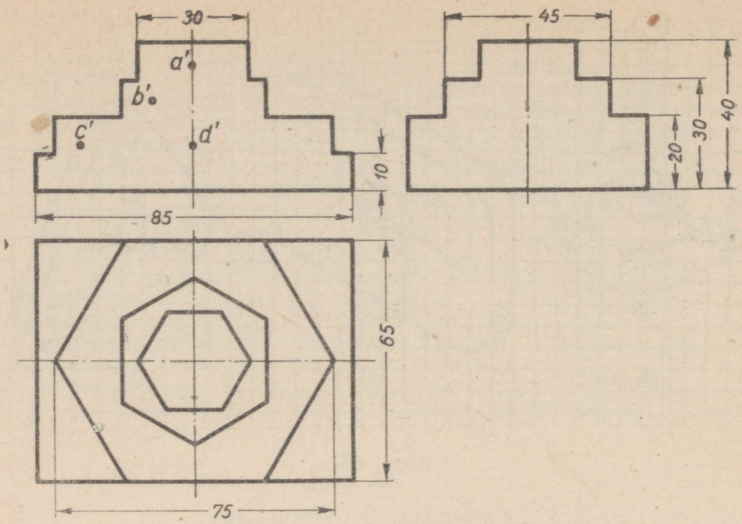
Ülesanne 1 (joon. 66).

Ülesande selgitus. Joonisel 66 on toodud detaili (toe) joonis kolmes vaates: eest-, pealt- ja külgvaates, kusjuures eest- ja külgvaade pole lõpuni joonestatud. Toe projekteerimisel nähtavatele pindadele on kantud punktid *A*, *B*, *C* ja *D* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *a'*, *b'*, *c'* ja *d'*).

Küsimusi ülesande kohta.

1. Missuguste geomeetriliste kehade liitmisel tekib antud detaili kuju? Missugused mõõtmed peavad olema neil geomeetrilistel kehadel, et moodustada antud detaili kuju?

2. Missugused on detaili gabariitmõõtmed?



Joon. 66.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Joonistada ruudulisele paberile detail kolmes vaates: eest-, pealt- ja külgvaates.

2. Märkida valmis joonisele detaili mõõtmed ning leida detaili pindadele kantud punktide kõik projektsioonid.

Ülesanne 2 (joon. 67).

Ülesande selgitus. Joonisel 67 on toodud detaili (toe) kujutis, mille eestvaade pole lõpuni joonestatud. Projekteerimisel nähtavatele toe pindadele on kantud punktid *A*, *B*, *D*, *E* ja *F* (on antud ainult nende külgprojektsioonid *a''*, *b''*, *c''*, *d''*, *e''* ja *f''*). Küsimused ja juhised ülesande täitmise kohta on samad, mis esimese ülesande puhul.

4. MUDELI KUJUTAMINE TEMA KIRJELDUSE PÕHJAL.

Märkus. Harjutused koosnevad mudeli tehniliste jooniste ja eskiiside valmistamisest kirjelduse põhjal. Igas alljärgnevas ülesandes on toodud eelnevalt käsitletud mitmesuguste geomeetriliste kehade liitmisel tekkiva mudeli kirjeldus. Mudeli koostisosade ja mudeli enda asend projektsioonipindade, s. t. esi-, põhi- ja külgprojektsioonipinna suhtes tuleb valida oma äranägemise järgi, kuid võimalikult lihtne. Harjutusülesandeid võib valida järgnevalt toodute hulgast.

Ülesanne 1.

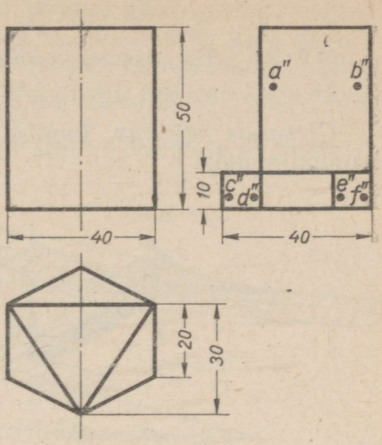
Mudeli kirjeldus. Mudel koosneb risttahukakujulisest plaadist, mille gabariitmõõtmed on 80×50×20 *mm*, ning temaga ühe põhja kaudu külgnevast korrapärasest kuusnurksest prismast, mille tahu laius on 25 *mm* ja kõrgus 30 *mm*. Prisma sümmeetriatelg on risti plaadi nende pindadega, mille mõõtmed on 80×50 *mm*, ning läbib nimetatud pindade tsentri. Prismat ja plaati läbib silindriline ava läbimõõduga 20 *mm*, kusjuures ava telg ühtib prisma sümmeetriateljega.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Valmistada eespool kirjeldatud mudeli tehniline joonis (isomeetria).
2. Valmistada samast mudelist eskiis, kujutades mudelit eest-, pealt- ja külgvaates ning märkides ära tema mõõtmed.

Ülesanne 2.

Mudeli kirjeldus. Mudel koosneb kahest silindrist, mis liituvad põhjade kaudu, kusjuures silindrite teljed ühtivad. Ühe silindri kõrgus on 15 *mm* ja põhja läbimõõt 50 *mm*; teise silindri kõrgus on 20 *mm* ja põhja läbimõõt 80 *mm*. Mõlemaid silindreid läbib meeterkeermega ava, mille läbimõõt on 24 *mm*. Ava telg ühtib silindri teljega.



Joon. 67.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Teha eespool kirjeldatud mudeli tehniline joonis (isomeetria); mudel kujutada asendis, mille juures silindri põhjad on paralleelsed põhiprojektsioonipinnaga.
2. Ehitada samast mudelist isomeetriline kujutis, kusjuures silindrite põhjad olgu asetatud paralleelselt esiprojektsioonipinnaga.
3. Teha samast mudelist joonis kahes vaates ning märkida mõõtmed.

Ülesanne 3.

Mudeli kirjeldus. Käsitletav mudel koosneb korrapärasest kuusnurksest prismast, mille põhiserv on 26 *mm* ja kõrgus 20 *mm*, ning kahest silindrist, kusjuures ühe silindri põhja läbimõõt on 35 *mm* ja kõrgus 20 *mm* ning teise põhja läbimõõt 30 *mm* ja kõrgus 60 *mm*. Prisma põhi liitub lühema silindri (ø 35 *mm*) ühe põhjaga, kuna sama silindri teine põhi liitub pikema silindri (ø 30 *mm*) ühe põhjaga. Prisma sümmeetriatelg ja silindrite teljed ühtivad. Prismat ja silindreid läbib ava, mille telg ühtib nii prisma kui ka silindrite telgedega; ava läbimõõt on 30 *mm*.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Teha tehniline joonis (isomeetriline kujutis) mudelist, mille kirjeldus on toodud eespool.
2. Teha eskiis samast mudelist kahes vaates ning märkida mõõtmed.

Ülesanne 4.

Mudeli kirjeldus. Mudel koosneb kolmest silindrist, millede mõõtmed on järgmised: esimese silindri kõrgus ja põhja läbimõõt on mõlemad 50 *mm*, kuna kahe teise silindri kõrgused on 25 *mm* ja põhjade läbimõõdud 65 *mm*. 50 *mm* läbimõõduga silindri põhjadega liituvad silindrite põhjad, millede läbimõõdud on 65 *mm*, kusjuures kõigi kolme silindri teljed ühtivad. Kõiki silindreid läbib ava, millel on korrapärase kuusnurkse prisma kuju, kusjuures prisma aluse (kuusnurga) külje pikkus on 12 *mm*. Ava telg ühtib silindrite telgedega.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

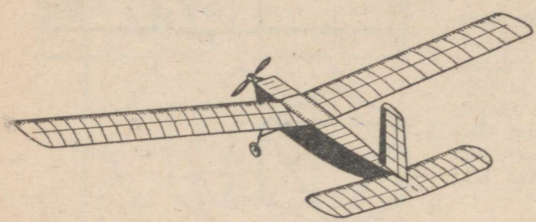
1. Teha eespool kirjeldatud mudelist tehniline joonis (isomeetria). Mudel kujutada asendis, mille juures silindrite põhjad on paralleelsed külgprojektsioonipinnaga.
2. Ehitada samast mudelist isomeetriline kujutis, nii et silindrite põhjad asetseksid paralleelselt põhiprojektsioonipinnaga.
3. Teha samast mudelist joonis kahes vaates ning märkida mõõtmed.

5. KÖVERJOONTE TÖMBAMINE LEKAALI ABIL.

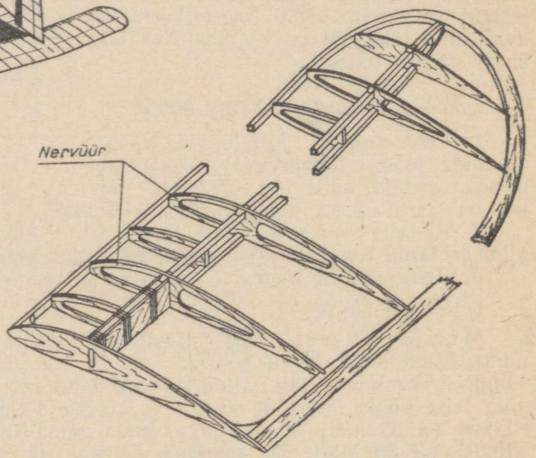
Märkus. Harjutamiseks võib valida ülesandeid järgnevalt toodute hulgast.

Ülesanne 1 (joonised 68—71).

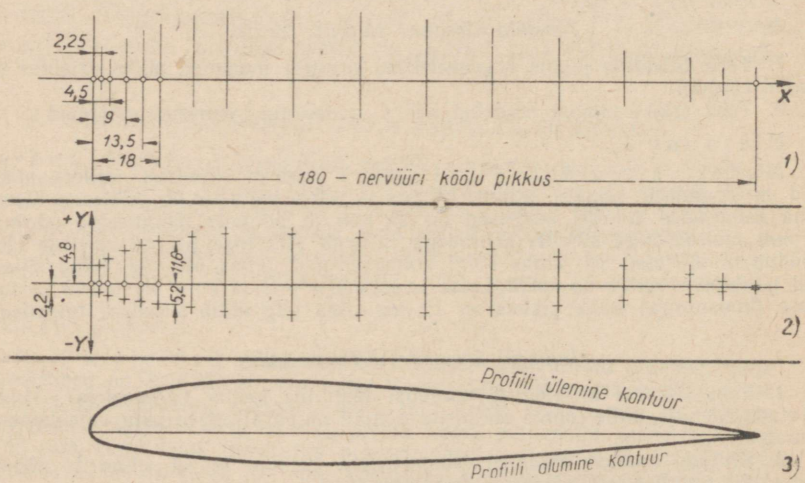
Ülesande selgitus. Joonisel 68 on kujutatud raadio abil juhitav lennukimudel.



Joon. 68.



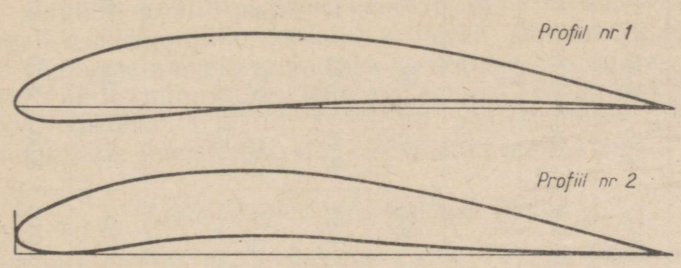
Joon. 69.



Joon. 70.

Lennukimudeli üks tähtsamaid osi on tiib. Tiiva profiili õigest valikust sõltuvad mudeli lennuomadused ja osaliselt ka tiiva vastupidavus. Lennukimudeli tiiva karkass (joon. 69) koosneb reast detailidest, nende hulgas nervüürist, mille profiil määrab kogu tiiva profiili.

Nervüüri profiil joonestatakse lekaali abil vastavatele andmetele.



Joon. 71.

Tabelis 1 on toodud nervüüri ühe profiili mõõtmed, kuna joonisel 70 on näidatud tema ehitamise järjekord (joon. 70, *a*, *b* ja *c*).

Nervüüri profiili ehitame järgmiselt:

a) võtame nervüüri kõõlu pikkuseks (joon. 70, *a*) näiteks 180 *mm*;

b) rõhtsirgele, mida antud juhul nimetame abstsisstelj e k s (või *X*-teljeks), kanname sirglõigu, mille pikkus on võrdne nervüüri kõõlu valitud pikkusega, s. o. 180 *mm*. Seejärel lõikame kõõlu järjestikuste ristsirgetega. Ristsirgete vahekauguste suurust näitab meile (protsentides nervüüri kõõlu kogu pikkusest) tabelis 1 toodud ülemine rida «*X*, %».

Järelikult on need vahekaugused antud näite puhul järgmised: 1,25% × 180=2,25 (*mm*); 2,5% × 180=4,5 (*mm*); 5% × 180=9 (*mm*) jne.;

c) seejärel, kui kogu nervüüri kõõlu pikkus on ära märgitud ja lõigatud ristsirgetega, kanname viimastele sirglõigud, mis määravad nervüüri profiili kontuurjoone (joon. 70, *b*). Nervüüri profiili ülemist kontuurjoont määravate sirglõikude pikkust näitab meile (protsentides nervüüri kõõlu kogu pikkusest) tabelis 1 toodud keskmine rida «$Y_{ülem.}$, %», kuna sama tabeli alumine rida «$Y_{alum.}$, %» annab sirglõikude pikkusi, mis määravad profiili alumist kontuurjoont.

Esimesele ristsirgele, mis asetseb algpunktist 1,25% nervüüri kõõlu kogupikkuse kaugusel (joon. 70, *b*), kanname abstsissteljest ülespoole sirglõigu, mida antud juhul nimetatakse ordinaadiks, ning mille pikkus on võrdne 2,67%-ga nervüüri kõõlu kogupikkusest. Kuna meie näite puhul üks protsent nervüüri kõõlu kogupikkusest on 1,8 *mm*, siis on nimetatud ordinaadi pikkus 2,67 · 1,8= =4,806 ≈ 4,8 (*mm*).

Tabel 1.

X, %	0	1,25	2,5	5,0	7,5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
$Y_{ülem.}$, %	0	2,67	3,61	4,91	5,80	6,43	7,19	7,50	7,55	7,14	6,41	5,47	4,36	3,08	1,68	0,92	0,13
$Y_{alum.}$, %	0	−1,23	−1,71	−2,26	−2,61	−2,92	−3,5	−3,97	−4,46	−4,48	−4,17	−3,67	3,00	−2,16	−1,23	−0,70	−0,18

Tabel 2.

X, %	0	1,25	2,5	5,0	7,5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
$Y_{ülem.}$, %	0	2,73	3,8	5,36	6,57	7,58	9,18	10,34	11,65	11,80	11,16	9,95	8,23	6,03	3,33	1,79	0
$Y_{alum.}$, %	0	−1,23	−1,64	−1,99	−2,05	−1,99	−1,67	−1,25	−0,38	−0,20	0,55	0,78	0,85	0,73	0,39	0,16	0

Tabel 3.

X, %	0	1,25	2,5	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
$Y_{ülem.}$, %	3,00	5,00	5,78	7,10	8,90	10,45	11,40	12,30	12,20	11,50	10,00	8,00	5,70	3,00	1,52	0,00
$Y_{alum.}$, %	3,00	1,18	0,56	0,14	0,30	0,82	1,50	2,50	2,80	2,50	1,80	1,20	0,80	0,40	0,14	0,00

Samal ristsirgel kanname abstsissteljest allapoole ordinaadi, mis on võrdne 1,23%-ga nervüüri kõõlu kogupikkusest, s. o. $1{,}23 \times 1{,}8 = 2{,}214 \approx 2{,}2$ (*mm*) (tabelis 1 arvu 1,23 ees seisev miinusmärk näitab, et see sirglõik tuleb kanda allapoole).

Samal viisil arvutame ja kanname ülejäänud ristsirgetele ka teisi ordinaate, mis määravad profiili kontuurjoone punkte. Ühendades lekaali abil profiili kontuurjoone punkte sujuva kõverjoonega, saame nervüüri profiili joonise (joon. 70, *c*).

Sageli esineb profiile, milledel erinevalt joonisel 70 kujutatud profiilist viimase alumise kontuurjoone ordinaatidel on kas osaliselt või kõigil mitte miinusmärk, vaid plussmärk. See tähendab, et kontuurjoone vastavad punktid asetsevad abstsissteljest (*X*-feljest) kõrgemal, mitte madalamal, nagu käsitletud näite puhul.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

Nervüüri profiili nr. 1 joonise (joon. 71) ja tema mõõtmete (tabel 2) põhjal joonestada nervüüri antud profiil. Nervüüri kõõlu pikkus võtta 200 *mm*.

Ülesanne 2 (joon. 71).

(Vaata selgitust ülesande 1 kohta.)

Nervüüri profiili nr. 2 joonise (joon. 71) ja tema mõõtmete (tabel 3) põhjal joonestada nervüüri antud profiil. Nervüüri kõõlu pikkuseks võtta 170 *mm*.

Ülesanne 3. Koolipõlle rüüši joonise valmistamine (joonised 72 ja 73).

Ülesande selgitus. Joonisel 72 on toodud koolipõll, kuna joonisel 73 on näidatud sama koolipõlle rüüši joonis. Rüüši külgeõmmeldava külje kontuurjoon ehitatakse, näiteks, mõõtmete järgi, mis on (*cm*-tes) toodud joonisel, ning joonestatakse seejärel lekaali abil.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

Teha joonise 73 andmeil mastaabis 1:5 koolipõlle rüüši joonis.

Ülesanne 4. Krae jooniste valmistamine (joon. 74, *a* ja *b*).

Ülesande selgitus. Õpilaste kleitidele tehakse tavaliselt kahte liiki kraesid: püstkraed ja mahakäänatud kraed.



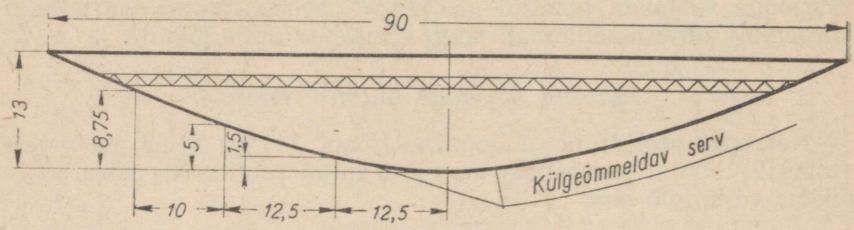
Joon. 72.

Püstkrae joonise valmistamine on näidatud joonisel 74, *a*, mahakäänatud krae oma aga joonisel 74, *b*. Kraede kõverad kontuurjooned joonestatakse lekaali abil.

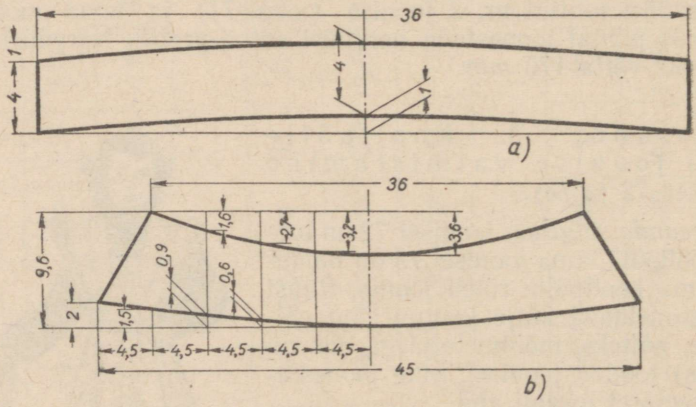
Tuleb arvesse võtta, et krae mõõtmed (kaelaava ümbermõõt, laius jne.) on muutuvad, sest nad sõltuvad kleidi suurusest.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

Teha jooniste 74, *a* ja *b* andmeil püstkrae ja mahakäänatud krae joonised mastaabis 1:2.



Joon. 73.

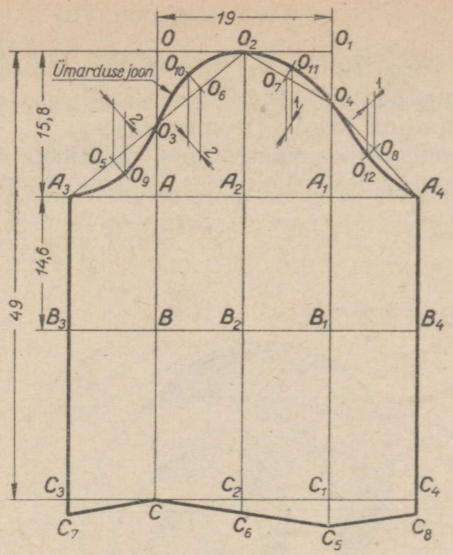


Joon. 74.

Ülesanne 5. Kleidi varruka joonise valmistamine (joon. 75).

Teha joonise 75 andmeil kleidi varruka joonis mastaabis 1:2,5.

Varruka joonise (joon. 75) valmistamiseks joonestada täisnurk tipuga punktis *O*. Varruka laius — lõik OO_1 — on võetud 19 *cm*, varruka ümarduse kõrgus — lõik O_2A_2 — on võetud 15,8 *cm*, varruka pikkus — lõik OC — on võetud 49 *cm*.



Joon. 75.

Varruka ümarduse keskkoht $OO_2 = \frac{OO_1}{2}$.

$$AA_3 = AA_2; \quad A_1A_4 = A_1A_2.$$

Varruka ümarduse vormistamine:

$AO_3 = \frac{OA}{2}$; $O_1O_4 = \frac{O_1A_1}{3}$; $A_3O_5 = O_5O_3$; $O_3O_6 = O_6O_2$; $O_2O_7 = O_7O_4$; $O_4O_8 = O_8A_4$; $O_5O_9 = 2$ *cm*; $O_6O_{10} = 2$ *cm*; $O_7O_{11} = 1$ *cm*; $O_8O_{12} = 1$ *cm*.

Ühendades punktid A_3, O_9, O_{10}, O_2, O_{11}, O_4, O_{12} ja A_4 lekaali abil sujuva kõverjoonega, saadakse varruka ümarduse joon.

Külje õmbluste ja alumise osa vormistamine:

$BB_3 = BB_2$; $B_1B_4 = B_1B_2$; $CC_3 = CC_2$; $C_1C_4 = C_1C_2$; $C_1C_5 = 3$ *cm*; $C_3C_7 = C_4C_8 = C_2C_6$.

Ühendades punktid A_3, B_3, C_3, C_7, C, C_6, C_5, C_8, C_4, B_4 ja A_4 sirgetega, saadakse kleidi varruka joonis.

III. Tööd.

1. TÖÖ NR. 1.

Märkus. Töö nr. 7 seisab silindri- ja prismakujulisi elemente sisaldavast esemest tehnilise joonise ja eskiisi joonistamises, mille järel eskiisi järgi tuleb valmistada joonis[1]. Töö jaoks vajalikku eeskuju võib valida järgnevalt antud ülesannete hulgast.

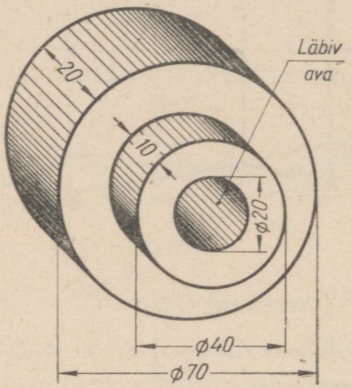
[1] Teatmed mõõteriistade ja mõõtmisvõtete kohta, mida vajatakse mõõtmete kandmiseks joonisele, on toodud lk. 247.

Ülesanne 1 (joon. 76).

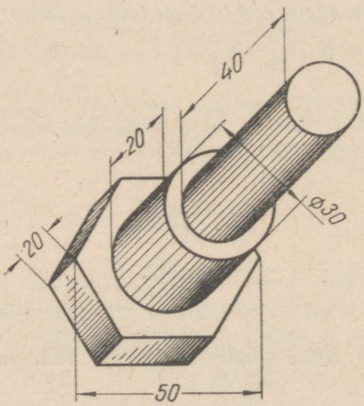
Silmamõõdu järgi antud detailí üksikosade vahelist suurust arvestades valmistada:

1) detaili tehniline joonis (isomeetria);
2) detaili joonis kahes vaates koos mõõtmete äramärkimisega;
3) detaili joonis ühes sellele märgitud mõõtmetega.

Ülesanne 2 (joon. 77). Sama, mis ülesanne 1.



Joon. 76.



Joon. 77.

2. TÖÖ NR. 2.

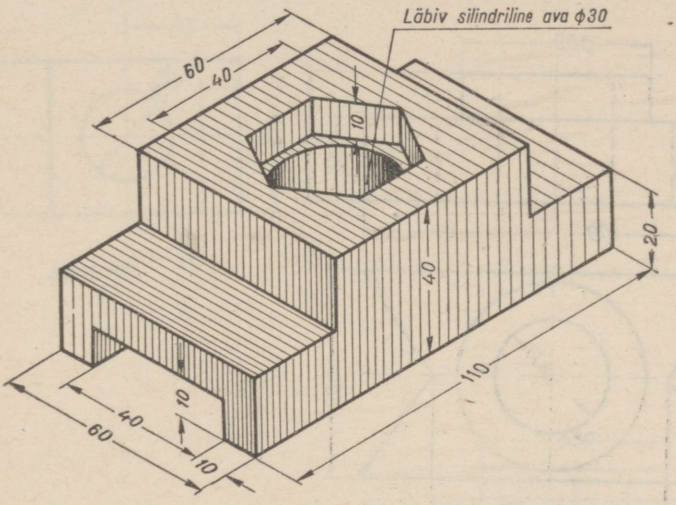
Märkus. Töö nr. 2 seisneb detaili joonise valmistamises detaili näitliku kujutise järgi.

Töö jaoks võib valida mõne detaili järgnevates ülesannetes antud detailide hulgast.

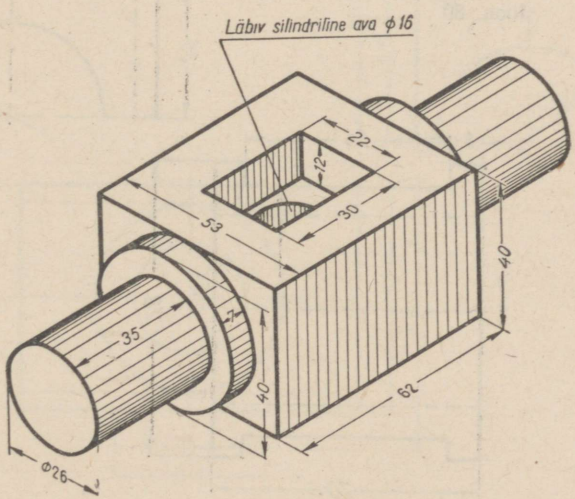
Ülesanne 1 (joon. 78).

Detaili antud isomeetrilise kujutise järgi teha sama detaili joonis kolmes vaates koos mõõtmete äramärkimisega.

Ülesanne 2 (joon. 79). Sama, mis ülesanne 1.



Joon 78.



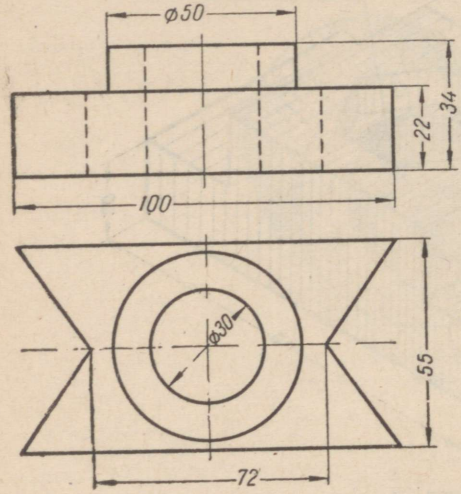
Joon. 79.

Märkus. Töö nr. 3 juures tuleb detaili kahe antud projektsiooni järgi leida tema kolmas projektsioon. Töö jaoks vajalikku eeskuju võib valida järgnevate ülesannete hulgast.

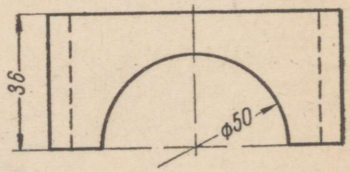
Ülesanne 1 (joon. 80).

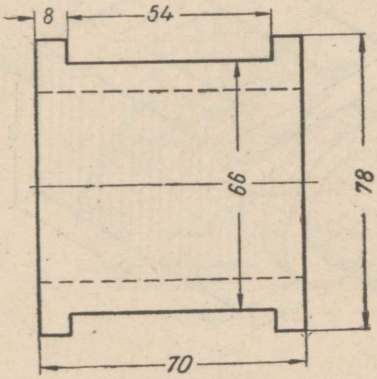
Detaili kahe antud projektsiooni järgi teha tema joonis kolmes vaates: eest-, pealt- ja külgvaates ning märkida joonisele detaili mõõtmed.

Ülesanne 2 (joon. 81). Sama, mis ülesanne 1.

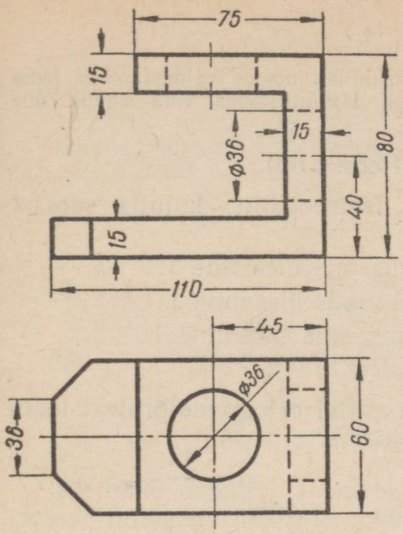


Joon. 80.

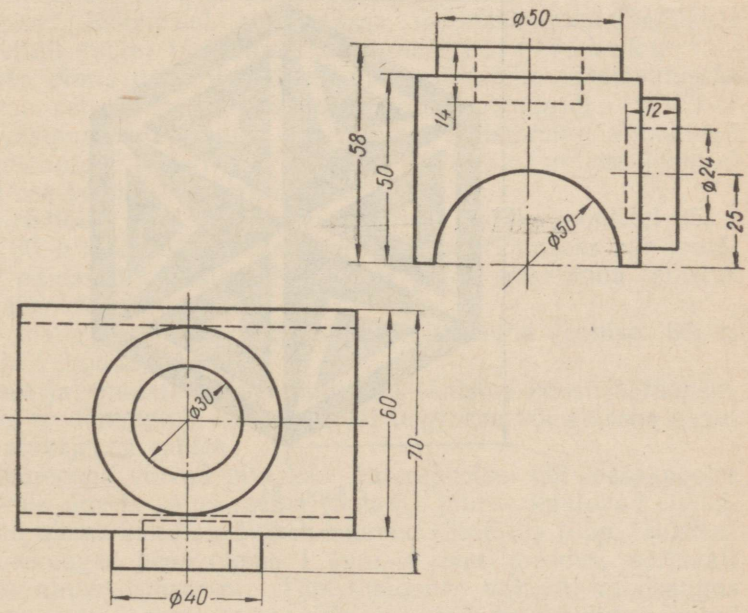




Joon. 81.



Joon. 82.



Joon. 83.

Märkus. Töö nr. 4 seisneb detaili tehnilise joonise valmistamises tema ortogonaalprojektsioonis antud joonise järgi. Harjutustööks võib valida ühe järgneva ülesande.

Ülesanne 1 (joonis 80).

Antud projektsioonide järgi teha isomeetriline kujutis samast detailist.

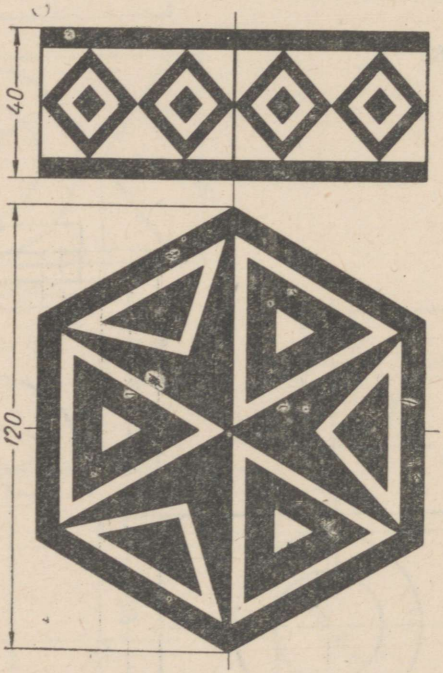
Ülesanne 2 (joon. 81). Sama, mis ülesanne 1.

Ülesanne 3 (joon. 82). Sama, mis ülesanne 1.

Ülesanne 4 (joon. 83). Sama, mis ülesanne 1.

Ülesanne 5 (joon. 84).

Mustriga kaunistatud laeka kahe antud ortogonaalprojektsiooni järgi teha sama laeka isomeetriline joonis.



Joon. 84.

II peatükk.

RISTLÕIKED JA LÕIKED.

I. Ristlõiked.

Ristlõike mõiste. Joonisel 85 on kujutatud isomeetrias kaks prussi, milledest üks prismakujuline (joon. 85, *a*) ja teine silindrikujuline (joon. 85, *b*). Prismakujulise prussi külgtahkude laius on 80 *mm*, kuna silindrikujulise prussi otspinna läbimõõt on 80 *mm*.

Prusse lõikab tasapind, mis prismakujulisel prussil on r i s t i tema külgtahkudega, silindrikujulisel aga r i s t i tema pikiteljega.

Prusside ülalkirjeldatud lõikamise tagajärjel tekivad lõikaval tasapinnal (lõiketasapinnal) tasapinnalised kujundid. Prismakujulisel prussil on see ruut, silindrikujulisel aga ring.

Niisugusel lõikamisel nimetatakse lõiketasapinnal saadavat eseme (detaili, toote) tasapinnalist kujundit r i s t l õ i k e k s.

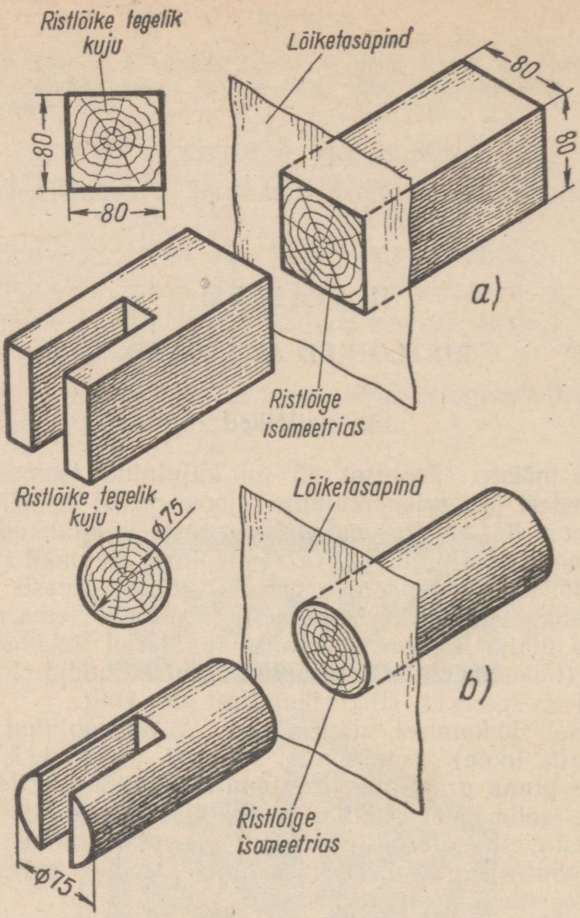
Ristlõike pinna graafiline tähistamine. Ristlõike esiletõstmiseks tähistatakse selle pind riikliku üleliidulise standardi (ГОСТ-i) kohaselt vastavalt materjalile. Niisugune tähistamine võimaldab (kuigi üldjoontes) graafiliselt märkida materjale, millest joonisel kujutatud ese (detail) on valmistatud.

Puidu ristlõike märkimiseks kasutatakse näiteks joonistel 85, *a* ja *b* ning 86, *a* näidatud tähistust, pikilõike märkimiseks aga joonisel 86, *b* näidatud tähistust. Niisugune puidu lõikepinna tähistus tehakse vaba käega.

Teiste materjalide märkimiseks tuleb kasutada joonisel 86, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* ja *h* toodud tähistusi.

«Tellise» ja «metalli» tüüpi materjali tähistus koosneb rööpsirgetest, mis on tõmmatud 45° nurga all telgjoone või alusena kasutatava kontuurjoone suhtes.

Tähistusjooned võivad olla kas parempoolse või vasakpoolse kaldega, kuid ühe ja sama eseme (detaili) juurde kuuluvad ristlõiked peavad olema kallutatud ühes suunas. «Metalli» tüüpi tähistusjoonte vahekaugus peab olema 1 kuni 4 *mm* piirides, sõltuvalt tähistatava pinna suurusest. Tähistusjoonte valitud vahekaugus peab olema ühe ja sama eseme (detaili) kõikide ristlõigete puhul võrdne.



Joon. 85.

Ristlõigete asetus ja tähistamine. Ristlõiked võivad joonisel asetseda kas sees- või väljaspool projektsiooni kontuurjooni. Ristlõikeid, mis asetsevad väljaspool projektsiooni kontuurjooni, nimetatakse väljajoonestatud ristlõigeteks, projektsiooni kontuurjoontes asetsevaid aga pealejoonestatud ristlõigeteks.

Väljajoonestatud ristlõiget võib joonisel paigutada:

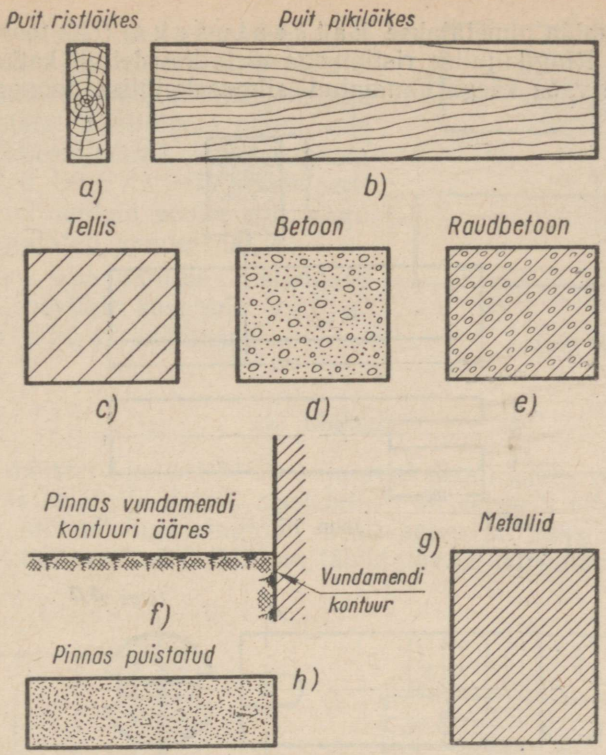
a) lõiketasapinna jälje pikendusele;

b) projektsioonilises seoses vaatega;

c) joonise meelevaldselt valitud kohale.

Selgitame seda järgmiste näidete varal.

Näide 1. Joonisel 87 on kujutatud puidust pruss kahes vaates: eest- ja pealtvaates, ning toodud tema ristlõige. Lõiketasapinna suund on näidatud pealtvaatel kriips-punktjoonega, mis on tõmma-



Joon. 86.

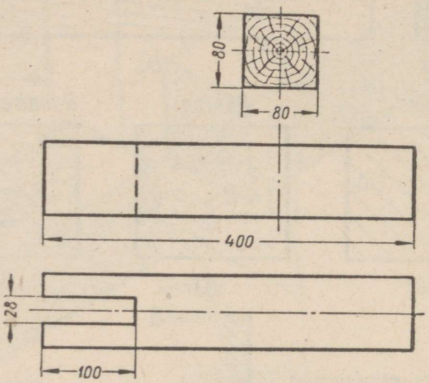
tud telgjoone jämeduses. Ristlõike suunda näitavat kriips-punktjoont nimetatakse lõiketasapinna j ä l j e k s. Väljajoonestatud ristlõige asetseb selle jälje pikendusel.

N ä i d e 2. Joonisel 88 on näidatud väljajoonestatud ristlõige, mis asetseb joonisel projektsioonilises seoses vaatega.

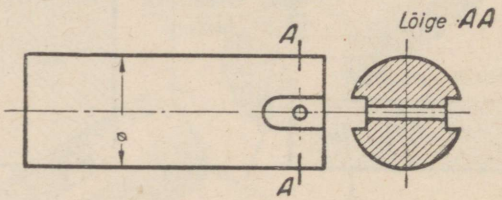
N ä i d e 3. Joonistel 89, *a*, *b* ja *c* on näidatud väljajoonestatud ristlõiked, mis on paigutatud joonise vabale pinnale, s. t. detaili joonise meelevaldsele kohale. Siinjuures tuleb pöörata tähelepanu järgmisele sel viisil paigutatud ristlõike tähistamise erisusele. Juhul, kui ristlõige asetseb sümmeetriliselt lõiketasapinna jälje suhtes, tuleb viimane, nagu see on näidatud joonisel 89, *a* ja *b*, tähistada kriipsude ja tähtedega, ristlõige ise aga pealkirjaga, näiteks «Lõige *AA*». Asetseb ristlõige aga ebasümmeetriliselt lõiketasapinna jälje suhtes (joonis 89, *c*), siis tuleb lisaks eespool nimetatud tähistustele näidata ka ristlõike projekteerimise suund lõikejoonel nooltega.

Paneme tähele, et joonisel 89 on kõigi kolme näite puhul detaili projektsiooni pikkuse vähendamiseks kasutatud tinglikku kujuta-

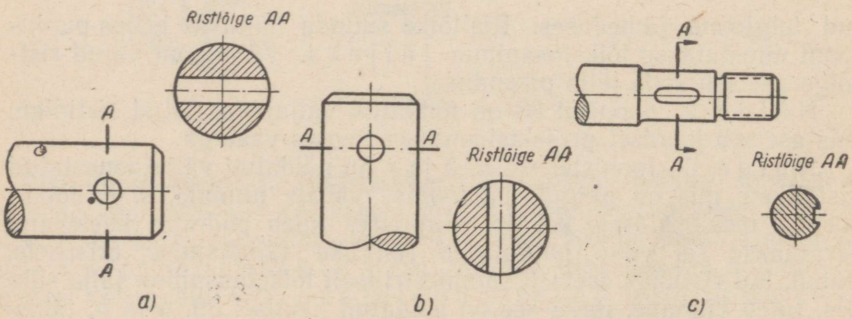
mise viisi, mida nimetatakse katkestuseks (ehk teoreetiliseks murdeks.). Ringikujulise ristlõikega metallist detaili katkestusjoon märgitakse vaba käega tõmmatud silmusekujulise joonega, mille



Joon. 87.



Joon. 88.



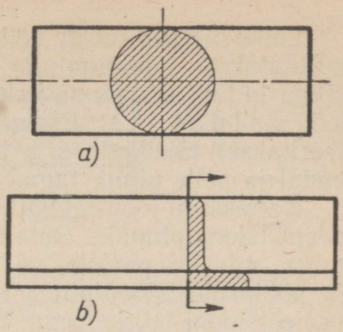
Joon. 89.

jämedus on $^1/_2$ kuni $^1/_3$ samal joonisel esineva kontuurjoone jämedusest.

Pealejoonestatud ristlõiked peavad ühtima vastava vaatega (joon. 90, *a* ja *b*), nad joonestatakse peene täisjoonega, mille jämedus on ligikaudu $^1/_4$ nähtava kontuurjoone jämedusest, ning viiru-

tatakse. Vaate (projektsiooni) kontuurjooned jäävad lõikumisel pealejoonestatud ristlõike kontuurjoontega katkestamata. Ristlõigete puhul, mis on ebasümmeetrilised lõiketasapinna jälje suhtes, tuleb ristlõike projekteerimise suund näidata noolte abil, nagu see on kujutatud joonisel 90, *b*.

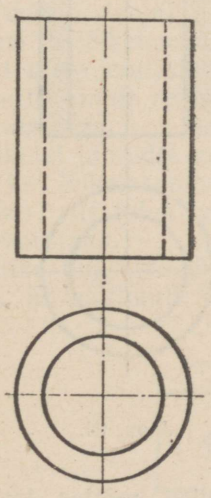
Riiklik üleliiduline standard (ГОСТ) soovitab kasutada väljajoonestatud ristlõikeid.

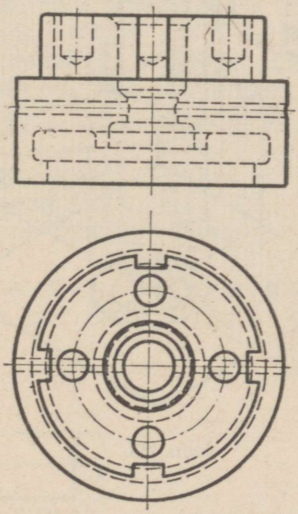


Joon 90.

II. Lõiked.

Lõike mõiste. Joonisel 91 on kujutatud detail kahes vaates: eest- ja pealtvaates. Selle detaili sisekontuur on kergesti ettekujutatav: väiksema läbimõõduga ringjoon pealtvaatel ja kaks kriipsjoont eestvaatel näitavad, et detailil on läbiulatuv silindriline ava.


Joon. 91.

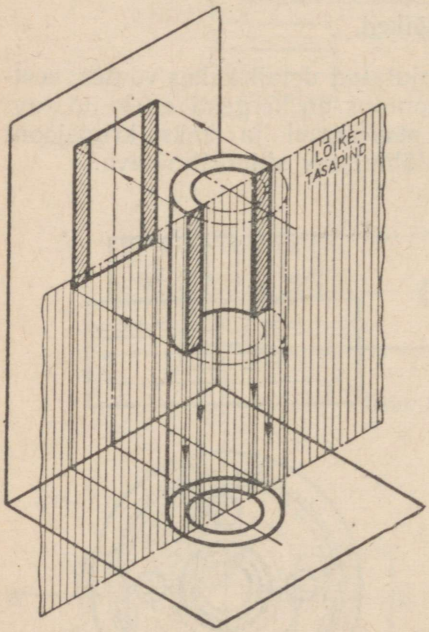

Joon. 92.

Joonisel 92 kujutatud detaili sisekontuuri on juba raskem ette kujutada, sest mõlemate vaadete nähtavate ja nähtamatute kontuurjoonte rohkus raskendab joonise lugemist.

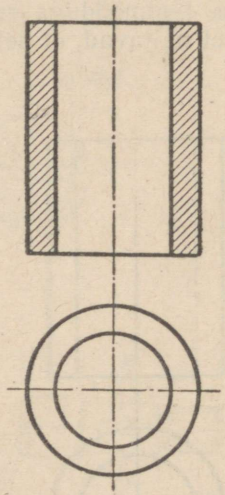
Selleks, et joonisel näitlikumalt kujutada mingi eseme (detaili või detailide kogumiku) sisekontuuri, kasutatakse tinglikku kujutamist, mida nimetatakse lõikeks.

Lõike olemus seisab selles, et ese (detail või detailide kogumik) kujutatakse läbilõigatuna tasapinnaga, kusjuures projekteerija silma ja lõiketasapinna vahel asuv osa loetakse tinglikult kõrvaldatuks. Eseme allesjääv osa aga kujutatakse (projekteeritakse) täielikult, s. t. joonestatakse kõik, mis asub lõikepinnal endal ja selle pinna taga.

Näiteks on joonisel 93 kujutatud detaili lõike projekteerimist esiprojektsioonipinnale. Detail on tinglikult läbi lõigatud püsttasapinnaga, mis on paralleelne esiprojektsioonipinnaga. Lõiketasapinna ja põhiprojektsioonipinna lõikejoon, s. t. lõiketasapinna jälg, ühtib projektsiooni telgjoonega. Detaili see osa, mis asetseb projekteerija silma ja lõiketasapinna vahel, on tinglikult kõrvaldatud (joonisel 93



Joon. 93.

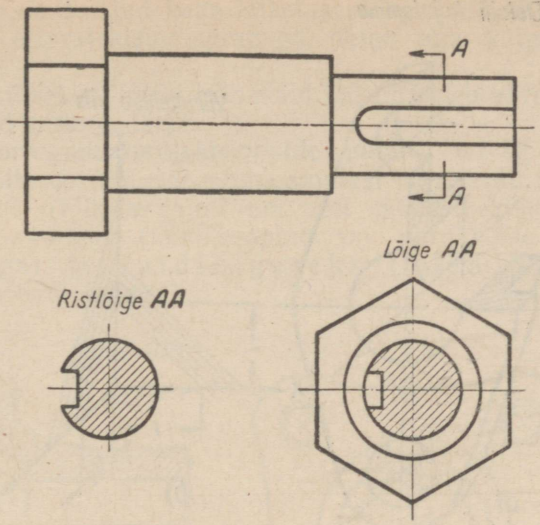


Joon. 94.

on kõrvaldatud osa näitlikkuse suurendamise mõttes kujutatud kriips-punktjoontega).

Detaili allesjääv osa on projekteeritud esiprojektsioonipinnale täielikult, s. t. ei ole projekteeritud ainult see, mis asetseb lõikepinnas, vaid ka see, mis asetseb selle pinna taga.

Joonisel 94 on toodud sama detaili joonis — lõige ja põhijoonis, kusjuures samuti nagu eelmise näite puhul (joon. 93), on lõikel kujutatud mitte ainult lõiketasapinnas asetsev osa detailist, vaid ka selle pinna taga asetsev osa.

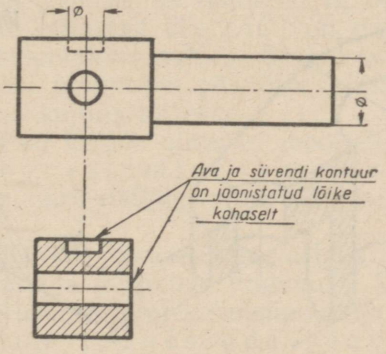


Joon. 95.

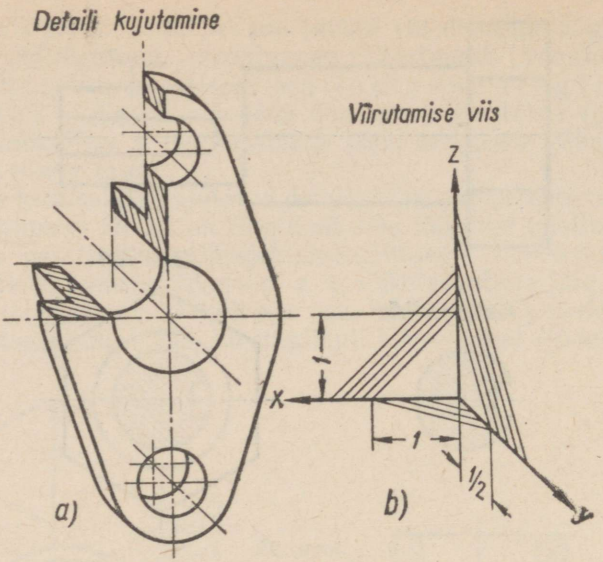
Järelikult, erinevalt ristlõikest (joon. 95), nimetatakse lõikeks eseme (detaili, toote) niisugust tinglikku kujutist, mille projekteerija silma ja lõiketasapinna vahel olev esemeosa on tinglikult kõrvaldatud ning joonestatud on mitte ainult lõiketasapinnas olev (s. t. mitte ainult ristlõige), vaid ka see detaili osa, mis asetseb selle pinna taga.

Üksikutel juhtudel tuleb aga ristlõige joonestada lõike kohaselt. Näiteks kui lõiketasapinda satub ava (joon. 89, *a* ja *b*) või süvend (joon. 96), siis tuleb ka ava või süvendi kontuur lõike kohaselt välja joonestada.

Näitlike kujutiste lõiked. Lõiked kabinetprojektsioonis. Et näitlikult kujutada lõikega eset (detaili), tuleb kõige-



Joon. 96.

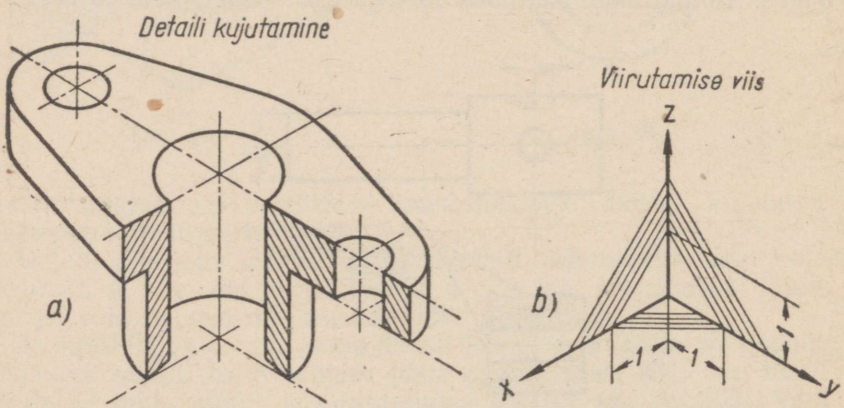


Joon. 97.

pealt kindlaks teha, mitmete ja missuguste lõiketasapindadega on kõige otstarbekohasem joonestada lõiget. Näiteks joonisel 97, *a* on toodud lõikes kujutatud detaili (ääriku) kabinetprojektsioon, detaili lõige on valmistatud kahe lõiketasapinna abil, milledest üks on paralleelne külgprojektsioonipinnaga (püsttasapind), teine aga paralleelne põhiprojektsioonipinnaga (rõhttasapind).

Kabinetprojektsioonis esinevaid lõikeid tuleb viirutada joonisel 97, *b* toodud eeskuju järgi.

L õ i k e d i s o m e e t r i a s. Joonisel 98, *a* on kujutatud eelmises näites käsitletud lõikega detail (äärik) (joon. 97, *a*) isomeetrias.

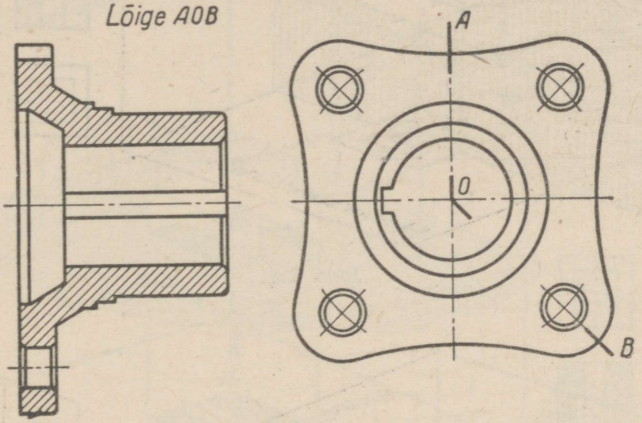


Joon. 98.

Antud lõige on saadud kahe lõiketasapinna abil, milledest üks on paralleelne esiprojektsioonipinnaga, teine aga külgprojektsioonipinnaga.

Isomeetrilisel kujutisel esinevaid lõikeid tuleb viirutada joonisel 98, *b* toodud eeskuju järgi.

Lõiked ortogonaalprojektsioonide puhul. Lõigete nimetused. Sõltuvalt lõiketasapinna suunast jagunevad lõiked püstlõigeteks (lõiketasapind on risti põhiprojektsioonipinnaga), rõhtlõigeteks (lõiketasapind on paralleelne põhiprojektsioonipinnaga) ja kaldlõigeteks (lõiketasapind on kaldu põhiprojektsioonipinnaga).



Joon. 99.

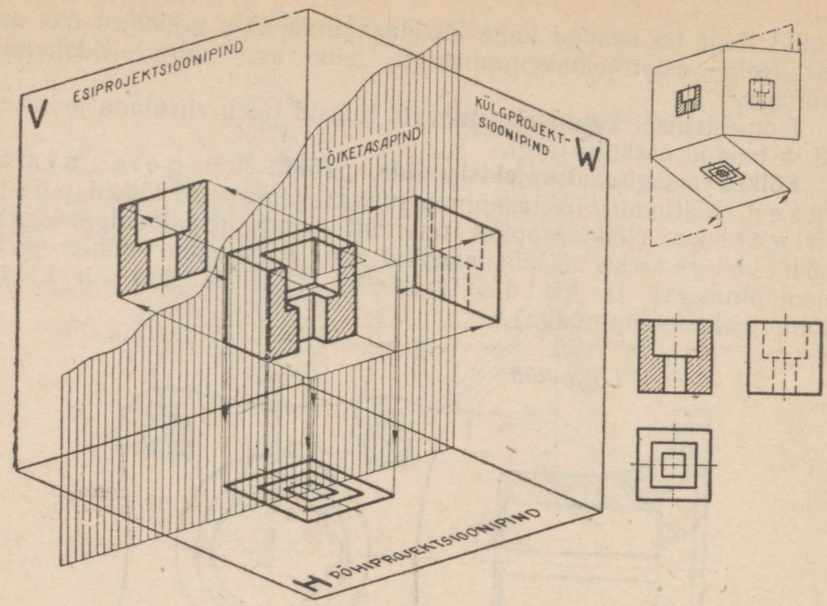
Sõltuvalt lõiketasapindade arvust, millede abil saadakse antud lõige, jagunevad lõiked ühepinnalisteks lõigeteks, mis saadakse ühe lõiketasapinna abil (nagu näiteks joonistel 93 ja 94), ning mitmepinnalisteks lõigeteks, mis saadakse kahe ja enama lõiketasapinna abil ning mis on ühitatud joonise tasapinnal. Näiteks joonisel 99 näidatud liitlõige on saadud kahe lõiketasapinna abil, milledest üks (*AO*) on risti, teine (*OB*) aga kaldu põhiprojektsioonipinna suhtes. Seejuures on kaldlõike pind (*OB*) pööratud kuni ühtimiseni püstlõike pinnaga, et sel viisil saada moonutamata kujutis lõikest.

Eespool nimetatud lõigete nimetusi joonisele ei kirjutata.

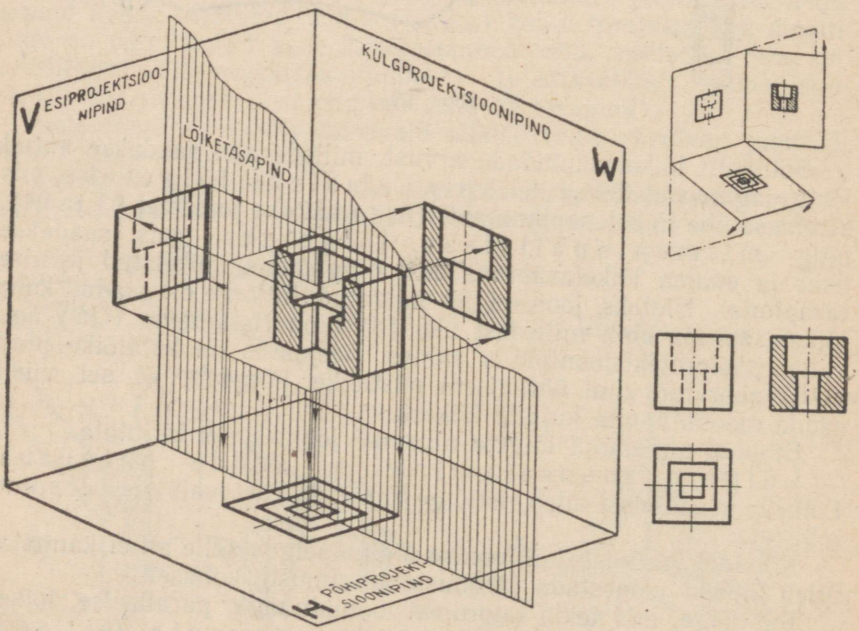
Lõigete joonestamine ja nende paigutus. Lõike joonestamisel tuleb ristlõige viirutada vastavalt eespool antud juhistele.

Kõikidel juhtudel, kui joonise üldine selgus selle all ei kannata, tuleb lõikeid joonestada järgmiste tingimuste kohaselt.

Püstlõige, mis tekib esiprojektsioonipinnaga paralleelse lõiketasapinna abil, tuleb joonestada peavaate (s. t. eestvaate) kohale (või selle kõrvale) (joon. 100).



Joon. 100.

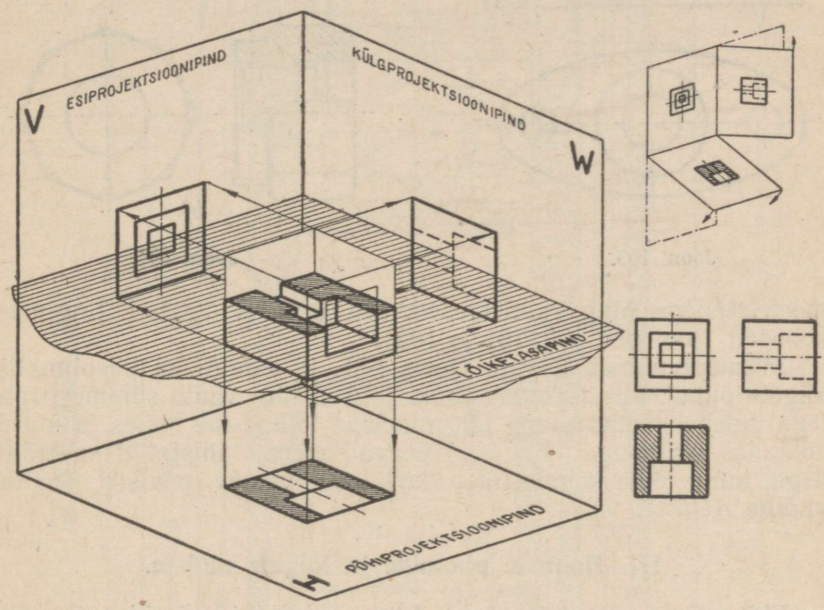


Joon. 101.

Püstlõige, mis tekib esiprojektsioonipinnaga risti ja järelikult külgprojektsioonipinnaga paralleelse lõiketasapinna abil (joon. 101), tuleb joonestada külgvaate kohale.

Rõhtlõige tuleb joonestada pealtvaate kohale (joon. 102).

Poolvaate ja poollõike ühendamine. Kui joonestatav detail projekteerub sümmeetrilise kujundina, siis on lubatud tema üht poolt joonestada vaates ja teist poolt lõikes (näiteks pool pealtvaadet või pool eestvaadet või pool külgvaadet).



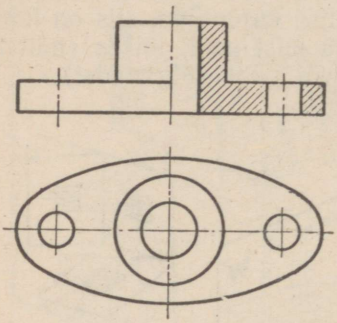
Joon. 102.

Poole eestvaate ja poole püstlõike ühendamise näide on toodud joonisel 103.

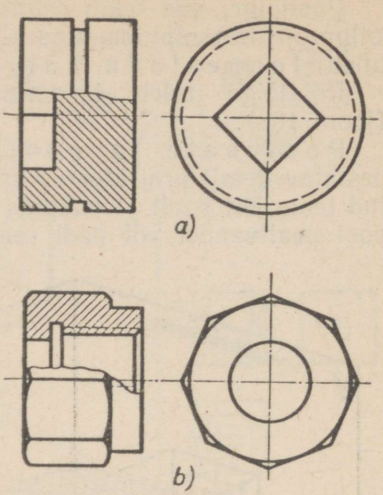
Poolvaate ühendamisel poollõikega on soovitatav viimast joonestada püstteljest paremale, nagu see on näidatud joonisel 103, või rõhtteljest alla, kusjuures poolvaatel nähtamatut kontuuri tavaliselt ei kujutata.

Poolvaate ja poollõike piirjooneks peab olema telgjoon. Juhul, kui see võib põhjustada ebaselgust, tuleb toimida nii, nagu on näidatud joonisel 104 *a* ja *b*, kus vaates antud osa on lõikest eraldatud peene lainelise pideva joonega, nn. vabakäejoonega, mille jämedus on $^1/_2$ kuni $^1/_3$ nähtava kontuurjoone jämedusest. (Seda joont nimetatakse ka kohtlõikejooneks.)

Lõigete tähistamine. Ühepinnalisi lõikeid ei tähistata joonistel nendel juhtudel, kui lõiketasapinna jälg ühtib vaate sümm-



Joon. 103.



Joon. 104.

meetriateljega ning vaated asetsevad eespool toodud tingimuste kohaselt (joonised 100, 101 ja 102).

Mitmepinnaliste lõigete (joon. 99), ja samuti ka ühepinnaliste lõigete puhul, kus lõiketasapinna jälg ei ühti vaate sümmeetriateljega, tuleb lõiketasapinna jälg märkida lõikejoone otstes ja murdekohtades kriipsuga. Kriipsud peavad olema tähistatud suurtähtedega, kuna lõike kohale tuleb kirjutada vastav pealkiri (näiteks «Lõige *AOB*»).

III. Hoonete plaanide ja lõigete mõiste.

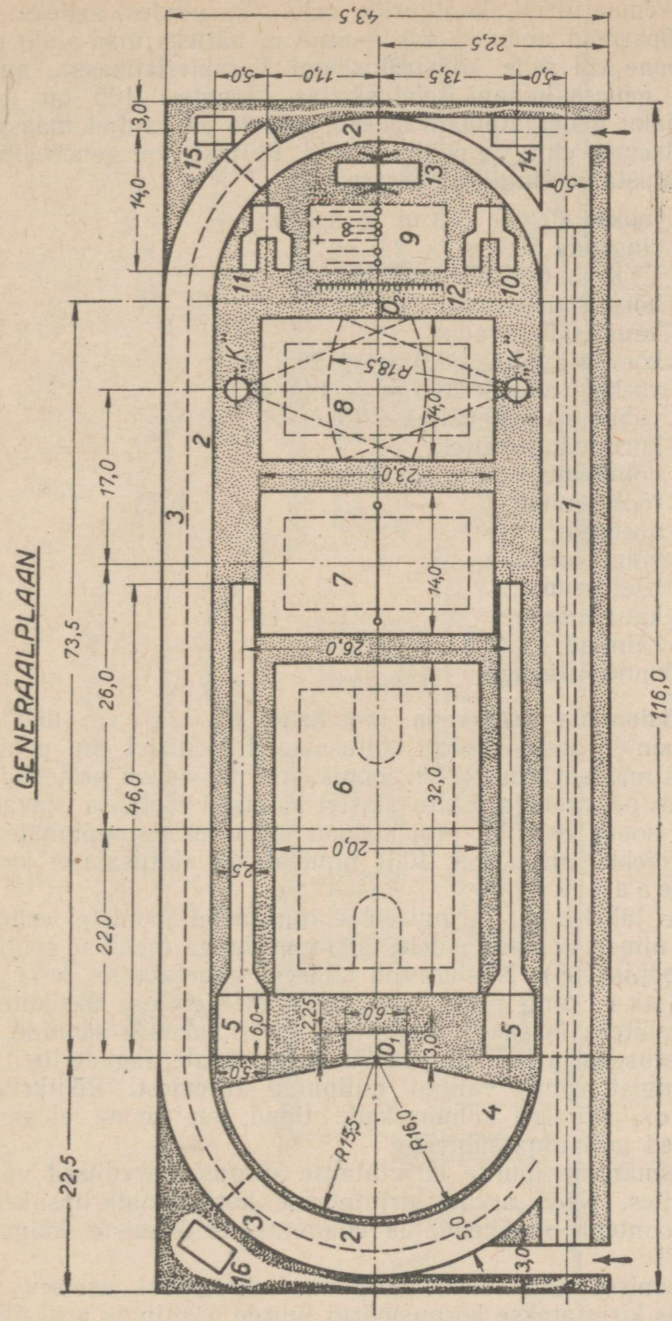
Ehitusalaste jooniste liigid. Ehitusalaseid jooniseid võib sõltuvalt nende ülesandest jagada kahte pealiiki:

a) arhitektuur-ehituslikud joonised, mis on ette nähtud tsiviil- ja tööstuslike ehituste püstitamiseks (näiteks elamud, koolid, teatrid, klubid, haiglad, vabrikud, tehased jne.);

b) insener-ehituslikud joonised, mis on ette nähtud raudteede, sildade, maanteede, kanalite, paisude ja teiste selliste ehituste püstitamiseks.

Selleks, et püstitada mingisugust ehitust, tuleb eelnevalt välja töötada selle ehituse projekt. Ehituse projektiks nimetatakse tehniliste dokumentide komplekti (terviklikku kogumikku), mis sisaldab kõiki vajalikke andmeid ehitustööde läbiviimiseks.

Ehitusprojekti üheks koostisosaks on generaalplaan. Generaalplaaniks nimetatakse hoonestatava maa-ala plaani ühes sellele kantud maa-ala piiridega. Generaalplaanil näidatakse ehituste asetus maa-alal, haljasalade paigutus, maa-ala asend ilmakaarte (põhi, lõuna) suhtes jne.


GENERAALPLAAN
43,5
22,5
5,0
17,0
13,5
5,0
3,0
14,0
15
2
13
14
5,0
9
11
12
10
D2
"K"
"K"
R18,5
8
14,0
23,0
17,0
3
2
1
7
14,0
26,0
73,5
26,0
46,0
116,0
6
32,0
20,0
22,0
2,5
5
6,0
22,5
6,0
5
5
3,0
D1
5,0
4
R15,5
R16,0
22,5
3
2
5,0
16
3,0

Joon. 105.

Projekteeritavad ja olemasolevad ehitused näidatakse generaalplaanil skemaatiliselt, kontuuride näol, kasutades selleks tingmärke. Täpsemad andmed, mis puutuvad näiteks maa-alale püstitatava hoone või selle konstruktsiooni karakteristikasse, antakse tavaliselt generaalplaani seletuskirjas. Joonisel 105 on toodud spordiväljaku generaalplaani skeem, millele on kantud maa-ala ja sellel asetsevate ehituste põhimõõtmed. Ehitused on generaalplaani skeemil tähistatud tinglikult järgmiselt.

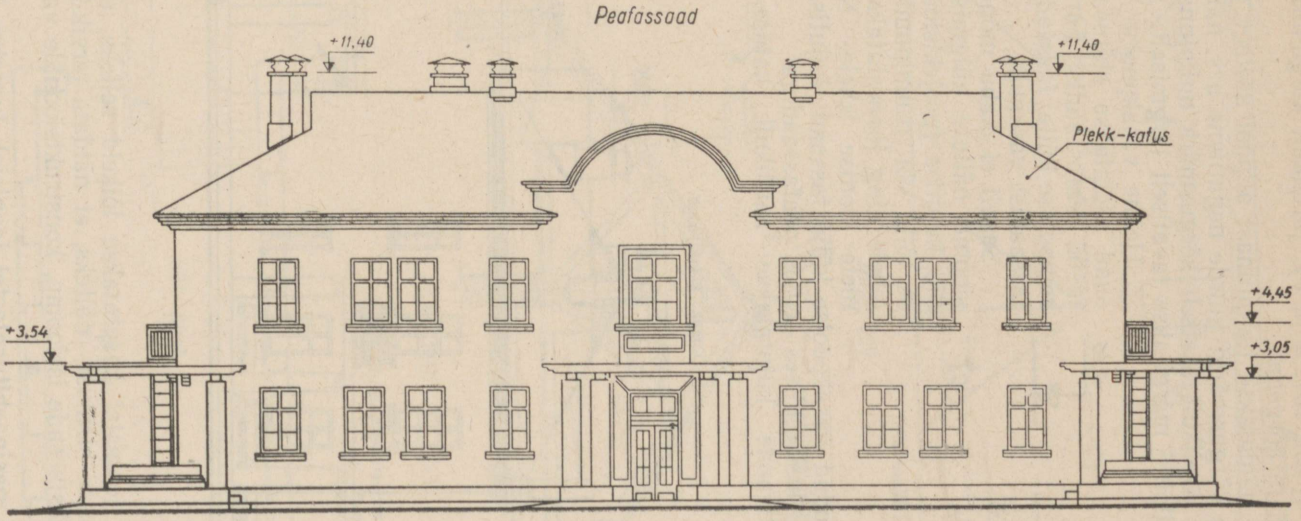
1 — jooksu sirgtee 113 *m* × 5,0 *m*;
2 — ringrada 50,0 *m* × 2,5 *m*;
3 — VTK ja OVTK takistusriba;
4 — kõrgushüpperada;
5 — kaugushüpperada;
6 — korvpalliväljak 32,0 *m* × 20,0 *m*;
7 — võrkpalliväljak 23,0 *m* × 14,0 *m*;
8 — vabaharjutusteväljak 23,0 *m* × 14,0 *m*;
9 — kurnimänguväljak;
10 — võimlemishobune või -kits;
11 — rööbaspuud;
12 — varbsein;
13 — võimlemiskang;
14 — riietusruum;
15 — katusealune;
16 — käimlad;
K — kuulitõukering.

Projektsioonide asetus ja nimetused. Lõigete mõiste. Projektsioonide asetus hoone ehitusalastel joonistel on põhiliselt sama, mis masinaehitusalastel joonistel, s. t. nad on projektsioonilises seoses peavaatega. Ehitusalastel joonistel võetakse peavaateks tavaliselt hoone esikülje projektsioon esiprojektsioonipinnale; niisugust projektsiooni (joon. 106) nimetatakse ehitusalasel joonisel peafassaadiks.

Juhime tähelepanu järgmisele ehitusalastel joonistel esinevale erisusele, nimelt kolmnurkadele, mis oma tipuga toetuvad rõhtkriipsudele (joonis 106). Niisuguseid tähiseid nimetatakse kõrgusmärkideks ning nende abil näidatakse ehituse üksikute elementide, näiteks fassaadi elementide (sokli, akende servade, karniiside, katuseharja jne. ning korruste põrandate, lagede jne.) kõrgused mingist, vabalt valitud nullpinna tasemest. Rõhtkriipsud, milledele on pööratud kolmnurkade tipud, on hoone elementide nivoojooned nullpinna suhtes.

Kõrgusmärkide juurde kirjutatakse kõrguste arvulised väärtused meetrites. Need arvud kirjutatakse horisontaalkriipsukestele, mis püstjoontega on ühendatud kolmnurkade ülemiste külgedega (joon. 107).

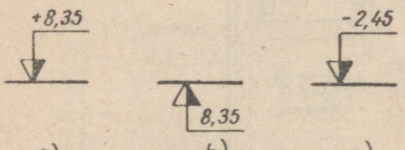
Kui joonisel näidatakse nullpinnast kõrgemal asetsev püstmõõde, siis kirjutatakse kõrgusmärgi juurde positiivne arv, näiteks



Joon. 106.

+8,35 või 8,35 (joon. 107, *a* ja *b*); järelikult kõrgusmärk asetseb nullpinnast 8,35 m kõrgemal.

Kui joonisel näidatakse nullpinnast allpool asetsev püstmõõde, siis kirjutatakse kõrgusmärgi juurde negatiivne arv, näiteks —2,45 (joon. 107, *c*); järelikult asetseb kõrgusmärk nullpinnast 2,45 *m* madalamal. Nullpind märgitakse tavaliselt järgmiselt: ± 0,00.

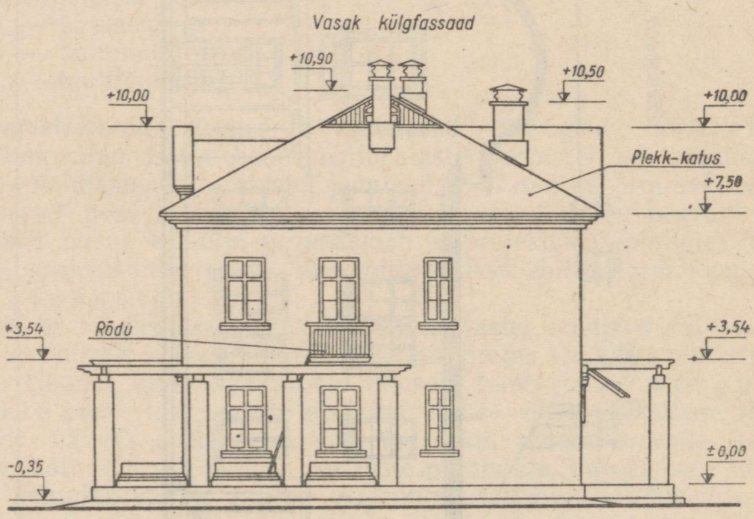


Joon. 107.

Hoone vasakpoolse külje fassaad asetatakse ehitusalastel joonistel peafassaadist paremale, parempoolse külje fassaad aga peafassaadist vasakule.

Sageli ei mahu mõned projektsioonid, näiteks külgmised fassaadid, kujutise (projektsiooni) suuruse tõttu või ruumipuudusel ühele lehele ning joonestatakse siis mitmele joonise lehele. Näitena on joonisel 108 toodud vasakpoolse külje fassaadi kujutis, mis pole joonestatud projektsioonilises seoses peafassaadiga

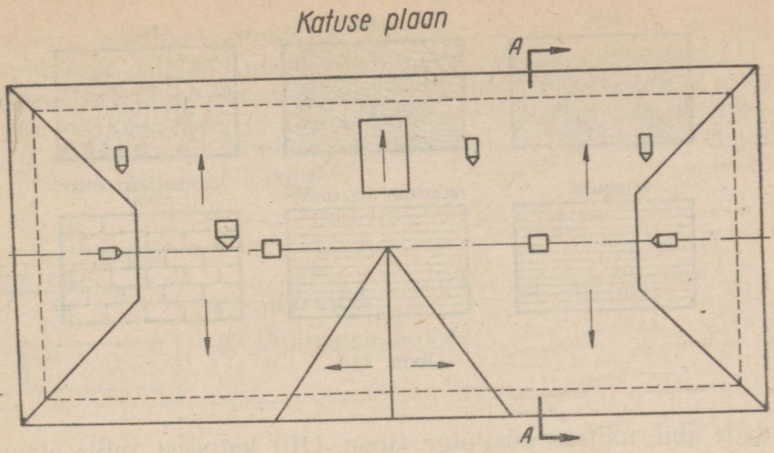
Hoone pealtvaade kujutatakse harilikult katuse plaanina (joon. 109).



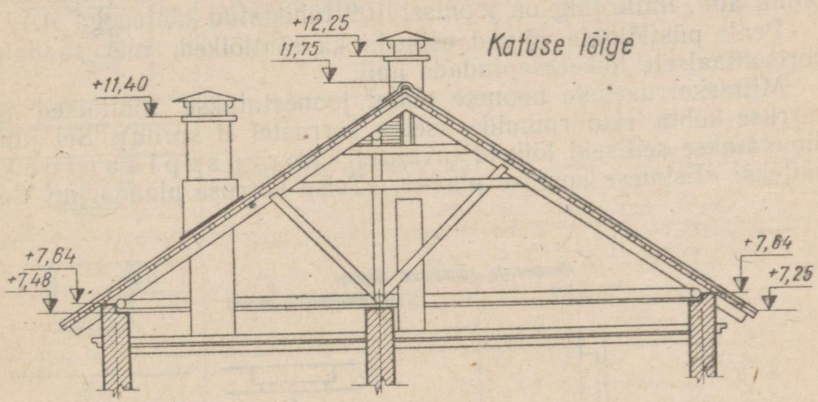
Joon. 108.

Ehitusalastel joonistel kasutatakse lõikeid selleks, et näidata hoonete ja ehituste olemust, näiteks, et näidata tervik-konstruktsiooni ja tema üksikosade iseloomu, konstruktsioonide vastastikust asetust jne.

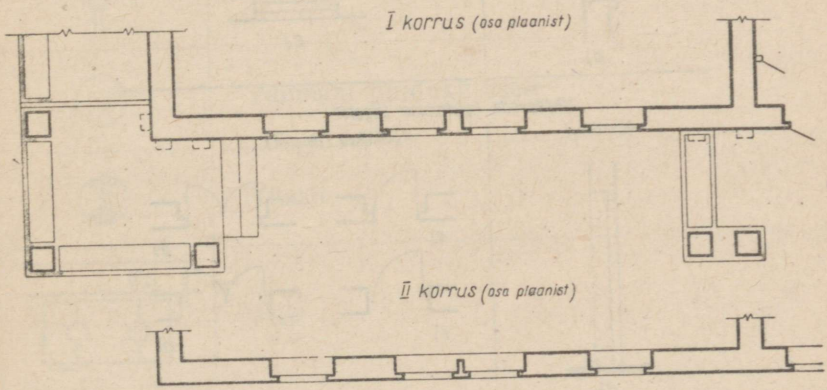
Samuti nagu masinaehitusalastel joonistel, tuntakse ka ehitusalastel joonistel püstlõikeid, mis on saadud vertikaalsete lõiketasa-



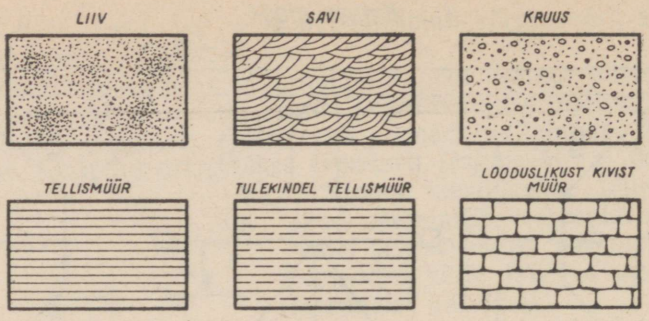
Joon. 109.



Joon. 110.



Joon. 111.

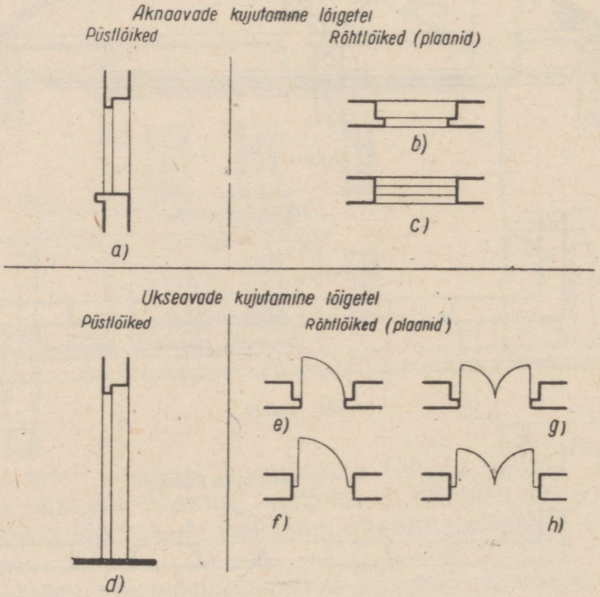


Joon. 112.

pindade abil, näiteks püstlõige (joon. 110) katusest, mille plaan on toodud joonisel 109. Antud lõige on saadud vertikaalse lõiketasapinna abil, mille jälg on joonisel 109 tähistatud tähtedega *AA*.

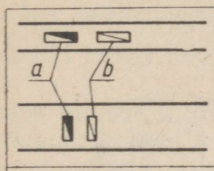
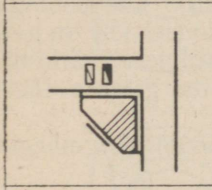
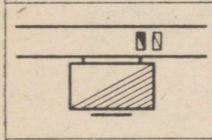
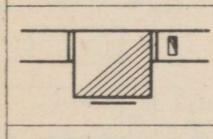
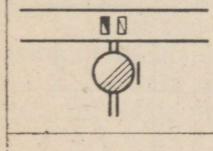
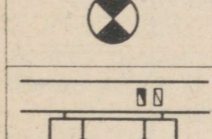
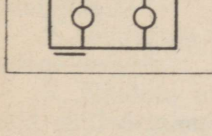
Peale püstlõigete võivad esineda ka rõhtlõiked, mis saadakse horisontaalsete lõiketasapindade abil.

Mitmekorruseliste hoonete puhul joonestatakse rõhtlõiked iga korruse kohta (kui ruumide asetus korrustel ei kordu). Sel juhul nimetatakse selliseid lõikeid tavaliselt korruseplaanideks, näiteks: «Esimese korruse plaan», «Teise korruse plaan» jne. See-



Joon. 113.

juures antakse horisontaalsele lõiketasapinnale selline suund, et lõikepinnasse satuksid nii akende kui ka uste avad. Joonisel 111 on skemaatiliselt kujutatud joonisel 106 toodud hoone esimese ja teise korruse rõhtlõike osad (s. t. plaanide osad). Juhime tähelepanu sellele, et ehitusalastel joonistel, näiteks joonisel 111, sageli ei viirutata plaanil esinevaid lõikeid.

	*a)* Suitsulõõr *b)* Ventilatsioonilõõr
	Nurga ahi
	Ruumis asetsev ahi
	Läbiulatuv ahi
	Ümarahi
	Vanniahi puidukütusele
	Titaan
	Pliit

Joon. 114.

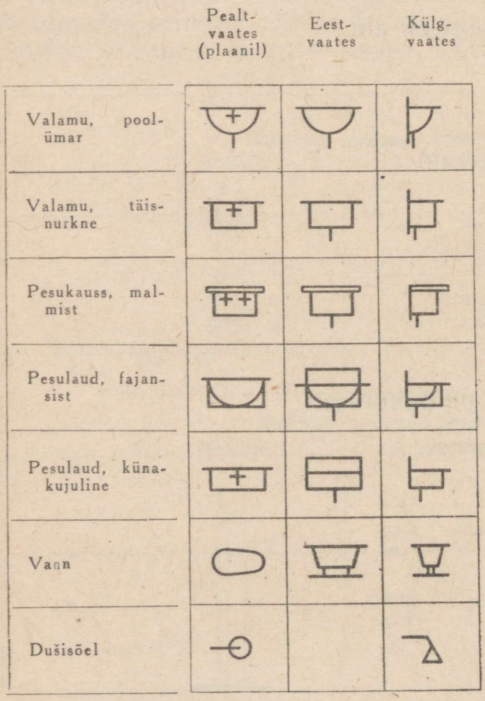
Mõningad ehitusalastel joonistel kasutatavad tingmärgid. L õ i g e t e j a r i s t l õ i g e t e v i i r u t u s. Peale joonisel 86 toodud tingmärkide, mida kasutatakse puidu, tellise, betooni, raudbetooni, pinnase ja metallide graafiliseks tähistamiseks lõikes, tarvitatakse ehitusalastel joonistel veel teisi tingmärke.

Joonisel 112 on toodud tingmärke, mida kasutatakse liiva, savi, tellisemüüri, tulekindlatest tellistest müüri ja tahutud põllukividest müüri tähistamiseks.

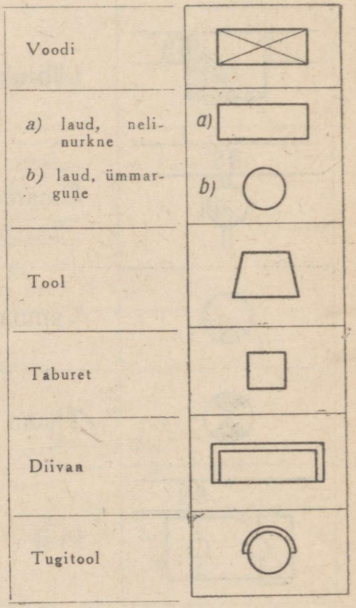
A k e n d e j a u s t e k u j u t a m i n e l õ i g e t e l. Joonisel 113 on näidatud akende avade kujutamine püstlõigetel (joon. 113,*a*) ja rõhtlõigetel (joon. 113, *b* ja *c*).

Uste avad kujutatakse püstlõigetel joonisel 113, *d* toodud eeskuju järgi, rõhtlõigetel aga joonisel 113, *e, f, g* ja *h* toodud näidete kohaselt, kusjuures joonisel 113, *e* ja *f* on kujutatud ühe poolega uks, joonisel 113, *g* ja *h* aga kahe poolega uks. Joonisel 114 on toodud mõned tingmärgid, mida kasutatakse kütteseadmete märkimisel plaanidele (rõhtlõikele). Ahjuukse asukoht märgitakse lühikese kriipsuga ahju kontuuri juures.

Mõningate sanitaar-tehniliste seadmete ning mööbli tingmärgid on toodud joonistel 115 ja 116.



Joon. 115.

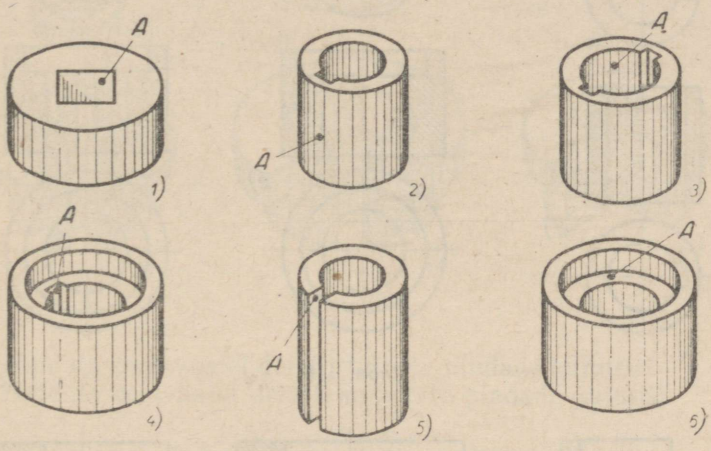


Joon. 116.

I. Jooniste lugemine.

Ülesanne 1 (joon. 117 ja 118).

Joonistel 117, *1, 2, 3, 4, 5, 6* ja *7* on kujutatud mitmesugused detailid isomeetrias, kusjuures detailide mõnede pindade kujutistele, mis projekteerimisel on nähtavad, on kantud punkt *A*.



Joon. 117.

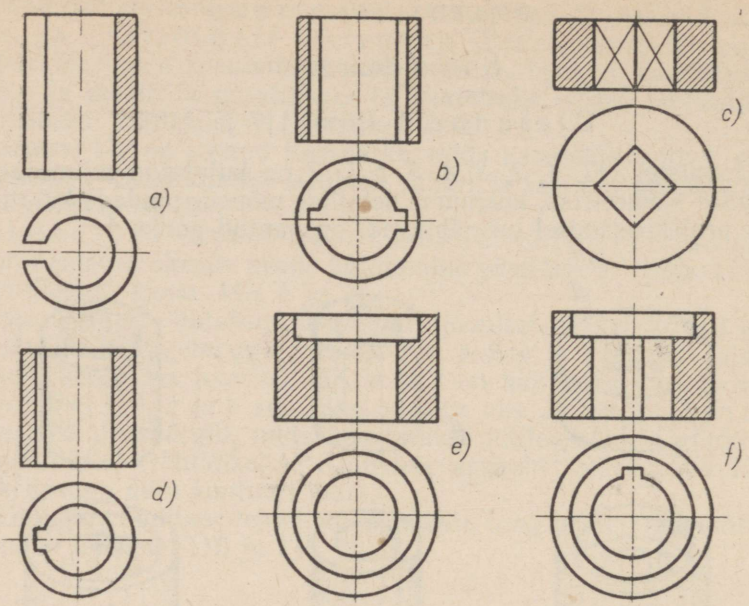
Joonistel 118, *a, b, c, d, e* ja *f* on samad detailid kujutatud ortogonaalprojektsioonis.

1. Leida iga detaili isomeetrilise kujutise järgi tema joonis ortogonaalprojektsioonis.
2. Näidata ortogonaalprojektsioonidel kõikide pindade kujutised, milledele on kantud punkt *A*.

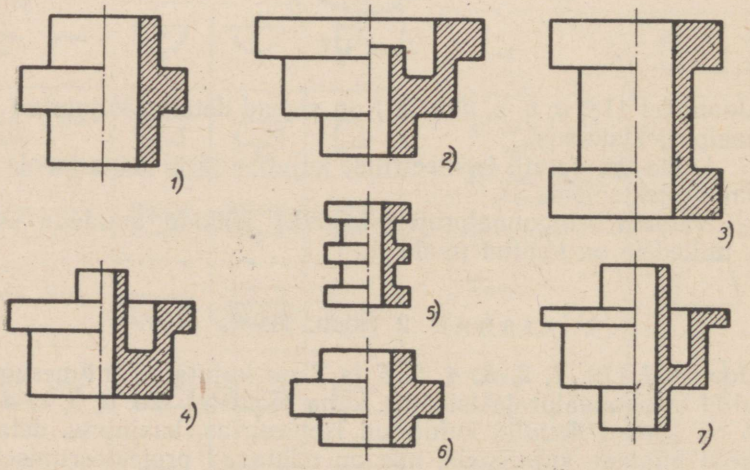
Ülesanne 2 (joon. 119 ja 120).

Joonistel 119, *1, 2, 3, 4, 5, 6* ja *7* on kujutatud mitmesugused detailid ortogonaalprojektsioonis, kuna joonistel 120, *a, b, c, d, e, f* ja *h* on samad detailid kujutatud isomeetrias, kusjuures detailide mõnede pindade kujutistele, mis on nähtavad projekteerimisel, on kantud punkt *B*.

1. Kuidas nimetatakse iga antud ortogonaalprojektsiooni paremat poolt?
2. Leida iga detaili ortogonaalprojektsiooni järgi tema isomeetriline kujutis.
3. Näidata ortogonaalprojektsioonidel kõikide pindade kujutised, milledele on kantud punkt *B*.



Joon. 118.

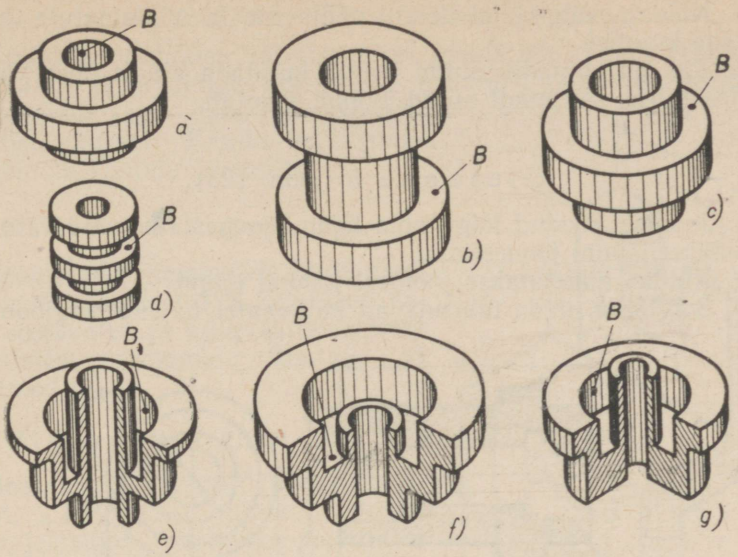


Joon. 119.

Ülesanne 3 (joon. 121).

Joonisel 121 on toodud detaili joonis eest- ja pealtvaates.

1. Missugust tinglikkust tuleb kasutada, et erijoonis kujutaks endast osalise vaate ühendust osalise lõikega?

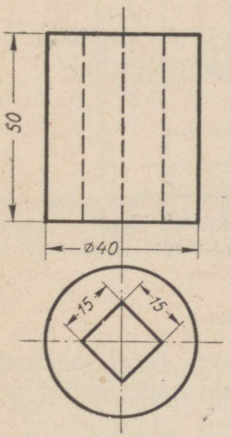


Joon. 120.

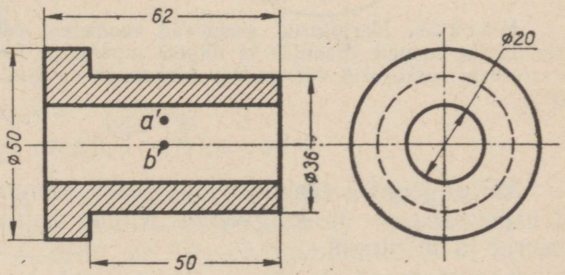
2. Näidata pealtvaatel detaili tasaste pindade kujutisi.
3. Näidata eestvaatel detaili kumerate pindade kujutisi.

Ülesanne 4 (joon. 122).

1. Näidata külgvaatel suunda, mis tuli anda lõiketasapinnale toodud lõike saamiseks, ning detaili seda osa, mis seejuures tuli tinglikult kõrvaldada.
2. Kuidas nimetatakse antud lõiget?
3. Pindadele, mida näeme lõike projekteerimisel, on kantud punktid A ja B (on antud ainult nende esiprojektsioonid a' ja b'). Missugune geomeetriline kuju on sellel pinnal? Kumb nendest kahest punktist asetseb meile lähemal?



Joon. 121.



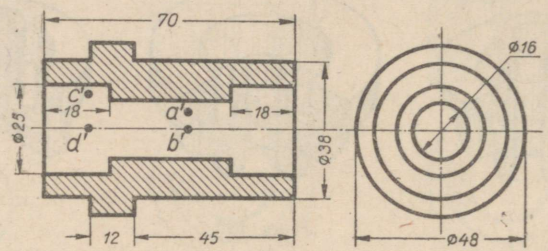
Joon. 122.

4. Näidata külgvaatel detaili nähtavate ja nähtamatute tasaste pindade kujutisi.

5. Kas on võimalik antud detaili kujutada ainult ühes vaates? Kuidas tuleks sel puhul antud joonist muuta?

Ülesanne 5 (joon. 123).

1. Joonisel toodud lõige pole lõpuni joonestatud. Määrata, mis pole lõikel lõpuni joonestatud.
2. Kuidas nimetatakse joonisel toodud lõiget?
3. Selgitada, mida tähendavad külgvaatel toodud ringjooned.



Joon. 123.

4. Pindadele, mida näeme lõike projekteerimisel, on kantud punktid *A* ja *B* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *a'* ja *b'*). Kumb nendest kahest punktist asetseb meile lähemal?

5. Pindadele, mida näeme lõike projekteerimisel, on kantud punktid *C* ja *D* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *c'* ja *d'*). Kumb nendest kahest punktist asetseb meile lähemal?

6. Kas punktid *B* ja *D* asetsevad lõike projekteerimisel meist võrdsel või erineval kaugusel?

7. Milline antud neljast punktist (*A, B, C* ja *D*) on lõike projekteerimisel meile kõige lähemal? Milline kõige kaugemal?

II. Harjutused.

Märkus. Harjutused seisnevad esemetest eskiiside valmistamises, kuid samuti ka hoonete plaanide ja lõigete lugemises. Eskiiside ja jooniste lugemisharjutuste eeskujusid võib valida järgnevalt toodud ülesannete ja jooniste hulgast.

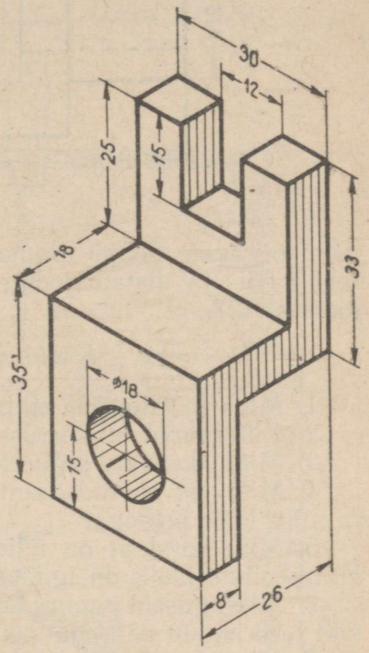
Ülesanne 1 (joon. 122).

Antud joonise eeskujul joonistada silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 detaili eest- ja külgvaade. Kanda kujutisele nähtamatud kontuurid ja mõõtmed.

Ülesanne 2 (joon. 123). Sama, mis ülesanne 1.

Ülesanne 3 (joon. 124).

Antud isomeetrilise kujutise järgi joonistada detaili eestvaade, pealtvaade ja püstlõige (külgvaate kohale), säilitades seejuures silmamõõdu järgi detaili üksikosade vahelist suurust. Kanda kujutistele nähtamatu kontuur ja mõõtmed.



Joon. 124.

Ülesanne 4 (joon. 125).

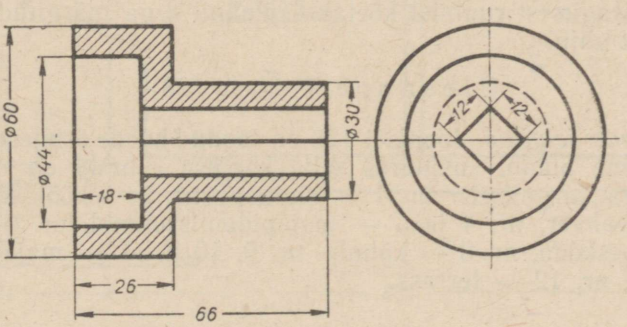
Joonistada silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 joonisel 125 kujutatud detail eestvaates ja külgvaates. Kanda kujutistele nähtamatu kontuur ja mõõtmed.

Ülesanne 5 (joon. 126).

Joonistada silmamõõdu järgi mastaabis 2:1 joonisel kujutatud detaili esiprojektsioon poollõikes-poolvaates ja põhiprojektsioon. Kanda kujutistele mõõtmed.

Ülesanne 6 (joon. 127).

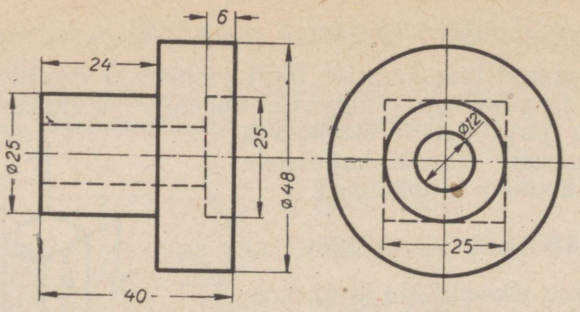
Ülesande selgitus. Joonisel 127 on toodud hoone esimese korruse skemaatiline plaan, millel olevad ruumid on märgitud numbritega järgmiselt:



Joon. 125.

nr. 1 — köögi esik, nr. 2 — sahver, nr. 3 — köök-söögituba, nr. 4 — magamistuba, nr. 5 — esik, nr. 6 — eeskoda, nr. 7 — magamistuba, nr. 8 — elutuba, nr. 9 — rõdu, nr. 10 — käimla ja nr. 11 — terrass.

Mõõtmete märkimisel ehitusalastele joonistele kasutatakse mõõt-



Joon. 126.

jooni piiravate noolte asemel lühikesi kaldkriipse, mis tõmmatakse läbi mõõt- ja distantsjoonte lõikepunktide nii, nagu on näidatud joonisel 127.

Küsimusi ülesande kohta.

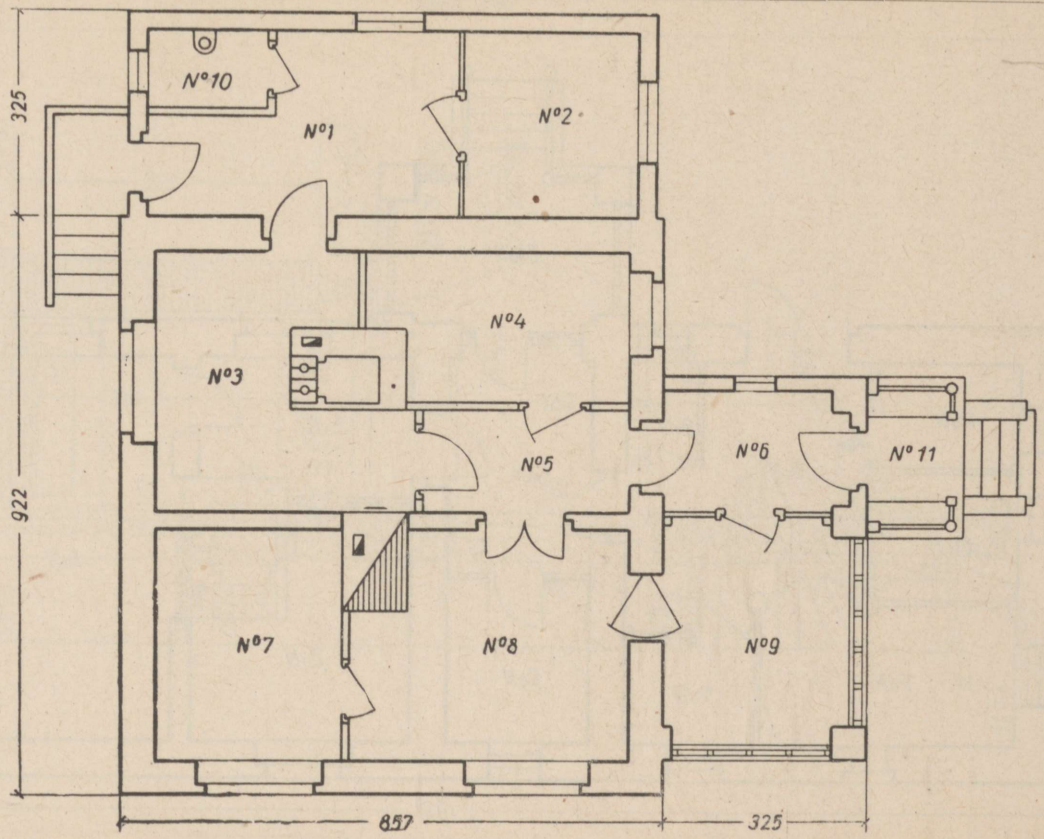
1. Mida mõistetakse ehitusalastel joonistel «korruseplaani» all?
2. Kui suured on korruse gabariitmõõtmed ilma terrassita?
3. Mitu akent on antud korrusel?
4. Mitu ust on üldse antud korrusel? Mitu ust on ühe poolega ja mitu kahe poolega?
5. Mitu korstnat on näidatud antud plaanil ning missuguse kütteseadme jaoks on igaüks nendest ette nähtud?
6. Missuguseid ruume tuleb läbida, et ruumist nr. 6 kõige lühemat teed kaudu pääseda sahvrisse (ruum nr. 2)?
7. Missugused elutoad on läbikäidavad ja missugused on mitteläbikäidavad?
8. Missugusest ruumist köetakse plaanil 8-ga märgitud eluruumis olevat ahju?

Ülesanne 7 (joon. 128).

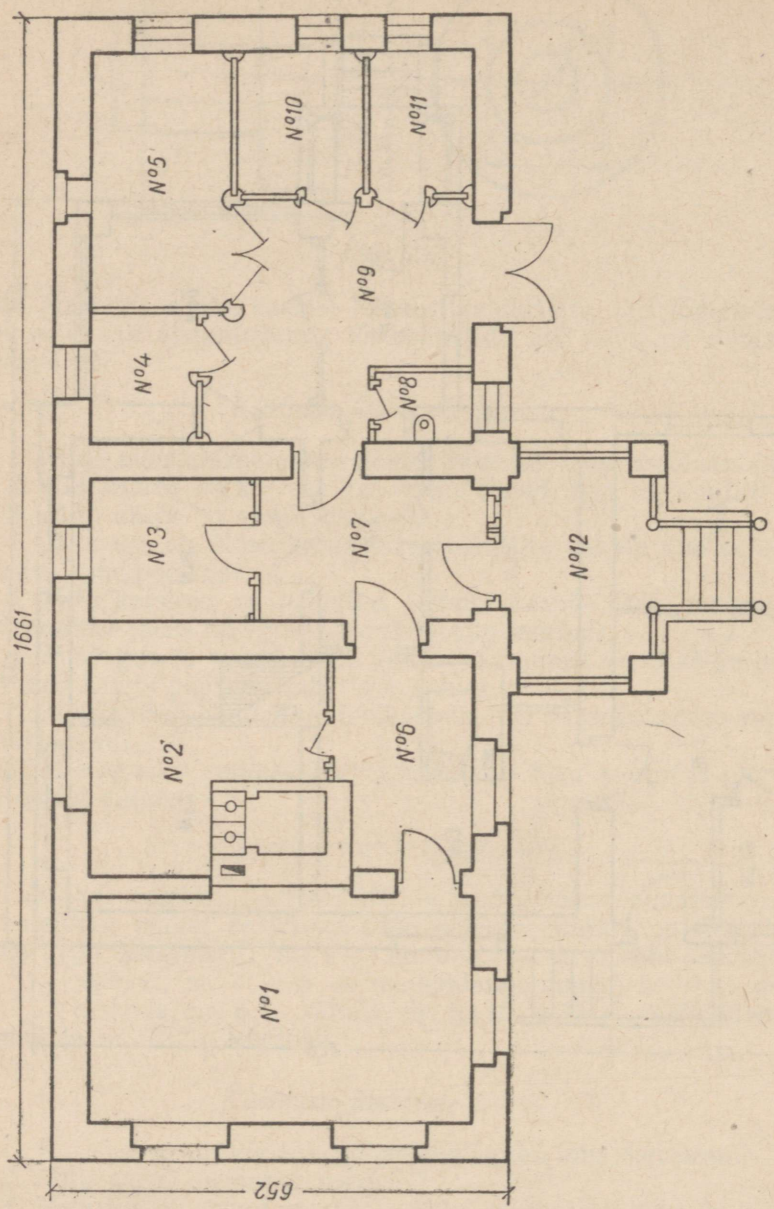
Ülesande selgitus. Joonisel 128 on toodud hoone esimese korruse skemaatiline plaan, kusjuures selle korruse ruumid on märgitud numbritega järgmiselt: nr. 1 — elutuba, nr. 2 — köök-söögituba, nr. 3 — sahver, nr. 4 ja 5 — majapidamisruumid, nr. 6 — esik, nr. 7 — eeskoda, nr. 8 — käimla, nr. 9, 10 ja 11 — majapidamisruumid ja nr. 12 — terrass.

Küsimusi ülesande kohta.

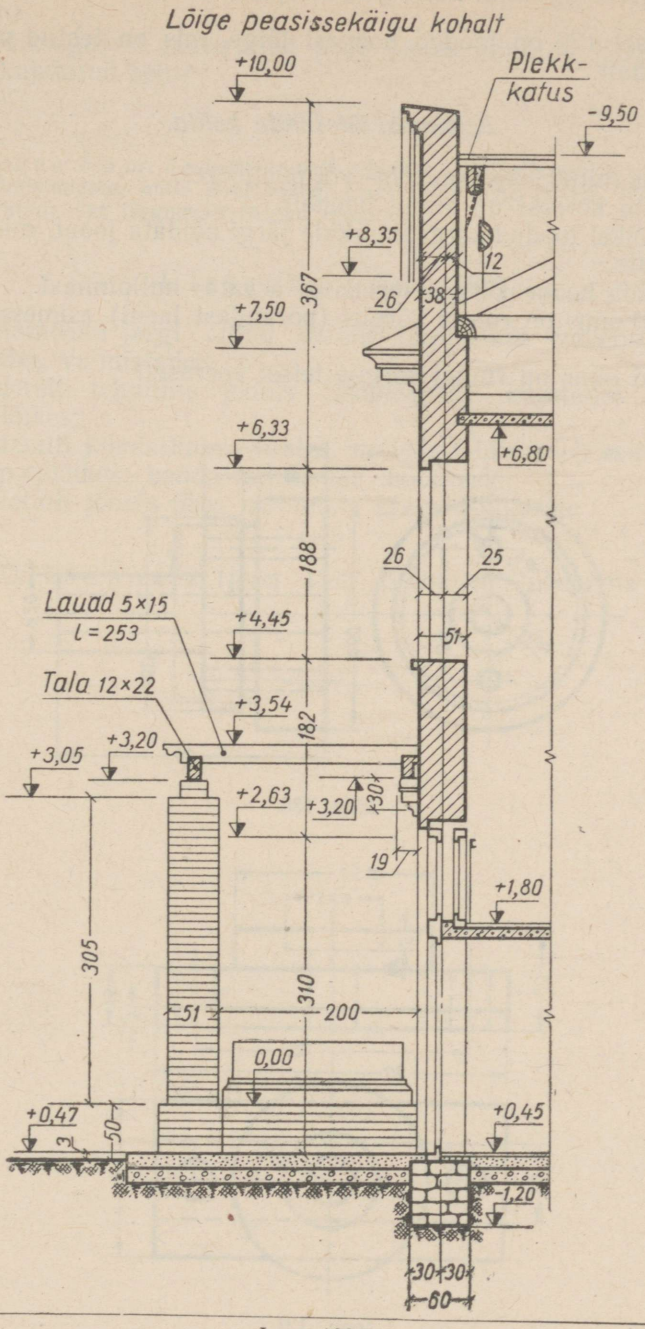
1. Kui suured on korruse gabariitmõõtmed ilma terrassita?
2. Mitu akent on antud korrusel?
3. Mitu ust on antud korrusel? Mitu nendest on kahe poolega?
4. Missugused ruumid on läbikäidavad ja missugused mitteläbikäidavad?



Joon. 127.



Joon. 128.


Lõige peasissekäigu kohalt
+10,00
Plekk-katus
-9,50
+8,35
12
26
38
367
+7,50
+6,33
+6,80
188
26
25
Lauad 5×15
l = 253
+4,45
51
Tala 12×22
+3,54
182
+3,05
+3,20
+2,63
+3,20
30
19
+1,80
305
310
51
200
0,00
+0,47
3
50
+0,45
-1,20
30
30
60

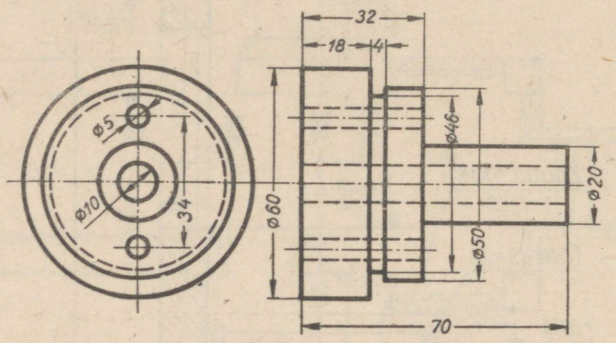
Joon. 129.

Ülesanne 8 (joon. 129).

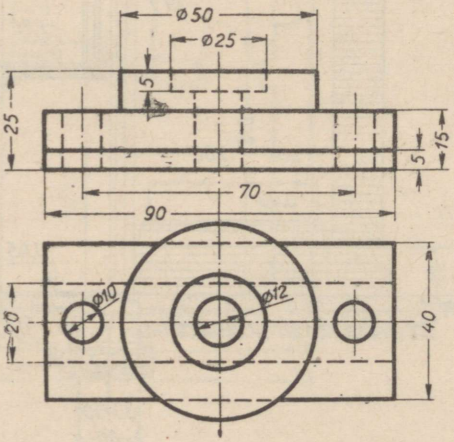
Joonisel 129 on toodud hoonest lõige, mis on tehtud peasissekäigu kohalt.

Küsimusi ülesande kohta.

1. Kas antud lõige on rõht- või püstlõige?
2. Mitu korrust on antud hoonel?
3. Lõikel toodud kõrgusmärkide järgi näidata joont, mis vastab nullpinnale.
4. Leida hoone kõrgus meetrites arvates nullpinnast.
5. Kui suur on ruumi kõrgus (põrandast laeni) esimesel korrusel?
6. Kui suur on ruumi kõrgus teisel korrusel?



Joon. 130.



Joon. 131.

7. Kas antud lõikel esinevad negatiivsed kõrgusmärgid? Mitu neid on?

8. Missugusest materjalist peab olema ehitatud lõike paremal poolel kujutatud sein?

TÖÖ NR. 5.

Märkus. Töö nr. 5 seisab esemest tehnilise joonise ja eskiisi ning vastava lõike valmistamises, mille järel eskiisi järgi tuleb teha joonis. Töö eeskujuks võib kasutada üht järgnevalt toodud ülesannet.

Ülesanne 1 (joon. 130).

Silmamõõdu järgi antud detaili üksikosade vahelist suurust arvestades, valmistada:

1) detaili tehniline joonis (isomeetria), kujutades seejuures detaili lõikes;

2) detaili joonis kahes vaates, milledest üks tuleb esitada poolvaates-poollõikes; kanda kujutistele mõõtmed;

3) detaili joonis ühes mõõtmete äramärkimisega.

Ülesanne 2 (joon. 131). Sama, mis ülesanne 1.

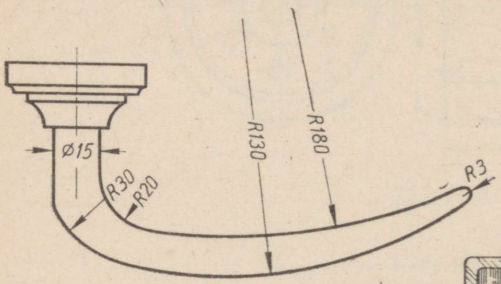
III peatükk.

JOONTE LIITED.

LIITE MÕISTE.

Joonestamises nimetatakse liiteks joonte (sirge ja kõverjoone, kahe sirge või kahe kõverjoone) niisugust ühendamist, mille juures üleminek ühelt joonelt[1] teisele toimub ladusalt, nn. sujuva liitumise kaudu.

Õeldu selgitamiseks vaatleme jooniseid 132 ja 133, kus on pealtvaates kujutatud ukse käepide ühes mõnede mõõtmetega (joon. 132) ning toodud käepideme näitlik kujutis (joon. 133).



Joon. 132.



Joon. 133.

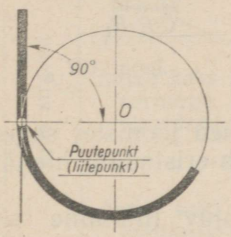
Osa pealtvaate kontuurist (joon. 132) tekib mitme joone sujuval ühendamisel. Näiteks käepideme silindrilise osa (ø 15 *mm*) üks äärmistest moodustajatest läheb sujuvalt üle kaareks *R*20 *mm*. See kaar omakorda läheb sujuvalt üle teiseks kaareks *R*180 *mm*, viimane aga jälle kaareks *R*3 *mm*. Sujuv üleminek esineb ka kaarte *R*3 ja *R*130 ning kaarte *R*130 ja *R*30 vahel.

[1] Järgnevalt käsitletud liidete juures on kõverjoonteks ainult ringjooned või nende kaared.

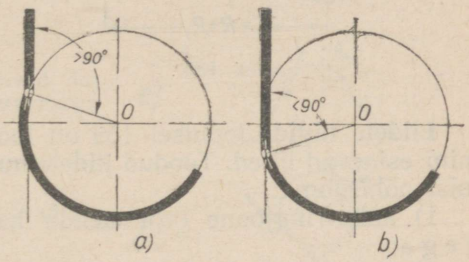
Mis puutub aga käepideme silindrilise osa teise äärmise moodustaja — sirge liitumisse kaarega $R30$ *mm,* siis on kerge tähele panna, et antud ühenduse juures sujuvat üleminekut joonte vahel ei esine.

I. Vajalikud tingimused sujuvate üleminekute saamiseks. Liidete liigid.

Sirge ja kaare sujuv liitumine. Sirge liitub sujuvalt kaarega ainult sel juhul, kui sirge on kaare puutujaks, s. t. kui punkt, milles mõlemad jooned ühinevad, on sirge ja kaare puutepunktiks. Sirge ja kaare sujuvaks liitumiseks on tarvis, et sirgega ühendatava ringjoone kaare tsenter (näiteks ringjoone tsenter O joonisel 134) asetseks puutepunktist tõmmatud ristsirgel. Üldu mittetäitmisel sujuvaid üleminekuid ei saada (joon. 135, *a* ja *b*).



Joon. 134.



Joon. 135.

Kahe kaare sujuv liitumine. Kahe kaare sujuv liitumine saavutatakse ainult sel juhul, kui mõlemad kaared on puutujateks, s. t. kui punkt, milles mõlemad kaared ühinevad, on mõlemate kaarte puutepunktiks. Seepärast on kahe kaare sujuvaks liitumiseks tarvis, et ühendatavate kaarte tsentrid (näiteks ringjoonte tsentrid O ja O_1 joonisel 137) asetseksid puutepunktiga ühisel sirgel.

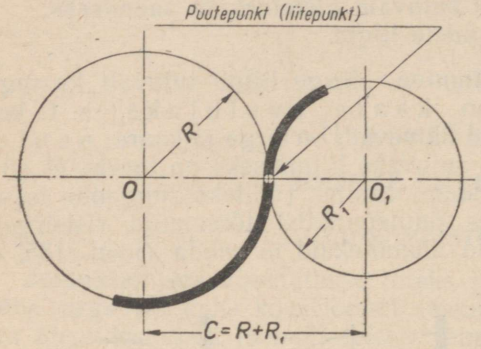
Tähendame, et ühendatavate ringjoonte (või nende kaarte) tsentreid, nagu näiteks tsentrid O ja O_1 joonistel 136 ja 137, nimetatakse ka liitetsentriteks.

Puutepunkte, s. t. punkte, kus sirged puutuvad ringjooni (või nende kaari) ning punkte, kus puutuvad kaks ringjoont (või nende kaared), nimetatakse ka liitepunktideks.

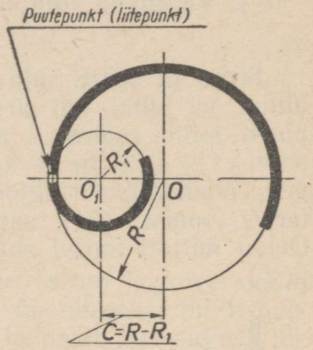
Kui kaks kaart asetsevad teineteisest väljaspool, nagu näiteks joonisel 136, siis nimetatakse kahe niisuguse kaare puutumist väliseks; sel juhul on tsentrite O ja O_1 vahekaugus C võrdne mõlemate kaarte raadiuste summaga ($C = R + R_1$).

Kui üks kaartest asetseb teise sees, nagu näiteks joonisel 137, siis nimetatakse kahe niisuguse kaare puutumist seesmiseks; sel juhul on tsentrite O ja O_1 vahekaugus C võrdne mõlemate kaarte raadiuste vahega ($C = R - R_1$).

Nende tingimuste mittetäitmisel ei saada sujuvaid liitumisi, nagu näiteks joonisel 138, *a* näidatud välisel puutumisel või joonisel 138, *b* näidatud seesmisel puutumisel.



Joon. 136.



Joon. 137.

Liidete liigid. Joonisel 139 on toodud mõned joonistel sagedamini esinevad liited. Toodud liidete hulgas võib eristada kahte järgmist põhirühma:

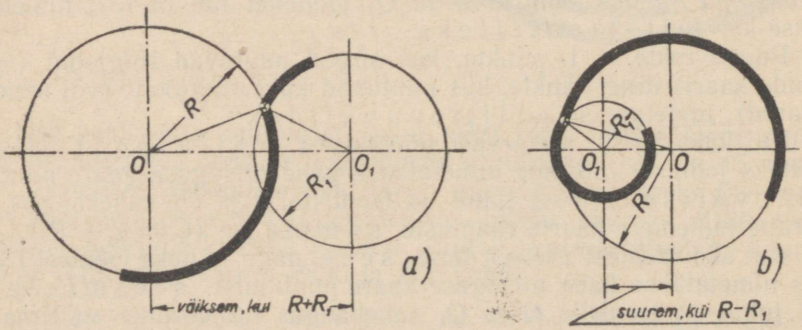
1) kahe ringjoone (või nende kaarte) sujuv liitumine s i r g e g a;

2) kahe sirge, sirge ja ringjoone (või selle kaare) ning kahe ringjoone (või nende kaarte) sujuv liitumine k a a r e g a, mille raadius on joonisel 139 tähistatud tähega *R*.

Esimest rühma iseloomustavad juhtumid, mille puhul kaks antud kaart liituvad sujuvalt v ä l i s e k s p u u t u j a k s (joon. 139, *a*) või s e e s m i s e k s p u u t u j a k s (joon. 139, *b*) oleva sirgega.

Teist rühma iseloomustavad juhtumid, mille puhul antud raadiusega *R* tõmmatud k a a r liitub sujuvalt:

a) kahe antud sirgega, mis teineteisega on paralleelsed (joon.



Joon. 138.

Antud raadiusega ringjoone kaare sujuv liitumine

Kahe ringjoone kaare sujuv liitumine sirgega.

- Antud kahe kaare väline puutuja — a)
- Antud kahe kaare seesmine puutuja — b)

kahe sirgega

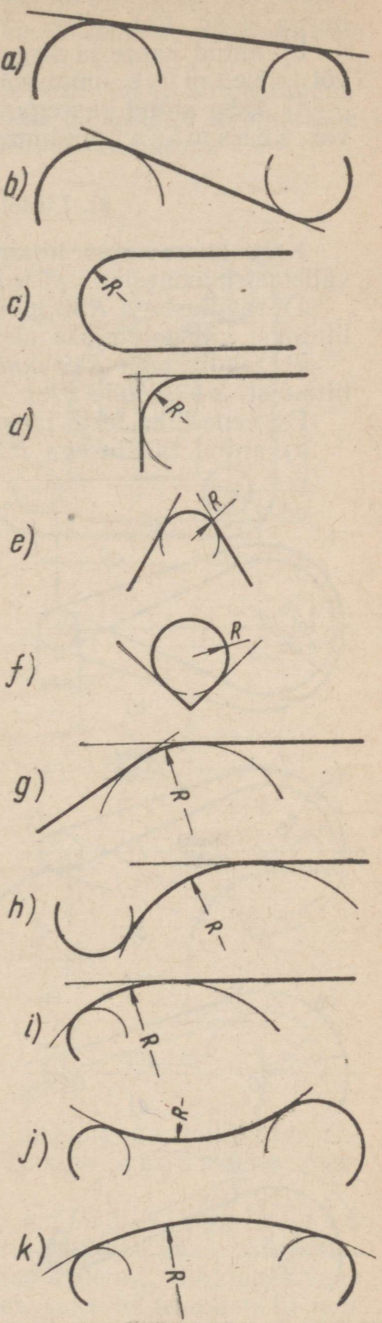
- Antud kaks sirget on paralleelsed — c)
- Antud kaks sirget lõikuvad täisnurga all (täisnurga ümardamine) — d)
- Antud kaks sirget lõikuvad teravnurga all (teravnurga ümardamine) — e)
- Antud kaks sirget lõikuvad teravnurga all — f)
- Antud kaks sirget lõikuvad nürinurga all (nürinurga ümardamine) — g)

sirge ja ringjoone kaarega

- kaarte välise puutumisega — h)
- kaarte seesmise puutumisega — i)

kahe ringjoone kaarega

- kaarte välise puutumisega — j)
- kaarte seesmise puutumisega — k)



Joon. 139.

139, *c*) või lõikuvad täisnurga (joon. 139, *d*), nürinurga või teravnurga (joon. 139, *e*, *f* ja *g*) all;

b) antud kaare ja sirgega v ä l i s e puutumise (joon. 139, *h*) või s e e s m i s e puutumise (joon. 139, *i*) kaudu.

c) kahe antud kaarega nende v ä l i s e puutumise (joon. 139, *k*) või s e e s m i s e puutumise (joon. 139, *l*) kaudu.

II. Liidete ehitamise juhiseid.

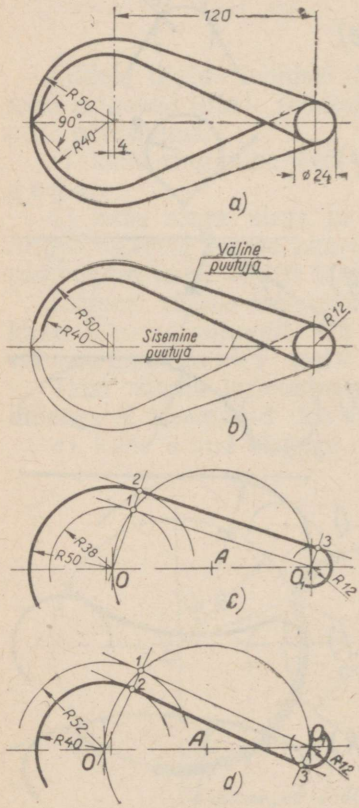
Kahe kaare sujuv liitumine sirgega. Joonisel 140, *a* kujutatud välistastri joonestamisel tuleb teostada kahte liiki liiteid:

1) raadiustega *R*50 *mm* ja *R*12 *mm* antud kahe kaare sujuvat liitumist välispuutujaks oleva sirgega ning

2) raadiustega *R*40 *mm* ja *R*12 *mm* antud kahe kaare sujuvat liitumist s e e s m i s e k s puutujaks oleva sirgega (joon. 140, *b*).

Esimene liide tekib järgmiselt (joon. 140, *c*):

a) antud raadiusega *R*50 *mm* joonestatud kaare tsentrist *O* tõmmatakse abiringjoone kaar raadiusega, mis on võrdne mõlemate antud kaarte raadiuste v a h e g a, s. o. 50—12 = 38 (*mm*);



Joon. 140.

b) punktist O_1 tõmmatakse sirge, mis on raadiusega *R*38 *mm* joonestatud abiringjoone puutujaks punktis *1*. Puutepunkti leidmiseks poolitatakse esmalt tsentrite OO_1 vaheline lõik punktiga *A*, mille järel tõmmatakse punktist *A* kui tsentrist raadiusega *AO* abiringjoone kaar. Viimase ja raadiusega *R*38 *mm* tõmmatud kaarega lõikepunkt ongi otsitud puutepunkt *1*;

c) raadius *O1* pikendatakse kuni lõikumiseni antud kaarega punktis *2*, mille järel punktist O_1 tõmmatakse raadius $O_1 3$, mis on paralleelne raadiusega *O2*;

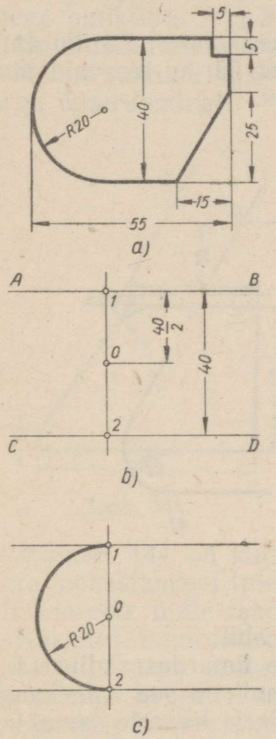
d) puutepunktid *2* ja *3* ühendatakse sirglõiguga, mille tagajärjel saadakse kahe antud kaare sujuv liitumine v ä l i s e puutujaga.

Teine liide tekib järgmiselt (joon. 140, *d*):

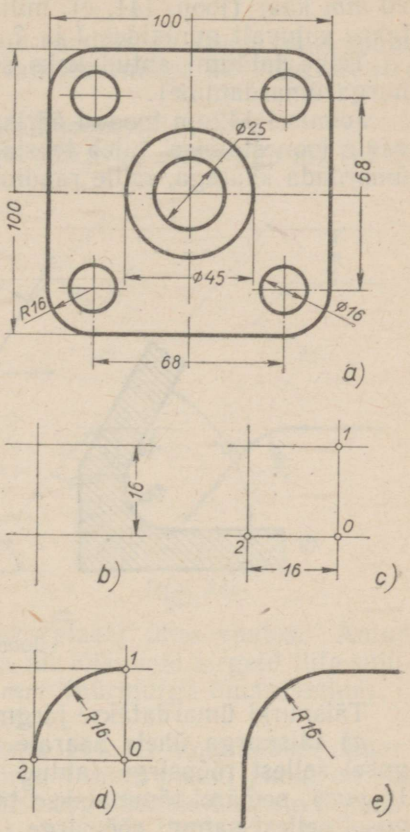
a) antud raadiusega *R*40 *mm* kaare tsentrist *O* tõmmatakse abiringjoone kaar raadiusega, mis on võrdne mõlemate antud kaarte raadiuste s u m m a g a, s. o. 40 + 12 = 52 (*mm*);

b) joonise 140, *c* selgitustes käsitletud viisil tõmmatakse tsentrist O_1 sirge, mis on raadiusega *R*52 *mm* tõmmatud abiringjoone kaare puutujaks punktis *1*;

c) punktist *O* tõmmatakse raadius *O1*, mis lõikub antud raadiusega *R*40 *mm* joonestatud kaarega punktis *2*; seejärel tõmmatakse punktist O_1 raadius $O_1 3$, mis on paralleelne raadiusega *O2*;



Joon. 141.



Joon. 142.

d) puutepunktid *2* ja *3* ühendatakse sirglõiguga, mille tagajärjel saadakse kahe antud kaare sujuv liitumine seesmise puutujaga.

Kaarega teostatavad liited. Kahe antud sirge sujuv liitumine kaare abil. Esimene juhtum: kaks antud sirget on rööpsed. Joonisel 141, *a* on kujutatud detail (tiib) ühes vaates. Antud detaili vaate ehitamisel tuleb kaks teineteisest 40 *mm* kaugusel asetsevat rööpsirget sujuvalt liita kaarega, mille raadius

on 20 *mm*. Käesolev liide teostatakse järgmiste võtete abil (joon. 141, *b* ja *c*):

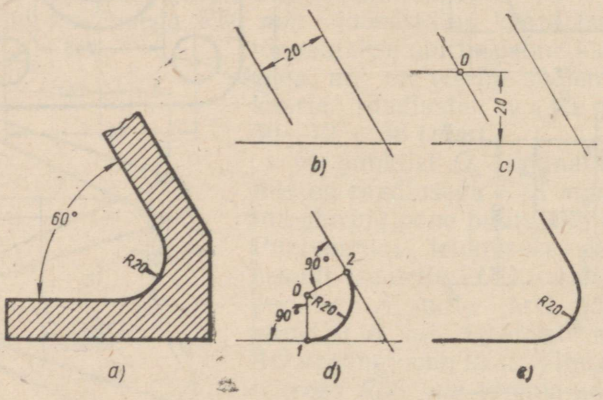
a) tõmmatakse kaks rööpsirget *AB* ja *CD* (joon. 141, *b*), millede kaugus teineteisest on 40 *mm*;

b) tõmmatakse sirgetele *AB* ja *CD* ristsirge, mille järel lõik *1—2* poolitatakse punktiga *O;*

c) seejärel tõmmatakse punktist *O* kui tsentrist raadiusega 20 *mm* kaar (joon. 141, *c*), mille abil mõlemad rööpsirged ühendatakse sujuvalt punktides *1* ja *2*.

Teine juhtum: antud kaks sirget lõikuvad täisnurga all (täisnurga ümardamine).

Joonisel 142 on toodud ääriku joonis ühes vaates. Ääriku antud vaate joonestamisel tuleb teostada liiteid, et ääriku teravaid nurki ümardada kaarega, mille raadius on 16 *mm*.



Joon. 143.

Täisnurki ümardatakse järgmiste võtete abil:

a) täisnurga ühele haarale tõmmatakse ümardusraadiuse kaugusel sellest rööpsirge (antud ääriku puhul on see vahekaugus 16 *mm*), seejärel tõmmatakse täisnurga teisele haarale samal kaugusel sellest samuti rööpsirge (joon. 142, *c*); saadud sirged lõikavad nurga haarasid punktides *1* ja *2* ning teineteist punktis *O*;

b) seejärel tõmmatakse punktist *O* kui tsentrist (joon. 142, *d*) antud raadiusega kaar (meie näite puhul on raadius 16 *mm*); saadud kaare kaudu liituvad kaks vastastikku risti olevat sirget sujuvalt punktides *1* ja *2*.

Ümardatud täisnurk on näidatud joonisel 142, *e*.

Kolmas juhtum: kaks antud sirget lõikuvad teravnurga all (teravnurga ümardamine).

Joonisel 143, *a* on kujutatud detaili (kronsteini) aluse ristlõige. Osa antud ristlõike kontuurist tekib teravnurga (60°) all lõikuva kahe sirge sujuval liitumisel kaarega, mille raadius on 20 *mm*.

Teravnurka ümardatakse järgmisel viisil.

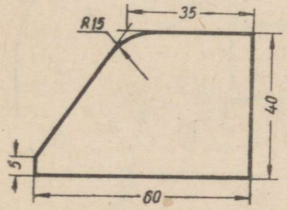
a) Teravnurga ühele haarale tõmmatakse ümardusraadiuse, s. o. 20 *mm* kaugusel sellest (joon. 143, *b*) rööpsirge, seejärel tõmmatakse teravnurga teisele haarale samal kaugusel (joon. 143, *c*) samuti rööpsirge; mõlemad sirged lõikuvad punktis *O*.

b) Puutepunktide leidmiseks tõmmatakse punktist *O* (joon. 143, *d*) ristsirged teravnurga haaradele, mis lõikavad viimaseid otsitud punktides *1* ja *2*.

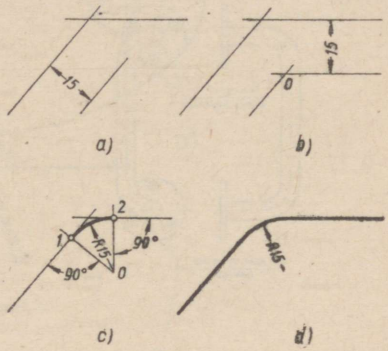
c) Punktist *O* kui tsentrist antud raadiusega (meie näite puhul 20 *mm*) tõmmatud kaar liitub sujuvalt teravnurga all lõikuvate sirgetega punktides *1* ja *2*.

Ümardatud teravnurk on näidatud joonisel 143, *e*.

Neljas juhtum: kaks antud sirget lõikuvad nürinurga all (nürinurga ümardamine).



Joon. 144.



Joon. 145.

Joonisel 144 on kujutatud detail (plaat) ühes vaates. Antud vaate joonestamisel tuleb nürinurga all lõikuvaid sirgeid liita sujuvalt kaarega, mille raadius on 15 *mm* (nürinurga ümardamine).

Nürinurk ümardatakse järgmiselt.

a) Nürinurga ühele haarale (joon. 144, *a*) tõmmatakse ümardusraadiuse kaugusel sellest rööpsirge (antud plaadi puhul on see vahekaugus 15 *mm*), mille järel nürinurga teisele haarale tõmmatakse samal kaugusel samuti rööpsirge (joon. 145, *b*). Mõlemad tõmmatud sirged lõikuvad punktis *O*.

b) Liitepunktide leidmiseks tõmmatakse punktist *O* (joon. 145, *c*) ristsirged nürinurga kummalegi haarale. Ristsirged lõikuvad nürinurga haaradega punktides *1* ja *2*.

c) Punktist *O* kui tsentrist (joon. 145, *c*) antud raadiusega (mis meie näite puhul on 15 *mm*) tõmmatud kaar liidab sujuvalt mõlemaid nürinurga all lõikuvaid sirgeid punktides *1* ja *2*.

Ümardatud nürinurk on kujutatud joonisel 145, *d*.

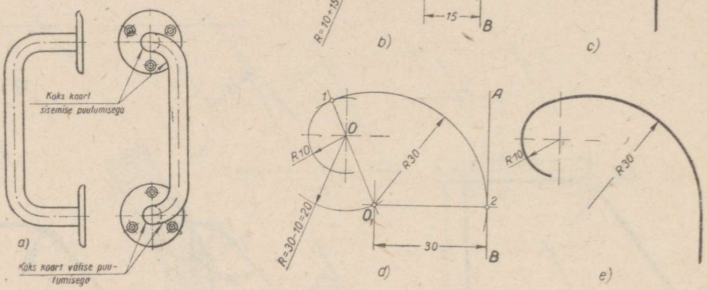
Antud kaare ja sirge sujuv liitumine teise kaarega. Ukse käepideme joonise ühel vaatel esinevad selle kontuurjoontes (joon. 146, *a*) järgmised kahte liiki liited:

1) antud sirge ja kaare sujuv liitumine väliselt puutuva teise kaare kaudu ja

2) antud sirge ja kaare sujuv liitumine seesmiselt puutuva teise kaare kaudu.

Liite esimest liiki käsitleme järgmise näite varal. Olgu antud (joon. 146, *b*) sirge ja kaar raadiusega 10 *mm*. Antud sirge ja kaar tuleb liita sujuvalt teise kaarega, mille raadius on 15 *mm*. Ülesanne lahendatakse järgmiselt:

a) antud sirgele *AB* tõmmatakse ühendava kaare raadiuse kaugusel, s. o. 15 *mm* kaugusel, rööpsirge (joon. 146, *b*);



Joon. 146.

b) raadiusega 10 *mm* joonestatud ringjoone kaare tsentrist *O* tõmmatakse abiringjoone kaar, mille raadius on võrdne antud kaare ja ühendava kaare raadiuste summaga, s. o. $10 + 15 = 25$ (*mm*); seejuures sirge ja abiringjoone kaar lõikuvad punktis O_1;

c) punkti O_1 tsentriga *O* ühendav sirge lõikab 10 *mm* raadiusega tõmmatud kaart punktis *1*, mis on üheks liitepunktiks; teise liitepunkti leidmiseks tõmmatakse punktist O_1 antud sirgele *AB* ristsirge; mõlemate sirgete lõikepunkt *2* ongi teiseks liitepunktiks;

d) punktist O_1 kui tsentrist tõmmatakse raadiusega 15 *mm* kaar, mis punktis *2* sujuvalt liitub antud sirgega ning punktis *1* sujuvalt liitub teda väliselt puutuva teise kaarega, mille raadius on 10 *mm*.

Antud liite valmis konstruktsioon on toodud joonisel 146, *c*.

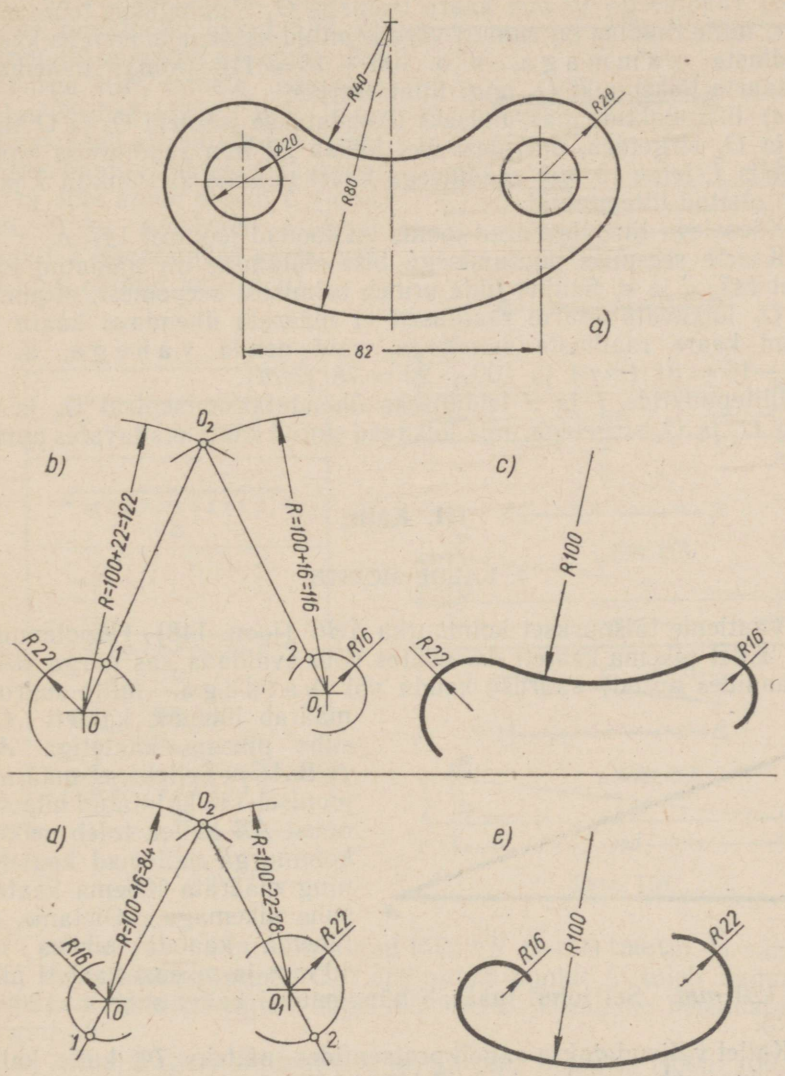
Kaarte seesmise puutumisega liite ehitamine on kujutatud joonisel 146, *e* ja *f*. Selline liide erineb eelmisest (joon. 146, *b* ja *c*) seepoolest, et liite ehitamiseks vajaliku punkti O_1, s. t. abisirge ja abiringjoone lõikepunkti leidmiseks, võetakse abiringjoone raadiuseks mitte antud kaare ja ühendava kaare raadiuste summa, vaid nende v a h e, s. o. $30 - 10 = 20$ (*mm*). Liitepunkti *1* määrab raa-

diusega 10 *mm* tõmmatud kaare lõikepunkt sirgega, mis ühendab punkte O_1 ja O.

Ülejäänud osas on antud liite ehitamine analoogiline eelmisega.

Antud kahe kaare sujuv liitumine kolmanda kaare abil. Joonisel 147, *a* toodud plaadikese kujutise kontuurjoones esinevad järgmised kahte liiki liited:

1) antud kahe kaare (*R*20 *mm*) sujuv liitumine neid väliselt puutuva kolmanda kaare (*R*40 *mm*) abil ja



Joon. 147.

2) samade kaarte (*R*20 *mm*) sujuv liitumine neid seesmiselt puutuva kolmanda kaare (*R*80 *mm*) abil.

Liite esimest liiki käsitleme järgmise näite varal. Olgu antud kaks kaart raadiustega 22 *mm* ja 16 *mm*. Nõutud on kahe antud kaare sujuv liitumine neid väliselt puutuva kolmanda kaarega, mille raadius on 100 *mm*. Ülesanne lahendatakse järgmisel viisil:

a) raadiusega 22 *mm* kaare tsentrist *O* tõmmatakse abikaar, mille raadius on võrdne antud kaare ja ühendava kaare raadiuste summaga, s. o. 100 + 22 = 122 (*mm*);

b) raadiusega 16 *mm* kaare tsentrist O_1 tõmmatakse teine abikaar, mille raadius on samuti võrdne antud kaare ja ühendava kaare raadiuste summaga, s. o. 100 + 16 = 116 (*mm*); mõlemate abikaarte lõikepunkt O_2 ongi liitetsentriks;

c) liitepunktide määramiseks ühendatakse tsentrid O_2 ja *O* ning O_2 ja O_1 sirgetega, milledest üks lõikab 22 *mm* raadiusega kaart punktis *1*, teine 16 *mm* raadiusega kaart punktis *2*. Punktid *1* ja *2* ongi otsitud liitepunktid.

Käesoleva liite lõpetatud joonis on toodud joonisel 147, *c*.

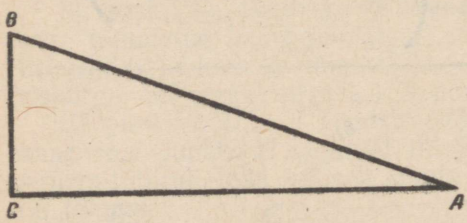
Kaarte seesmise puutumisega liite ehitamine on näidatud joonisel 147, *d* ja *e*. Selline liide erineb eelmisest seepoolest, et punktis O_2 lõikuvate kaarte raadiused ei määrata ühendava kaare ja antud kaare raadiuste summaga, vaid nende vahega, s. o. 100 — 16 = 84 (*mm*) ja 100 — 22 = 78 (*mm*).

Liitepunktide *1* ja *2* leidmiseks ühendatakse tsentrid O_2 ja *O* ning O_2 ja O_1 sirgetega, mis lõikavad antud kaari otsitavates punktides.

III. Kalle.

1. KALDE MÕISTE

Vaatleme täisnurkset kolmnurka *ABC* (joon. 148). Hüpotenuusi *AB* kallet pikema kaateti *AC* suhtes võib avaldada kas nurga *BAC* (kraadides antud) suuruse kaudu või kaldega, mille suurust määrab lühema kaateti *CB* suhe pikema kaatetiga *AC* (*CB*:*AC*). Selleks, et määrata joonisel 148 kujutatud hüpotenuusi *AB* kallet, tuleb mõõta kolmnurga mõlemad kaatetid ning määrata lühema kaateti suhe pikemaga. Oletame, et lühema kaateti pikkus on 40 *mm* ja pikema kaateti pikkus 120 *mm*. Sel juhul määrab hüpotenuusi kallet suhe 40:120 = = 1:3.



Joon. 148.

Kallet väljendatakse sageli protsentides, näiteks: 7% kalle, kalle 14% jne., mis vastab suhtele 7:100, 14:100 jne.

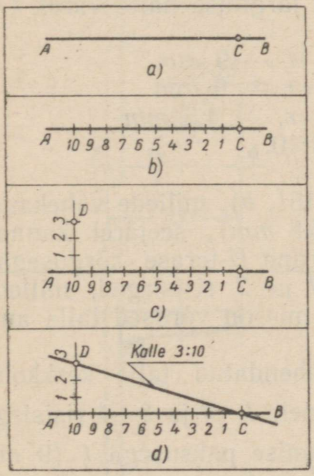
E s i m e n e j u h t u m. Antud on lõik *AB* (joon. 149, *a*) ja lõigul asetsev punkt *C*. Läbi antud punkti *C* tuleb tõmmata sirge kaldega 3:10 antud lõigu *AB* suhtes.

Ülesanne lahendatakse järgmiselt:

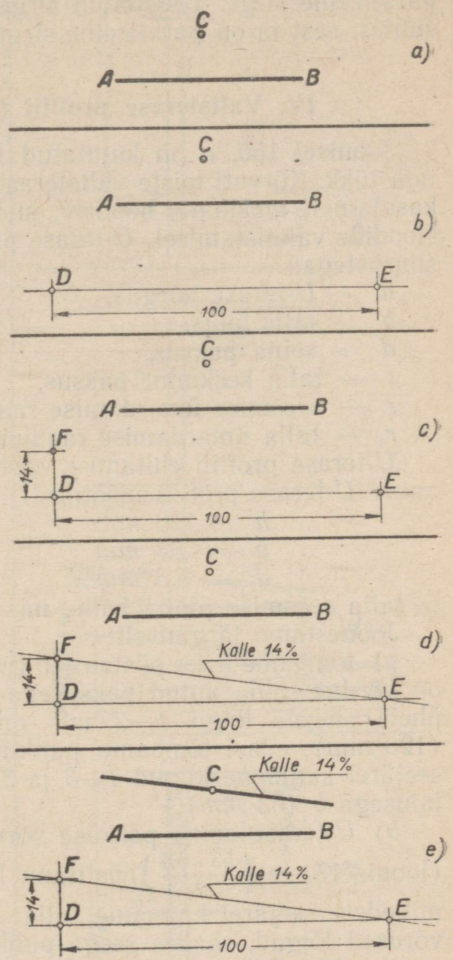
a) antud lõigule *AB* (joon. 149, *b*) kantakse punktist *C* alates kümme mistahes pikkusega, kuid omavahel võrdset lõiku;

b) punktis 10 (joon. 149, *c*) tõmmatakse antud lõigule *AB* ristsirge 10*D*, millele kantakse kolm võrdset lõiku; iga lõigu pikkus peab olema võrdne rõhtsirgele kantud lõikude pikkusega;

c) läbi antud punkti *C* (joon. 149, *d*) ja ristsirgel asetseva punkti 3 tõmmatakse sirge, millel ongi nõutud kalle 3:10.



Joon. 149.



Joon. 150.

T e i n e j u h t u m. On antud lõik *AB* (joon. 150, *a*) ja väljaspool lõiku asetsev punkt *C*. Läbi antud punkti *C* tuleb tõmmata sirge 14% kaldega antud sirge *AB* suhtes. Ülesanne lahendatakse järgmiselt:

a) antud sirgele tõmmatakse paralleelne abisirge (joon. 150, *b*), millele seejärel kantakse ära lõik *DE* pikkusega 100 *mm*;

b) punktist *D* püstitatud ristsirgele (joon. 150, *c*) kantakse lõik *DF* pikkusega 14 *mm;*

c) punktid *E* ja *F* (joon. 150, *d*) ühendatakse abisirgega, millel vastavalt konstruktsioonile on nõutud kalle 14%;

d) läbi punkti *C* (joon. 150, *e*) tõmmatakse antud abisirgele *EF* paralleelne sirge. Tõmmatud sirgel on nõutud 14% kalle sirge *AB* suhtes, sest ta on paralleelne sirgega *EF*.

IV. Valtsterase profiili (ristlõike) joonestamine.

Joonisel 150, *a* on kujutatud *U*-teraseks nimetatud terastala tükk. Kõrvuti teiste valtsterase liikidega leiab *U*-teras laialdast kasutamist masinate, hoonete, sildade ja paljude teiste konstruktsioonide valmistamisel. *U*-terase profiili iseloomustatakse järgmiste suurustega:

h — *U*-terase kõrgus,
b — talla laius,
d — seina paksus,
t — talla keskmine paksus,
r — seesmise ümardamise raadius,
r_1 — talla ümardamise raadius.

U-terase profiili ehitamist vaatleme järgmise näite varal. Olgu antud *U*-terase profiili mõõtmed:

h — 120 *mm*	*t* — 9 *mm*
b — 53 *mm*	*r* — 9 *mm*
d — 5,5 *mm*	r_1 — 4,5 *mm*

ja talla seesmise pinna kalle, mis on 1:10.

Joonestame järgmiselt:

a) tõmbame kaks püstsirget (joon. 151, *b*), millede vahekaugus on võrdne seina antud paksusega *d* (5,5 *mm*), seejärel kanname ühele sirgele lõigu *1—2,* mis on võrdne *U*-terase kõrgusega *h* (120 *mm*); edasi tõmbame punktides *1* ja *2* ristsirged, milledele seejärel kanname lõigud *1—3* ja *2—4,* mis on võrdsed talla antud laiusega *b* (53 *mm*);

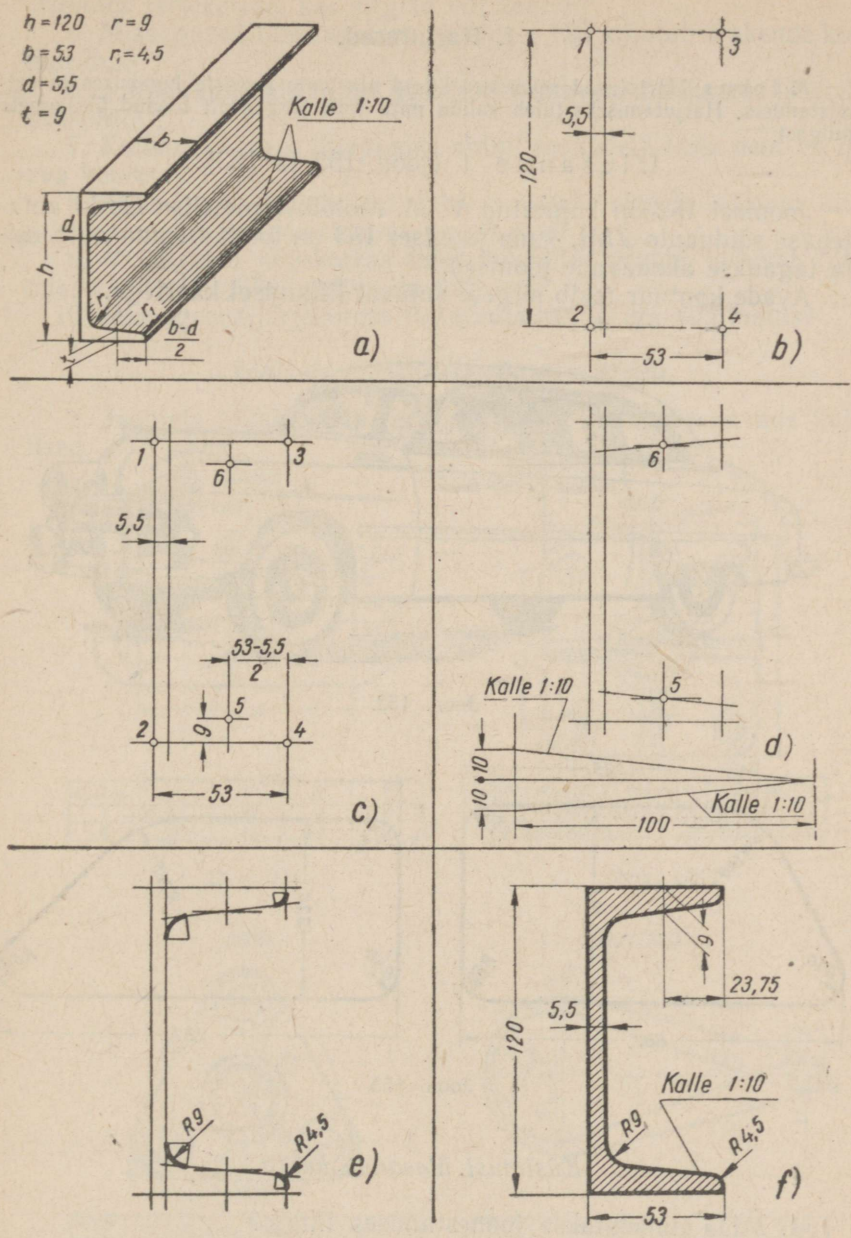
b) *U*-terase seina paksuse võrra vähendatud talla keskkohast (joonis 151, *c*) $\left(\frac{53-5{,}5}{2}\right)$ püstitame lõikudele *1—3* ja *2—4* ristsirged, milledele seejärel kanname talla keskmise paksusega *t* (9 *mm*) võrdsed lõigud, saades seega punktid *5* ja *6*;

c) läbi leitud punktide *5* ja *6* (joon. 151, *d*) tõmbame sirged kaldega 1:10 talla väliskülje suhtes, eespool kirjeldatud viisil;

d) ehitatava kontuuri nürinurgad (joon. 151, *e*) ümardame antud raadiustega (*R*9 *mm* ja *R*4,5 *mm*) kaarte abil;

e) tõmbame välja *U*-terase profiili kontuurjoone (joon. 151, *f*), seejärel märgime ära mõõtmed ning viirutame profiili pinna.

Tähendame, et kallet näitav pealkiri tuleb joonistel kirjutada rõhtsalt asetsevale «riiulile», nagu see on näidatud joonistel 150, *d* ja *e* ning 151, *f*.


h = 120 r = 9
b = 53 r₁ = 4,5
d = 5,5
t = 9
Kalle 1:10
b
d
h
r
r₁
t
b-d/2
a)
1
3
5,5
120
2
4
53
b)
1
6
3
5,5
53-5,5/2
5
9
2
4
53
c)
6
Kalle 1:10
5
d)
10
10
Kalle 1:10
100
R9
R4,5
e)
9
23,75
5,5
120
Kalle 1:10
R9
R4,5
53
f)

Joon. 151.

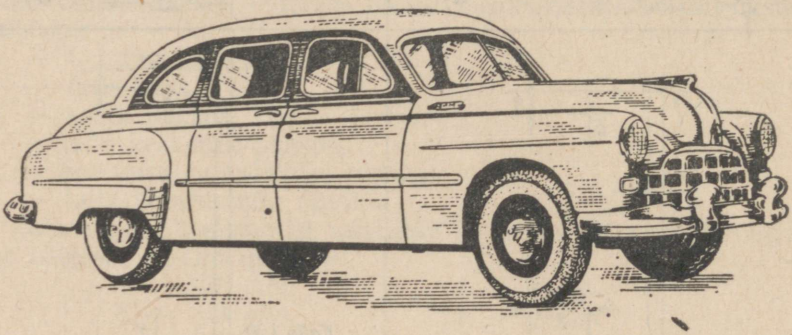
I. Harjutused.

Märkus. Harjutused seisnevad liiteid nõudvate jooniste lugemises ja valmistamises. Harjutamiseks tuleb valida mitu tööd järgnevalt toodud ülesannete hulgast.

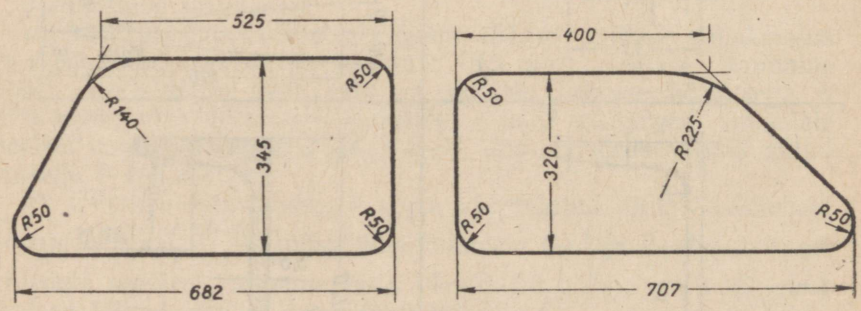
Ülesanne 1 (joon. 152 ja 153).

Joonisel 152 on kujutatud V. M. Molotovi nimelise Gorki autotehase sõiduauto *ZIM*, kuna joonisel 153 on toodud sama auto esi- ja tagaukse aknaavade joonised.

Avade kontuur tekib sirgete sujuval liitumisel kaartega.



Joon. 152.



Joon. 153.

Küsimusi ülesande kohta.

1. Mida nimetatakse joonestamises liiteks?
2. Mis on «liitepunkt»?
3. Missuguseid tingimusi tuleb täita sirge ja kaare vahelise sujuva ülemineku saamiseks?

4. Missuguseid jooni tuleb sujuva liitumise teostamisel tõmmata esimeses järjekorras, kas sirgeid või kaari?

5. Missugused liited esinevad joonisel 153 kujutatud akende kontuurides?

6. Kuidas määrata antud joonistel esinevate liitekaarte tsentrite asukohti?

7. Kuidas määrata liitepunkte antud joonistel? Mitu neid on iga ava kontuuris?

8. Missuguses järjekorras tuleb teostada sirgete sujuvat liitumist kaartega, millede raadius on 50 *mm*?

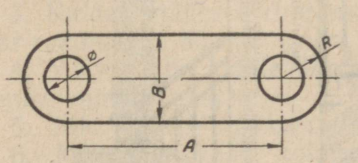
9. Missuguses järjekorras tuleb teostada sirgete sujuvat liitumist kaarega, mille raadius on 225 *mm*?

10. Missuguses järjekorras tuleb valmistada iga ava joonis?

Juhiseid ülesannete täitmise kohta.

1. Joonista silmamõõdu järgi mastaabis 1:10 akna-avade kujutised.

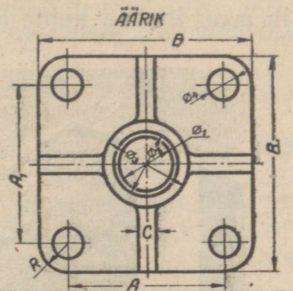
PLAAT



Plaadi nr.	A	B	R	ø
1	60	24	12	12
2	90	36	18	18

Joon. 154.

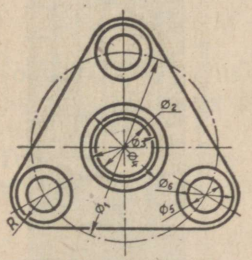
ÄÄRIK



Äärikunr.	A	A_1	B	B_1	C	$ø_1$	$ø_2$	$ø_3$	$ø_4$	R
1	44	44	60	60	5	15	18	24	8	8
2	50	50	74	74	6	20	24	32	12	12

Joon. 155.

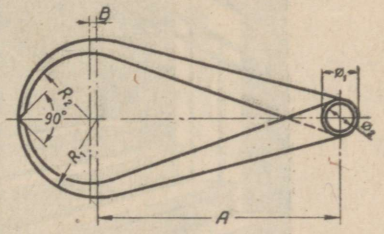
ÄÄRIK



Äärikunr.	$ø_1$	$ø_2$	$ø_3$	$ø_4$	$ø_5$	$ø_6$	R
1	80	24	28	36	14	24	14
2	90	26	30	40	16	26	16

Joon. 156.

VÄLISTASTER



Välistastri nr.	A	R_1	$ø_1$	$ø_2$	B	R_2
1	68	22	10	8	2	18
2	85	26	12	10	3	22

Joon. 157.

2. Valmistada joonis ühest antud akna-avast mastaabis 1:5; ehitada joonisel kõik liitepunktid.

Ülesanne 2 (joon. 154—157).

Küsimusi ülesande kohta.

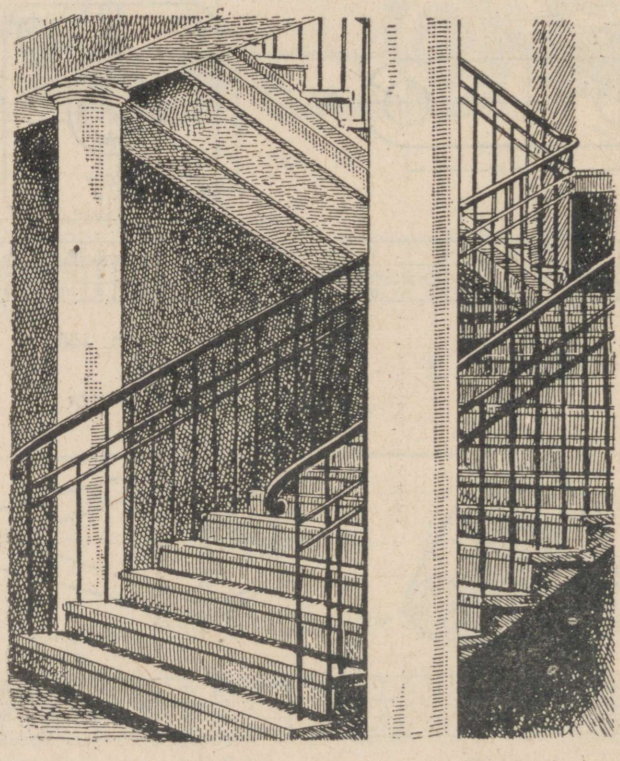
1. Missugused liited esinevad antud joonistel kujutatud detailide kontuurides?
2. Kuidas määrata liitepunkte? Mitu neid on igal joonisel?

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

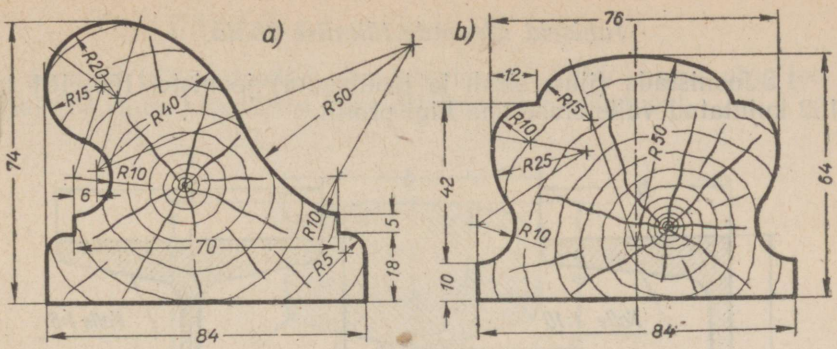
1. Joonistada kujutis ühest joonistel 154, 155, 156 ja 157 kujutatud detailist. Märkida joonisele detaili mõõtmed.
2. Valmistada joonis samast detailist, kasutades selleks tabelis toodud detaili mõõtmeid.

Ülesanne 3 (joon. 158 ja 159).

Joonisel 158 on kujutatud vastehitatud koolimaja peatrepp. Trepp on äärestatud metallvõre ja puidust käsipuuga. Joonisel 159, *a* ja *b* on toodud kahte liiki käsipuude ristlõiked.



Joon. 158.



Joon. 159.

Küsimusi ülesande kohta.

1. Missugused liited esinevad joonistel 159, *a* ja *b* kujutatud käsipuude kontuurides?
2. Missuguste kaartega liitub raadiusega 40 *mm* tõmmatud kaar?
3. Kuidas määrata ringjoone tsentri asukoht, millele kuulub kaar raadiusega 50 *mm* (joon. 159, *a*)?
4. Missuguste joonte tõmbamisega tuleb alustada iga antud joonise valmistamist?
5. Missuguses järjekorras tuleb neid joonestada?
6. Missugust kaart kolmest kaarest, millede raadiused on 20, 40 ja 50 *mm* (joon. 159, *a*), tuleb joonestada viimases järjekorras? Mispärast?
7. Kuidas määrata tsenter ringjoonele, millele kuulub kaar raadiusega 25 *mm*?
8. Missugust kaart kolmest kaarest, millede raadiused on 10, 25 ja 10 *mm* (joon. 159, *b*), tuleb tõmmata viimases järjekorras? Mispärast?

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

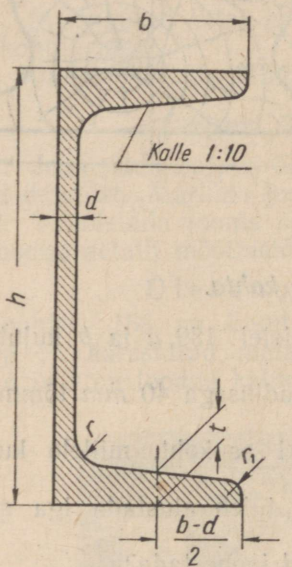
1. Joonistada silmamõõdu järgi loomulikus suuruses ristlõige ühest joonisel 159, *a* ja *b* kujutatud käepidemest. Märkida kujutisele selle mõõtmed.
2. Teha joonis sama käsipuu ristlõikest mastaabis 1:1 ühes mõõtmete äramärkimisega.

Ülesanne 4 (joon. 160—162).

Joonistel 160—162 on toodud kolme valtsterase — *U*-terase (joon. 160), kaksik-*T*-terase (joon. 161) ja raudteeroopa (joon. 162) profiilid. Toodud valtsterase liikide profiilide joonestamisel tuleb ehitada kalded 1:10, 1:6 ja 1:3.

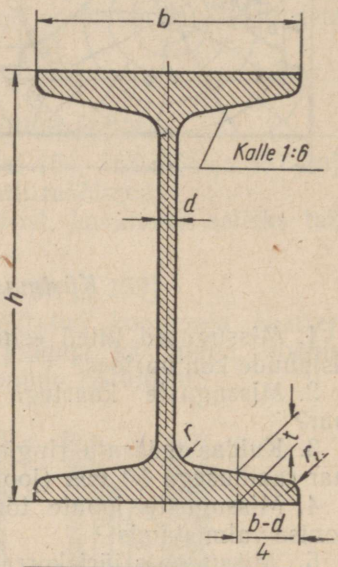
Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Joonistada (ilma sirkli ja joonlauata) joonistel 160, 161 ja 162 kujutatud valtsterase ühe liigi profiil.



Profiili nr.	h	b	d	t	r	r_1
10	100	48	5,3	8,5	8,5	4,25
12	120	53	5,5	9,0	9,0	4,5
14	140	60	8	9,5	9,5	4,75

Joon. 160.



Profiili nr.	h	b	d	t	r	r_1
10	100	68	4,5	7,6	6,5	3,3
12	120	74	5	8,4	7,0	3,5
14	140	80	5,5	9,1	7,5	3,8

Joon. 161.

Ülesande täitmisel kasutada tabelis toodud mõõtmeid, pidades seejuures silmamõõdu järgi kinni mastaabist 1:1. Kanda kujutisele profiili mõõtmed.

2. Tehtud joonise põhjal valmistada profiili joonis mastaabis 1:1 ning kanda joonisele mõõtmed.

II. Tööd.

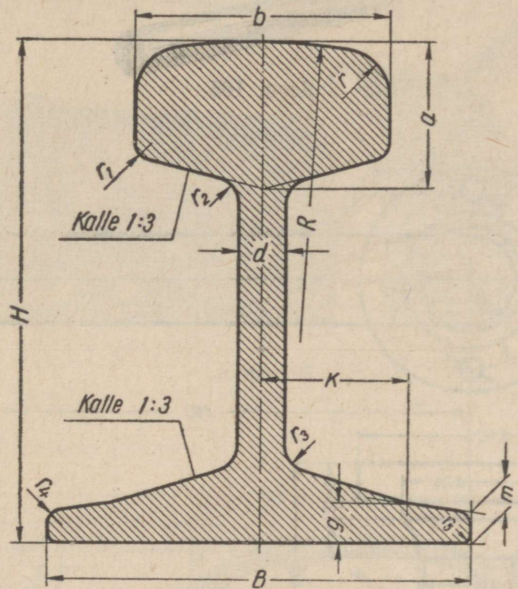
1. TÖÖ NR. 6.

Märkus. Töö nr. 6 seisab joonistuse ja joonise valmistamises esemest, mille vaadetes esinevad liited; valmis joonise kopeerimises pauspaberile (tušiga).

Töö eeskujuks valida üks järgnevalt toodud ülesannetest.

Ülesanne 1 (joon. 163 ja 164).

Joonisel 163 on toodud ukse käepideme näitlik kujutis ning joonisel 164 sama käepideme kaks ortogonaalprojektsiooni.



Roopa tüüp	H	B	a	b	d	g	K	m	R	r	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5
P38	135	114	40	68	13	11	40	9	300	13	4	7	7	4	2

Joon. 162.

Küsimusi ülesande kohta.

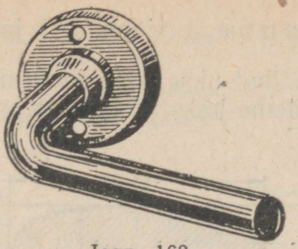
1. Missugused liited esinevad iga ortogonaalprojektsiooni kontuuris?
2. Kuidas määrata liitepunkte? Mitu neid on igal vaatel?

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

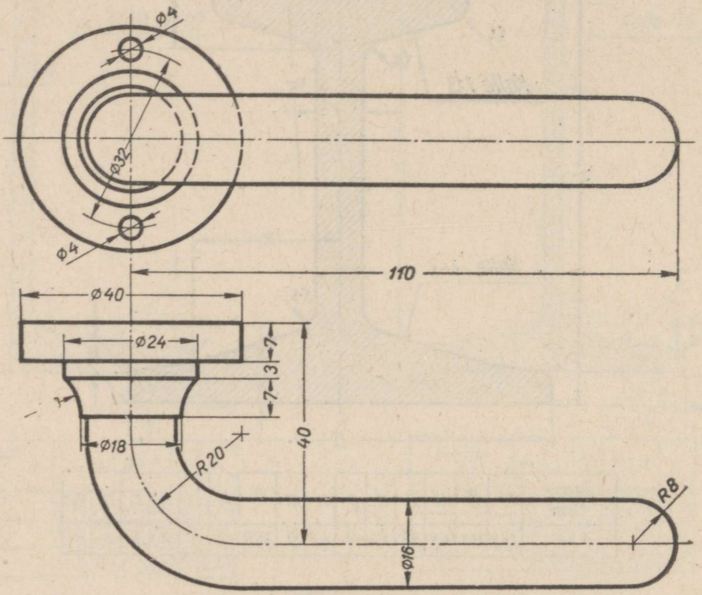
Valmistada silmamõõdu järgi joonisel 164 toodud mõõtmete kohaselt:

a) käepideme eskiis ühes mõõtmetega;

b) sama käepideme joonis ühes mõõtmetega, mille järel joonis kopeerida pauspaberile tušiga.



Joon. 163.



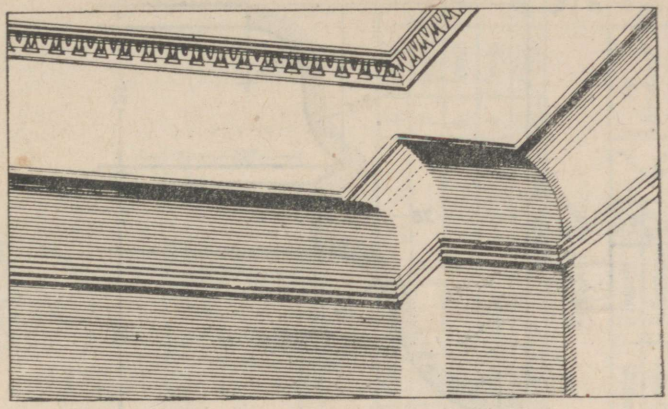
Joon. 164.

Ülesanne 2 (joon. 165—167).

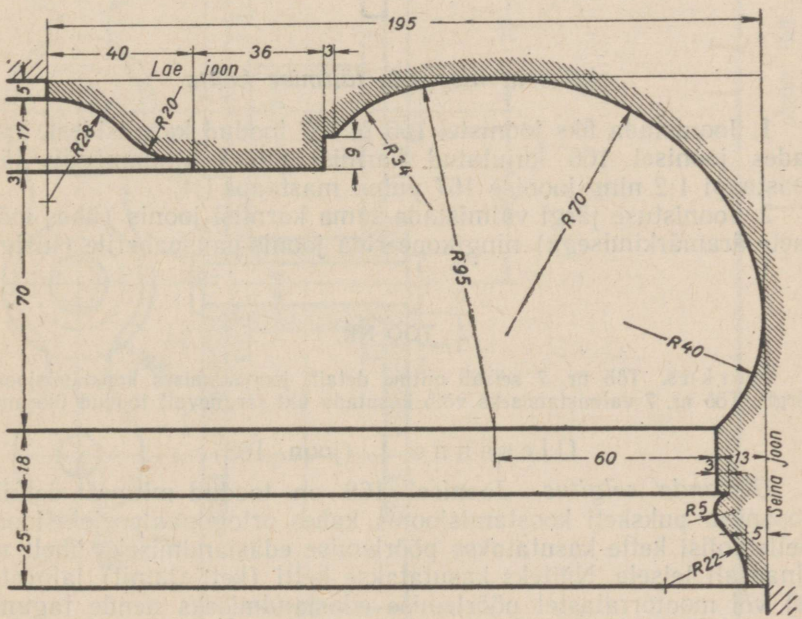
Joonisel 165 on kujutatud elutoa karniis, kuna joonistel 166 ja 167 on toodud karniiside joonised (ristlõiked).

Küsimusi ülesande kohta.

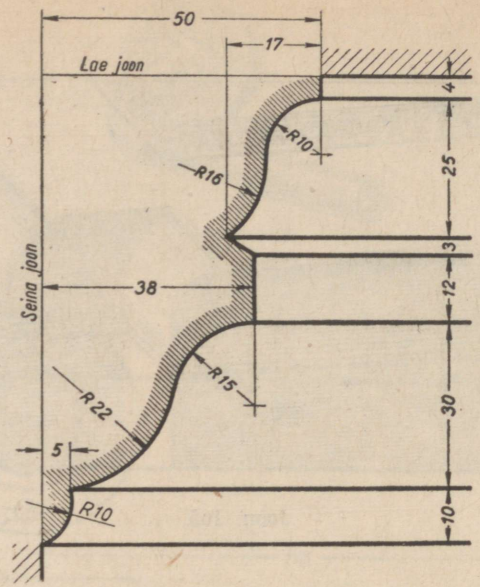
1. Missugused liited esinevad iga karniisi kontuuris?
2. Kuidas määrata antud joonisel sujuvalt liituvate kaarte liitetsentrite asukohad?
3. Missuguses järjekorras tõmmata kaari, millede raadiused on 40, 70, 95 ja 34 *mm* (karniis joon. 166) ja 22, 15, 16 ha 10 *mm* (karniis joonisel 167)? Mispärast?



Joon. 165.



Joon. 166.



Joon. 167.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Joonistada üks joonistel 166 ja 167 toodud karniisidest, kasutades joonisel 166 kujutatud karniisi puhul silmamõõdu järgi mastaapi 1:2 ning joonise 167 puhul mastaapi 1:1.

2. Joonistuse järgi valmistada sama karniisi joonis (ühes mõõtmete äramärkimisega) ning kopeerida joonis pauspaberile (tušiga).

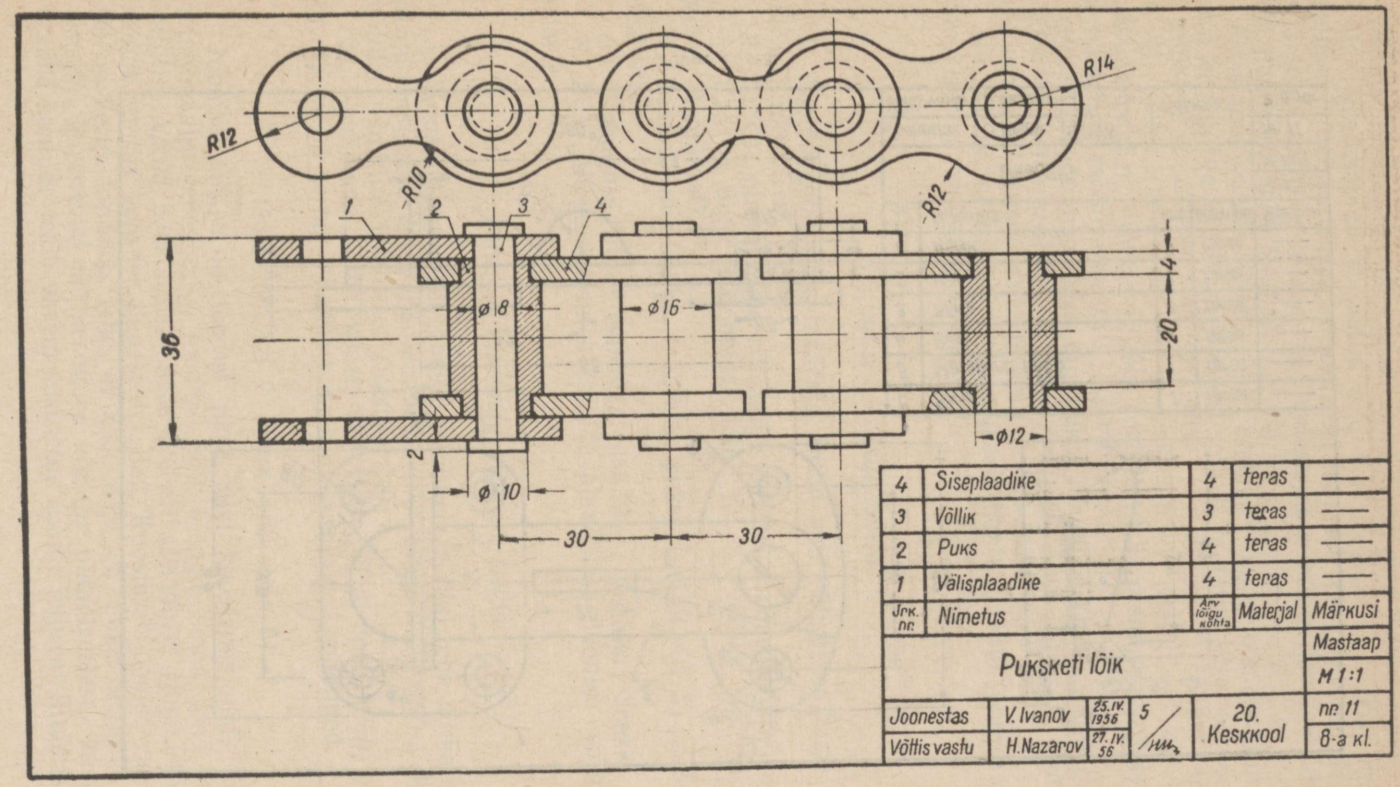
2. TÖÖ NR. 7.

Märkus. Töö nr. 7 seisab mitme detaili joonistamises koostamisjoonise järgi[1]. Töö nr. 7 valmistamiseks võib kasutada üht järgnevalt toodud ülesannet.

Ülesanne 1 (joon. 168).

Ülesande selgitus. Joonisel 168 on toodud mitmest detailist koosneva puksketi koostamisjoonis kahes ortogonaalprojektsioonis. Selletaolisi kette kasutatakse pöörlemise edasiandmiseks ühelt masinaosalt teisele. Näiteks kasutatakse ketti (kett-ajamit) jalgratastel või mootorratastel pöörlemise edasiandmiseks nende tagumistele ratastele. Kett-ajamit kasutatakse ka paljude teiste masinate juures.

[1] Seletused koostamisjooniste kohta on toodud lisas nr. 2.



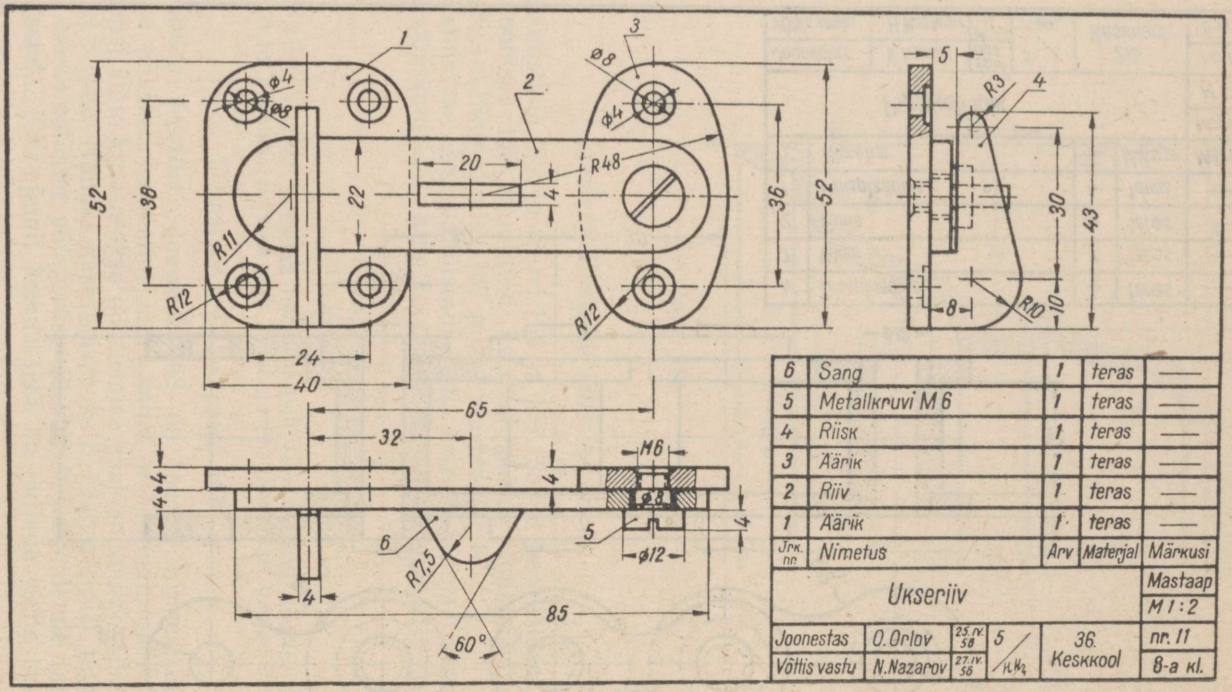
Jrk. nr.	Nimetus	Arv ühigu kohta	Materjal	Märkusi
4	Siseplaadike	4	teras	——
3	Võllik	3	teras	——
2	Puks	4	teras	——
1	Välisplaadike	4	teras	——

Puksketi lõik

Mastaap M 1:1

Joonestas	V. Ivanov	25.IV. 1956	5	20. Keskkool	nr. 11
Võttis vastu	H. Nazarov	27.IV. 56			8-a kl.

Joon. 168.



6	Sang	1	teras	—
5	Metallkruvi M 6	1	teras	—
4	Riisk	1	teras	—
3	Äärik	1	teras	—
2	Riiv	1	teras	—
1	Äärik	1	teras	—
Jrk. nr.	Nimetus	Arv	Materjal	Märkusi
	Ukseriiv			Mastaap M 1:2
Joonestas	O. Orlov	25.IV 56	5	36. Keskkool	nr. 11
Võttis vastu	N. Nazarov	27.IV 56			8-a kl.

Joon. 169-a.

Juhime tähelepanu järgmisele erandile lõigete valmistamisel.

On lõiketasapind suunatud piki massiivseid, s. t. õõsi mittesisaldavaid detaile, nagu näiteks piki joonisel 168 kujutatud detaili nr. 3 telgjoont, siis niisuguseid detaile ei kujutata joonisel lõigatuna nende pikitelje suunas.

Koostamisjoonise (joon. 168) alumises parempoolses nurgas oleva kirjanurga spetsifikatsioonist selgub, et antud ketiosa koosneb järgmistest detailidest: välisplaadike (detail nr. 1), puks (detail nr. 2), võllik (detail nr. 3) ja siseplaadike (detail nr. 4). Keti kokkupanekul needitakse võlliku (detail nr. 3) otsad, nagu joonisel on näidatud, mõõtmetes ø 10 × 2 *mm* kokku.

Puksketi põhimõõtmeks on: puksi läbimõõt (meie näite puhul ø 16 *mm*), keti siseplaadikeste vahekaugus (meie näites 20 *mm*) ja keti samm (*t*) (meie näite puhul $t = 30$ *mm*).

Nii keti välis- kui ka siseplaadikeste kontuur tekib joonise eestvaatel antud raadiustega kaarte sujuval liitumisel.

Küsimusi ülesande kohta.

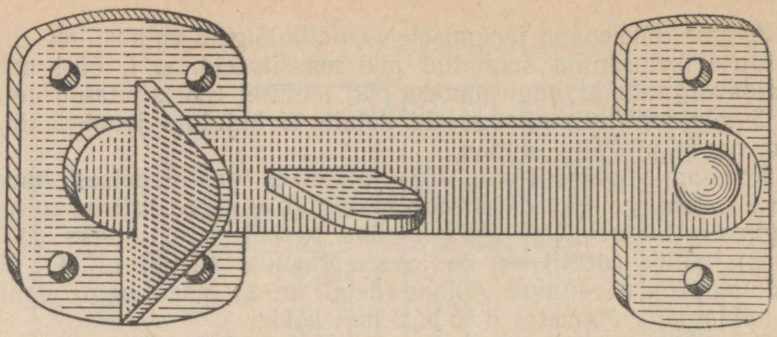
1. Joonist mõõtmata määrata antud keti välisplaadikeste paksus millimeetrites.
2. Kuidas nimetatakse koostamisjoonisel toodud mõõtmeid?
3. Kas on õige, et joonisel detail nr. 3 (võllik) jääb viirutamata? Mispärast?
4. Joonist mõõtmata määrata puksi (detail nr. 2) gabariitmõõtmed.
5. Missugused liited esinevad plaadikese kontuurjoones?
6. Mitu liitepunkti tuleb ehitada plaadikese joonise valmistamisel?

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Koostamisjoonisel toodud mõõtmete põhjal teha silmamõõdu järgi mastaabis 2:1 välisplaadikese (või siseplaadikese), puksi ja võlliku tehniline joonistus (isomeetria).
2. Joonistada sama koostamisjoonise järgi detailid nr. 1 (või nr. 4), nr. 2 ja nr. 3 kahes vaates ning märkida mõõtmed.

Ülesanne 2 (joon. 169, *a* ja *b*).

Joonisel 169, *a* on toodud ukse riivi koostamisjoonis kolmes ortogonaalprojektsioonis, joonisel 169, *b* aga sama riivi näitlik kujutis. Antud koostamisjoonise spetsifikatsioonist (joon. 169, *a*) selgub, et riiv koosneb kuuest detailist. Koostamisjoonise vaatlemisel on kerge kindlaks teha, et kõik detailid, peale detaili nr. 5 (kruvi), koosnevad mitmesuguse kujuga plaadikestest, kusjuures igaühe kontuur tekib varem käsitletud joonte sujuval liitumisel.



Joon. 169-b.

Küsimusi ülesande kohta.

1. Missugused liited esinevad detailide nr. 1, nr. 2, nr. 3, nr. 4 ja nr. 5 kontuurjoontes?
2. Mitu liitepunkti tuleb leida ukseriivi iga detaili joonise valmistamisel?

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Valmistada antud koostamisjoonise põhjal silmamõõdu järgi mastaabis 2:1 ukseriivi kahe-kolme detaili tehniline joonis (isomeetria).
2. Sama koostamisjoonise põhjal joonistada antud ukseriivi kaks-kolm detaili kahes vaates ühes mõõtmete äramärkimisega.

IV peatükk.

PÜRAMIIDI- JA KOONUSEKUJULISTE KEHADE JOONESTAMINE.

KORRAPÄRASE PÜRAMIIDI JA PÜSTRINGKOONUSE MÕISTE.

P ü r a m i i d. Joonisel 170, *a* on toodud püramiidi näitlik kujutis. P ü r a m i i d i k s nimetatakse hulktahukat, mille üks — põhjaks nimetatav tahk on mistahes hulknurk, kuna kõik teised — k ü l g t a h k u d e k s nimetatavad tahud on ühise tipuga kolmnurgad. Külgtahkude ühine tipp on ühtlasi ka püramiidi t i p u k s. Püramiidi tipust tema põhjale tõmmatud ristlõik on püramiidi k õ r g u s.

Püramiidid on kolmnurksed, nelinurksed jne., vastavalt sellele, kas nende põhjaks on kolmnurk, nelinurk jne.

Püramiidi nimetatakse korrapäraseks[1], kui:

1) tema põhjaks on korrapärane hulknurk;

2) tema kõrgus läbib selle hulknurga keskme.

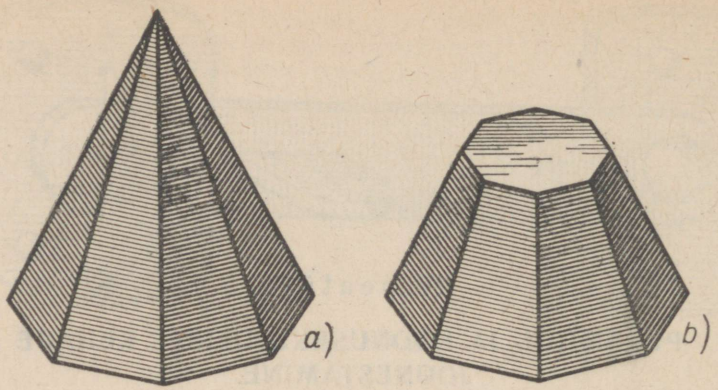
Kui püramiidi lõikab põhjaga paralleelne tasapind, siis nimetatakse põhja ja põhjaga paralleelse lõiketasapinna vahelist püramiidi osa (joon. 170, *b*) t ü v i p ü r a m i i d i k s; tüvipüramiidi paralleelseid tahke nimetatakse p õ h j a d e k s (vastavalt ülemine ja alumine). Tüvipüramiidi nimetatakse korrapäraseks, kui ta moodustab osa korrapärasest püramiidist.

P ü s t r i n g k o o n u s. Joonisel 171, *a* on toodud püstringkoonuse näitlik kujutis. Niisugust koonust võib vaadelda kehana, mis tekib täisnurkse kolmnurga pöörlemisel tema ühe kaateti ümber.

Joonisel 171, *b* on näidatud püstringkoonuse tekkimine täisnurkse kolmnurga pöörlemisel tema pikema kaateti kui telje ümber.

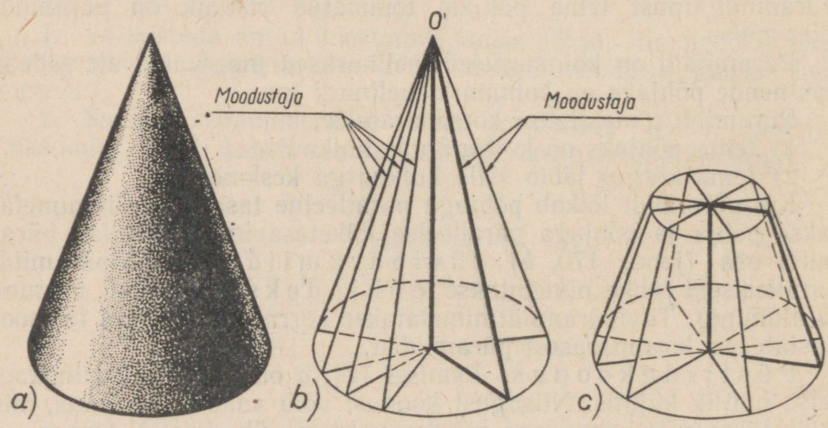
Kaatetit, mille ümber pöörleb kolmnurk, nimetatakse koonuse k õ r g u s e k s (teljeks), teine kaatet moodustab pöörlemisel koonuse p õ h j a, kuna hüpoteenus moodustab seejuures koonuse k ü l g p i n n a (koonilise pinna). Pöörlevat hüpotenuusi nimetatakse koonuse m o o d u s t a j a k s. Punkt *O* on koonuse t i p p.

[1] Kui pole nõutud spetsiaalset täpsustamist, nimetame korrapärast püramiidi edaspidi lihtsalt püramiidiks.



Joon. 170.

Kui püstringkoonust[1] lõikab põhjaga paralleelne tasapind, siis nimetatakse põhja ja põhjaga paralleelse lõiketasapinna vahelist koonuse osa t ü v i k o o n u s e k s. Niisugust koonust võib vaadelda kehana, mis tekib täisnurkse trapetsi pöörlemisel (joon. 171, *c*) põhjadega risti oleva külje ümber.

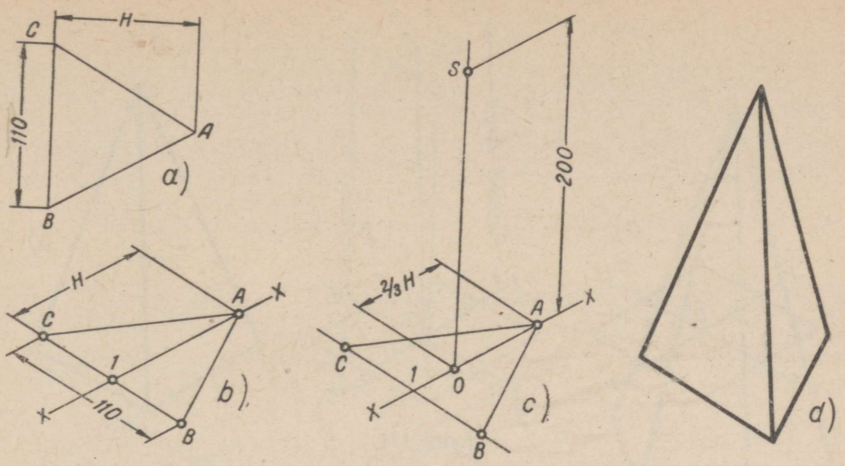


Joon. 171.

I. Püramiidi ja koonuse isomeetriline kujutis.

Kolmnurkne püramiid. P ü r a m i i d. Olgu nõutud ehitada isomeetriline kujutis püramiidist, mille kõrgus on 200 *mm* ja põhjaks oleva võrdkülgse kolmnurga külje pikkus 110 *mm* (joon. 172).

[1] Kui pole nõutud spetsiaalset täpsustamist, nimetame püstringkoonust edaspidi lihtsalt koonuseks.



Joon. 172.

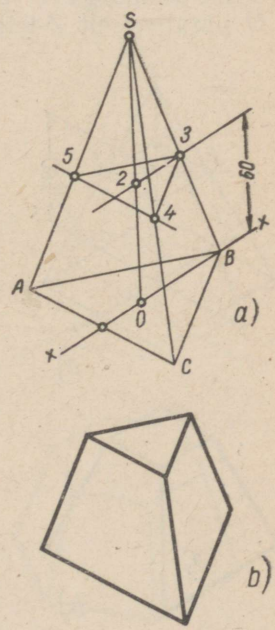
a) Ühele teljele, näiteks *X*-teljele (joon. 172, *b*), kanname lõigu *A1*, mis on võrdne püramiidi põhjaks oleva kolmnurga kõrgusega *H*. Järgnevalt tõmbame läbi punkti *1* *Y*-teljega paralleelse sirge ning märgime sellel sirgel punktidega *A* ja *B* ära püramiidi põhiküljega võrdse sirglõigu (110 *mm*). Pärast punktide *A*, *B* ja *C* ühendamist peenjoontega saame püramiidi põhja kujutise;

b) *X*-teljel kanname punktist *A* (joon. 172, *c*) lõigu *AO*, mis on võrdne püramiidi põhjaks oleva kolmnurga ⅔ kõrgusega (punkt *O* on antud püramiidi põhja, s. t. kolmnurga keskpunkti projektsioon). Seejärel tõmbame punktist *O* *Z*-teljega paralleelse sirge ning kanname sellele punktist *O* lõigu *OS*, mis on võrdne püramiidi kõrgusega (meie näite puhul 200 *mm*). Püramiidi tipp *S* tuleb ühendada sirglõikude abil püramiidi põhja tippude projektsioonidega *A*, *B* ja *C*.

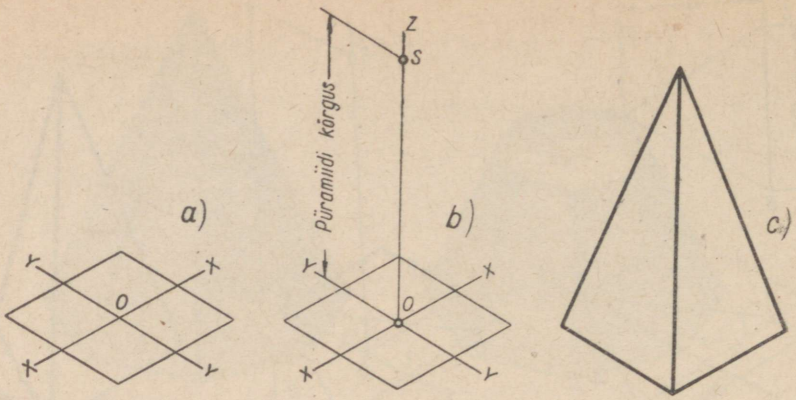
Joonisel 172, *d* on toodud antud mõõtmetes valmistatud püramiidi lõpetatud isomeetriline kujutis.

T ü v i p ü r a m i i d. Joonisel 173 on näidatud isomeetrilise kujutise ehitamist kolmnurksest tüvipüramiidist, mille kõrgus on antud näite puhul 60 *mm*.

Seejärel, kui on ehitatud isomeetriline kujutis püramiidist (joon. 173, *a*), kanname püramiidi põhjaks oleva kolmnurga keskpunktist lõigu *0—2*, mis on võrdne tüvipüramiidi



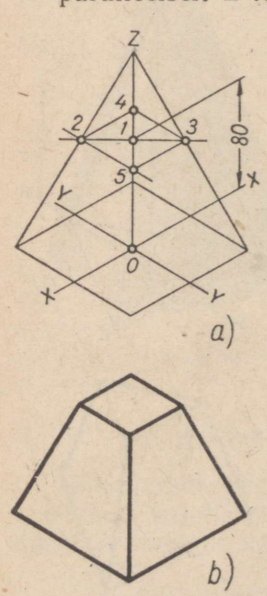
Joon. 173.



Joon. 174.

kõrgusega, s. o. 60 *mm*. Edasi tõmbame läbi punkti *2* *X*-teljega paralleelse sirge; selle sirge lõikumisel külgservaga *SB* saame punkti *3*. Lõigud *3—4*, *3—5* ja *5—4* tõmbame paralleelselt püramiidi alumise põhja vastavate külgedega *BC*, *BA* ja *AC*. Joonisel 173, *b* on toodud tüvipüramiidi lõpetatud isomeetriline kujutis.

Nelinurkne püramiid. P ü r a m i i d. *X*- ja *Y*-teljele ehitame püramiidi põhja — nelinurga isomeetrilise kujutise (joon. 174, *a*). Punkt *O* on nelinurga — püramiidi põhja keskpunkt. Edasi on punktist *O* paralleelselt *Z*-teljega tõmmatud lõik *OS*, mis on võrdne püramiidi kõrgusega; punkt *S*, mis on tipu projektsiooniks, tuleb sirglõikude abil ühendada püramiidi põhja tippude projektsioonidega.

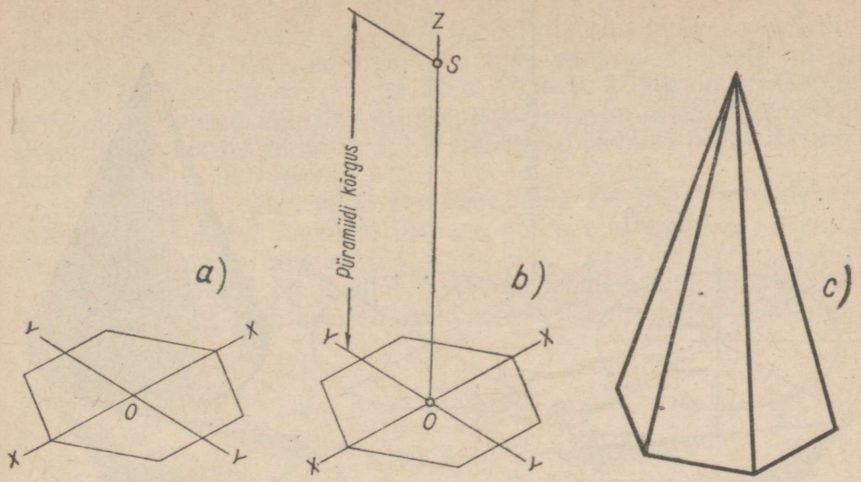


Joon. 175.

Joonisel 174, *c* on toodud lõpetatud isomeetriline kujutis nelinurksest püramiidist.

T ü v i p ü r a m i i d. Seejärel kui peenjoontega on ehitatud isomeetriline kujutis püramiidist (joon. 175, *a*), kanname *Z*-teljele punktist *O* sirglõigu, mis on võrdne tüvipüramiidi kõrgusega; meie näite puhul on tüvipüramiidi kõrgus (lõik *O—1*) 80 *mm*. Järgnevalt tõmbame läbi punkti *1* rõhtsirge, mis lõikab püramiidi külgservade projektsiooni punktides *3* ja *2*. Nüüd tõmbame püramiidi põhja vastavate külgede projektsioonidega paralleelsed lõigud *3—5*, *5—2*, *2—4* ja *4—3*. Joonisel 175, *b* on näidatud nelinurkse tüvipüramiidi lõpetatud isomeetriline kujutis.

Kuusnurkne püramiid. P ü r a m i i d. *X*- ja *Y*-teljele ehitame püramiidi põhja — korrapärase kuusnurga isomeetrilise kujutise (joon. 176, *a*).

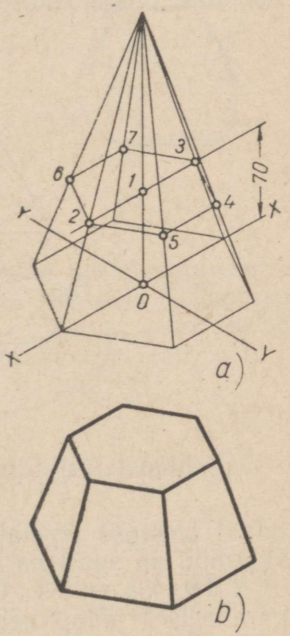


Joon. 176.

Seejärel kanname *Z*-teljel punktist *O* (s. t. püramiidi põhja keskpunktist) lõigu *OS*, mis on võrdne püramiidi kõrgusega (joon. 176, *b*). Punkt *S*, mis on püramiidi tipu projektsiooniks, tuleb ühendada sirgete abil püramiidi põhja tippude projektsioonidega.

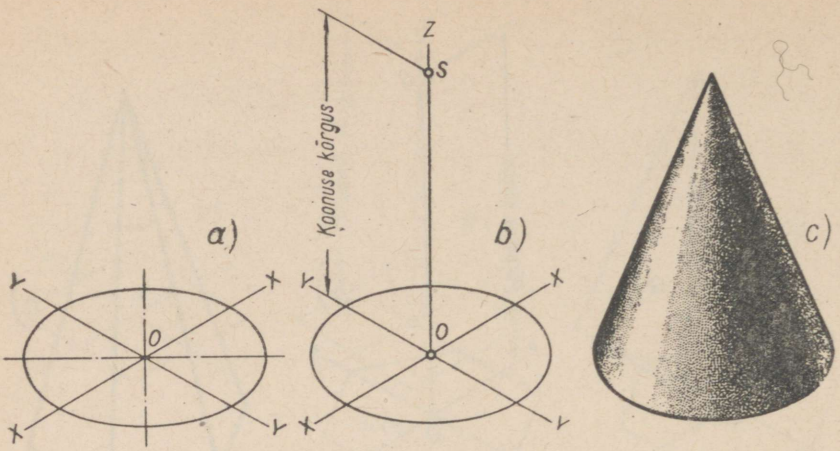
Joonisel 176, *c* on toodud kuusnurkse püramiidi lõpetatud isomeetriline kujutis.

T ü v i p ü r a m i i d. Seejärel kui peenjoontega oleme välja joonestanud püramiidi isomeetrilise kujutise (joon. 177, *a*), kanname punktist *O* kõrgusele lõigu, mis on võrdne tüvipüramiidi kõrgusega ning mis antud näite puhul (lõik *O—1*) on 70 *mm*. Seejärel tõmbame läbi punkti *1* *X*-teljega paralleelse sirge; viimane lõikab püramiidi külgservade projektsioone punktis *3* ja *2*. Lõigud *3—7*, *7—6*, *6—2*, *2—5*, *5—4* ja *4—3* tõmbame paralleelselt püramiidi põhja vastavate külgede projektsioonidega. Joonisel 177, *b* on toodud kuusnurkse tüvipüramiidi lõpetatud isomeetriline kujutis.



Joon. 177.

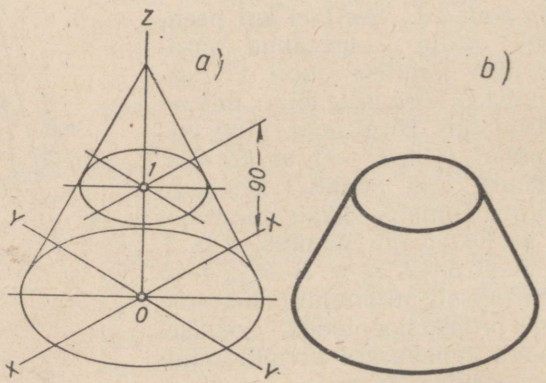
Koonus. Olgu meil tarvis joonestada isomeetriline kujutis koonusest, mille põhi on paralleelne põhiprojektsiooni pinnaga. Koonuse joonestamist alustame tema põhja — ellipsi kujutamisega (joon. 178, *a*). Ellipsi pikem telg asetseb horisontaalselt ning on võrdne 1,2 koonuse põhja läbimõõduga (joonestame ilma lühenduseta



Joon. 178.

telgede suunas), kuna lühem telg on risti ja võrdne 0,7 koonuse põhja läbimõõduga.

Seejärel kanname *Z*-teljele punktist *O* (s. t. koonuse põhja ringjoone tsentri projektsioonist) lõigu *OS*, mis on võrdne koonuse kõrgusega (joon. 178, *b*). Punkt *S*, mis on koonuse tipu projektsiooniks, tuleb ühendada kahe sirgega, mis on ellipsi puutujateks ning koonilise pinna äärmisteks moodustajateks. Joonisel 178, *c* on näi-



Joon. 179.

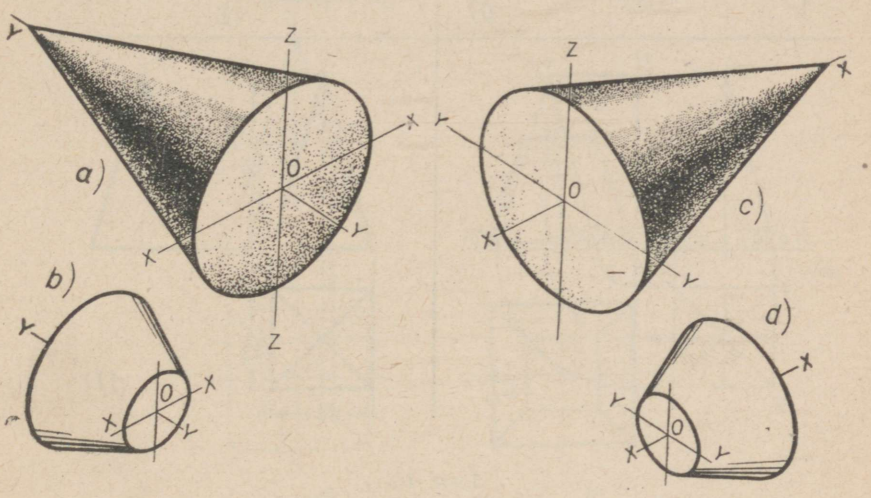
datud koonuse lõpetatud isomeetriline kujutis, kusjuures koonuse külgpind on suurema näitlikkuse mõttes varjutatud.

T ü v i k o o n u s. Olgu antud tüvikoonus, mille põhi asetseb paralleelselt põhiprojektsioonipinnaga. Koonuse alumise põhja läbimõõt on 200 *mm* ning ülemise põhja läbimõõt 80 *mm*. Tüvikoonuse

kõrgus on 90 *mm*. Tuleb ehitada antud tüvikoonuse isomeetriline kujutis. Seejärel kui peenjoontega on ehitatud koonuse isomeetriline kujutis (joon. 179, *a*), kanname *Z*-teljele punktist *O* lõigu, mis on võrdne tüvikoonuse kõrgusega, s. o. 90 *mm*. Tüvikoonuse ülemine põhi on kujutatud ellipsina, mille pikem telg on tõmmatud rõhtsirgena läbi punkti *1* ning on 1,2 tüvikoonuse ülemise põhja läbimõõdust (s. o. $1{,}2 \cdot 90 = 96$ *mm*).

Ellipsi lühem telg, mille kanname tema *Z*-teljega ühtivale projektsioonile, on 0,7 koonuse ülemise põhja läbimõõdust, kusjuures telje keskpunktiks on punkt *1*.

Joonisel 179, *b* on toodud lõpetatud isomeetriline kujutis tüvikoonusest, mille põhi asetseb paralleelselt põhiprojektsioonipinnaga.

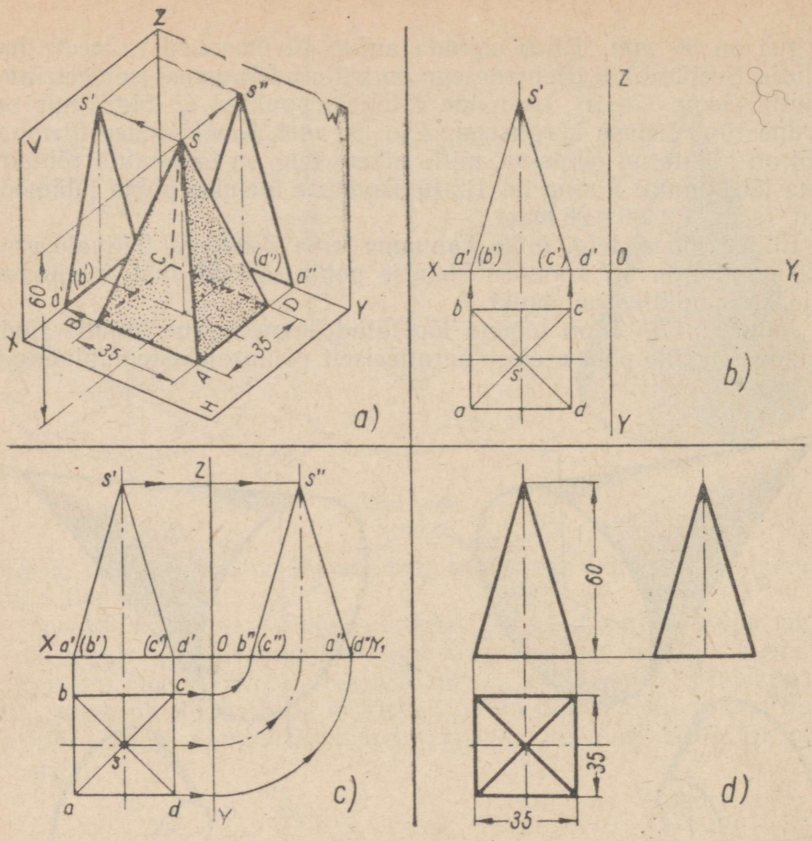


Joon. 180.

Märgime, et juhul kui tüvikoonuse põhi on paralleelne esiprojektsioonipinnaga, nagu on näidatud joonisel 180, *a* ja *b*, kantakse ellipsi lühem telg *Y*-telje suunas; juhul kui koonuse põhi asetseb paralleelselt külgprojektsioonipinnaga, nagu joonisel 180, *c* ja *d*, kantakse ellipsi lühem telg *X*-telje suunas.

II. Püramiidi ja koonuse ortogonaalprojektsioonid.

Nelinurkne püramiid. P ü r a m i i d. Joonisel 181 on näidatud nelinurkse püramiidi kolme projektsiooni ehitamise käik. Püramiidi põhi toetub põhjaga põhiprojektsioonipinnale (joon. 181, *a*). Püramiidi tipp on tähistatud tähega *S*, tema põhja moodustava nelinurga (ruudu) tipud aga tähtedega *A*, *B*, *C* ja *D*.



Joon. 181.

Joonestamist (joon. 181, *b*) alustame ruudu (35 × 35 *mm*) põhiprojektsiooni ehitamisega. Ruudu diagonaalide lõikepunkt *s* on püramiidi tipu *S* põhiprojektsioon, kuna lõigud *sa*, *sb*, *sc* ja *sd* on püramiidi vastavate külgservade põhiprojektsioonid.

Järgnevalt joonestame püramiidi esiprojektsiooni (joon. 181, *b*). Kuna püramiidi projekteerimisel antud asendis tema eesmise ja tagumise külgtahu esiprojektsioonid ühtivad, siis on püramiid seetõttu kujutatud võrdhaarse kolmnurgana, mille alus on võrdne püramiidi põhikülje pikkusega, s. o. 35 *mm*, kõrgus aga püramiidi kõrgusega, s. o. 60 *mm*. Paneme tähele, et püramiidi põhja esiprojektsiooniks olev lõik *a'*(*b'*)-*d'*(*c'*) ühtib *X*-teljega, sest ülesande tingimuste kohaselt püramiidi põhi toetub põhiprojektsioonipinnale.

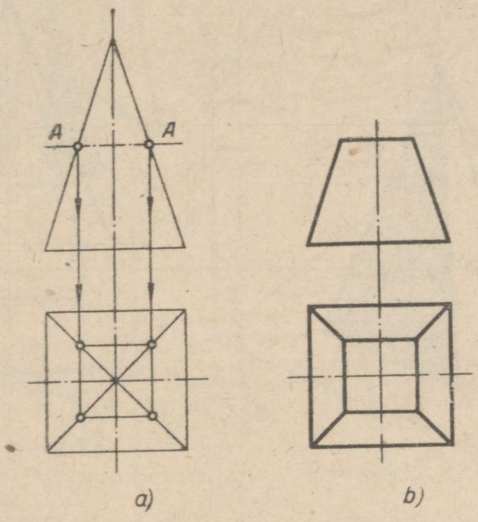
Püramiidi kolmanda projektsiooni — külgvaate ehitamine sei-

sab, nagu nähtub joonisest 181, *c*, püramiidi vastavat kontuuri määravate punktide kolmandate projektsioonide leidmises.

Nagu silindri projekteerimiselgi ortogonaalprojektsioonis (joon. 40), tuuakse püramiidi külgprojektsioon ainult selleks, et näidata selle ehitamise viisi. Joonise tegemisel püramiidist, mis on sarnane käsitletud püramiidiga, on küllalt kujutada teda kahes projektsioonis, näiteks esi- ja põhiprojektsioonis.

Joonisel 181, *d* on näidatud kolmes projektsioonis kujutatud nelinurkse püramiidi valmis joonis.

T ü v i p ü r a m i i d. Joonisel 182, *a* on kujutatud nelinurkne püramiid, mida lõikab püramiidi põhjaga paralleelne tasapind. Lõiketasapinna jälg (suund) on tähistatud esiprojektsioonil joonega *AA*.



Joon. 182.

Lõiketasapind tükeldab antud püramiidi kaheks kehaks, milledest alumine on tüvipüramiid ja ülemine väiksem püramiid. Olgu nõutud ehitada tüvipüramiidi kaks ortogonaalprojektsiooni: esi- ja põhiprojektsioon.

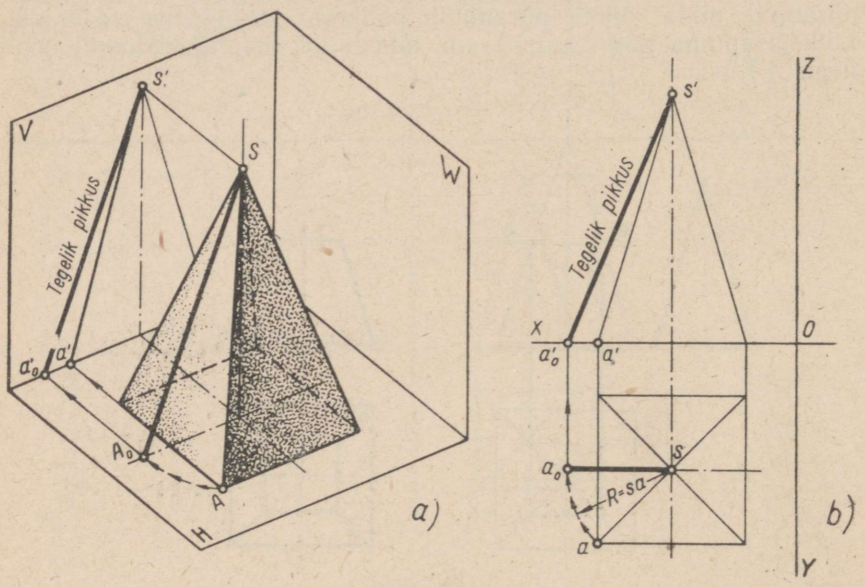
Antud tüvipüramiidi ülemise põhja põhiprojektsiooni ehitamiseks projekteerime lõiketasapinna jälje lõikepunktid püramiidi külgtahkude esiprojektsioonidega, nagu see on näidatud joonisel 182, *a*, samade külgservade põhiprojektsioonidele, mille järel projekteeritud punktid ühendame sirgetega. Joonisel 182, *b* on toodud nelinurkse tüvipüramiidi valmis joonis.

Üldasendis antud sirglõigu tegeliku pikkuse leidmine. Tuletame meelde, et sirglõik, mis pole paralleelne projektsioonipinnaga, projekteerub sellele tegelikust pikkusest lühemana.

Ainult sel juhul, kui sirglõik on paralleelne projektsioonipinnaga, on tema projektsioon sirglõiguga võrdne.

Joonisel 181, *a* ja *d* vaatlemisel on kerge märgata, et püramiidi külgservade projektsioonidest ei esine ükski tegelikus pikkuses, sest ükski külgservadest pole paralleelne ühegi projektsioonipinnaga, s. t. nad on kaldu kõigi kolme projektsioonipinna suhtes.

Sirglõiku (näiteks joonisel 181, *a* kujutatud püramiidi mistahes külgserv), mis on kaldu kõigi kolme projektsioonitasapinna suhtes, nimetatakse üldasendis antud sirglõiguks.



Joon. 183.

Üldasendis antud sirglõigu tegelikku pikkust on võimalik joonisel määrata nn. pööramismeetodi abil. Käsitleme seda meetodit püramiidi külgserva tegeliku pikkuse määramise näite varal.

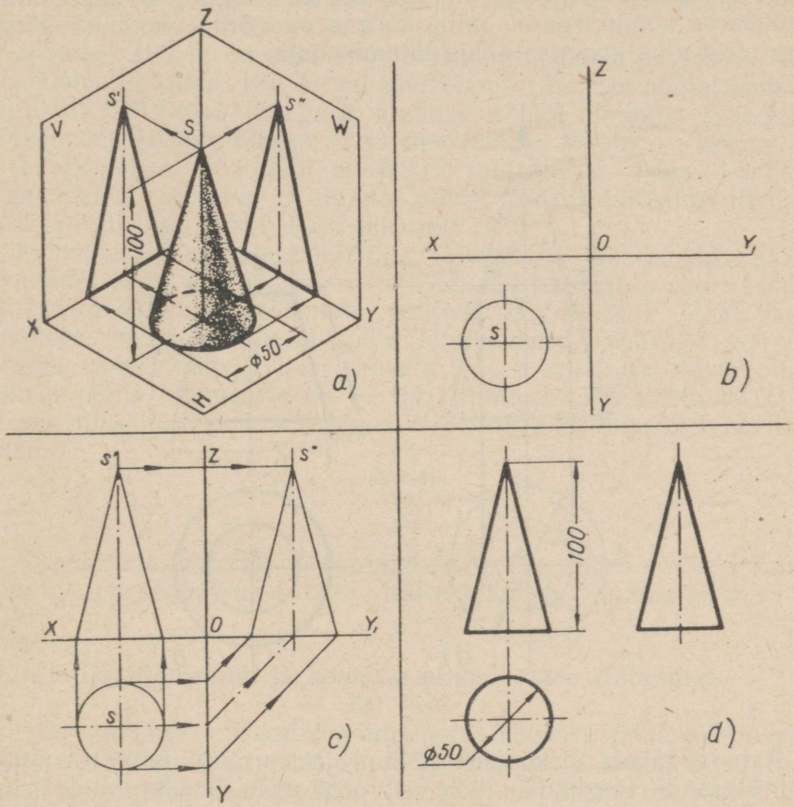
Joonisel 183, *a* on toodud näitlik kujutis nelinurksest püramiidist, mille üht külgserva tähistame *SA*-ga. Nii antud kui ka ülejäänud kolm külgserva pole paralleelsed esiprojektsioonipinnaga, sest külgserva *SA* esiprojektsioon *s'a'* ei ole tema tegeliku pikkusega võrdne, vaid on sellest lühem.

Selleks et leida külgserva *SA* tegelikku pikkust näiteks esiprojektsioonipinnal, pöörame külgserva *SA* seni, kuni ta on paralleelne esiprojektsioonipinnaga, ning projekteerime teda seejärel nimetatud projektsioonipinnale.

Külgserva *SA* pööramisel võtame pöördteljeks püramiidi kõrguse. Pööratud külgserva uus esiprojektsioon *s'a'* on võrdne külgserva tegeliku pikkusega.

Tegelikult toimub pööramine ortogonaalprojektsioonis antud püramiidi puhul järgmisel viisil. Olgu nõutud määrata püramiidi külgserva tegelik pikkus (joon. 183, *b*).

Pööramiseks asetatakse sirkli nõelaga ots punkti *s* (püramiidi tipu *S* põhiprojektsioon), sirkli pliiatsisüdamikuga ots aga punkti *a*, mille järel tõmmatakse kaar raadiusega *sa* (joon. 183, *b*). Kaare



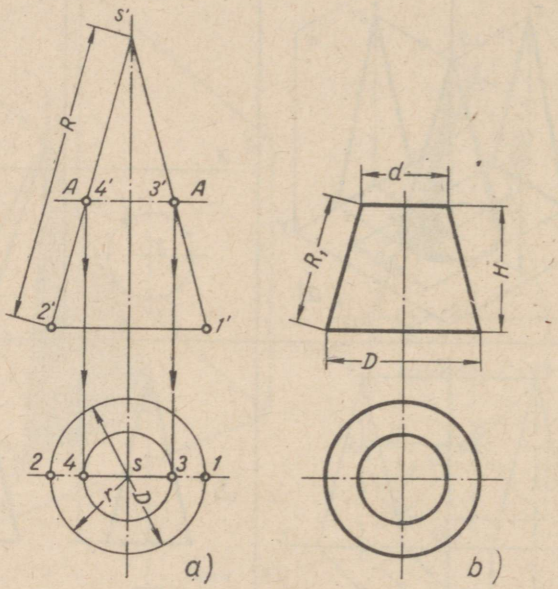
Joon. 184.

lõikepunkt püramiidi põhiprojektsiooni rõhtsa telgjoonega annab punkti a_0. Lõik sa_0 on esiprojektsioonipinnaga paralleelsesse asendisse pööratud külgserva *SA* uueks põhiprojektsiooniks. Punkt a'_0 on pööratud külgserva punkti *A* uueks esiprojektsiooniks, sirglõik $s'a'_0$ aga pööratud külgserva *SA* uueks esiprojektsiooniks, mis annab joonisel edasi külgserva otsitud tegeliku pikkuse.

Koonus. Joonisel 184 on näidatud koonuse kolme projektsiooni ehitamise järjekord. Koonus (joon. 184, *a*) toetub põhjaga põhiprojektsioonipinnale; koonuse tipp on märgitud tähega *S*.

Joonestamist alustame koonuse põhiprojektsiooni ehitamisega (joon. 184, *b*). Antud koonus projekteerub põhiprojektsioonipinnale ringjoonena, mille läbimõõt on võrdne koonuse põhja läbimõõduga. Tõmmatud ringjoonega piiratud pinnaosa, s. t. ring, on koonilise pinna põhiprojektsiooniks. Punkt *s* on koonuse tipu *S* põhiprojektsiooniks.

Edasi ehitame koonuse esi- ja külgprojektsiooni (joon. 184, *c*). Antud koonus projekteerub nii esi- kui ka külgprojektsioonipinnale võrdhaarse kolmnurgana, mille kõrgus on võrdne koonuse kõrgusega ning alus koonuse põhja läbimõõduga.



Joon. 185.

Paneme tähele, et koonuse põhi projekteerub *X*- ja $Y(Y_1)$-teljele, sest ülesande tingimuste kohaselt põhi asetseb põhiprojektsioonipinnal.

Joonisel 184, *d* on näidatud kolmes projektsioonis kujutatud koonuse valmis joonis. Nagu silindri projekteerimisel ortogonaalprojektsioonis (joon. 40), tuuakse koonuse külgprojektsioon ainult selle ehitamisviisi näitamiseks. Koonuse joonise valmistamisel on küllalt kujutada koonust ainult kahes projektsioonis, näiteks esi- ja põhiprojektsioonis.

T ü v i k o o n u s. Joonisel 185 on kujutatud koonus, mille põhja raadius on tähistatud tähega *r*, põhja läbimõõt tähega *D*, moodustaja pikkus tähega *R* ja tipp tähega *S*.

Antud koonust lõikab tema põhjaga paralleelne tasapind. Lõiketasapinna jälg (suund) on esiprojektsioonil tähistatud joonega *AA*.

Lõiketasapind tükeldab antud koonuse kaheks osaks, milledest alumine on tüvikoonus ja ülemine väiksem koonus. Olgu nõutud ehitada tüvikoonuse kaks ortogonaalprojektsiooni: esiprojektsioon ja põhiprojektsioon.

Lõikepinna, s. t. tüvikoonuse ülemise põhja esijoonise kujuks on sirglõik, mida piiravad lõiketasapinna jälje AA lõikepunktid $3'$ ja $4'$ koonuse moodustajatega (s. t. lõikudega $s'1'$ ja $s'2'$).

Lõikepinna põhiprojektsiooniks on ring, mille läbimõõdu määrab esiprojektsioonil olev lõik $3'—4'$.

Joonisel 185, *b* on näidatud tüvikoonuse lõpetatud joonis. Esiprojektsioonil (joon. 185, *b*) on tüvikoonuse ülemise põhja läbimõõt tinglikult tähistatud tähega *d*, alumise põhja läbimõõt tähega *D*, tüvikoonuse kõrgus tähega *H* ja moodustaja pikkus — tähega R_1.

Tüvikoonuse mõõtmete andmisel märgitakse tema joonisele kolm mõõdet: ülemise ja alumise põhja läbimõõdud ning tüvikoonuse kõrgus (või moodustaja pikkus).

Mõnedel juhtudel jäetakse ühe läbimõõdu mõõde märkimata, asendades seda koonilisuse näitajaga. K o o n i l i s u s e k s nimetatakse tüvikoonuse mõlemate põhjade läbimõõtude (ehk, teiste sõnadega, koonuse kahe ristlõike läbimõõtude) vahe ja koonuse kõrguse suhe. Näiteks kui joonisel 185, *b* kujutatud tüvikoonuse ülemise põhja läbimõõt *d* on 46 *mm*, alumise põhja läbimõõt *D* on 80 *mm* ning tüvikoonuse kõrgus *H* on 68 *mm*, siis on tema koonilisus:

$$\frac{D-d}{H} = \frac{80-46}{68} = 1 : 2.$$

Koonilisust on võimalik avaldada ka protsentides. Näiteks koonilisus 5% on sama, mis suhe 5 : 100 ehk (pärast taandamist) 1 : 20.

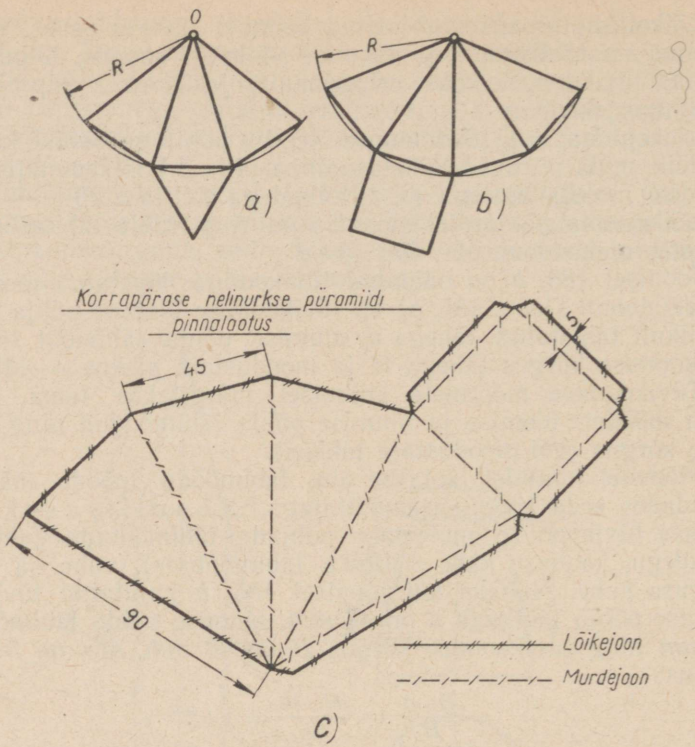
III. Püramiidi ja koonuse pinnalaotuse ehitamine.

P ü r a m i i d. Püramiidi pinnalaotus koosneb tema põhja moodustavast hulknurgast (s. t. kas kolmnurgast, nelinurgast jne.) ning kolmnurkadest, millede arv ja mõõtmed on võrdsed püramiidi külgtahkude arvu ja tegelike mõõtmetega.

Joonisel 186, *a* on näidatud kolmnurkse püramiidi pinnalaotuse ehitamist järgmisel viisil. Meelevaldselt võetud punktist *O* (joon. 186, *a*) kui tsentrist tõmbame kaare raadiusega *R*, mis on võrdne püramiidi külgserva tegeliku pikkusega. Siis kanname sellele kaarele kolm sirglõiku, millede mõõtmed on võrdsed püramiidi põhiservade mõõtmetega. Pärast sirglõikude lõpp-punktide ühendamist punktiga *O* sirgete abil saame püramiidi külgpinnalaotuse.

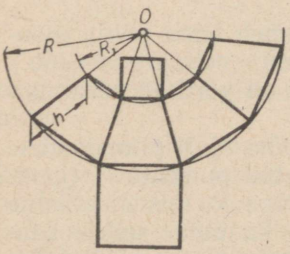
Järgnevalt joonestame püramiidi külgpinna laotuse kõrvale tema põhja — kolmnurga, ja saamegi püramiidi pinnalaotuse.

Nelinurkse püramiidi pinnalaotust võib valmistada joonisel 186, *b* kujutatud viisil.



Joon. 186.

Püramiidi mudeli, näiteks nelinurkse püramiidi valmistamiseks tuleb täiendavalt pinnalaotusele joonestada veel ribad (joon. 186, *c*), mis on ette nähtud mudeli kokkukleepimiseks.



Joon. 187.

T ü v i p ü r a m i i d. Tüvipüramiidi pinnalaotuse ehitamine on näidatud joonisel 187. Tüvipüramiidi pinnalaotus erineb joonisel 186, *a* ja *b* toodust sellepoolest, et tema ehitamiseks on tõmmatud kaks kaart, kusjuures lühema kaare raadius R_1 on võrdne pikema kaare raadiuse R ja tüvipüramiidi külgserva tegeliku pikkuse *(h)* vahega.

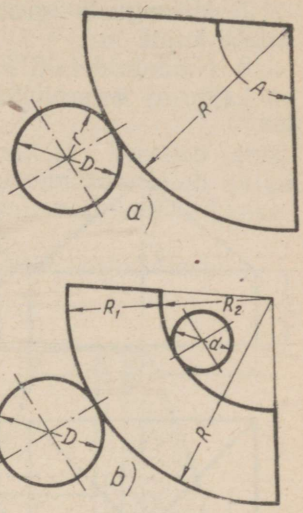
Tüvipüramiidi pinnalaotuse saamiseks lisame tema külgpinna laotusele täiendavalt veel tüvipüramiidi alumise ja ülemise põhja.

K o o n u s. Joonisel 188, *a* on näidatud koonuse pinnalaotus. Koonuse pinnalaotus koosneb kahest kujundist: ringist, mille läbimõõt D on võrdne koonuse põhja läbimõõduga, ning ringi sektorist, mis on koonuse külgpinna laotuseks. Sektori kaare raadius R

(joon. 188, *a*) on võrdne koonuse moodustaja pikkusega, kuna sektori nurk *A* kas arvutatakse või määratakse graafiliselt (ligikaudu).

Nurga *A* arvutamiseks kasutatakse valemit $\frac{360° \cdot r}{R}$, kus *r* on koonuse põhja raadius ja *R* koonuse moodustaja pikkus. Kuna joonisel 188, *a* toodud näite puhul koonuse põhja raadius *r* on 30 *mm* ja moodustaja *R* pikkus 100 *mm*, siis sektori nurk *A* on $\frac{360° \cdot r}{R} = \frac{360° \cdot 30}{100} = 108°$.

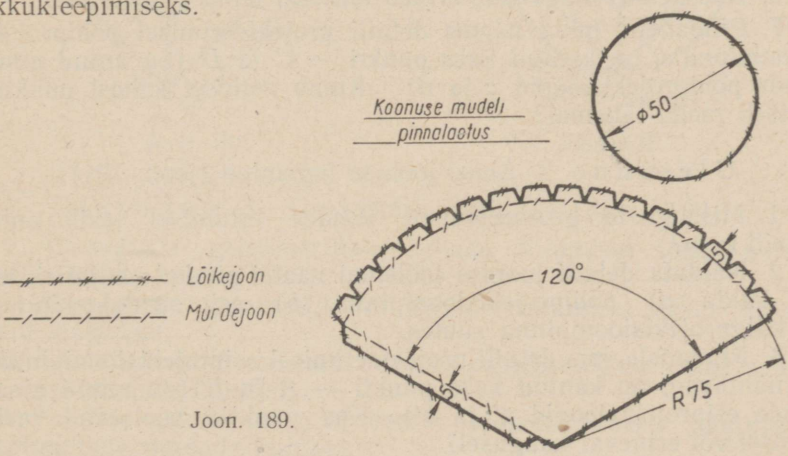
Sektori nurga graafiliseks määramiseks tuleb koonuse põhja ringjoon jaotada võrdseteks osadeks, näiteks 12 võrdseks osaks. Seejärel, oletades, et kaareosale vastava kõõlu pikkus on $^1/_{12}$ ringjoone pikkusest, kanname kõõlu pikkuse tõmmatud sektori kaarele 12 korda. Ühendades ärakantud sirglõikude esimese ja viimase punkti sirgete abil sektori kaare tsentriga, saame koonuse külgpinna laotuse.



Joon. 188.

T ü v i k o o n u s. Joonisel 188, *b* on näidatud tüvikoonuse pinnalaotus. Tüvikoonuse pinnalaotus koosneb kolmest kujundist: kahest ringist, millede läbimõõdud *d* ja *D* on vastavalt võrdsed ülemise ja alumise põhja läbimõõduga, ning sektori vööst, mis on tüvikoonuse külgpinna laotuseks. Sektori nurk määratakse eespool käsitletud viisil. Sektori lühema kaare raadius *R* (joon. 188, *b*) on võrdne sektori pikema kaare raadiuse *R* (joon. 188, *b*) ja tüvikoonuse moodustaja R_1 vahega ($R_2 = R - R_1$).

Koonuse mudeli valmistamiseks tuleb pinnalaotusele täiendavalt joonestada veel ribad (joon. 189), mis on ette nähtud mudeli kokkukleepimiseks.



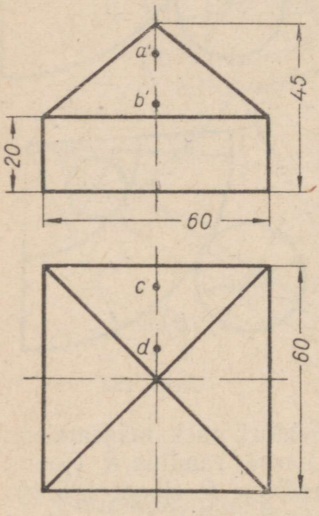
Joon. 189.

I. Jooniste lugemine.

Ülesanne 1. Toe joonise lugemine (joon. 190).

1. Missuguste geomeetriliste kehade liitumisel tekib antud detaili kuju?

2. Näidata detaili joonise mõlemal vaatel pindade kujutisi, mis on kaldu *a*) esiprojektsioonipinna, *b*) põhiprojektsioonipinna suhtes.



Joon. 190.

3. Näidata toe joonise mõlemal vaatel pindade kujutisi, mis on risti *a*) esiprojektsioonipinna, *b*) külgprojektsioonipinna suhtes.

4. Pindadele, mis on nähtavad detaili projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud kaks punkti — *A* ja *B* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *a'* ja *b'*). Kumb nendest kahest punktist asetseb meile lähemal? Kui oletada, et mõlemad punktid on kantud pindadele, mis detaili projekteerimisel esiprojektsioonipinnale on nähtamatud, kumb nendest kahest punktist on sel puhul meile lähemal?

5. Missugustest ja kui paljudest tasapinnalistest kujunditest koosneb toe pinnalaotus? Kas detaili pinnalaotuse valmistamiseks tuleb antud joonise puhul määrata detaili pindade tegelikke suurusi abikonstruktsioonidega?

6. Kas detaili külgvaade erineb milleski tema eestvaatest?

7. Pindadele, mida näeme detaili projekteerimisel põhiprojektsioonipinnale, on kantud kaks punkti — *C* ja *D* (on antud ainult nende põhiprojektsioonid *c* ja *d*). Kumb nendest kahest punktist asetseb meile lähemal?

Ülesanne 2. Aluse joonise lugemine (joon. 191).

1. Missuguste geomeetriliste kehade liitumisel tekib antud detaili kuju?

2. Näidata detaili joonise mõlemal vaatel pindade kujutisi, mis on kaldu *a*) põhiprojektsioonipinna, *b*) esiprojektsioonipinna, *c*) külgprojektsioonipinna suhtes.

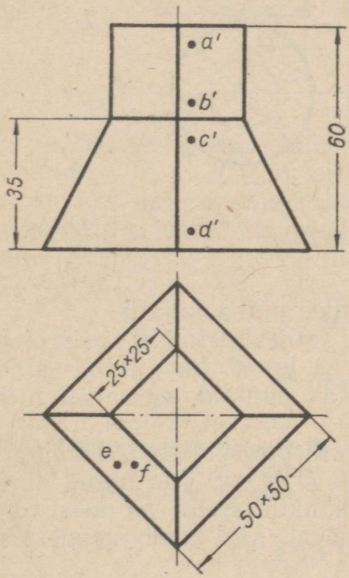
3. Pindadele, mis detaili projekteerimisel esiprojektsioonipinnale on nähtavad, on kantud kaks punkti — *A* ja *B* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *a'* ja *b'*). Kas punktid asetsevad meist võrdsel või erineval kaugusel?

4. Pindadele, mida näeme detaili projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud kaks punkti — C ja D (antud on ainult nende esiprojektsioonid c' ja d'). Kas punktid asetsevad meist võrdsel või erineval kaugusel? Kui erineval, siis kumb nendest punktidest on meile lähemal?

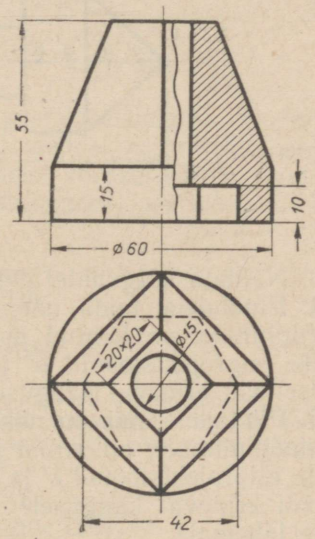
5. Pindadele, mida näeme detaili projekteerimisel põhiprojektsioonipinnale, on kantud kaks punkti — E ja F (on antud ainult nende põhiprojektsioonid e ja f). Kas punktid asetsevad võrdsel või erineval kõrgusel? Kui erineval, siis kumb nendest asetseb kõrgemal?

6. Missugustest tasapinnalistest kujunditest koosneb aluse pinnalaotus? Kas aluse pinnalaotuse valmistamiseks tuleb antud joonise puhul määrata aluse pinna tegelik suurus abikonstruktsioonide kaudu?

7. Kas detaili külgvaade erineb milleski tema eestvaatest?



Joon. 191.



Joon. 192.

Ülesanne 3. Toe joonise lugemine (joon. 192).

1. Missuguste geomeetriliste kehade liitumisel tekib antud detaili väliskuju?

2. Missuguste geomeetriliste kehade liitumisel tekib antud detaili sisekuju?

3. Näidata detaili mõlemal vaatel projekteerimisel nähtavate kumerate pindade kujutisi.

4. Näidata detaili mõlemal vaatel projekteerimisel nähtavate tasapinnaliste pindade kujutisi.

5. Missugustest ja kui paljudest tasapinnalistest kujunditest koosneb selle toe välimine pinnalaotus? Kas on võimalik abikonstruktsioone kasutamata määrata joonise järgi detaili tasapinnaliste välispindade tegelikke suurusi?

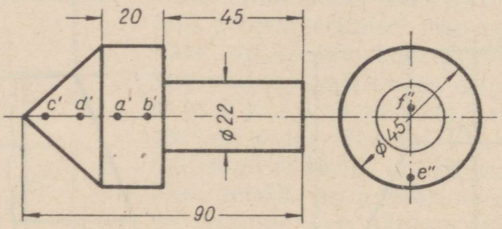
6. Missugustest ja kui paljudest tasapinnalistest kujunditest koosneb detaili sisemine pinnalaotus?

7. Milles erineb detaili külgvaade tema eestvaatest?

Ülesanne 4. Põkatsi joonise lugemine(joon. 193).

1. Missuguste geomeetriliste kehade liitumisel tekib antud detaili kuju?

2. Kas detailil esinevad tasapinnad? Kui esinevad, siis näidata nende kujutisi mõlemal vaatel.



Joon. 193.

3. Näidata külgvaatel detaili koonilise pinna kujutis.

4. Pindadele, mida näeme detaili projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud punktid — *A* ja *B* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *a'* ja *b'*). Kas punktid asetsevad meist võrdsel või erineval kaugusel?

5. Pindadele, mis on nähtavad detaili projekteerimisel külgprojektsioonipinnale, on antud punktid — *C* ja *D* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *c'* ja *d'*). Kas punktid asetsevad meist võrdsel või erineval kaugusel? Kui erineval, siis kumb nendest on meile lähemal?

6. Pindadele, mida näeme detaili projekteerimisel külgprojektsioonipinnale, on kantud punktid — *E* ja *F* (on antud ainult nende külgprojektsioonid *e''* ja *f''*). Kumb nendest punktidest asetseb lähemal külgprojektsioonipinnale?

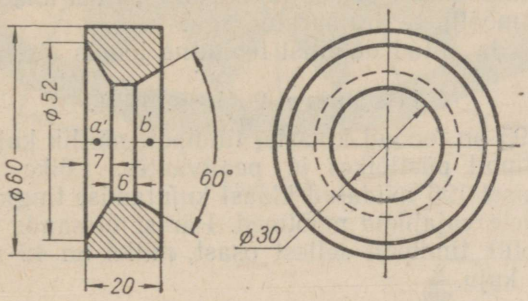
Ülesanne 5. Rõnga joonise lugemine (joon. 194).

1. Kas võib antud detailist täieliku ettekujutuse saamist kahjustamata piirduda ainult ühe vaatega? Missugusega nimelt? Kuidas tuleb sel juhul mõõtmeid märkida?

2. Näidata külgvaatel detaili projekteerimisel nähtavate ja nähtamatute tasapindade kujutisi.

3. Missuguste geomeetriliste kehade liitumisel tekib antud detaili sisemine kuju?

4. Näidata külgvaatel antud lõike saamiseks kasutatud lõiketasapinna suund. Näidata samal vaatel detaili selle osa kujutis, mis tinglikult kõrvaldatakse sellise lõike saamiseks. Kuidas nimetatakse antud lõiget?



Joon. 194.

5. Pindadele, mida näeme lõike projekteerimisel, on kantud punktid — A ja B (on antud ainult nende esiprojektsioonid a' ja b'). Kas antud punktid asetsevad meist võrdsel või erineval kaugusel? Kui erineval kaugusel, siis kumb nendest asetseb meile lähemal?

II. Harjutused.

1. MODELLEERIMINE.

Märkus. Harjutamine seisneb mitme mudeli valmistamises jooniste järgi. Mudeleid võib valmistada mitmesugusest materjalist, näiteks paberist, kartongist, plastiliinist, puidust vm. Harjutusmaterjali võib valida järgnevalt toodud ülesannete ja jooniste hulgast.

Ülesanne 1 (joon. 190).

Teha mudel detailist, mille mõõtmed on toodud joonisel, joonestades selleks esmalt detaili pinnalaotuse mastaabis 2:1. Lisaülesandena võib valmistada mudeli veel mõnest teisest materjalist, näiteks plastiliinist, mastaabis 1:1.

Ülesanne 2 (joon. 191).

Sama, mis ülesanne 1, ainult mastaabiks võtta 1:1.

Ülesanne 3 (joon. 193).

Sama, mis ülesanne 2.

2. TEHNILISTE JOONISTUSTE, ESKIISIDE JA JOONISTE VALMISTAMINE.

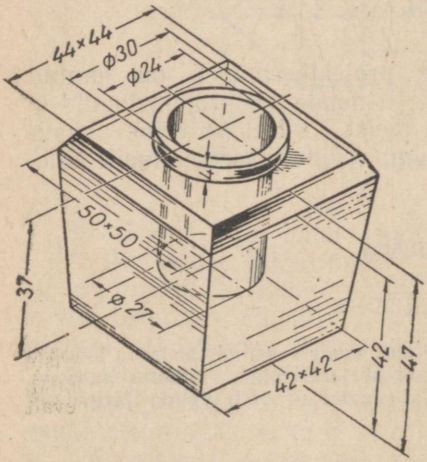
Märkus. Harjutamine seisneb mitme tehnilise joonistuse, eskiisi ja joonise valmistamises. Harjutuste eeskujusid võib valida järgnevalt toodud ülesannete ja jooniste hulgast.

Ülesanne 1 (joon. 194).

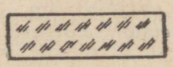
1. Pidades silmamõõdu järgi kinni detaili mõõtmetest, joonistada detail ruudulisele paberile ühes vaates, ilma lõiketa, ning kõikide vajalike mõõtmete äramärkimisega.
2. Valmistada antud detailist tehniline joonis (isomeetria).

Ülesanne 2 (joon. 195).

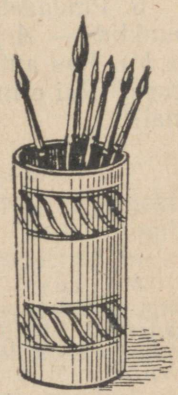
Joonisel 195 on toodud klaasist tindipoti näitlik kujutis. Joonistada see tindipott püstlõikes ja pealtvaates. Lõike märkimiseks kasutada joonisel 196 näidatud klaasi kujutamise tingmärki. Kanda projektsioonidele vajalikud mõõtmed. Pärast ülesande täitmist ehitada pinnalaotus tindipoti sellest osast, millel on 42 *mm* kõrguse tüvipüramiidi kuju.



Joon. 195.



Joon. 196.



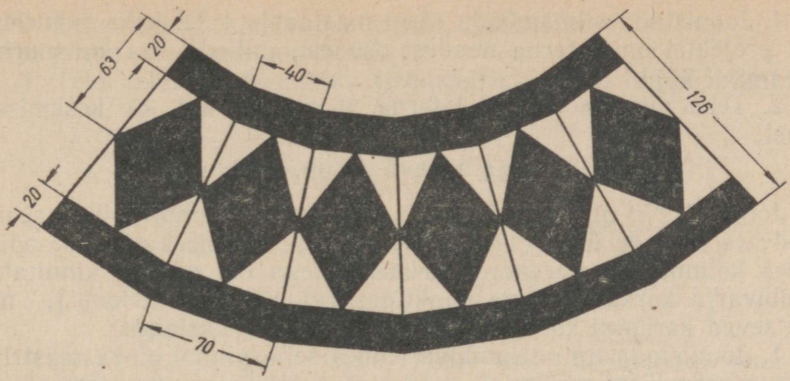
Joon. 197.

Ülesanne 3 (joon. 197 ja 198).

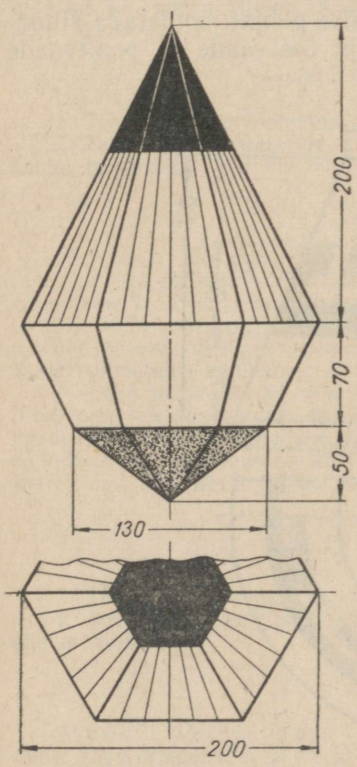
Joonisel 197 on toodud silindrikujulise külgpinnaga pintslitopsi näitlik kujutis ning joonisel 198 külgpinna laotus teisest mustriga pintslitopsist, millel on kuusnurkse tüvipüramiidi kuju. Joonistada antud pinnalaotuse järgi pintslitops kolmes vaates: eestvaates, pealtvaates ja külgvaates.

Ülesanne 4 (joon. 199).

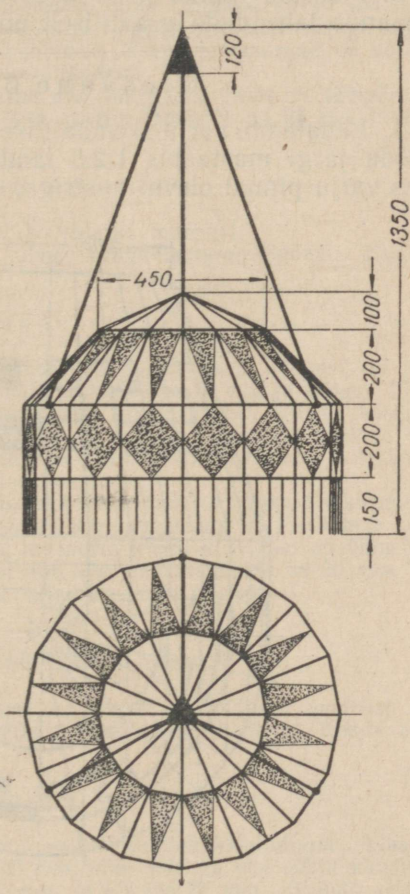
Joonisel 199 on toodud karnevalilaterna joonis, kusjuures selle pealtvaade on tinglikult kujutatud ainult osaliselt.



Joon. 198.



Joon. 199.



Joon. 200.

1. Joonistada silmamõõdu järgi mastaabis 1:2,5 kaks isomeetrilist projektsiooni laterna nendest osadest, milledel on kuusnurkse püramiidi kuju.

2. Teha pinnalaotus nii laterna ülemisest kui ka keskmisest osast.

Ülesanne 5 (joon. 200).

Joonisel 200 on toodud lambivarju joonis. Lambivarju karkassi hoidvate nööride ühed otsad ühtivad varju ülemises osas, moodustades kolmnurkse püramiidi; teiste otstega on nöörid kinnitatud lambivarju karkassi külge punktides (vt. põhiprojektsiooni), mis asetsevad karkassi kontuuril võrdsel kaugusel üksteisest.

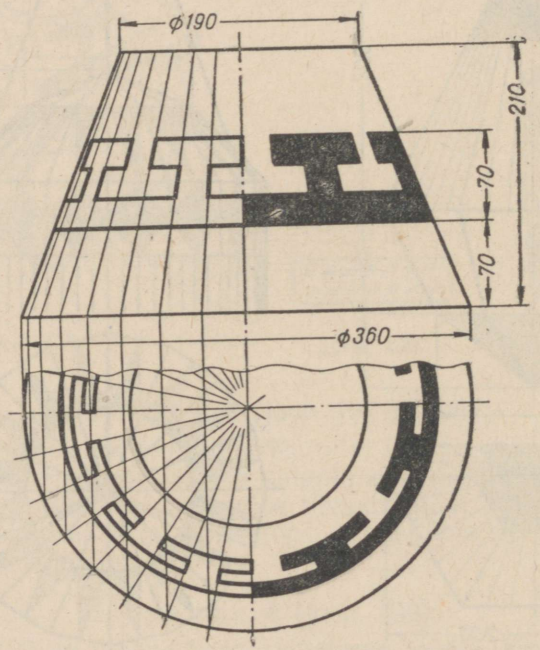
1. Joonistada antud lambivari ühes selle pinnal oleva mustriga silmamõõdu järgi mastaabis 1:10 eestvaates ja pealtvaates.

2. Ehitada lambivarju tüvipüramiidikujulise osa pinnalaotus.

3. Määrata eskiisi järgi lambivarju ühe nööri tegelik pikkus. Ülesanne lahendada graafiliselt pööramismeetodi abil.

Ülesanne 6 (joon. 201).

1. Laualambi varju skemaatilise joonise põhjal joonistada silmamõõdu järgi mastaabis 1:2,5 lambivarju eestvaade ja pealtvaade ühes varju pinnal oleva mustriga.



Joon. 201.

2. Teha antud lambivarju mudel, joonestades selleks esmalt varju pinnalaotus mastaabis 1:5.
3. Teha tehniline joonistus (isomeetria) antud lambivarjust.

3. MUDELI KUJUTAMINE TEMA KIRJELDUSE JÄRGI.

Märkus. Juhiseid mudelite valmistamise kohta nende kirjelduse järgi vt. eestpoolt. Harjutusülesandeid võib valida järgnevalt toodute hulgast.

Ülesanne 1.

Mudeli kirjeldus. Mudel koosneb kahest korrapärasest kuusnurksest tüvipüramiidist, mis liituvad oma suuremate põhjadega kuusnurkse prisma põhjadega, kusjuures kõigil kolmel mudeliosal on ühine telg.

Kummagi tüvipüramiidi kõrgus on 25 *mm*. Püramiidide väiksemate põhjade kuusnurgad on joonestatud ringjoonesse, mille läbimõõt on 40 *mm*, kuna suuremate põhjade kuusnurgad on joonestatud ringjoonesse läbimõõduga 55 *mm*.

Prisma kõrgus on 30 *mm*. Tema põhjadeks olevad kuusnurgad on võrdsed tüvipüramiidide suuremate põhjade kuusnurkadega.

Püramiide ja prismat läbib koonilise ava, mille telg ühtib nii tüvipüramiidide kui ka prisma teljega. Koonilise ava suurim läbimõõt on 25 *mm* ja väikseim 10 *mm*.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Teha tehniline joonistus eespool kirjeldatud mudelist.
2. Teha samast mudelist eskiis kolmes ortogonaalprojektsioonis. Eskiisile kanda mõõtmed.

Ülesanne 2.

Mudeli kirjeldus. Mudel koosneb viiest osast, milledel on järgmine kuju ja mõõtmed: *a*) silindrist, mille läbimõõt on 40 *mm* ja kõrgus 45 *mm* (nimetame teda kõrgeks silindriks); *b*) kahest tüvikoonusest, millede kõrgused on 20 *mm*, väiksemate põhjade läbimõõdud 40 *mm* ja suuremate põhjade läbimõõdud 65 *mm*; *c*) kahest silindrist, millede läbimõõdud on 65 *mm* ja kõrgused 5 *mm* (nimetame neid madalateks silindriteks).

Mudelit moodustavad viis osa liituvad järgmiselt: kumbki tüvikoonustest liitub oma väiksema põhja kaudu kõrge silindri põhjadega ning suurema põhja kaudu madalate silindrite ühe põhjaga, kusjuures kõigil viiel osal on ühine telg. Silindreid ja tüvikoonuseid läbib silindriline ava, mille läbimõõt on 20 *mm*, kusjuures ava telg ühtib tüvikoonuste ja silindrite ühise teljega.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Teha tehniline joonistus (isomeetria) eespool kirjeldatud mudelist.
2 Teha samast mudelist eskiis kahes ortogonaalprojektsioonis. Kanda eskiisile mõõtmed.

Ülesanne 3.

Mudeli kirjeldus. Mudel koosneb risttahukakujulisest plaadist, mille gabariitmõõtmed on 65 × 40 × 20 *mm*, ning temaga ühe põhja kaudu liituvast silindrist, mille läbimõõt on 35 *mm* ja kõrgus 20 *mm*. Silindri telg on risti plaadi ristküiikukujuliste pindadega, mille mõõtmed on 65 × 40 *mm*, ja

läbib nende ristkülikute ümber joonestatud ringjoone tsentri. Silindrit ja plaati läbib ühine silindriline ava, mille läbimõõt on 20 *mm*, kusjuures silindri, plaadi ja ava teljed ühtivad.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Teha tehniline joonistus eespool kirjeldatud mudelist.
2. Teha samast mudelist eskiis kolmes ortogonaalprojektsioonis. Eskiisile kanda mõõtmed.

Ülesanne 4.

Mudeli kirjeldus. Mudel koosneb risttahukakujulisest plaadist, mille gabariitmõõtmed on 70 × 70 × 15 *mm*, ja temaga suurema põhja kaudu liituvast tüvipüramiidist. Tüvipüramiidi kõrgus on 30 *mm*, suurema põhja kuusnurga külje pikkus on 30 *mm* ning väiksema põhja kuusnurga külje pikkus 18 *mm*. Tüvipüramiidi telg on risti plaadi ruudukujuliste pindadega, mille külje pikkus on 70 *mm*, ning läbib ruudu tsentrit. Tüvipüramiidi ja plaati läbib tüvikoonusekujuline ava, mille telg ühtib tüvipüramiidi teljega. Tüvikoonuse väiksema põhja läbimõõt on 20 *mm* ja suurema läbimõõt 40 *mm*, kusjuures tüvikoonuse väiksem põhi ühtib tüvipüramiidi väiksema põhjaga.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Teha tehniline joonistus (isomeetria) eespool kirjeldatud mudelist.
2. Teha samast mudelist eskiis kolmes ortogonaalprojektsioonis. Kanda eskiisile mõõtmed.

Ülesanne 5.

Mudeli kirjeldus. Mudel koosneb risttahukakujulisest plaadist, mille gabariitmõõtmed on 100 × 60 × 15 *mm*, ja temaga suurema põhja kaudu liituvast tüvikoonusest. Tüvikoonuse kõrgus on 40 *mm*, tema suurema põhja läbimõõt on 50 *mm* ning väiksema põhja läbimõõt 40 *mm*. Tüvikoonuse telg on risti plaadi nende ristkü ikukuju.iste pindadega, mille mõõtmed on 100 × 60 *mm*. Telg läbib nende ristkülikute ümber joonestatavate ringjoonte tsentri. Tüvikoonust ja plaati läbib ava, mille ristlõikel on korrapärase kuusnurkse prisma kuju, kusjuures selle kuusnurga külje pikkus on 15 *mm*. Ava telg ühtib tüvikoonuse teljega. Plaati läbivad neli silindrilist ava, millede läbimõõdud on 10 *mm*. Avade teljed on risti plaadi selle pinnaga, mille mõõtmed on 100 × 60 *mm*; avade teljed asetsevad sama pinna nurkades, 10 *mm* kaugusel plaadi servadest.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Teha tehniline joonistus (isomeetria) eespool kirjeldatud mudelist.
2. Teha samast mudelist eskiis kolmes ortogonaalprojektsioonis. Märkida eskiisile mudeli mõõtmed.

III. Tööd.

1. TÖÖ NR. 8.

Märkus. Töö nr. 8 seisneb tehnilise joonistuse ja eskiisi valmistamises esemest, milles püramiidikujulised vormid liituvad varemõpitutega. Seejärel tuleb eskiisi järgi teha joonis. Joonistuse ja eskiisi eeskujuks võib valida järgnevalt toodud ülesande.

Ülesanne (joon. 202).

Silmamõõdu järgi vaasi üksikosade vahelist suurust arvestades teha:

1) tehniline joonis (isomeetria) vaasist;
2) vaasi joonistus eestvaates ja pealtvaates, ühes mõõtmete äramärkimisega;
3) vaasi joonis ühes mõõtmete äramärkimisega.

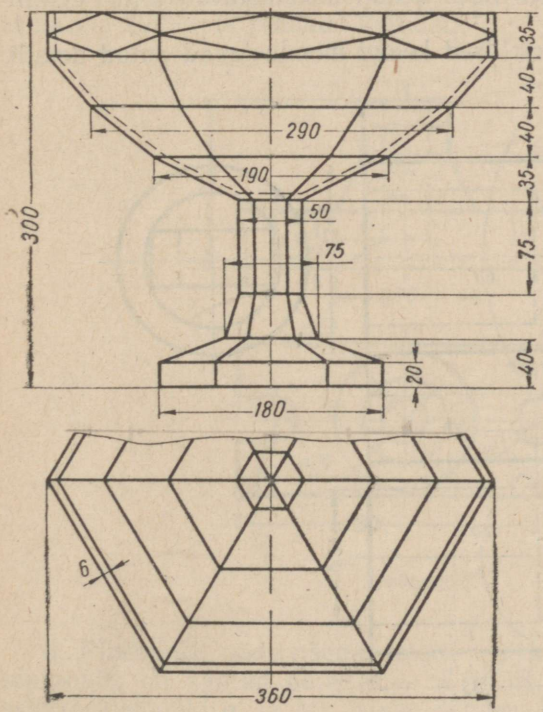
2. TÖÖ NR. 9.

Märkus. Töö nr. 9 seisab tehnil'se joonise ja eskiisi valmistamises mõnest tehnilisest detailist, milles koonusekujulised vormid liituvad varemõpitutega. Seejärel teha eskiisi järgi joonis. Joonise ja eskiisi eeskujuks võib valida ühe järgnevalt toodud harjutuse.

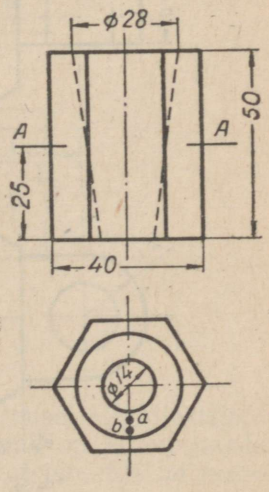
Ülesanne 1 (joon. 203).

Küsimusi ülesande kohta.

1. Missuguse geomeetrilise kujuga on antud detaili välispind?
2. Missuguse geomeetrilise kujuga on antud detaili sisepind?



Joon. 202.



Joon. 203.

3. Pindadele, mis on nähtavad detaili projekteerimisel põhiprojektsioonipinnale, on kantud punktid — *A* ja *B* (antud on ainult nende põhiprojektsioonid *a* ja *b*). Kumb nendest punktidest asetseb kõrgemal?

4. Mille poolest erineb lõige *AA* detaili pealtvaatest?

5. Määrata detaili koonilise pinna mõõtmed.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Teha detaili tehniline joonis (isomeetria).

2. Joonistada detailist püstlõige, pealtvaade ja lõige *AA* järgi ning märkida ära mõõtmed, mida vajatakse joonise järgnevaks valmistamiseks.

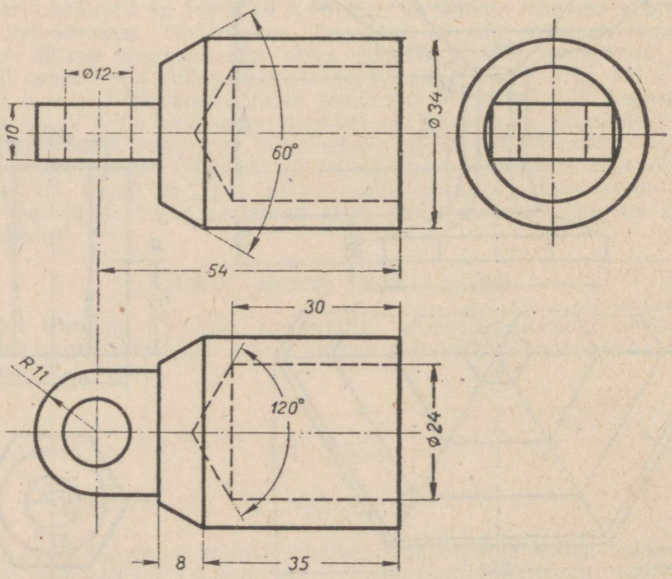
3. Punkti 2 kohaselt tehtud kujutiste järgi valmistada sama detaili joonis ning kanda sellele mõõtmed.

Ülesanne 2 (joon. 204).

Küsimusi ülesande kohta.

1. Missugused geomeetrilised kehad moodustavad antud detaili välise kuju?

2. Missugused geomeetrilised kehad moodustavad antud detaili sisemise kuju?



Joon. 204.

3. Näidata detaili külgvaatel projekteerimisel nähtavate tasapindade kujutisi.

4. Näidata detaili eestvaatel projekteerimisel nähtavate kumerate pindade kujutisi.

5. Missugused on detaili gabariitmõõtmed?

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Teha detailist tehniline joonis (isomeetria).

2. Joonistada detailist püstlõige, pealtvaade ja külgvaade ning märkida ära need mõõtmed, mida vajatakse joonise ehitamiseks.

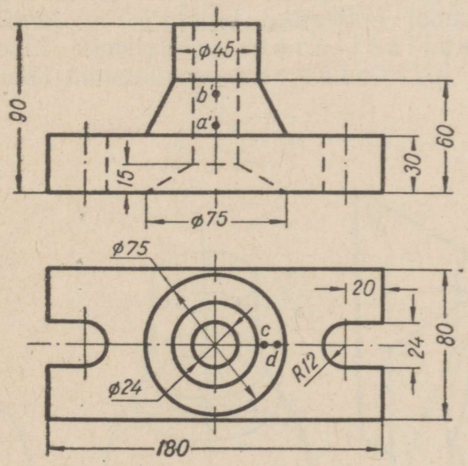
3. Ehitada punkti 2 kohaselt valmistatud kujutiste järgi sama detaili joonis ning kanda sellele mõõtmed.

Ülesanne 3 (joon. 205).

Küsimusi ülesande kohta.

1. Näidata pealtvaatel kujutisi detaili tasastest pindadest, mis on paralleelsed *a*) põhiprojektsioonipinnaga, *b*) esiprojektsioonipinnaga, *c*) külgprojektsioonipinnaga.

2. Näidata eestvaatel detaili projekteerimisel nähtavate ja nähtamatute kumerate pindade kujutisi.



Joon. 205.

3. Pindadele, mida näeme detaili projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud punktid — *A* ja *B* (antud on ainult nende esiprojektsioonid *a'* ja *b'*). Kumb nendest kahest punktist on meile lähemal?

4. Pindadele, mida näeme detaili projekteerimisel põhiprojektsioonipinnale, on kantud punktid *C* ja *D* (antud on ainult nende põhiprojektsioonid *c* ja *d*). Kas need punktid asetsevad samal või erineval kõrgusel? Kui erineval, siis kumb nendest on kõrgem?

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Teha detaili tehniline joonis (isomeetria).
2. Joonistada detailist pealtvaade, külgvaade ja eestvaade poollõikes-poolvaates, ning märkida ära mõõtmed, mida vajatakse järgnevalt valmistatava joonise jaoks.
3. Punkti 2 kohaselt tehtud kujutiste järgi teha detaili joonis ning märkida sellele mõõtmed.

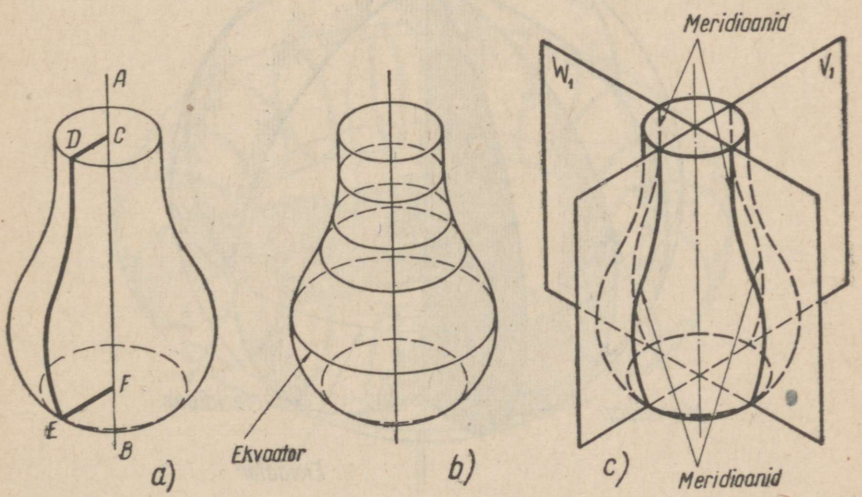
V peatükk.

ESEMETE JOONESTAMINE, MILLE KUJUS ESINEB KERA JA RÕNGAS.

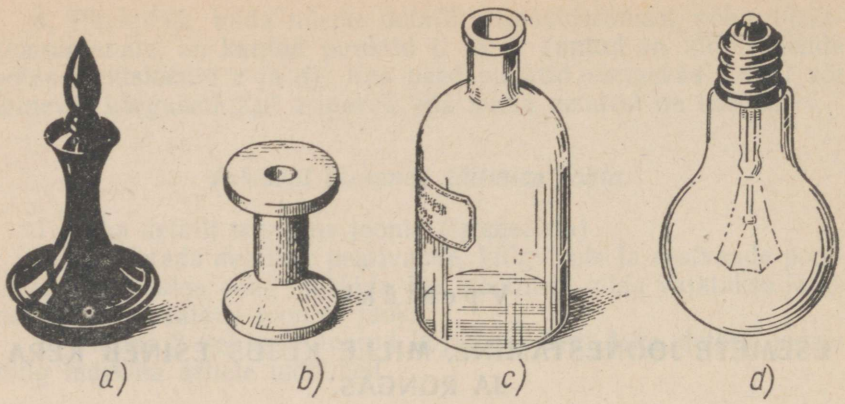
PÖÖRDPINNA NING KERA- JA RÕNGASPINNA MÕISTE.

Olgu *AB* (joon. 206, *a*) liikumata sirge ja *CDEF* mingi joon. Joone *CDEF* pöörlemisel sirge *AB* kui telje ümber tekib mingisugune pind. Pinda, mis tekib mingi joone pöörlemisel ümber sirge, nimetatakse **pöördpinnaks**. Sirget, mille ümber joon pöörleb, nimetatakse **pöördeteljeks** ja pöörlevat joont — **moodustajaks**.

Pöördeteljega ristuva tasapinna lõikejoon pöördpinnaga on ringjoon, mis näitlikult on kujutatud (ellipsina) joonisel 206, *b*. Niisuguseid ringjooni nimetatakse **paralleelideks**, kusjuures suurimat paralleeli nimetatakse **ekvaatoriks**, väikseimat aga **suudmeks**.

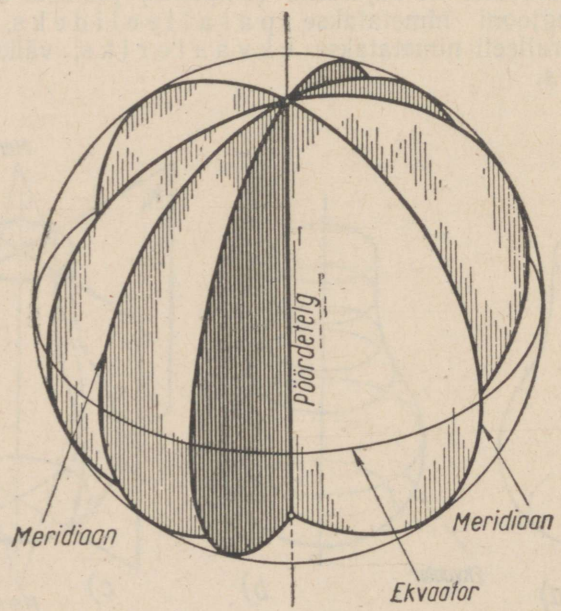


Joon. 206.

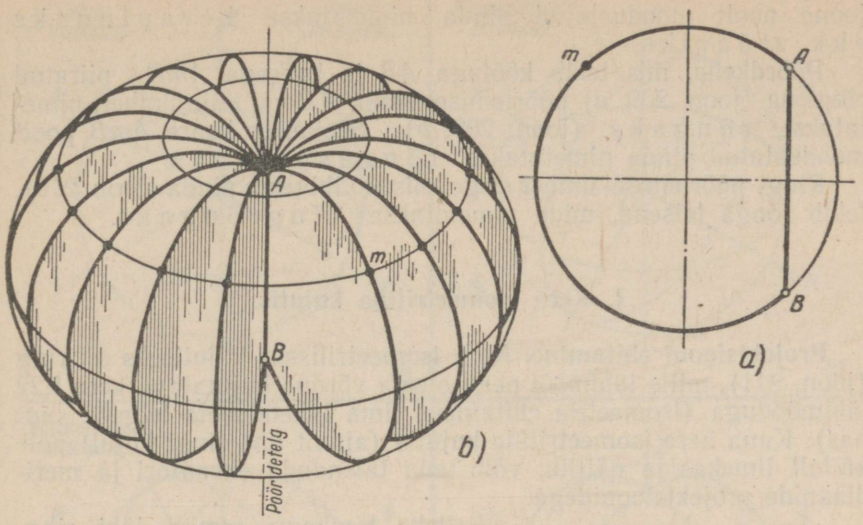


Joon. 207.

Lõiketasapindu, mis läbivad pöördetelge, nagu näiteks joonisel 206, *c* näitlikult kujutatud tasapinnad V_1 ja W_1, nimetatakse meridiaantasapindadeks. Pöördpinna lõikejoont meridiaantasapinnaga nimetatakse meridiaaniks. Meridiaani, mille tasapind on paralleelne esiprojektsioonipinnaga, nimetatakse peameridiaaniks (esimeridiaaniks). Sel juhul nimetame meridiaani, mille tasapind on paralleelne külgprojektsioonipinnaga, külgmeridiaaniks.



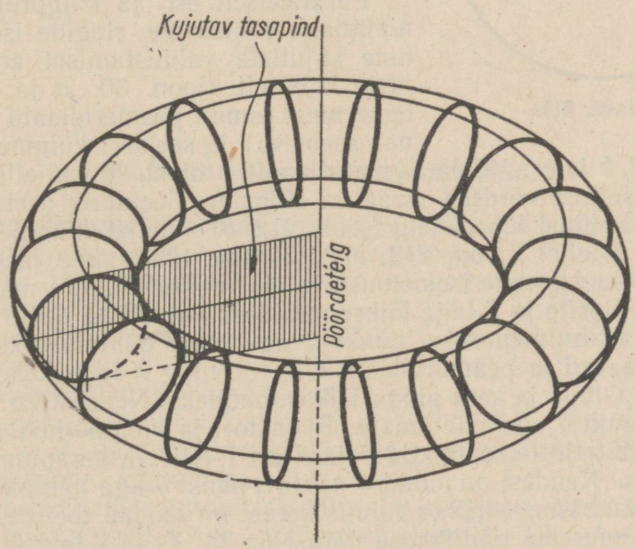
Joon. 208.



Joon. 209.

Ettekujutuse pöördkehadest saame näiteks malendi (joon. 207, *a*), niidirulli (joon. 207, *b*), pudeli (joon. 207, *c*), elektrihõõglambi (joon. 207, *d*) ja paljude teiste meid ümbritsevate kehade vaatlemisel.

Pöördkeha, mis tekib poolringi pöörlemisel läbimõõdu kui telje ümber, nimetatakse k e r a k s (joon. 208). Seejuures poolring-



Joon. 210.

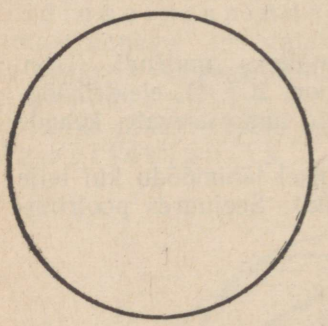
joone poolt moodustatud pinda nimetatakse kerapinnaks ehk sfääriks.

Pöördkeha, mis tekib kõõluga *AB* ja kaarega *AmB* piiratud ringiosa (joon. 209, *a*) pöörlemisel kõõlu *AB* kui telje ümber, nimetatakse rõngaks (joon. 209, *b*). Seejuures kaare *AmB* poolt moodustatud pinda nimetatakse rõngaspinnaks.

Ringi pöörlemisel ümber sirge, mis ei läbi tema pinda (joon. 210), tekib rõnga teisend, mida nimetatakse ringrõngaks.

I. Kera isomeetriline kujutis.

Projektsiooni ehitamine. Kera isomeetriliseks kujutiseks on ring (joon. 211), mille läbimõõt peab olema võrdne kujutatava kera 1,22 läbimõõduga (isomeetria ehitamisel ilma lühenduseta telgede suunas). Kuna kera isomeetriline kujutis (ainult ühe ringi kujul) pole küllalt ilmekas ja näitlik, võib teda täiendada ekvaatori ja meridiaanide projektsioonidega.

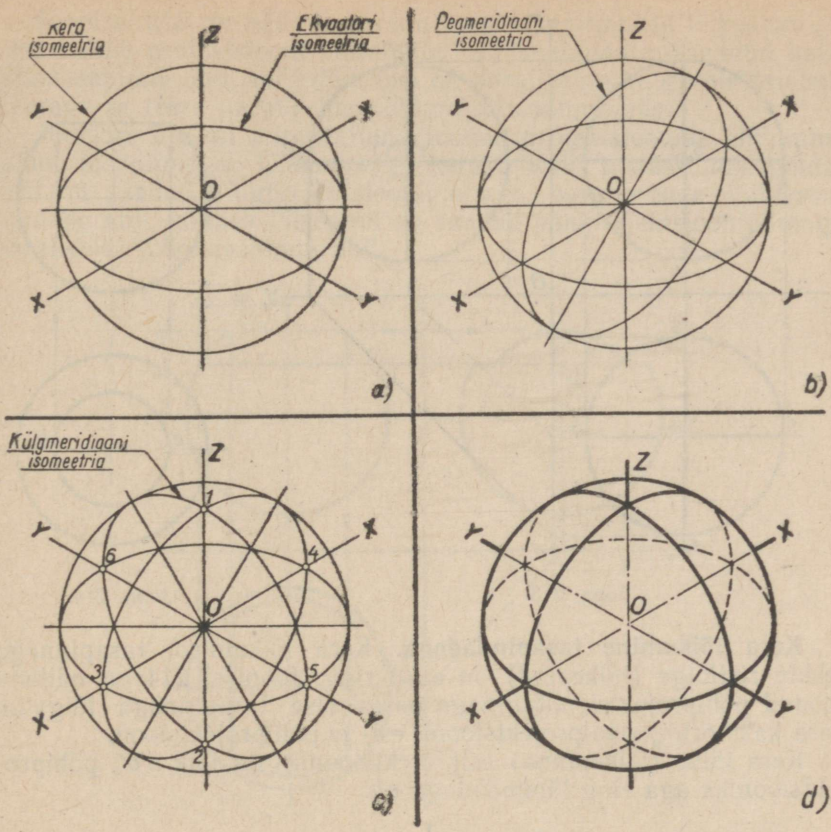


Joon. 211.

Selleks tõmbame esmalt läbi ringjoone tsentri *O* (joon. 212, *a*) *X*-, *Y*- ja *Z*-telje; seejärel ehitame isomeetrilise kujutise ekvaatorist, mis projekteerub ellipsina. Ellipsi pikem telg, mis asetseb rõhtsalt, on võrdne tõmmatud ringjoone läbimõõduga; *Z*-teljel asetsev ellipsi lühem telg on 0,7 pikemast teljest (s. t. tõmmatud ringjoone läbimõõdust).

Paralleelselt esi- ja külgprojektsioonipinnaga asetsevate ringide isomeetriliste kujutiste valmistamisel antud juhiste kohaselt (joon. 30, *a* ja *b*), ehitame nüüd esmalt peameridiaani (esipinnas asetseva) ja seejärel külgmeridiaani (joon. 212, *b* ja *c*). Mõlemad meridiaanid projekteeruvad ellipsitena, mis suuruselt on võrdsed ekvaatori ellipsiga. Seejuures asetseb peameridiaani ellipsi lühem telg (joon. 212, *b*) *Y*-teljel, külgmeridiaani oma aga *X*-teljel (joon. 212, *c*). Pöörame tähelepanu järgmistele ehitatud projektsioone iseloomustavatele punktidele. Mõlemate meridiaanide ellipsite ja *Z*-telje lõikepunktidest (joon. 212, *c*) on punkt *1* kera nähtavaks pooluseks, punkt *2* aga tema nähtamatuks pooluseks. Ekvaatori ja peameridiaani ellipsite ning *X*-telje lõikepunktid *3* ja *4* on *X*-telje ja kera pinna lõikepunktideks. Nendest on punkt *3* nähtav, punkt *4* aga nähtamatu. Ekvaatori ja külgmeridiaani ellipsite ning *Y*-telje lõikepunktid *5* ja *6* on *Y*-telje ja kerapinna lõikepunktideks. Nendest on punkt *5* nähtav, punkt *6* aga nähtamatu.

Lõpetatud isomeetriline kujutis kerast on toodud joonisel 212, *d*, kusjuures suurema näitlikkuse pärast on *X*-, *Y*- ja *Z*-telg kujutatud lühikeste jämedate kriipsudena.



Joon. 212.

II. Kera ortogonaalprojektsioonid.

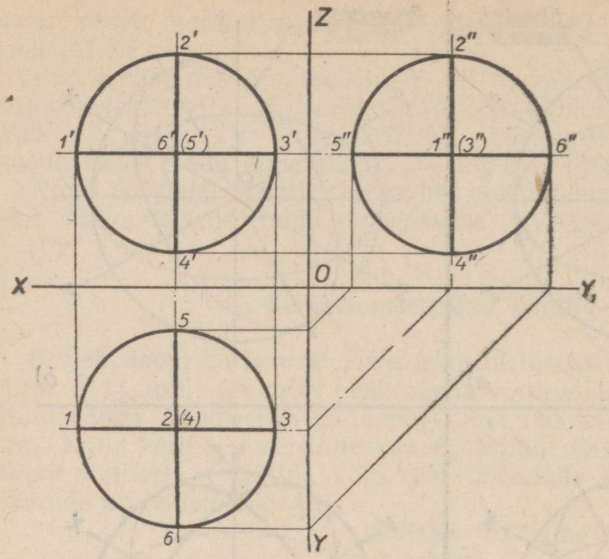
Ortogonaalprojektsioonide ehitamine. Kera ortogonaalprojektsiooni kontuuriks joonise pinnal on ringjoon.

Joonisel 213 on toodud kera kolm ortogonaalprojektsiooni: esi-, põhi- ja külgprojektsioon.

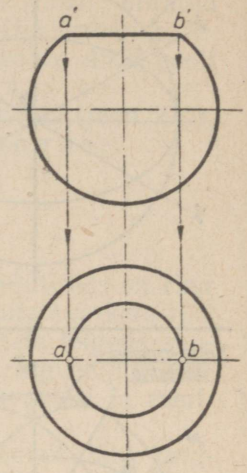
Ekvaatori esiprojektsiooniks on lõik *1′—3′*, põhiprojektsiooniks aga ringjoon, mis ühtib kera põhiprojektsiooni kontuuriga, kuna külgprojektsiooniks on lõik *5″—6″*.

Peameridiaani esiprojektsiooniks on lõik *2′—4′*, põhiprojektsiooniks lõik *5—6*, külgprojektsiooniks aga ringjoon, mis ühtib kera külgprojektsiooni kontuuriga.

Külgmeridiaani esiprojektsiooniks on ringjoon, mis ühtib kera esiprojektsiooni kontuuriga, põhiprojektsiooniks lõik *1—3*, kuna külgprojektsiooniks on lõik *2″—4″*.



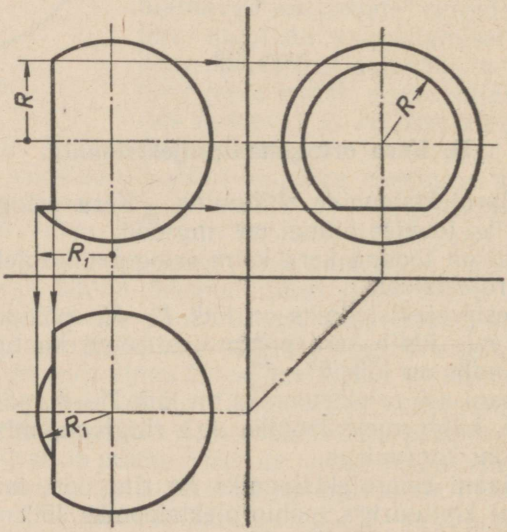
Joon. 213.



Joon. 214.

Kera lõikumine tasapindadega. Kera lõikumisel tasapinnaga tekkiv ristlõige (lõikepind) on alati ring. Joonisel 214 on näitena toodud põhiprojektsioonipinnaga paralleelse tasapinnaga lõigatud kera kaks ortogonaalprojektsiooni: esi- ja põhiprojektsioon.

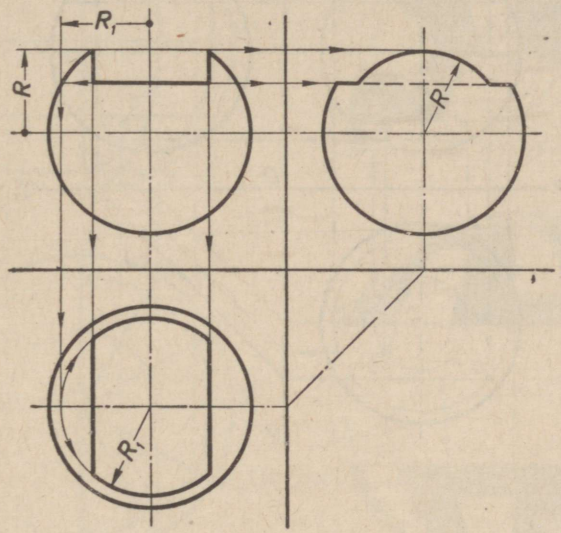
Kera lõike (lõikepinna) esiprojektsiooniks on lõik *a'b'*, põhiprojektsiooniks aga ring läbimõõduga *ab*.



Joon. 215.

Joonisel 215 on näitena toodud kahe tasapinnalise lõikepinnaga kera kolme projektsiooni ehitamine. Lõikepinnad on saadud kahe lõiketasapinna abil, milledest üks on paralleelne külgprojektsioonipinnaga ja teine paralleelne põhiprojektsioonipinnaga.

Joonisel 216 on teise näitena toodud projektsioonide ehitamine kolme tasapinnalise lõikepinnaga kerast. Kaks nendest lõikepindadest on saadud külgprojektsioonipinnaga paralleelsete lõiketasapindade abil, kolmas lõikepind on saadud põhiprojektsioonipinnaga paralleelse lõiketasapinna abil.



Joon. 216.

Kera pinnale kantud punktide projektsioonide ehitamine. E s i m e n e j u h t u m. Joonisel 217 on toodud kolm ortogonaalprojektsiooni kerast, mille nähtavale pinnale on kantud punkt *A*.

Oletame, et joonisel on antud ainult punkti *A* esiprojektsioon *a'* ning tuleb ehitada antud punkti põhiprojektsioon *a* ja külgprojektsioon *a''*.

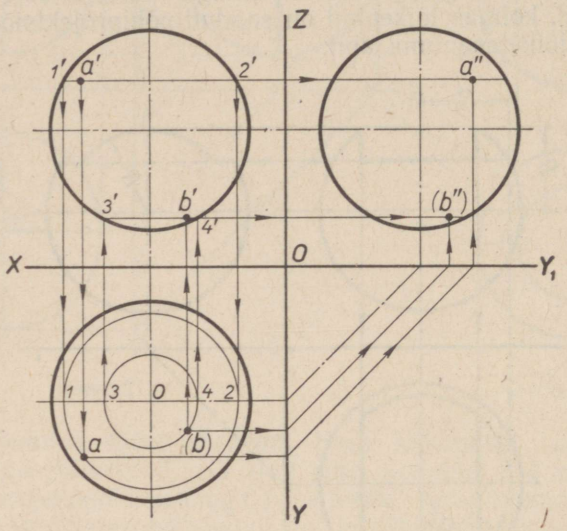
Punkti *A* põhiprojektsioon *a* leitakse abilõiketasapinna kaudu, mis on paralleelne põhiprojektsioonipinnaga ning läbib punkti *A*. Kuna kera pinnale kantud punkt *A* asetseb samal ajal ka paralleelil, mis tekib kera pinna lõikumisel abilõiketasapinnaga, siis peavad ka punkti *A* kõik projektsioonid asetsema sama paralleeli vastavatel projektsioonidel.

Kera pinna lõikumisel abilõiketasapinnaga tekkiva paralleeli esiprojektsiooniks (joon. 217) on lõik *1'—2'*. Punkti *A* esiprojektsioon *a'* asetseb sellel sirglõigul.

Sama paralleeli põhiprojektsiooniks on ringjoon läbimõõduga *1—2*, mis on võrdne lõiguga *1'—2'*. Joonisel 217 on nooltega näi-

datud selle sirglõigu lõpp-punktide *1′* ja *2′* projekteerimist põhiprojektsioonile. Punkti *A* põhiprojektsiooni *a* saamiseks projekteerime punkti *a′* paralleeli põhiprojektsioonile, s. t. ringjoonele läbimõõduga *1—2*.

Punkti *A* kolmanda, s. t. külgprojektsiooni *a″* leiame punkti kahe antud projektsiooni järgi.



Joon. 217.

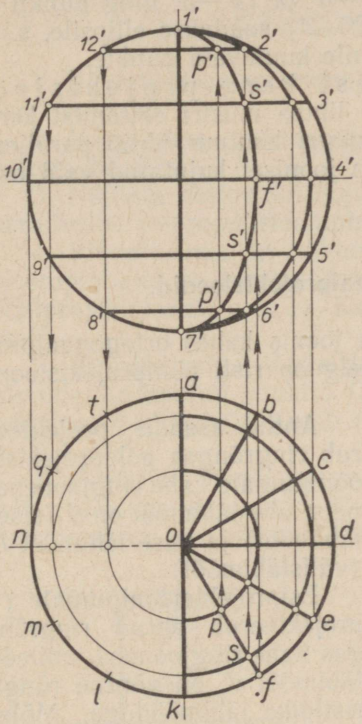
T e i n e j u h t u m. Oletame, et kera projekteerimisel põhiprojektsioonipinnale on tema nähtamatule pinnale kantud punkt *B*. Joonisel 217 on antud selle punkti põhiprojektsioon (*b*). Punkti *B* esiprojektsiooni *b′* ja külgprojektsiooni *b″* ehitamine toimub järgmiselt.

Esmalt tuleb kera põhiprojektsioonil leida selle paralleeli põhiprojektsioon, millel asetseb antud punkt *B*. Selleks tõmbame punktist *O* kui tsentrist ringjoone, mis läbib punkti (*b*), s. t. ringjoone raadiusega *o*(*b*). Seejärel leiame nimetatud paralleeli esiprojektsiooni, milleks on lõik *3′—4′*. Joonisel 217 on nooltega näidatud selle lõigu lõpp-punktide esiprojektsioonide *3′* ja *4′* leidmist. Punkti *B* esiprojektsioon *b′* leitakse punkti (*b*) projekteerimisel paralleeli esiprojektsioonile (s. t. lõigule *3′—4′*).

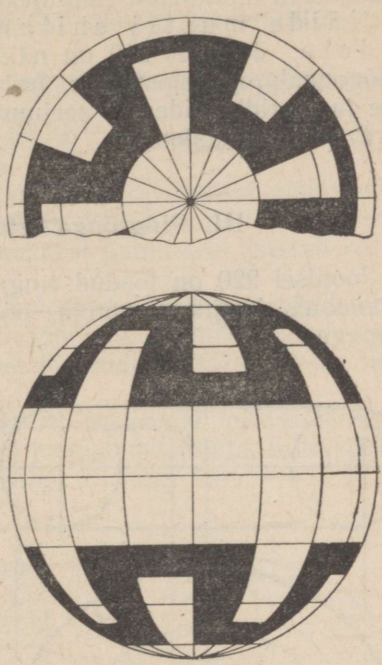
Punkti *B* kolmanda projektsiooni, s. t. külgprojektsiooni *b″* leiame punkti kahe antud projektsiooni järgi.

Paralleelide ja meridiaanide ortogonaalprojektsioonide joonestamine. K e r a l õ i k u m i n e t a s a p i n d a d e g a. Selleks, et ülesande kohaselt leida näiteks kera viie paralleeli ja kaheteistkümne meridiaani ortogonaalprojektsioonid (joon. 218), tuleb iga

ringjoon, s. t. kera esiprojektsiooni kontuur, jaotada 12 võrdseks osaks (ehitamise selgitamiseks on jaotuspunktid tähistatud esiprojektsioonil arvudega *1′, 2′, 3′, 4′ ... 12′* ning põhiprojektsioonil tähtedega *a, b, c, d ... t*).



Joon. 218.



Joon. 219.

Edasi on kera esiprojektsioonil punkt *12′* sirglõigu abil ühendatud punktiga *2′*, punkt *11′* punktiga *3′* jne. Lõigud *12′—2′*, *11′—3′* jne. on paralleelide esiprojektsioonid. Samade paralleelide põhiprojektsioonideks on ringjooned, millede läbimõõdud on võrdsed vastavate paralleelide esiprojektsioonidega. Kera meridiaanid projekteeruvad põhitasapinnale sirglõikudena. Meridiaanide põhiprojektsioonide ehitamiseks tuleb punkt *o*, s. t. kera pooluse põhiprojektsioon, ühendada sirgete abil ringjoone jaotuspunktidega *a, b, c* jne. (joonisel 218 on see tehtud ainult projektsiooni paremal poolel); lõigud *oa, ob, oc* jne. ongi meridiaanide põhiprojektsioonideks.

Kõik meridiaanid (välja arvatud pea- ja külgmeridiaan) projekteeruvad esiprojektsioonipinnale ellipsitena (joonisel 218 on meridiaanid kujutatud ainult kera esiprojektsiooni paremal poolel).

Ellipsile kuuluvad punktid määratakse meridiaanide projektsioonide ja paralleelide projektsioonide lõikepunktide järgi. Näiteks ühe

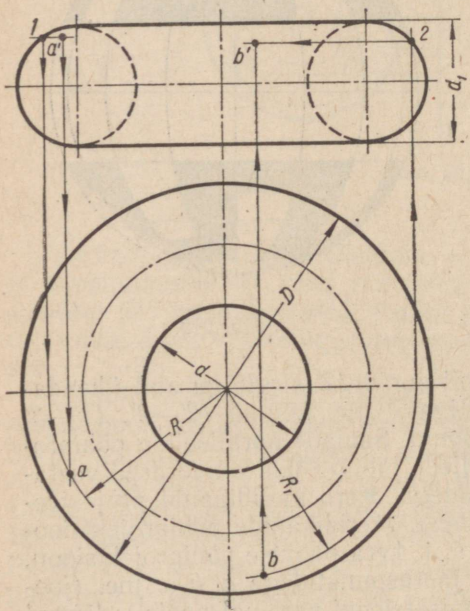
meridiaani põhiprojektsioon — lõik *of* — lõikub paralleelide põhiprojektsioonidega punktides *f*, *s* ja *p*.

Nimetatud punktide projekteerimisel vastavate paralleelide esiprojektsioonidele (s. t. punkti *f* projekteerimisel lõigule *10′—4′*, punkti *s* projekteerimisel lõikudele *9′—5′* ja *11′—3′* ning punkti *p* projekteerimisel lõikudele *8′—6′* ja *12′—2′*) saadakse ellipsile, s. t. vaadeldava meridiaani esiprojektsioonile kuuluvaid punkte.

Näide mustri ehitamisest kera projektsioonidele. Joonisel 219 on näidatud lihtsa mustri ehitamist kera ortogonaalprojektsioonidele. Antud mustri kontuur ühtib paralleelide ja meridiaanidega, seejuures on joonisel kujutatud vaid osa kera põhiprojektsioonist.

III. Ringrõnga ortogonaalprojektsioonid.

Joonisel 220 on toodud ringrõnga joonis kahes ortogonaalprojektsioonis, kusjuures rõnga pöördetelg on risti põhiprojektsiooni pinnaga.



Joon. 220.

Antud asendis projekteerub ringrõngas põhiprojektsioonipinnale kahe ringjoonena, neist ühe läbimõõt on *d* (siseläbimõõt) ja teise läbimõõt *D* (välisläbimõõt).

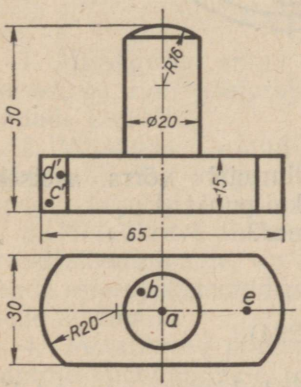
Esiprojektsioonipinnale projekteerub antud ringrõngas kahe ringjoonena, millede läbimõõt d_1 on võrdne rõnga ristlõike läbimõõduga. Mõlemaid ringjooni ühendab ühine puutuja. Ringrõnga nähtamatu kontuur on kujutatud kriipsjoontega.

Ringrõnga pinnale kantud punktide, näiteks punkti *A* põhiprojektsiooni *a* või punkti *B* esiprojektsiooni *b′* (joon. 220) ehitamine toimub samuti kui kerapinnale kantud punktide projektsioonide leidmine, s. t. paralleelide abil (joon. 217).

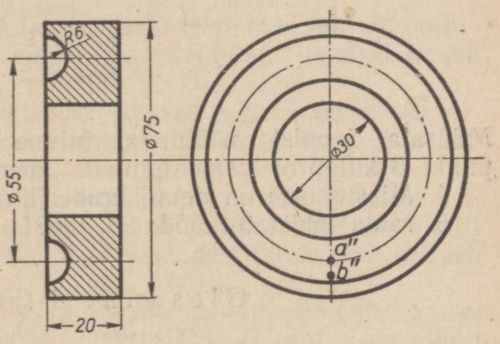
I. Jooniste lugemine.

Ülesanne 1 (joon. 221).

1. Näidata joonise kummalgi vaatel detaili kerakujuliste pindade kujutusi.
2. Missuguste geomeetriliste kehade liitumisel tekib antud kujuga detail?
3. Näidata eestvaatel kujutist detaili tasasest pinnast, mis on paralleelne esiprojektsioonipinnaga.
4. Pinnale, mis on nähtav detaili projekteerimisel põhiprojektsioonipinnale, on kantud punktid *A* ja *B* (on antud ainult nende põhiprojektsioonid *a* ja *b*). Kumb nendest punktidest asetseb kõrgemal?
5. Pinnale, mida näeme detaili projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud punktid *C* ja *D* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *c'* ja *d'*). Kumb nendest punktidest asetseb meile lähemal?
6. Punkt *E*, samuti nagu punkt *A*, on kantud projekteerimisel nähtavale detaili pinnale. Määrata, joonist mõõtmata, mitme millimeetri võrra asetseb punkt *A* punktist *E* kõrgemal.



Joon. 221.



Joon. 222.

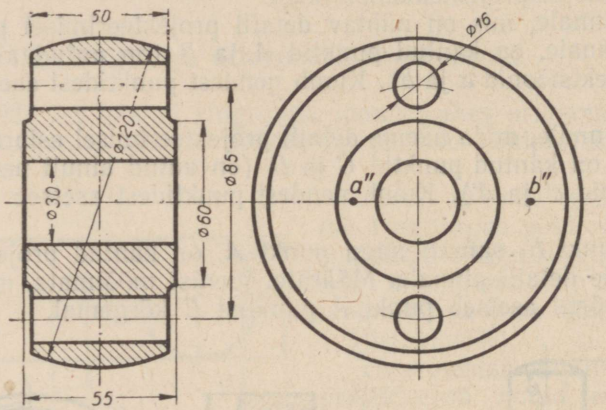
Ülesanne 2 (joon. 222).

1. Missugune geomeetriline kuju on detaili pindadel, millede kujutised on lõikes viirutamata? Näidata külgvaatel nende pindade kujutisi.
2. Näidata külgvaatel suunda, mis lõiketasapinnale tuli anda eestvaatel toodud lõike saamiseks, ning detaili selle osa kujutis, mis niisuguse lõike puhul tuli tinglikult kõrvaldada.

3. Külgvaate projekteerimisel nähtavale pinnale on kantud punktid *A* ja *B* (antud on ainult nende külgprojektsioonid *a″* ja *b″*). Kumb nendest punktidest asetseb külgprojektsioonipinnale lähemal?

Ülesanne 3 (joon. 223).

1. Näidata kummalgi projektsioonil detaili kerakujuliste pindade kujutisi.
2. Näidata külgvaatel detaili tasaste pindade kujutisi.
3. Punktid *A* ja *B* on kantud detaili projekteerimisel nähtavatele pindadele (on antud ainult punktide külgprojektsioonid *a″* ja *b″*).



Joon. 223.

Määrata, joonist mõõtmata, mitme millimeetri võrra asetseb punkt *B* külgprojektsioonipinnale lähemal kui punkt *A*.

4. Missugused on detaili gabariitmõõtmed?
5. Mida tähistab mõõde 85 *mm*?

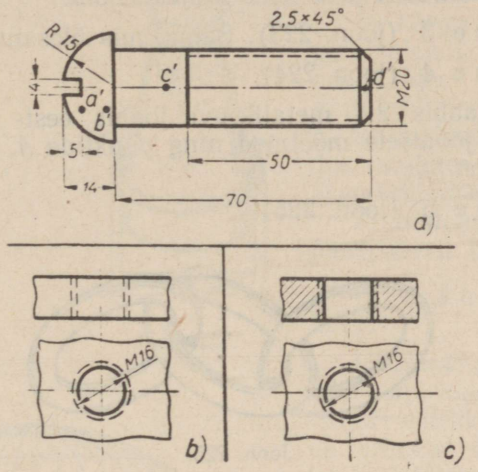
Ülesanne 4 (joon. 224).

Ülesande selgitus. Joonisel 224, *a* on toodud ümarpeaga metallkruvi joonis. Metallkruvi pea on poolkerakujuline ja temasse on kruvikeeraja jaoks tehtud sisselõige, nn. pilu. Pilu laius on 4 *mm* ja sügavus 5 *mm*. Kruvi 70 *mm* pikkune polt lõpeb tüvikoonuse kujulise otsaga, mille kõrgus on 2,5 *mm*. Tüvikoonuse moodustaja ja telje vaheline nurk, nn. faas on 45°.

Auku keeramiseks on kruvipolt keermestatud 50 *mm* pikkuselt. Juhime tähelepanu järgmisele keermestatud augu tähistamise iseärasusele.

Joonisel 224, *c* on näidatud keerme märkimist lõikes antud augu puhul, joonisel 224, *b* aga lõiketa antud augu puhul. Lõikes antud

augu puhul kujutatakse keerme välisläbimõõt kriipsjoonena, siseläbimõõt aga pideva joonena, lõiketa antud augu puhul märgitakse nii keerme siseläbimõõt kui ka välisläbimõõt kriipsjoontega.



Joon. 224.

Küsimusi ülesande kohta.

1. Missugused antud metallkruvi tasased pinnad on *a*) paralleelsed, *b*) risti põhiprojektsioonipinnaga? Näidata joonisel nende pindade kujutisi.
2. Missugused antud metallkruvi tasased pinnad on *a*) paralleelsed, *b*) risti külgprojektsioonipinnaga? Näidata joonisel nende pindade kujutisi.
3. Metallkruvi pinnale, mida näeme tema projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud punktid *A* ja *B* (antud on ainult nende esiprojektsioonid *a'* ja *b'*). Kumb nendest punktidest asetseb meile lähemal?
4. Metallkruvi pindadele, mida näeme nende projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud punktid *C* ja *D* (antud on ainult nende esiprojektsioonid *c'* ja *d'*). Kumb nendest punktidest asetseb meile lähemal?

II. Harjutused.

Märkus. Harjutamine seisneb eskiiside ja jooniste valmistamises. Harjutusülesandeid võib valida järgnevalt toodud ülesannete ja jooniste hulgast.

Ülesanne 1 (joon. 221).

Joonistada antud detail eest-, pealt- ja külgvaates. Kanda kujutistele mõõtmed ning antud punktide *A*, *B*, *C* ja *D* kõik kolm projektsiooni.

Ülesanne 2 (joon. 222).

Joonistada antud detail järgmistes projektsioonides: pealtvaates ning eestvaatel poolvaates-poollõikes. Kanda kujutisele mõõtmed ning antud punktide *A* ja *B* kaks projektsiooni.

Ülesanne 3 (joon. 223). Sama, mis ülesanne 2.

Ülesanne 4 (joon. 224).

Teha mastaabis 2:1 metallkruvi joonis eest- ja külgvaates. Kanda valmis joonisele mõõtmed ning punktide *A*, *B* ja *C* esi- ja külgprojektsioon.

Ülesanne 5 (joon. 225).



Joon. 225.

Ülesande selgitus. Joonisel 225 on toodud kolmest lülist koosneva keti näitlik kujutis. Iga lüli moodustab ringrõnga, mille välisläbimõõt on 60 *mm*, siseläbimõõt aga 30 *mm*, kuna rõnga profiili läbimõõt on 15 *mm*.

Juhis ülesande täitmise kohta.

Antud näitliku kujutise järgi teha mastaabis 1:1 kolmest lülist koosneva keti joonis kahes ortogonaalprojektsioonis: eest- ja külgvaates. Seejuures tuleb keskmine lüli kujutada paralleelsena põhiprojektsioonipinnaga, ülejäänud kaks aga paralleelsetena esiprojektsioonipinnaga.

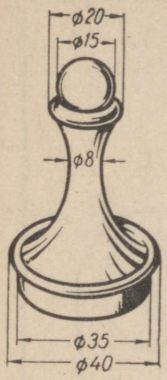
III. Tööd.

1. TÖÖ NR. 10.

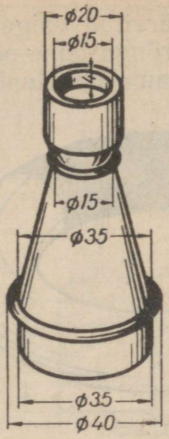
Märkus. Töö nr. 10 seisneb eskiisi valmistamises pöördpinnaga piiratud lihtsast esemest ning joonise tegemises eskiisi järgi; ühtlasi tuleb joonis kopeerida pauspaberile (tušiga). Mudeliks võib valida ühe järgnevalt toodud ülesannetest.

Ülesanne 1 (joon. 226).

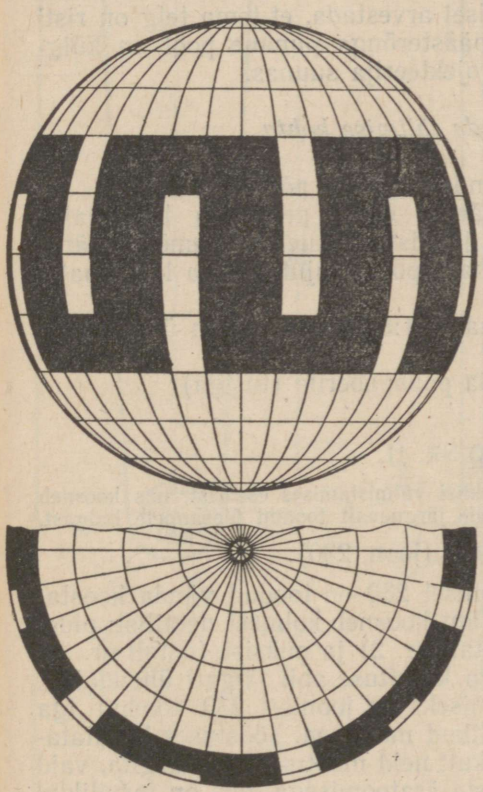
Ülesande selgitus. Joonisel 226 on toodud malendi — etturi näitlik kujutis. Ülesande täitmisel tuleb võtta malendi üldkõrguseks 65 *mm*, kerakujulise osa kõrguseks — 12 *mm* ning aluse silindrilise osa kõrguseks — 6 *mm*.



Joon. 226.



Joon. 227.



Joon. 228.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

Ülesande selgituse järgi valmistada:

1) käega silmamõõdu järgi malendi joonis eest- ja pealtvaates ühes mõõtmete äramärkimisega;

2) malendi joonis samades vaadetes ühes mõõtmete äramärkimisega;

3) malendi joonise koopia pauspaberil (tušiga).

Ülesanne 2 (joon. 227).

Ülesande selgitus. Joonisel 227 on toodud malendi — vankri näitlik kujutis. Ülesande täitmisel tuleb võtta malendi üldkõrguseks 65 *mm*, pealmise silindrilise osa kõrguseks 8 *mm* ning aluse silindrilise osa kõrguseks — 6 *mm*.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

Samad juhised, mis ülesande 1 jaoks.

Ülesanne 3 (joon. 228).

Mustriga kaunistatud kera ortogonaalprojektsioonide järgi valmistada:

1) käega kera joonis kahes projektsioonis;

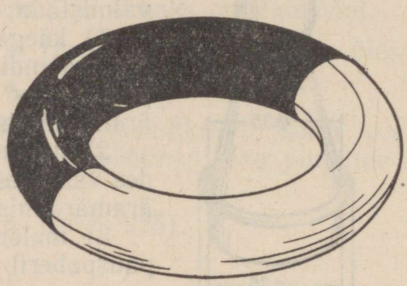
2) kera joonis samades projektsioonides;

3) kera joonise koopia pauspaberil (tušiga).

Ülesanne 4 (joon. 229).

Ülesande selgitus. Joonisel 229 on toodud ringrõngakujulise päästerõnga näitlik kuju-

tis. Päästerõnga üks pool on värvitud valgeks, sellele poolele on kantud ka laeva nimetus. Päästerõnga teine pool on värvitud punaseks ning kannab laeva kodusadama nimetust.



Joon. 229.

Ülesande täitmisel lähtuda järgmistest päästerõnga mõõtmetest: välisläbimõõt 710 *mm*, siseläbimõõt 440 *mm*. Peale selle tuleb päästerõnga kujutise valmistamisel arvestada, et tema telg on risti põhiprojektsioonipinnaga ning päästerõnga punane pool on külgvaate valmistamisel pööratud projekteerija suunas.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

Joonise 229 järgi ning ülesande selgituse põhjal teha:

1) päästerõnga joonistus (käega) eest-, pealt- ja külgvaates ühes mõõtmete äramärkimisega; joonistada tuleb silmamõõdu järgi mastaabis 1:10; päästerõnga punase poole kujutis katta igal vaatel värvilise pliiatsiga;

2) päästerõnga joonis mastaabis 1:5 kolmes vaates ühes mõõtmete äramärkimisega;

3) päästerõnga joonise koopia pauspaberile (tušiga).

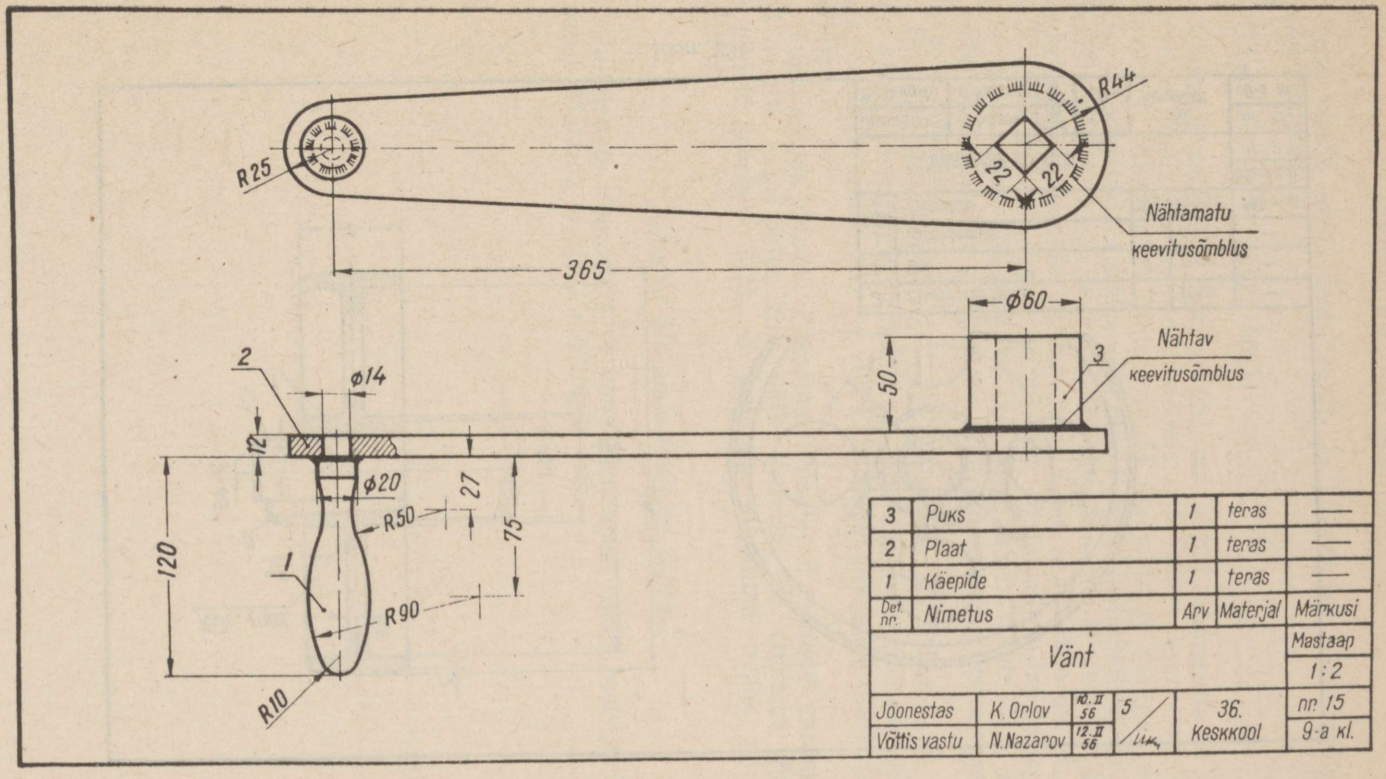
2. TÖÖ NR. 11.

Märkus. Töö nr. 11 seisneb eskiisi valmistamises esemest, mis koosneb 2—3 detailist. Mudeliks võib valida ühe järgnevalt toodud ülesannete hulgast.

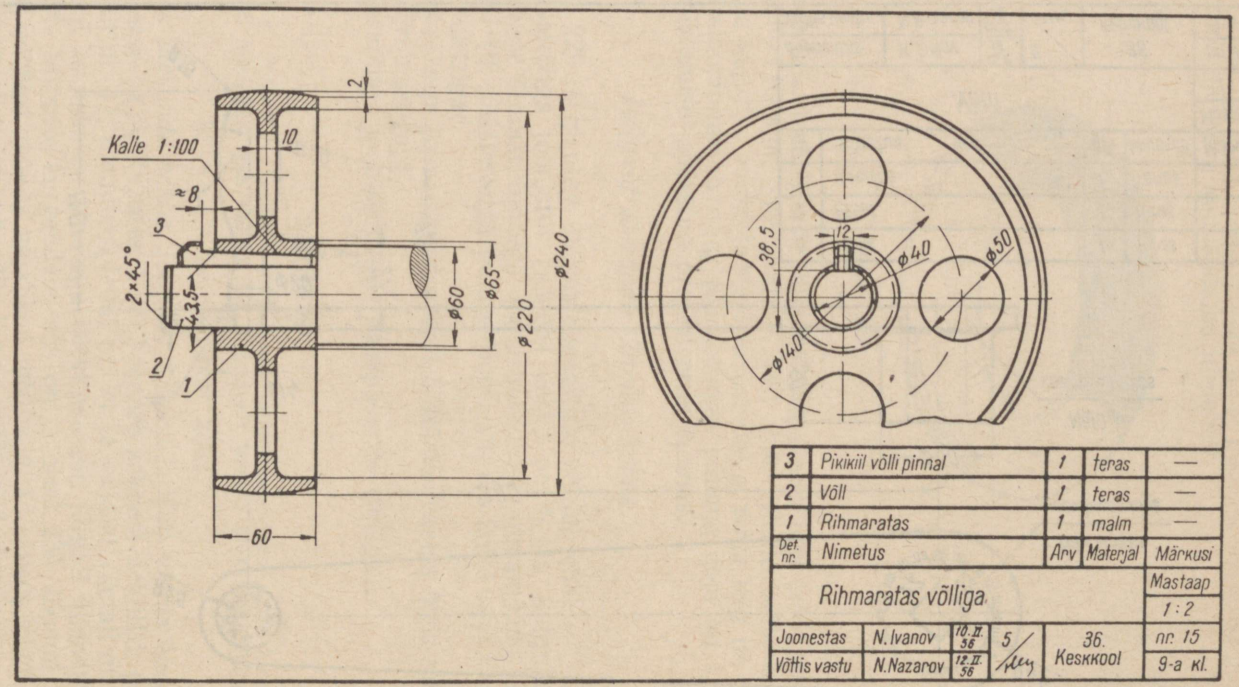
Ülesanne 1 (joon. 230).

Selgitus ülesande kohta. Joonisel 230 on toodud vända koostamisjoonis eest- ja pealtvaates. Vänt koosneb kolmest detailist: pidemest (detail nr. 1), plaadist (detail nr. 2) ja puksist (detail nr. 3). Nii pide kui ka puks on plaadiga keevituse abil jäigalt ühendatud.

Ülesande täitmise kergendamiseks on joonisel 230 toodud iga detaili väljajoonestamiseks vajalikud mõõtmed. Tööstuses kasutatavatele koostamisjoonistele harilikult neid mõõtmeid ei märgita, vaid piirdutakse ainult nende mõõtmete äratoomisega, mis on tarvilikud kogu toote koostamiseks ning viimase õigsuse kontrollimiseks.


R25
365
R44
22
22
Nähtamatu
keevitusõmblus
Ø60
50
Nähtav
keevitusõmblus
2
Ø14
12
Ø20
27
75
120
1
R50
R90
R10
3
Puks
1
teras
2
Plaat
1
teras
1
Käepide
1
teras
Det. nr.
Nimetus
Arv
Materjal
Märkusi
Vänt
Mastaap
1:2
Joonestas
K. Orlov
10. II 56
Võttis vastu
N. Nazarov
12. II 56
5 / 1 tükk
36. Keskkool
nr. 15
9-a kl.

Joon. 230.



Det. nr.	Nimetus	Arv	Materjal	Märkusi
3	Pikikiil võlli pinnal	1	teras	—
2	Võll	1	teras	—
1	Rihmaratas	1	malm	—

Rihmaratas võlliga

Mastaap 1:2

Joonestas	N. Ivanov	10.II 36	5	36. Keskkool	nr. 15
Võttis vastu	N. Nazarov	12.II 36			9-a kl.

Joon. 231.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

Teha vända eskiis eest-, pealt- ja külgvaates ühes mõõtmete äramärkimisega.

Ülesanne 2 (joon. 231).

Ülesande selgitus. Joonisel 231 on toodud rihmaratta ja võlli ühenduse joonis kahes projektsioonis: püstlõikes (eestvaatel) ja külgvaates. Rihmaratas (detail nr. 1) ühendatakse võlliga (detail nr. 2) — näidatud on ainult võlli ots — pikikiilu (detail nr. 3) abil. Pikikiilu ristlõikeks on ristkülik. Pikikiilu laius on 12 *mm* (vt. külgvaadet) ning üldpikkus 72 *mm*, kuna tema pea pikkus on 12 *mm*. Võlli otsal, mille läbimõõt on 40 *mm*, on tasapinnaline lõikepind, mida nimetatakse võllipinnaks (vt. külgvaadet, mõõde 38,5 *mm*).

Pikikiil asetatakse võllipinnale ning lüüakse rihmaratta rummus olevasse kiilunuuti.

Pikikiilu ja kiilunuudi pindade kalde tõttu (vt. lõikel kalde suurust 1:100) ühendab sisselöödud pikikiil rihmaratta liikumatult võlliga. Seetõttu annab pöörlev võll kiilu kaudu liikumise edasi rihmarattale.

Tuleb silmas pidada, et masinaehitusalastel joonistel vardakujulisi detaile, nagu polte, kiile, võlle, kruvisid jne. (näiteks võlliots ja pikikiil joonisel 231), ei kujutata lõigatuna nende pikitelje suunas.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

Valmistada rihmaratta ja võlli ühendusest eskiis eest- ja külgvaates. Märkida eskiisile mõõtmed.

VI peatükk.

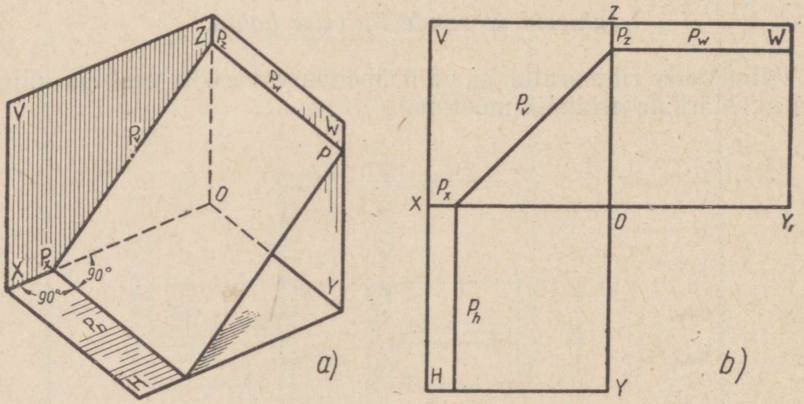
ESEMETE JOONESTAMINE, MILLEDE KUJUS ESINEVAD TASAPINDADEGA LÕIGATUD PRISMAD JA SILINDRID.

TASAPINNAD, MIS ON RISTI VAID ÜHE PROJEKTSIOONIPINNAGA. TASAPINNA JÄLGJOONE JA TELGPUNKTI MÕISTE.

Vaatleme tasapinna kolme võimalikku asendit, mille puhul ta on risti vaid ühe projektsioonipinnaga.

Esimene juhtum. Tasapind on risti ainult esiprojektsioonipinnaga.

Joonisel 232, *a* on toodud näitlik kujutis ning joonisel 232, *b* kolm ortogonaalprojektsiooni tasapinnast *P*, mis on risti ainult esiprojektsioonipinnaga (*V*).



Joon. 232.

Tasapinda, mis (nagu meie näite puhul tasapind *P*) on risti ainult esiprojektsioonipinnaga, nimetatakse esiprojektsioonipinnale projekteeruvaks (vertikaalselt projekteeruvaks). Tasapinna lõikejooni projektsioonipindadega nimetatakse tasapinna jälgjoonteks ehk lihtsalt jälgedeks. Meie näite

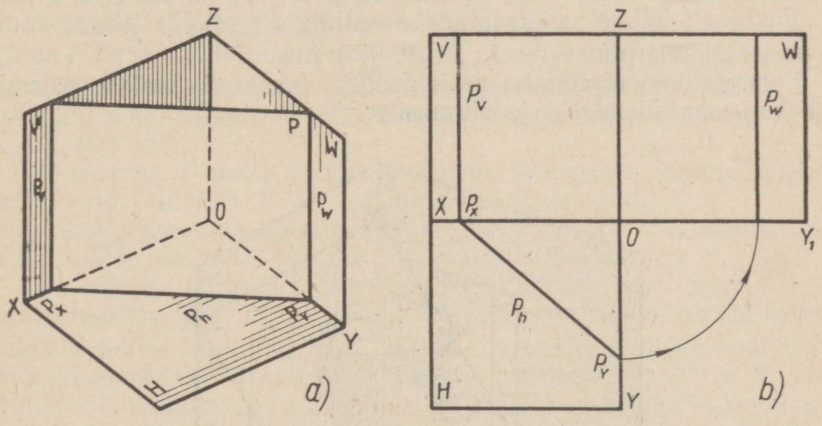
puhul joonisel 232, *a* ja 232, *b* lõikab tasapind *P* põhiprojektsioonipinda (*H*) mööda sirget P_h, esiprojektsioonipinda (*V*) mööda sirget P_v ja külgprojektsioonipinda (*W*) mööda sirget P_w. Antud juhul nimetatakse tasapinna *P* jälgjoont P_v tema e s i j ä l j e k s, jälgjoont P_h — p õ h i j ä l j e k s ning jälgjoont P_w — k ü l g j ä l j e k s.

Kui tasapind lõikab projektsioonitelge, siis saadakse sellel teljel tasapinna kahe vastava jälgjoone lõikepunkt, mida nimetatakse tasapinna jälgjoonte t e l g p u n k t i k s.

Joonistel 232, *a* ja 232, *b* toodud näite puhul lõikab tasapind *P* kahte projektsioonitelge: *X*-telge ja *Z*-telge. Sel puhul saadakse kaks lõikepunkti: *X*-teljel punkt *P*, mis on tasapinna *P* jälgede P_v ja P_h telgpunktiks, ning *Z*-teljel punkt P_z, mis on sama tasapinna *P* jälgede P_v ja P_w telgpunktiks.

T e i n e j u h t u m. Tasapind on risti ainult põhiprojektsioonipinnaga.

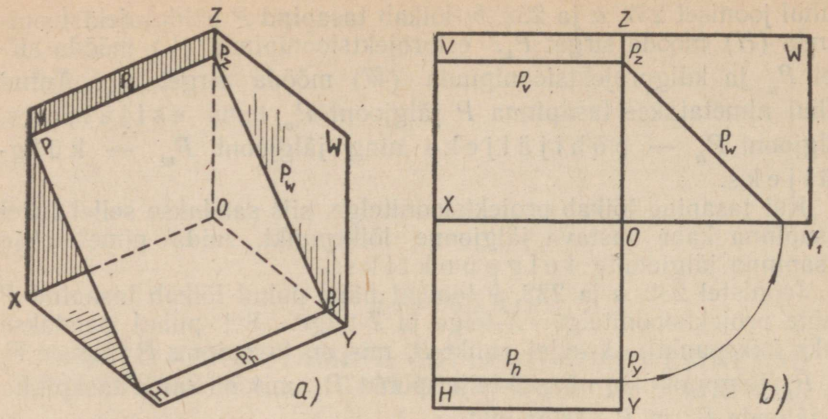
Joonisel 233, *a* on toodud näitlik kujutis ning joonisel 233, *b* kolm ortogonaalprojektsiooni tasapinnast *P*, mis on risti ainult põhiprojektsioonipinnaga (*H*). Niisugust tasapinda nimetatakse p õ h i t a s a p i n n a l e p r o j e k t e e r u v a k s (horisontaalselt projekteeruvaks). Selle juhtumi puhul tähistatakse tasapinna jälgjooned ja telgpunktid nii, nagu on näidatud joonisel 233.



Joon. 233.

K o l m a s j u h t u m. Tasapind on risti ainult külgprojektsioonipinnaga.

Joonisel 234, *a* on toodud näitlik kujutis ning joonisel 234, *b* kolm ortogonaalprojektsiooni tasapinnast *P*, mis on risti ainult külgprojektsioonipinnaga (*W*). Niisugust tasapinda nimetatakse k ü l g t a s a p i n n a l e p r o j e k t e e r u v a k s (profiilselt projekteeruvaks). Tasapinna jälgjoonte ja telgpunktide tähistus on toodud joonisel 234.



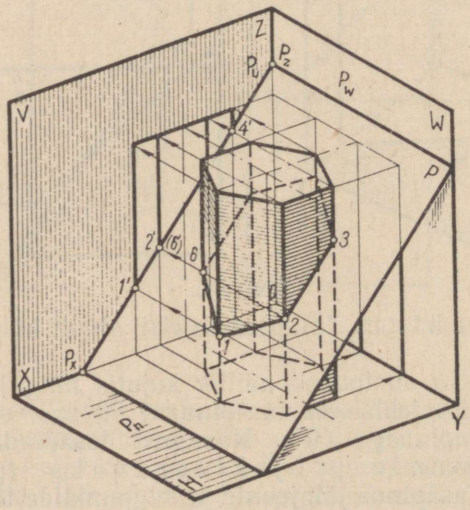
Joon. 234.

I. Kuusnurkse prisma lõikumine projekteeruva tasapinnaga.

Kaldu lõigatud prisma osade ortogonaalprojektsioonide ehitamine. Joonisel 235 on toodud näitlik kujutis kuusnurksest prismast, mille põhi toetub põhiprojektsioonipinnale. Prismat lõikab esiprojektsioonipinnale projekteeruv tasapind *P*. Tasapind, lõigates prisma tahkusid, lõikab samal ajal ka tema külgservi punktides *1*, *2*, *3* jne.

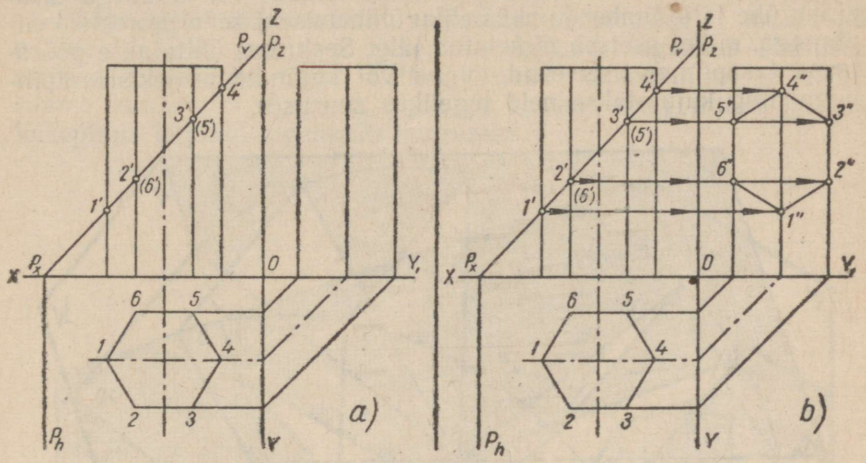
Vastavalt lõikab ka tasapinna *P* esijälg P_v prisma külgservade esiprojektsioone punktides *1′*, *2′*, *3′*, (*6′*) jne.

Esiprojektsioonipinnale projekteeruv tasapind jaotab prisma kaheks osaks: ülemiseks ja alumiseks.



Joon. 235.

Olgu nõutud valmistada antud kaldu lõigatud prisma alumise osa joonis kolmes ortogonaalprojektsioonis, lugedes tema ülemist osa kõrvaldatuks. Joonise valmistamist alustame (joon. 236, a) täispüramiidi kolme ortogonaalprojektsiooni ehitamisega peenjoonte abil.



Joon. 236.

Seejärel, sõltuvalt esiprojektsioonipinnale projekteeruva tasapinna P kaldest, ehitame tema jäljed P_v ja P_h. Järgnevalt tähistame tasapinna P lõikepunktid prisma külgservadega numbrite *1*, *2*, *6* jne. abil ning nimetatud lõikepunktide esiprojektsioonid numbritega *1'*, *2'*, (*6'*) jne.

Tasapinna P poolt tekitatud prisma lõikepinna kujundi esiprojektsiooniks on lõik *1'—4'* prisma esiprojektsioonil.

Sama lõikepinna kujundi põhiprojektsiooniks on kuusnurk *1*, *2*, *3*, *4*, *5* ja *6*, mis ühtib prisma põhiprojektsiooniga.

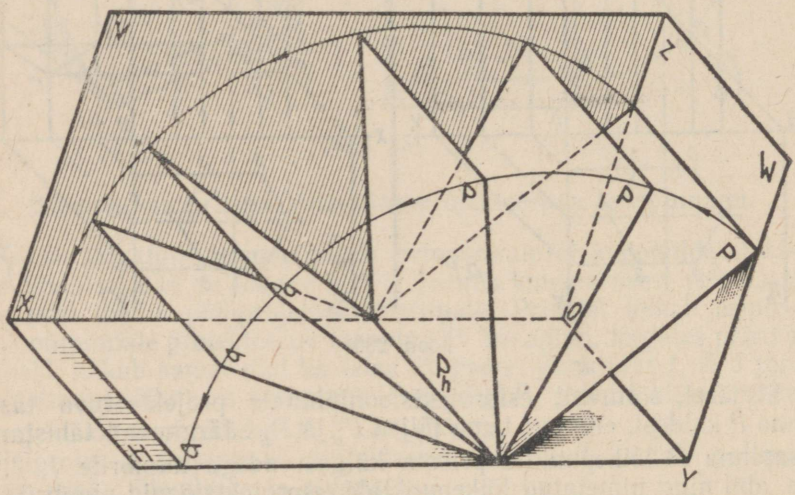
Lõikepinna kujundi külgprojektsiooni ehitamiseks (joon. 236, *b*) projekteerime jälje P_v ja prisma külgservade lõikepunktide esiprojektsioonid, s. t. punktid *1'*, *2'*, (*6'*) jne. vastavate külgservade külgprojektsioonidele. Punkti *4"* ühendamisel punktiga *5"* ja *3"* ning punkti *1"* ühendamisel punktidega *6"* ja *2"* sirgete abil saame kuusnurga *1"*, *2"*, *3"*, *4"*, *5"* ja *6"*, mis ongi kaldu lõigatud prisma lõikepinna kujundi külgprojektsiooniks.

Nii prisma lõikepinna kujundi põhiprojektsioon — kuusnurk *1*, *2*, *3*, *4*, *5* ja *6* kui ka tema külgprojektsioon — kuusnurk *1"*, *2"*, *3"*, *4"*, *5"* ja *6"* ei vasta joonisel lõikepinna kujundi tegelikule suurusele, sest lõikepind on kaldu mitte ainult põhiprojektsioonipinna, vaid ka külgprojektsioonipinna suhtes (lõik *1'—4'* on esiprojektsioonipinnal kaldu mitte ainult X-telje, vaid ka Z-telje suhtes).

Selleks et joonise järgi määrata kaldu lõigatud prisma lõikepinna kujundi tegelikku suurust ja joonestada seda kujundit, tuleb

kasutada menetlust, mida nimetatakse ühitamise meetodiks.

Lõikepinna kuju ehitamine tegelikus suuruses ühitamise meetodi abil. Ühitamise meetod seisab selles, et projekteeruv tasapind pööratakse koos temas asetsevate lõikude või kujudega tasapinna ühe jälje ümber kuni täieliku ühinemiseni selle projektsioonipinnaga, millel asetseb nimetatud jälg. Seejuures ühitatakse pööratavas tasapinnas asetsevad lõigud või kujundid projektsioonipinnaga ning kujutatakse neid tegelikus suuruses.



Joon. 237.

Esiprojektsioonipinnale projekteeruva tasapinna P ühitamist põhiprojektsioonipinnaga on näitlikult kujutatud joonisel 237. Antud juhul on pöördeteljeks tasapinna P jälg P_h. Tasapind P on pööratud põhijälje P_h ümber ning ühitatud põhiprojektsioonipinnaga, millel asetseb nimetatud jälg.

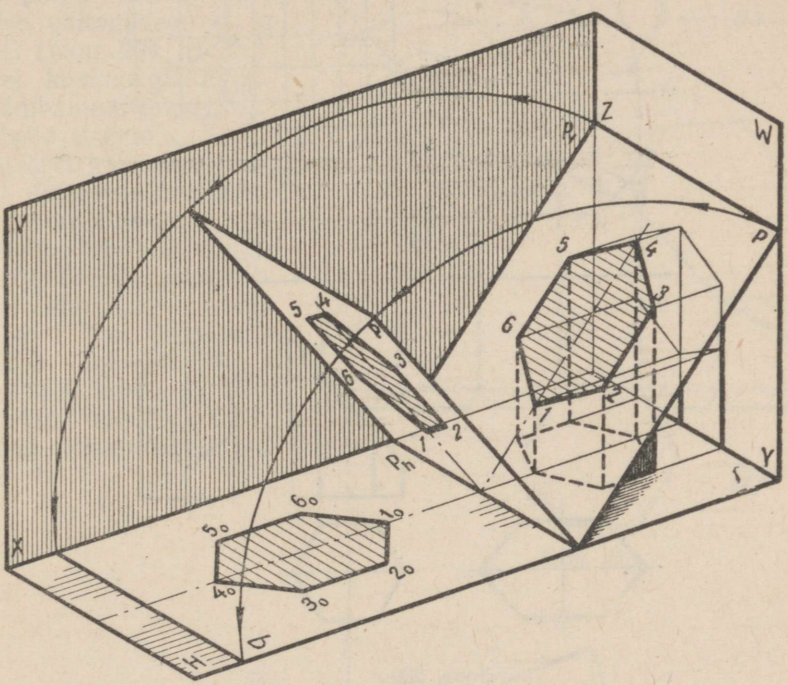
Joonisel 238 on näitlikult kujutatud, kuidas prismat lõikav esiprojektsioonipinnale projekteeruv tasapind P ühes sellel asetseva prisma lõikepinna kujundiga on pööratud jälje P_h ümber ning koos lõikepinna kujundiga on ühitatud põhiprojektsioonipinnaga. Prisma lõikepinna kujund, mis on ühitatud põhiprojektsioonipinnaga, esineb sellel tegelikus suuruses. Joonisel 238 toodud kuusnurk 1_0, 2_0, 3_0, 4_0, 5_0, 6_0 ei ole aga lõikepinna kujundi tegelikuks suuruseks, vaid ainult tegelikus suuruses antud lõikepinna kujundi näitlik kujutis.

Olgu vaja ehitada antud prisma lõikepinna kujund tegelikus suuruses esiprojektsioonipinnale projekteeruva tasapinna ühitamisel põhiprojektsioonipinnaga. Selleks tõmbame sirkliga (joon. 239), mille nõelaga ots on asetatud tasapinna P jälgede P_v ja P_h telg-

punkti P_x, järgemööda kaared raadiustega P_x—$1'$, P_x—$2'$ jne. kuni nende kaarte lõikumiseni X-teljega.

Järgnevalt tõmbame leitud lõikepunktidest ristsirged X-teljele ning kuusnurga põhiprojektsiooni tippudest X-teljega paralleelsed sirged.

Rööpsirgete lõikepunktid vastavate ristsirgetega määravad punkte 1_0, 2_0, 3_0 jne., s. t. lõikepinna kujundi tegelikus suuruses esineva kuusnurga tippe. Leitud punktide ühendamisel sirgetega saame kuusnurga 1_0, 2_0, 3_0, 4_0, 5_0 ja 6_0, mis ongi antud prisma lõikepinna kujundi tegelikuks suuruseks.



Joon. 238.

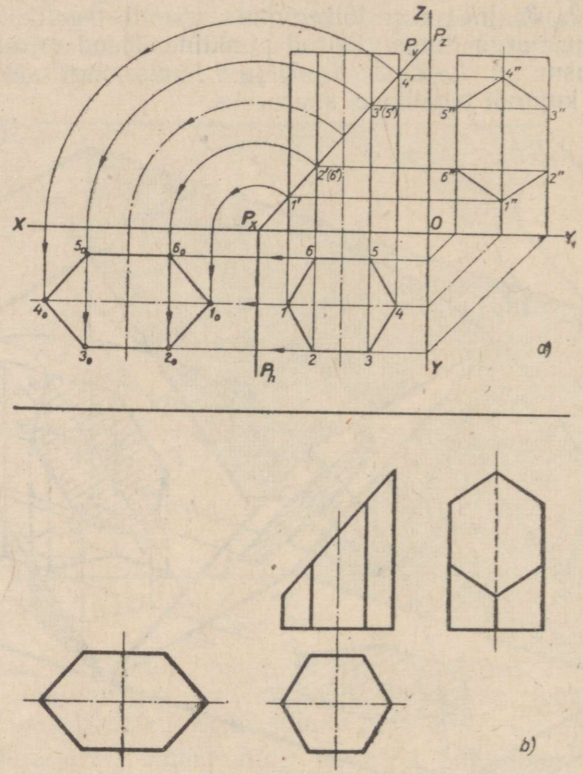
Kaldu lõigatud prisma alumise osa lõpetatud joonis on toodud joonisel 239, *b*.

Kaldu lõigatud prisma alumise osa üldpinnalaotuse ehitamine ja niisuguse prisma osa mudeli valmistamine. Pinnalaotuse ehitamine. Pinnalaotus kaldu lõigatud prisma alumisest osast, mille ortogonaalprojektsioonid on kujutatud joonisel 239, *a*, koosneb tema külgpinnalaotusest, prisma põhjast ning prisma lõikepinna kujundist tegelikus suuruses.

Prisma alumise osa külgpinnalaotuse ehitamiseks (joon. 240, *a*) kujutame algul täisprisma külgpinnalaotuse peenjoonte abil. Niisugune pinnalaotus koosneb kuuest ristkülikust, mille lühem külg

on võrdne prisma põhiservaga, pikem külg aga prisma külgservaga.

Seejärel kanname ristkülikute pikematele külgedele lõigud, mis suuruselt on võrdsed kaldu lõigatud prisma külgservade pikkustega. Saame punktid *1*, *2*, *3* jne., mis ühendame sirgete abil. Lõigatud



Joon. 239.

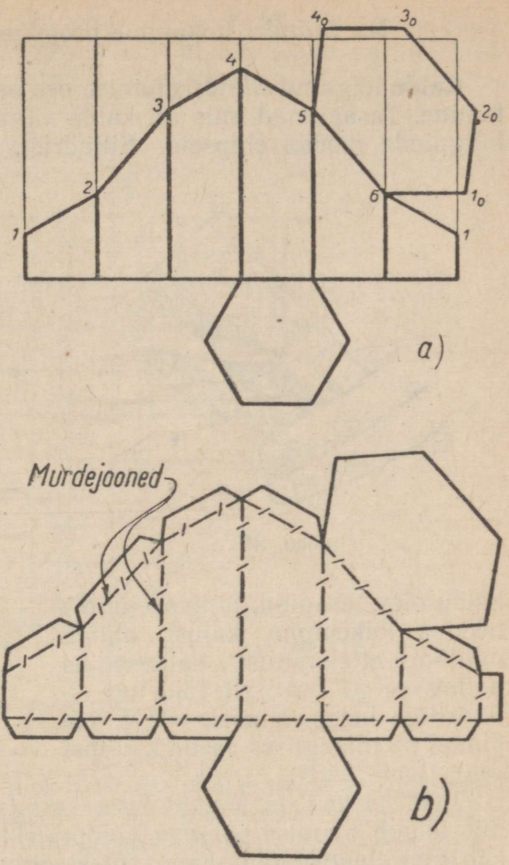
külgservade mõõtmed määrame nende vastavate esi- või külgprojektsioonide järgi joonisel 239, *a*. Järgnevalt lisame külgpinnalaotusele prisma põhjaks oleva korrapärase kuusnurga ning tegelikus suuruses antud lõikepinna kujundi 1_0, 2_0, 3_0 jne.; seega saame prisma alumise osa pinnalaotuse.

J u h i s e i d m u d e l i v a l m i s t a m i s e k o h t a. Selleks et näiteks paberist valmistada kaldu lõigatud prisma alumise osa mudelit, tuleb joonise 240, *a* kohta antud seletuste kohaselt valmistada esmalt peenjoonte abil nimetatud prisma alumise osa pinnalaotus. Viimast tuleb joonisel 240, *b* toodud näite kohaselt täiendada vastavatele kontuurjoontele lisandatud ribadega, mis on ette

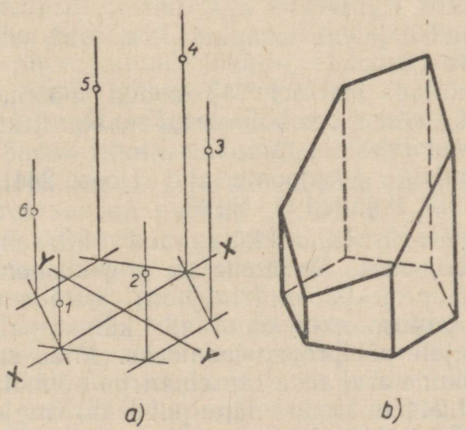
nähtud mudeli kokkukleepimiseks, mille järel mudel välja lõigatakse, murtakse ja kokku kleebitakse.

Isomeetriline kujutis kaldu lõigatud prisma alumisest osast. Isomeetrilise kujutise ehitamist eespool käsitletud prisma alumisest osast alustame prisma alumise põhja isomeetrilise kujutise ehitamisega *X*- ja *Y*-teljel (joon. 241, *a*), mille järel kuusnurga tippudest tõmbame *Z*-teljega paralleelseid sirgeid.

Seejärel kanname tõmmatud sirgetele järgemööda sirglõike, mis on suuruselt võrdsed prisma lõigatud külgservade pikkustega. Sel puhul saadud punktid *1, 2, 3* jne. ühendame sirgetega. Joonisel 241, *b* on toodud lõpetatud isomeetriline kujutis kaldu lõigatud prisma alumisest osast.



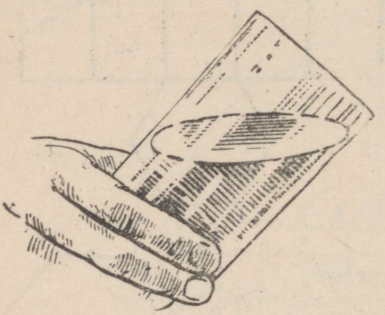
Joon. 240.



Joon. 241.

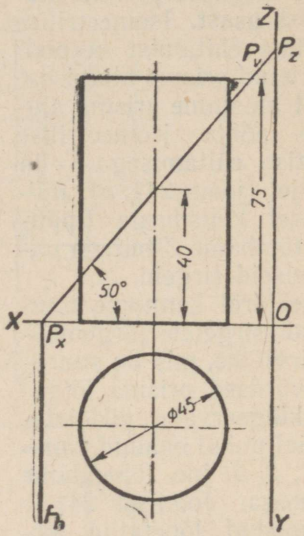
II. Silindri lõikumine projekteeruva tasapinnaga.

Kaldu lõigatud silindri alumise osa ortogonaalprojektsioonide ehitamine. Tasapinnad, mis on kaldu silindri teljega, lõikavad tema külgpinda mööda ellipseid. Silindrist, mida lõikab tema teljega



Joon. 242.

kaldu olev tasapind, ning seejuures tekkiva lõikepinna kujust annab näitliku ettekujutuse kaldasendis hoitav veega osaliselt täidetud silindriline klaas. Klaasis oleva vee pinnal on niisuguses asendis ellipsi kuju (joon. 242).



Joon. 243.

Joonisel 243 on toodud kaks ortogonaalprojektsiooni silindrist, mis toetub alumise põhjaga põhiprojektsioonipinnale. Silindrit lõikab esiprojektsioonipinnale projekteeruv tasapind P, mille üle võib otsustada silindri esiprojektsiooni lõikava esijälje P_v ja X-teljega risti oleva põhijälje P_h järgi.

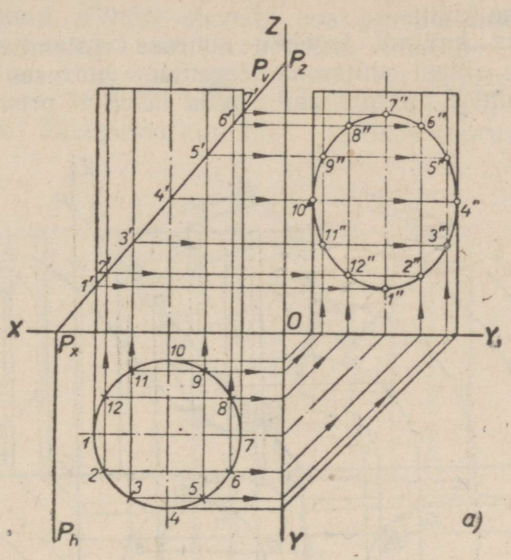
Lõigates silindrit jaotab tasapind P silindri kahte ossa: ülemiseks ja alumiseks.

Nõutud on ehitada joonisel 243 toodud mõõtmete järgi kaldu lõigatud silindri alumise osa kolm ortogonaalprojektsiooni.

Joonise valmistamist alustame täissilindri kolme ortogonaalprojektsiooni ehitamisega peenjoonte abil (joon. 244, *a*), mille järel tõmbame tasapinna P jäljed P_v ja P_h.

Järgnevalt ehitame silindri külgpinnal ühtlaselt jaotatud moodustajate projektsioonid. Moodustajate projektsioonide ehitamiseks tuleb silindri põhiprojektsioon (ringjoon) jaotada võrdseteks osadeks; ringjoone jaotuspunktid on silindri külgpinnal ühtlaselt asetsevate moodustajate põhiprojektsioonideks. Mida suurem on ringjoone jaotuspunktide arv, seda täpsemalt on võimalik teostada ehitamist. Joonisel 244, *a* toodud näite puhul on ringjoon jaotatud 12 võrdseks osaks. Seejärel projekteerime jaotuspunktid *1, 2, 3* jne.

X- ja Y (Y_1)-teljele. Edasi tõmbame X- ja Y (Y_1)-teljel saadud punktidest silindri esi- ja külgprojektsiooni telgedega paralleelsed sirged. Saadud sirged ongi silindri moodustajate esi- ja külgprojektsioonideks.



Joon. 244.

Tasapinna P ja silindri moodustajate lõikepunktidest annavad projekteerimisel nähtavad punktid *1, 2, 3* jne. esiprojektsioonipinnal punktid *1′, 2′, 3′* jne., mis on nimetatud lõikepunktide esiprojektsioonideks. Projekteerimisel nähtamatuid lõikepunkte *8, 9, 10, 11* ja *12* esiprojektsioonil ei tähistata.

Silindri lõikumisel tasapinnaga P tekkiva lõikepinna kujundi esiprojektsiooniks on silindri eestvaatel asetsev lõik *1′—7′*.

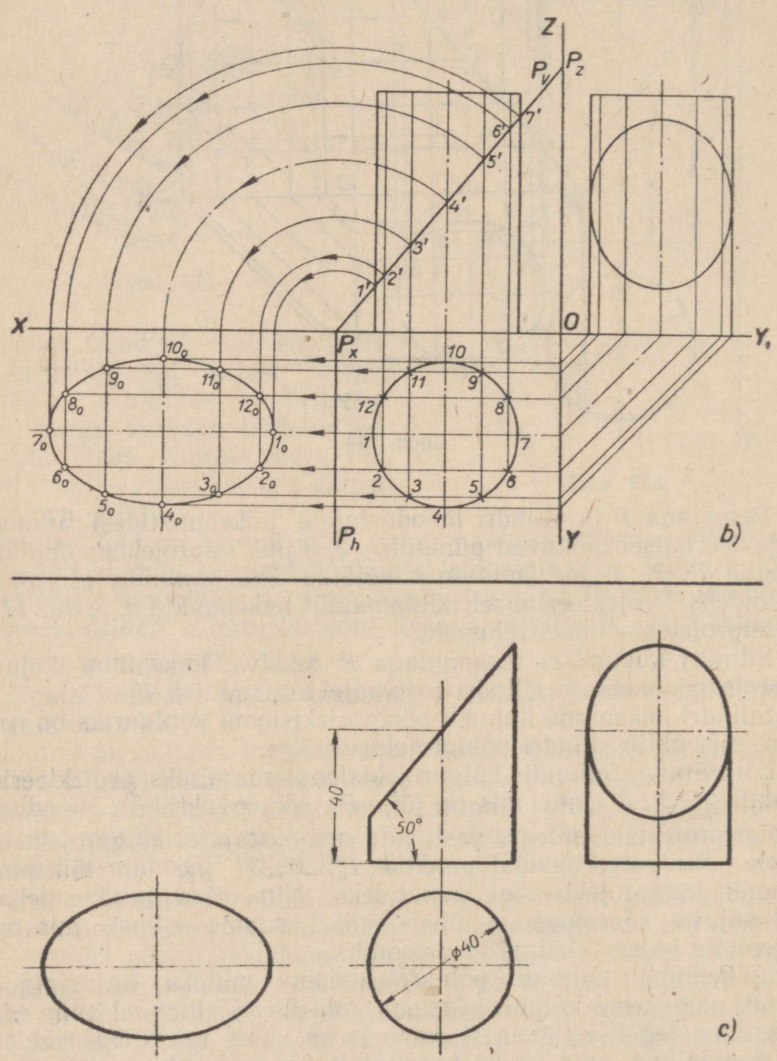
Silindri lõikepinna kujundi põhiprojektsiooni kontuuriks on ringjoon, mis ühtib silindri põhiprojektsiooniga.

Lõikepinna kujundi külgprojektsiooni saamiseks projekteerime punktid *1′, 2′, 3′* jne., mis on jälje P_v lõikepunktideks moodustajate esiprojektsioonidega, vastavate moodustajate külgprojektsioonidele. Seejuures saadud punktid *1″, 2″, 3″* jne. on lõikepinna kujundi külgprojektsiooni punktideks. Nimetatud punkte lekaali abil sujuva kõverjoonega ühendamisel saame ellipsi, mis ongi lõikepinna kujundi külgprojektsiooniks.

Lõikepinna kujundi põhiprojektsioon, milleks on ringjoon, samuti nagu tema külgprojektsioon, milleks on ellips, ei anna edasi lõikepinna tegelikku suurust, kuna ta on kaldu mitte üksi põhiprojektsioonipinna, vaid ka külgprojektsioonipinna suhtes (lõik *1′—7′* on esiprojektsioonipinnal kaldu nii X-telje kui ka Z-telje suhtes).

Tähendame, et juhul kui esiprojektsioonipinnale projekteeruva tasapinna P kaldenurk põhiprojektsioonipinna (või, mis on sama, esijälje P_v kaldenurk X-telje) suhtes oleks olnud 45°, siis lõikepinna kujund projekteeruks külgprojektsioonipinnale mitte ellipsi, vaid ringjoone kujul.

Lõikepinna kujundi tegeliku suuruse ehitamine. Lõikepinna kujundi, s. t. ellipsi ehitamine tegelikus suuruses (joon. 244, *b*) teostub ühitamise meetodi abil, mida käsitleti prisma lõikepinna

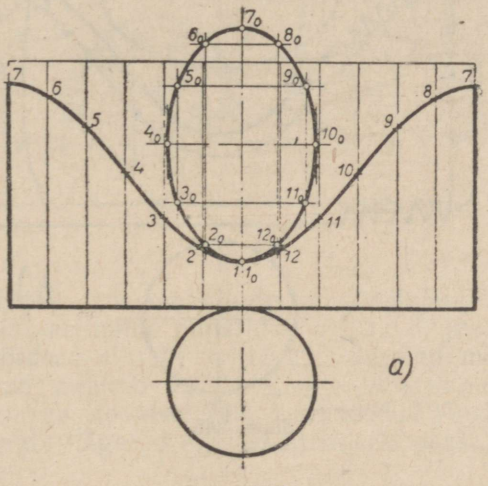


Joon. 244.

kujundi tegeliku suuruse määramisel (joon. 239, *a*). Ellipsi punktid 1_0, 2_0, 3_0, 4_0 jne. ühendatakse lekaali abil sujuva kõverjoonega.

Kaldu lõigatud silindri alumise osa valmis kujutis on toodud joonisel 244, *c*.

Kaldu lõigatud silindri alumise osa pinnalaotuse ehitamine. Pinnalaotuse ehitamine. Kaldu lõigatud silindri alumise osa (mille ortogonaalprojektsioonid on kujutatud joonisel 244, *c*) pinnalaotus koosneb tema külgpinnalaotusest, silindri põhjast ning silindri lõikepinna kujundist tegelikus suuruses.



Joon. 245.

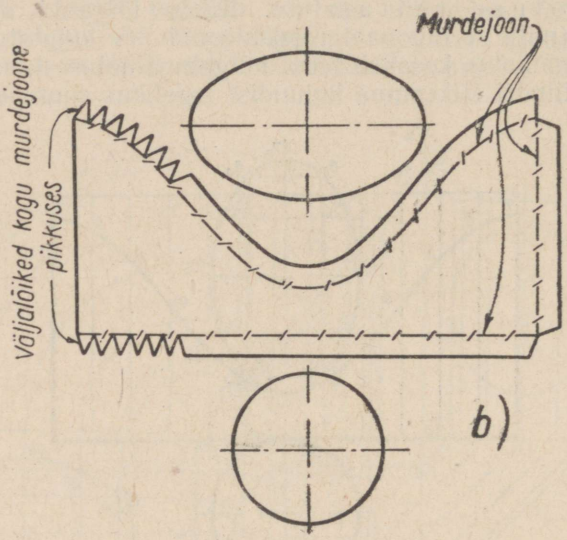
Silindri alumise osa külgpinnalaotuse ehitamiseks (joon. 245, *a*) tuleb kujutada esmalt täissilindri külgpinnalaotus peenjoonte abil. Viimaseks on ristkülik, mille pikem külg on võrdne põhja ringjoone ümbermõõduga ja lühem külg silindri kõrgusega. Nüüd jaotame ristküliku pikema külje 12 võrdseks osaks ning tõmbame igast jaotuspunktist sirged, mis on paralleelsed ristküliku lühema küljega. Seejärel kanname nendele sirgetele lõigud, mis on võrdsed kaldu lõigatud silindri moodustajate pikkustega. Sel viisil saame punktid *7, 6, 5 ... 8* ja *7*, mis lekaali abil ühendame sujuva kõverjoonega.

Kaldu lõigatud silindri moodustajate mõõtmed määrame nende vastavate esi- või külgprojektsioonide järgi joonisel 244, *b*. Järgnevalt lisame silindri ringikujulise põhja ning tegelikus suuruses antud lõikepinna kujundi, s. t. ellipsi ja saame silindri alumise osa pinnalaotuse.

Et selgitada tegelikus suuruses esineva lõikepinna, s. t. ellipsi joonestamist mistahes joonise kohal, võrdleme jooniseid 245, *a* ja 244, *b*.

Kahele vastastikku ristuvale telgjoonele (joon. 245, *a*) kanname kõigepealt ellipsi pikema ja lühema telje mõõtmed. Ellipsi pikema

telje 7_0—1_0 suuruse määrab esiprojektsioonil olev lõik $1'$—$7'$ (joon. 244, *b*), kuna ellipsi lühema telje suuruse 4_0—10_0 (joon. 245, *a*) määrab silindri põhiprojektsiooni kujutava ringjoone läbimõõt *10*—*4* (joon. 244, *b*). Järgnevalt on ellipsi pikemal teljel punktide



Joon. 245.

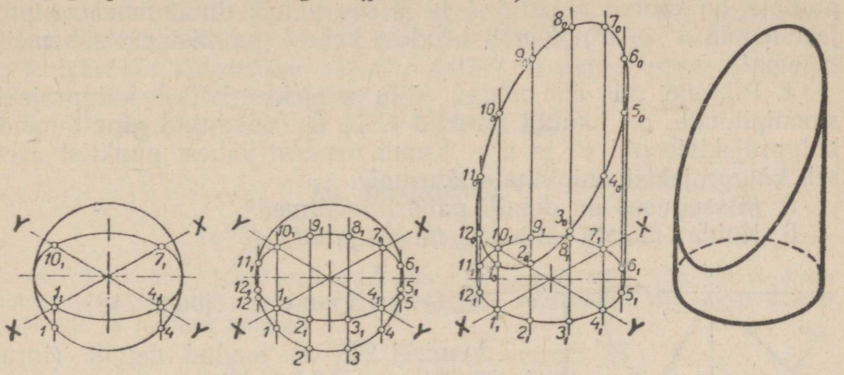
7_0—1_0 (joon. 245, *a*) vahel tõmmatud ellipsi, väiksema teljega 4_0—10_0 paralleelsed sirged; kusjuures nende sirgete vahelised kaugused on võrdsed esiprojektsioonil asetsevate vastavate punktide $7'$, $6'$, $5'$ ... $1'$ vaheliste kaugustega (joon. 244, *b*).

Seejärel kanname tõmmatud sirgetele, sümmeetriliselt ellipsi pikema teljega 7_0—1_0 (joon. 245, *a*), lõigud 2_0—12_0, 3_0—11_0 jne., millede pikkused on võrdsed põhiprojektsioonipinnal oleva ringjoone kõõludega 12—2, 13—3 jne. (joon. 244, *b*). Punktide 1_0, 2_0, 3_0 jne. sujuval ühendamisel lekaali abil saame ellipsi, s. t. tegelikus suuruses esineva lõikepinna kujundi.

Joonisel 245, *b* on toodud kaldu lõigatud silindri alumise osa pinnalaotus, mis on ette nähtud mudeli valmistamiseks.

Isomeetriline kujutis kaldu lõigatud silindri alumisest osast. Eespool käsitletud silindri alumise osa isomeetrilise kujutise ehitamist alustame tema alumise põhja isomeetrilise kujutise, s. t. ellipsi ehitamisega (joon. 246, *a*). Selleks et isomeetrias kujutada 12 võrdseks osaks jaotatud ringjoont, toimime järgmiselt. *X*- ja *Y*-telje lõikepunktist kui tsentrist tõmbame abiringjoone raadiusega, mis on võrdne ellipsi pikema poolteljega. Seejärel kanname punktid 1_1 ja 4_1, mis on ellipsi lõikepunktid *X*- ja *Y*-teljega, üle abiringjoonele. Lähtudes nendest punktidest jaotame ringjoone 12

võrdseks osaks (joon. 246, *b*) ning kanname jaotuspunktid *1*, *2*, *3* jne. üle ellipsile. Järgnevalt tõmbame läbi punktide 1_1, 2_1, 3_1 jne. Z-teljega paralleelsed sirged (joon. 246, *c*).



Joon. 246.

Saadud sirgetele, mis on silindri moodustajate isomeetriliseks projektsioonideks, kanname punktidest 1_1, 2_1, 3_1 jne. lõigud, mis suuruselt on võrdsed silindri vastavate lõigatud moodustajatega. Sel puhul saadud punktid 1_0, 2_0, 3_0 jne. ühendame lekaali abil sujuva kõverjoonega. Joonisel 246, *d* on toodud lõpetatud isomeetriline kujutis kaldu lõigatud silindri alumisest osast.

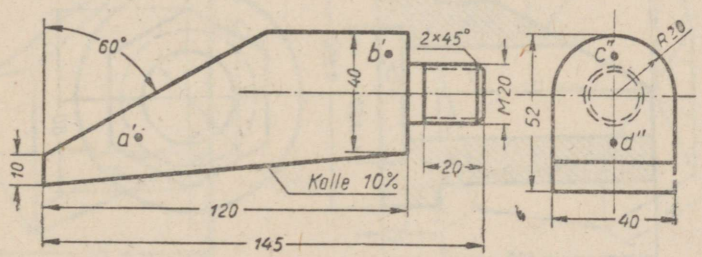
PRAKTILISED TÖÖD.

I. Jooniste lugemine.

Ülesanne 1 (joon. 247).

Joonisel 247 on toodud detaili (kiilu) joonis kahes vaates: eest- ja külgvaates.

1. Näidata eestvaatel kiilu kumerate pindade kujutisi.



Joon. 247.

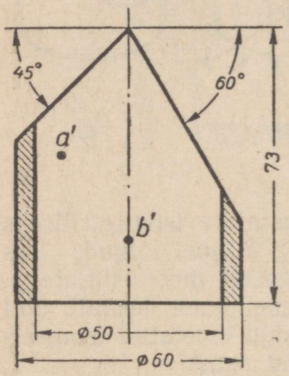
2. Näidata kummalgi vaatel kujutisi detaili kahest tasasest pinnast, mis on kaldu külgprojektsioonipinna suhtes.

3. Pinnale, mida näeme kiilu projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud punktid *A* ja *B* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *a′* ja *b′*). Kumb nendest kahest punktist asetseb meile lähemal?

4. Pinnale, mis on nähtav kiilu projekteerimisel külgprojektsioonipinnale, on kantud punktid *C* ja *D* (on antud ainult nende külgprojektsioonid *c″* ja *d″*). Kumb nendest kahest punktist asetseb külgprojektsioonipinnale lähemal?

5. Missugused on detaili gabariitmõõtmed?

6. Kuidas mõista tähistust «*M20*» ja «*2×45°*»?



Joon. 248.

Ülesanne 2 (joon. 248).

Joonisel 248 on toodud detaili (toru) joonis ühes projektsioonis.

1. Kas jätkub ühest projektsioonist toru kujust täieliku ettekujutuse saamiseks? Mispärast?

2. Toru pinnale, mida näeme lõike projekteerimisel, on kantud punktid *A* ja *B* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *a′* ja *b′*). Kumb nendest kahest punktist asetseb meile lähemal?

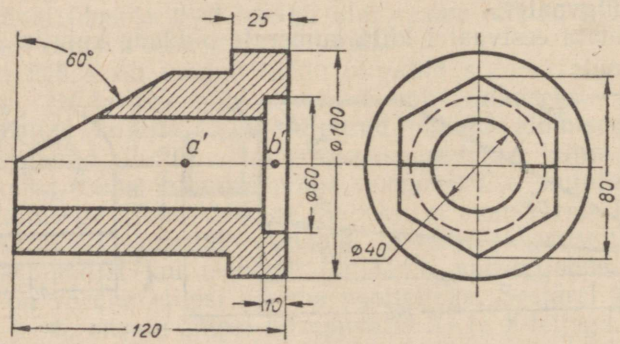
3. Missugused on toru gabariitmõõtmed?

Ülesanne 3 (joon. 249).

Joonisel 249 on toodud detaili (puksi) joonis.

1. Kuidas nimetatakse antud projektsioone?

2. Missuguste geomeetriliste kehade liitumisel tekib antud puksi *a*) väliskuju, *b*) sisekuju?



Joon. 249.

3. Puksi pindadele, mida näeme lõike projekteerimisel, on kantud punktid A ja B (antud on ainult nende esiprojektsioonid a' ja b'). Kumb nendest kahest punktist on meile lähemal? Määrata, joonist mõõtmata, mitme millimeetri võrra on üks punkt teisest meile lähemal.

4. Näidata külgvaatel kujutisi detaili tasastest pindadest, mis on risti külgprojektsioonipinnaga.

5. Missugused on puksi gabariitmõõtmed?

II. Harjutused.

1. MODELLEERIMINE.

Märkus. Harjutused seisnevad prisma ja silindri osade paberist mudelite valmistamises jooniste järgi. Mudelite eeskujusid võib valida järgnevalt toodud ülesannete ja jooniste hulgast.

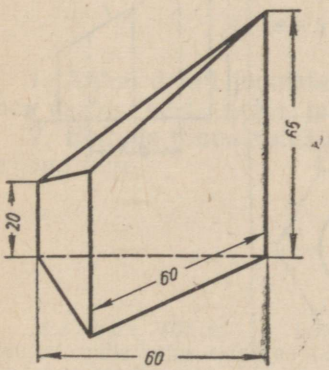
Ülesanne 1 (joon. 250).

Ülesande selgitus. Joonisel 250 on toodud kabinetprojektsioonis alumine osa kaldu lõigatud prismast, mille põhjaks on võrdkülgne kolmnurk külje pikkusega 60 *mm*. Prisma on kujutatud selliselt, et üks tema külgtahkudest (projekteerimisel nähtamatu) asetseb paralleelselt esiprojektsioonipinnaga.

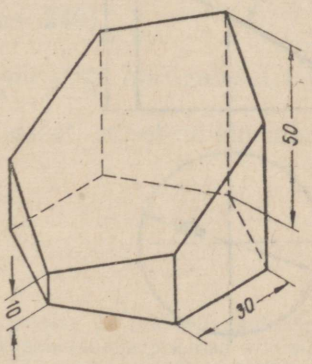
Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Joonise 250 ja sellel toodud mõõtmete järgi teha joonis antud prisma alumisest osast kolmes ortogonaalprojektsioonis: esi-, põhi- ja külgprojektsioonis. Seejuures tuleb prisma kujutada samas asendis, s. t. nii, et tema külgtahk, mis joonisel 250 on kujutatud paralleelsena esiprojektsioonipinnaga, oleks joonisel samas asendis.

2. Tehtud joonise järgi valmistada prisma antud osa paberist mudel.



Joon. 250.



Joon. 251.

Ülesanne 2 (joon. 251).

Ülesande selgitus. Joonisel 251 on toodud isomeetriline kujutis kaldu lõigatud prismast, mille põhjaks on korrapärane kuusnurk külje pikkusega 30 *mm*. Prisma on kujutatud selliselt, et tema kaks külgtahku asetsevad esiprojektsioonipinnaga paralleelsetes tasapindades.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

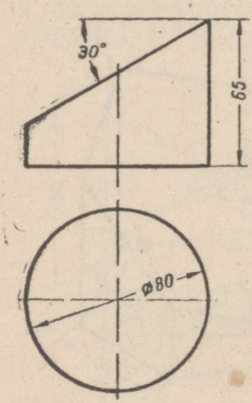
1. Joonise 251 ja sellel toodud mõõtmete järgi teha joonis antud prisma alumisest osast kolmes ortogonaalprojektsioonis: esi-, põhi- ja külgprojektsioonis. Seejuures tuleb antud prisma osa kujutada niiviisi, et kaks tema külgtahkudest, mis joonisel 251 on näidatud paralleelsetena esiprojektsioonipinnaga, oleksid ka valmistataval joonisel kujutatud samas asendis.
2. Tehtud joonise järgi valmistada paberist prisma antud osa mudel.

Ülesanne 3 (joon. 252).

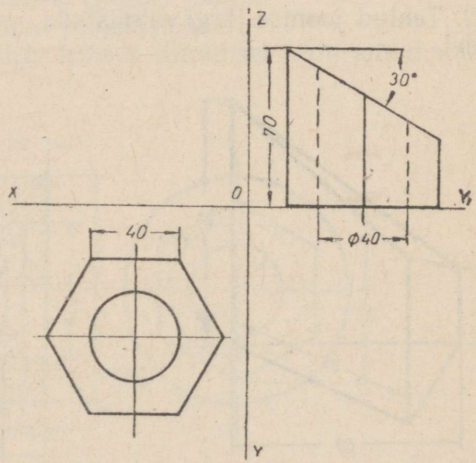
Joonise selgitus. Joonisel 252 on toodud kaldu lõigatud silindri alumise osa kujutis kahes projektsioonis: esi- ja põhiprojektsioonis.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Joonise 252 ja sellel toodud mõõtmete järgi teha joonis silindri antud osast kolmes ortogonaalprojektsioonis: esi-, põhi- ja külgprojektsioonis.
2. Tehtud joonise põhjal valmistada paberist silindri antud osa mudel.



Joon. 252.



Joon. 253.

Ülesanne 4 (joon. 253).

Ülesande selgitus. Joonisel 253 on toodud kaldu lõigatud kuusnurkse prisma alumise osa kaks ortogonaalprojektsiooni: esi- ja külgprojektsioon. Prismat läbib silindriline ava.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Joonisel 253 toodud kujutise ja mõõtmete järgi teha joonis prisma antud kolmes ortogonaalprojektsioonis: esi-, põhi- ja külgprojektsioonis.
2. Tehtud joonise järgi valmistada prisma osa paberist mudel.

2. ESKIISIDE VALMISTAMINE.

Märkus. Harjutused seisnevad eskiiside tegemises esemetest. Eskiiside valmistamiseks vajalikke mudeleid võib valida järgnevalt toodud ülesannete ja jooniste hulgast.

Ülesanne 1 (joon. 247).

1. Antud detail joonistada silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 kolmes vaates: eest-, pealt- ja külgvaates. Kujutistele kanda mõõtmed ning punktide *A, B, C* ja *D* kolm projektsiooni.
2. Teha pinnalaotus mudeli sellest osast, mille gabariitmõõtmed on 120×52×40 *mm*.

Ülesanne 2 (joon. 248).

1. Antud detail joonistada silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 kolmes vaates: eest-, pealt- ja külgvaates. Märkida kujutistele mõõtmed.
2. Teha toru välispinnalaotus.
3. Teha tehniline joonis (isomeetria) torust.

Ülesanne 3 (joon. 249).

1. Antud detail joonistada silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 kolmes vaates: eest-, pealt- ja külgvaates.
2. Ehitada pinnalaotus puksi sellest osast, millel on kuusnurkse prisma kuju.

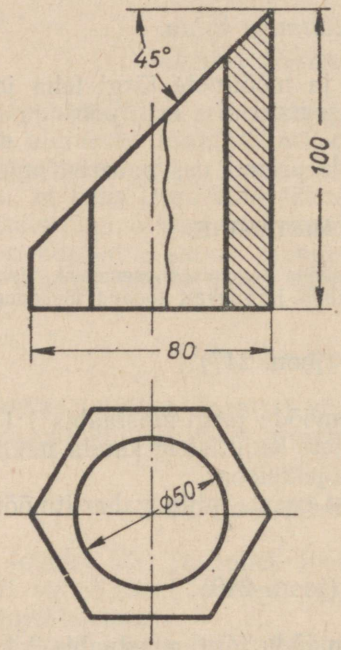
III. Tööd.

TÖÖ NR. 11.

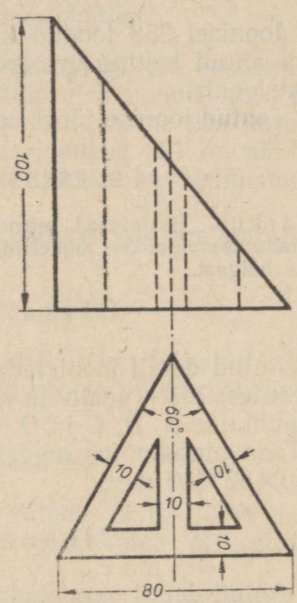
Märkus. Töö nr. 11 seisneb tehnilise joonise ja eskiisi valmistamises esemest, mille kujus esinevad tasapinnaliste lõikepindadega prismad või silindrid, ning eskiisi järgi joonise valmistamises. Töö jaoks vajaliku mudeli võib valida järgnevalt toodud ülesannete ja jooniste hulgast.

Ülesanne 1 (joon. 254).

Joonise 254 järgi valmistada:
1) tehniline joonis (isomeetria) antud detailist;



Joon. 254.



Joon. 255.

2) detaili joonis kolmes vaates: eest-, pealt- ja külgvaates. Kanda vaadetele mõõtmed;
3) joonis samades vaadetes ning märkida nendele mõõtmed.
Ülesanne 2 (joon. 255). Sama, mis esimene ülesanne.

VII peatükk.

ESEMETE JOONESTAMINE, MILLEDE KUJUS ESINEVAD TASAPINNALISTE LÕIKEPINDADEGA PÜRAMIIDID JA KOONUSED.

1. Kuusnurkse püramiidi lõikumine projekteeruva tasapinnaga.

Kaldu lõigatud püramiidi alumise osa ortogonaalprojektsioonide ehitamine. Joonisel 256, *a* on toodud kaks ortogonaalprojektsiooni kuusnurksest püramiidist, mis põhjaga toetub põhiprojektsioonipinnale ning mille kaks põhiserva on paralleelsed esiprojektsioonipinnaga. Püramiidi lõikab esiprojektsioonipinnale projekteeruv tasapind P, mille üle võib otsustada püramiidi esiprojektsiooni lõikava esijälje P_v ning X-teljega risti oleva põhijälje P_h järgi. Lõigates püramiidi, jaotab tasapind P tema kaheks osaks — alumiseks ja ülemiseks.

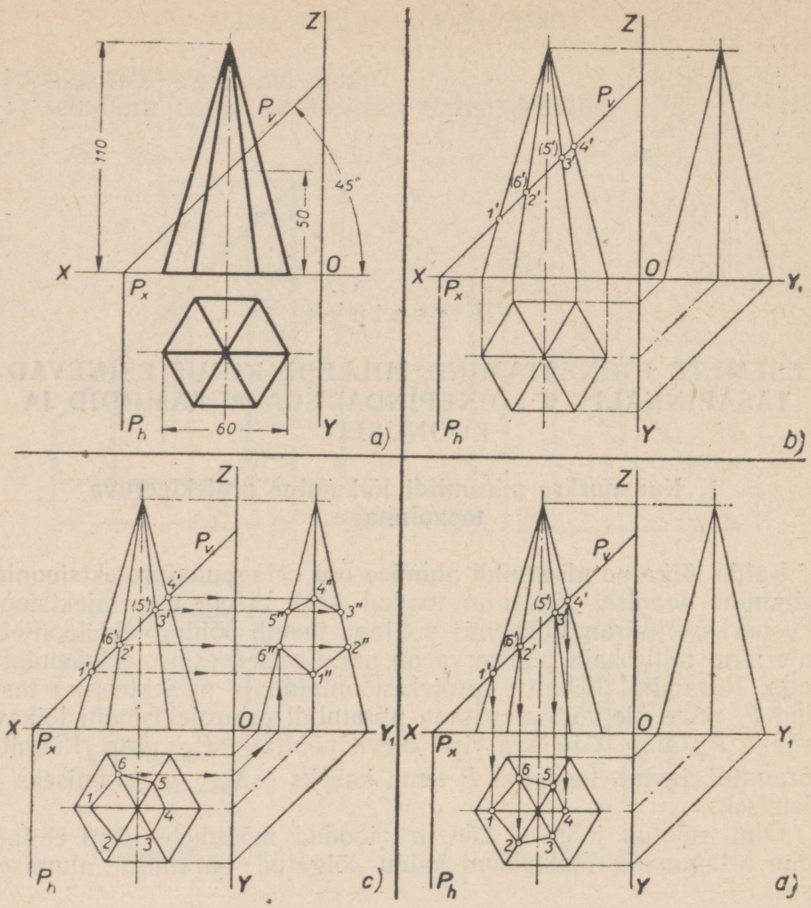
Olgu nõutud joonisel 256, *a* toodud mõõtmete järgi ehitada kolm ortogonaalprojektsiooni kaldu lõigatud püramiidi alumisest osast.

Joonise valmistamist alustame (joon. 256, *b*) täispüramiidi kolme ortogonaalprojektsiooni ehitamisega peenjoonte abil, seejärel ehitame antud tasapinna P jäljed P_v ja P_h ning tähistame tasapinna P ja püramiidi külgservade lõikepunktide esiprojektsioonid järgmiselt: *1′*, *2′*, (*6′*), *3′*, (*5′*) ja *4′*.

Püramiidi lõikepinna kujundi esiprojektsiooniks on lõik *1′—4′*.

Lõikepinna kujundi esiprojektsiooni ehitamiseks (joon. 256, *d*) projekteerime külgservade esiprojektsioonidel asetsevad punktid *1′*, *2′*, (*6′*) jne. vastavate külgservade põhiprojektsioonidele; seejärel ühendame need punktid sirgete abil, mille tagajärjel saame korrapäratu kuusnurga *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, mis ongi püramiidi lõikepinna kujundi põhiprojektsiooniks.

Lõikepinna kujundi külgprojektsiooni ehitamiseks (joon. 256, *c*) projekteerime külgservade esiprojektsioonidel asetsevad punktid *1′*, *2′*, (*6′*) jne. vastavate külgservade külgprojektsioonidele, mille järel ühendame need punktid sirgete abil. Seejuures saadud korra-



Joon. 256.

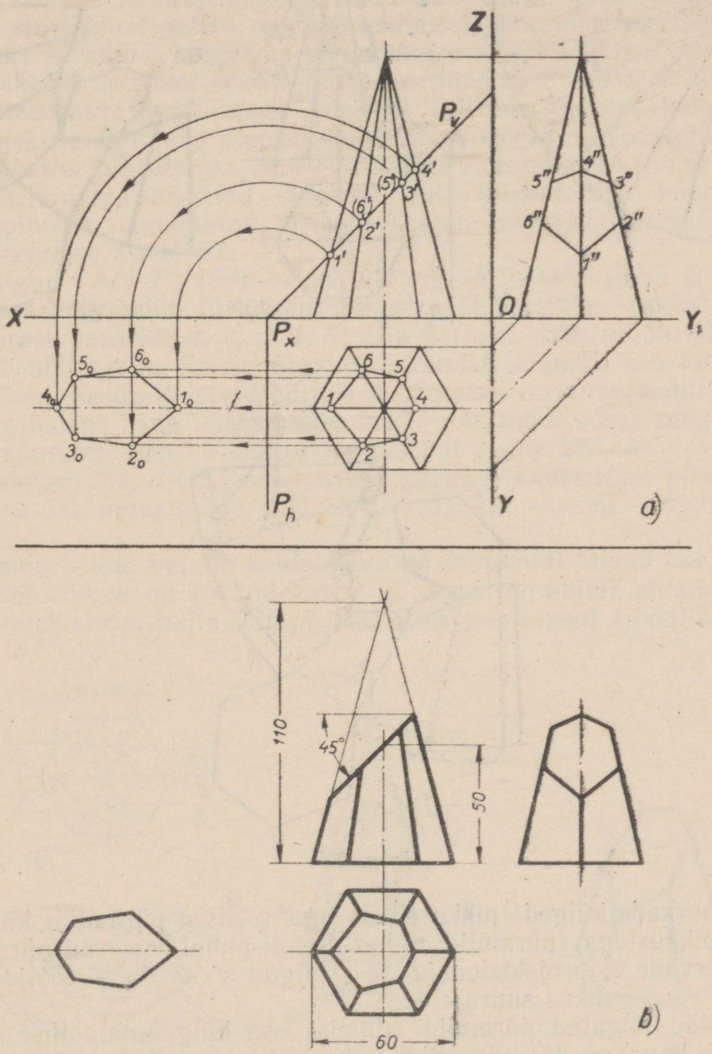
päratu kuusnurk *1″, 2″, 3″, 4″, 5″, 6″* ongi kaldu lõigatud püramiidi lõikepinna külgprojektsiooniks.

Lõikepinna kujundi põhiprojektsioon ja tema külgprojektsioon ei vasta lõikepinna kujundi tegelikule suurusele, sest ta on kaldu nii põhiprojektsioonipinna kui ka külgprojektsioonipinna suhtes (esiprojektsioonipinnal asetsev lõik *1′—4′* on kaldu mitte ainult *X*-telje, vaid ka *Z*-telje suhtes).

Lõikepinna kujundi ehitamine tegelikus suuruses. Püramiidi lõikepinna kujundi ehitamine tegelikus suuruses (joon. 257, *a*) teostub ühitamise meetodi abil, mida me kasutasime juba püramiidi ja silindri lõikepinna kujundi ehitamisel tegelikus suuruses (joon. 239, *a* ja 244, *b*).

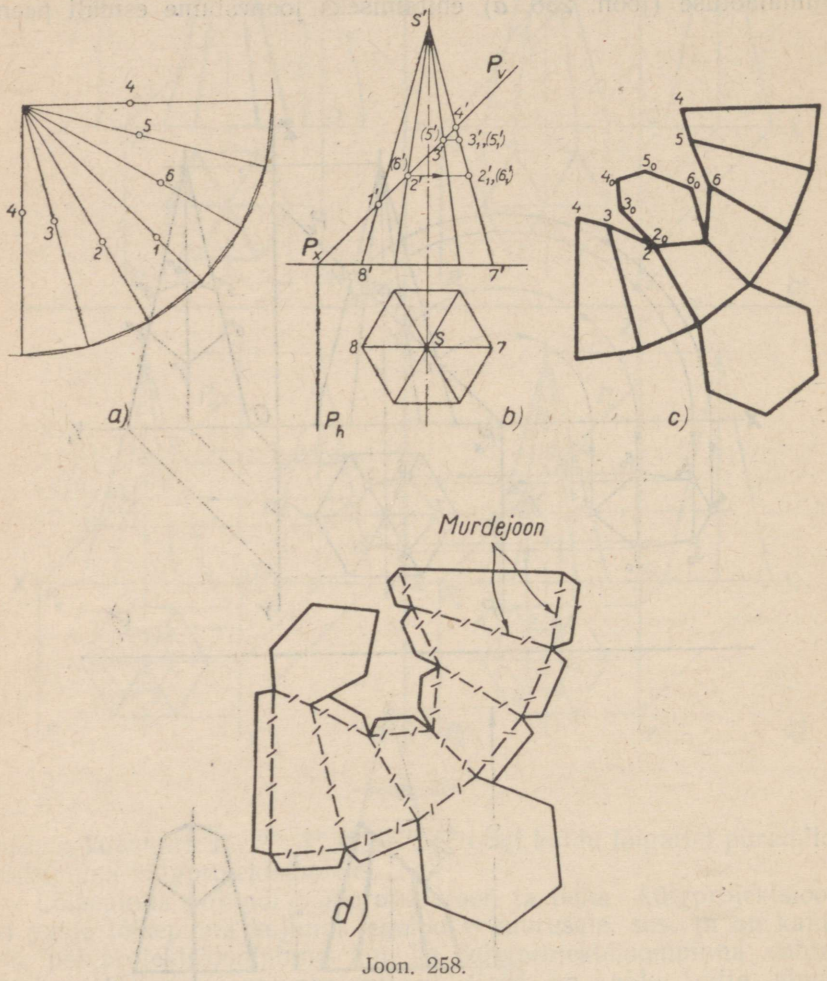
Kaldu lõigatud püramiidi alumise osa valmis kujutis on toodud joonisel 257, *b*.

Kaldu lõigatud püramiidi alumise osa pinnalaotuse ehitamine. Pinnalaotus kaldu lõigatud püramiidi alumisest osast, mille ortogonaalprojektsioonid on toodud joonisel 257, *b*, koosneb selle püramiidi põhjast, külgpinnalaotusest ja tegelikus suuruses esinevast lõikepinna kujundist. Kaldu lõigatud püramiidi alumise osa külgpinnalaotuse (joon. 258, *a*) ehitamiseks joonestame esmalt peen-



Joon. 257.

joonte abil täispüramiidi külgpinnalaotuse. Viimane koosneb kuuest võrdhaarsest kolmnurgast, mis suuruselt on võrdsed püramiidi külgtahkudega; kusjuures iga kolmnurga alus on võrdne püramiidi põhiserva pikkusega (püramiidi antud asendi puhul leiame püramiidi põhiserva tegeliku suuruse põhiprojektsioonil).



Joon. 258.

Kolmnurkade külgede pikkused on aga võrdsed püramiidi külgservade pikkustega (püramiidi antud asendi puhul esinevad püramiidi külgservade esiprojektsioonid — lõigud $s'—7'$ ja $s'—8'$ joonisel 258, *b* — tegelikus suuruses).

Kaldu lõigatud püramiidi alumise osa külgpinnalaotuse ehitamiseks kanname täispüramiidi külgpinnalaotuse kolmnurkade külgedele sirglõigud, millede pikkused on võrdsed vastavate lõigatud

külgservade tegelike pikkustega. Seejuures saame punktid *1, 2, 3, 4, 5* ja *6* (joon. 258, *a*). Kahe lõigatud külgserva *1—8* ja *4—7* tegelik suurus on määratud nende külgservade esiprojektsioonidega, s. t. lõikudega *1′—8′* ja *4′—7′* (joon. 258, *b*), sest need külgservad, olles paralleelsed esiprojektsioonipinnaga, projekteeruvad sellele projektsioonipinnale tegelikus suuruses.

Kuna püramiidi ülejäänud lõigatud külgservad pole paralleelsed ühegi projektsioonipinnaga, tuleb nende tegeliku suuruse leidmiseks kasutada abiprojektsiooni, mida käsitlesime juba üldasendis antud sirglõigu tegeliku suuruse leidmisel pööramise meetodi abil (näiteks püramiidi külgserva pööramisega joonisel 183).

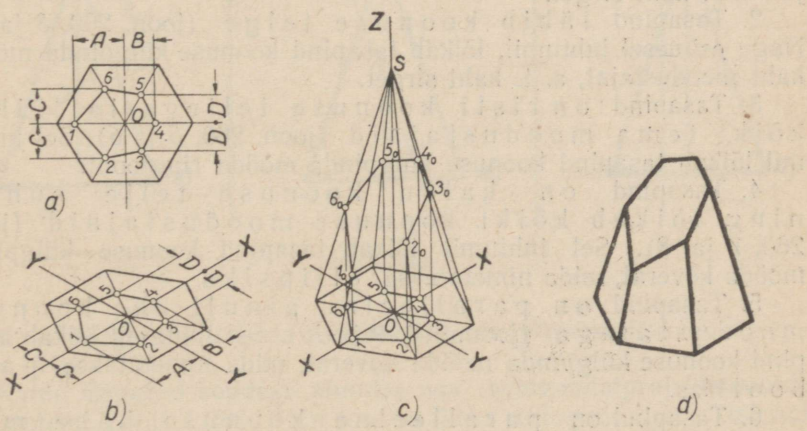
Abikonstruktsioon seisab selles, et punktid *2′*, *(6′)*, *3′* ja *(5′)* projekteeritakse paralleelselt *X*-teljega sellisele lõigatud külgserva esiprojektsioonile, mis asetseb paralleelselt esiprojektsioonipinnaga. Niisuguseks külgservaks on *4—7*. Selline ehitamine on samaväärne sellega, kui iga lõigatud külgserv, mis projekteerub esiprojektsioonipinnale moonutatult, oleks pööratud esiprojektsioonipinnaga paralleelsesse asendisse.

Lõigud $3_1'$—*7′*, $(5_1')$—*7′*, $2_1'$—*7′* ja $(6_1')$—*7′* (joon. 258, *b*) määravad püramiidi ülejäänud külgservade tegelikke suurusi.

Pärast punktide *4, 3, 2, 1, 6, 5* ja *4* (joon. 258, *a*) ühendamist sirgete abil saame kaldu lõigatud püramiidi alumise osa külgpinnalaotuse. Kaldu lõigatud püramiidi alumise osa pinnalaotuse saamiseks lisame tema külgpinnalaotusele püramiidi põhja ning tegelikus suuruses esineva lõikepinna kujundi (joon. 258, *c*).

Joonisel 258, *d* on toodud kaldu lõigatud kuusnurkse püramiidi alumise osa pinnalaotus, mis on ette nähtud mudeli valmistamiseks.

Isomeetriline kujutis kaldu lõigatud püramiidi alumisest osast. Joonisel 259, *a* on toodud kaldu lõigatud püramiidi alumise osa põhiprojektsioon, mille ehitamist käsitlesime eespool (joon. 256, *c*).



Joon. 259.

Püramiidi alumise osa isomeetrilise kujutise saamiseks tuleb kõigepealt ehitada isomeetriline kujutis joonisel 259, *a* toodud püramiidi põhiprojektsioonist. Tähtedega *A* ja *B* tähistame joonisel 259, *a* punktide *1* ja *4* kaugusi püsttelgjoonest ja joonisel 259, *b* samade punktide kaugusi *Y*-teljest. Tähtedega *C* ja *D* tähistame joonisel 259, *a* vastavalt punktide *2* ja *6* ning *3* ja *5* kaugust rõhttelgjoonest ja joonisel 259, *b* samade punktide kaugusi *X*-teljest. Järgnevalt kanname *Z*-teljele (joon. 259, *c*) punktist *O* lõigu *OS*, mis on võrdne täispüramiidi kõrgusega, mille järel punkt *S* ühendame sirgete abil püramiidi põhja isomeetrilise kujutise, s. t. kuusnurga tippudega. Seejärel tõmbame punktidest *1, 2, 3, 4, 5* ja *6* *Z*-teljega paralleelsed sirged, mis lõikavad püramiidi külgservade isomeetrilisi projektsioone punktides 1_0, 2_0, 3_0, 4_0, 5_0 ja 6_0.

Leitud punktide ühendamisel saame isomeetrilise kujutise püramiidi lõikepinna kujundist. Kaldu lõigatud püramiidi alumise osa isomeetriline kujutis on toodud joonisel 259, *d*.

II. Koonuse lõikumine projekteeruva tasapinnaga.

Koonuslõigete mõiste. Sõltuvalt koonust lõikavale tasapinnale antavast asendist on võimalik saada mitmesuguseid lõikeid, mida nimetatakse koonuslõigeteks. Joonisel 260 on näitena toodud mitmesugused koonuslõiked, mida saadakse sõltuvalt koonust lõikava tasapinna *P* asendist. Iga koonuslõike näite selgitamiseks on toodud tema näitlik kujutis ning sellele vastav ortogonaalprojektsioon.

Vaatame igat koonuslõike näidet eraldi.

1. Tasapind läbib koonuse tippu, kuid ei lõika koonuse telge (joon. 260, *1* ja *2*). Sel juhtumil lõikab tasapind koonuse külgpinda (koonilist pinda) mööda kaht moodustajat, s. o. kaht sirget.

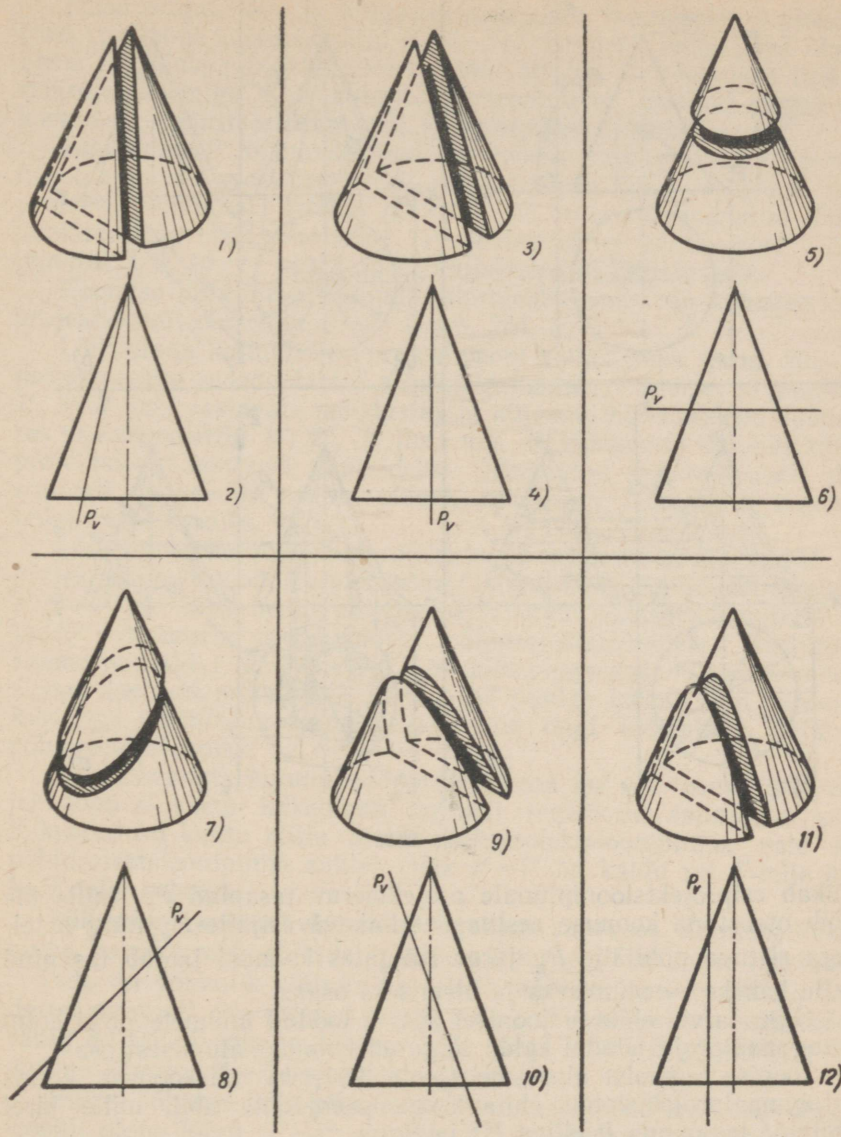
2. Tasapind läbib koonuse telge (joon. 260, *3* ja *4*). Nagu esimesel juhtumil, lõikab tasapind koonuse külgpinda mööda kaht moodustajat, s. t. kaht sirget.

3. Tasapind on risti koonuse teljega ja lõikab kõiki tema moodustajaid (joon. 260, *5* ja *6*). Sel juhtumil lõikab tasapind koonuse külgpinda mööda ringjoont.

4. Tasapind on kaldu koonuse telje suhtes ning lõikab kõiki koonuse moodustajaid (joon. 260, *7* ja *8*). Sel juhtumil lõikab tasapind koonuse külgpinda mööda kõverat, mida nimetatakse ellipsiks.

5. Tasapind on paralleelne ainult ühe koonuse moodustajaga (joon. 260, *9* ja *10*). Sel juhtumil lõikab tasapind koonuse külgpinda mööda kõverat, mida nimetatakse paraboliks.

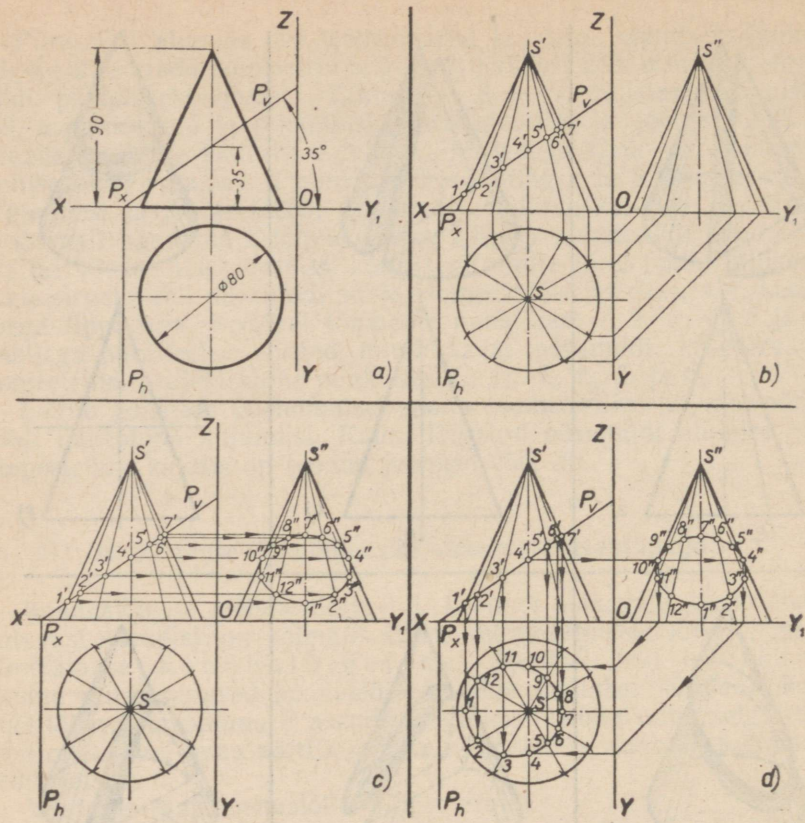
6. Tasapind on paralleelne koonuse kahe moodustajaga (joon. 260, *11* ja *12*). Sel juhtumil lõikab tasapind



Joon. 260.

koonuse külgpinda mööda kõverat, mida nimetatakse h ü p e r b o o l i k s.

Kaldu lõigatud koonuse alumise osa ortogonaalprojektsioonide ehitamine. Joonisel 261, *a* on toodud kaks ortogonaalprojektsiooni koonusest, mis toetub põhjaga põhiprojektsioonipinnale. Koonust



Joon. 261.

lõikab esiprojektsioonipinnale projekteeruv tasapind P, mille üle võib otsustada koonuse eestvaadet lõikava esijälje P_v ning X-teljega ristuva põhijälje P_h järgi. Lõigates koonust jaotab tasapind selle kaheks — alumiseks ja ülemiseks osaks.

Olgu tarvis ehitada joonisel 261, *a* toodud andmete järgi kolm ortogonaalprojektsiooni kaldu lõigatud koonuse alumisest osast.

Joonise tegemist alustame (joon. 261, *b*) täiskoonuse kolme ortogonaalprojektsiooni ehitamisega peenjoonte abil, mille järel ehitame tasapinna P jäljed P_v ja P_h.

Järgnevalt ehitame koonuse moodustajate projektsioone. Selleks et moodustajad oleksid koonuse pinnal ühtlaselt jaotatud, jaotame esmalt (nagu silindriga näite puhul joonisel 244, *a*) ringjoone, s. t. koonuse põhiprojektsiooni 12 võrdseks osaks. Ühendame ringjoone jaotuspunktid koonuse tipu põhiprojektsiooniga, s. t. punktiga *s*. Saadud sirged on koonuse moodustajate põhiprojektsioonideks.

Moodustajate esi- ja külgprojektsioonide leidmiseks projekteerime ringjoone jaotuspunktid X- ja $Y(Y_1)$-teljele, mille järel ühendame telgedele projekteeritud punktid sirgete abil koonuse tipu S esiprojektsiooniga s' ja külgprojektsiooniga s''. Saadud sirged on koonuse moodustajate esi- või külgprojektsioonideks.

Tasapinna P lõikumisel koonuse moodustajatega saadud punktidest annavad projekteerimisel nähtavad punktid *1, 2, 3* jne. esiprojektsioonipinnal punkte *1′, 2′, 3′* jne., mis on nimetatud lõikepunktide esiprojektsioonideks. Projekteerimisel nähtamatud lõikepunktid *8, 9, 10, 11* ja *12* on esiprojektsioonil tähistamata.

Koonuse lõikepinna kujundi esiprojektsiooniks on koonuse esiprojektsioonil olev lõik *1′—7′* (joon. 261, *b*).

Lõikepinna kujundi külgprojektsiooni ehitamiseks (joon. 261, *c*) projekteerime moodustajate esiprojektsioonidel asetsevad punktid *1′, 2′, 3′* jne. vastavate moodustajate külgprojektsioonidele, kusjuures saame punktid *1″, 2″, 3″* jne., mis on lõikepinna kujundi külgprojektsiooni kontuuri punktideks. Nimetatud punkte lekaali abil sujuvalt ühendades saame ellipsi, mis ongi lõikepinna kujundi külgprojektsiooniks.

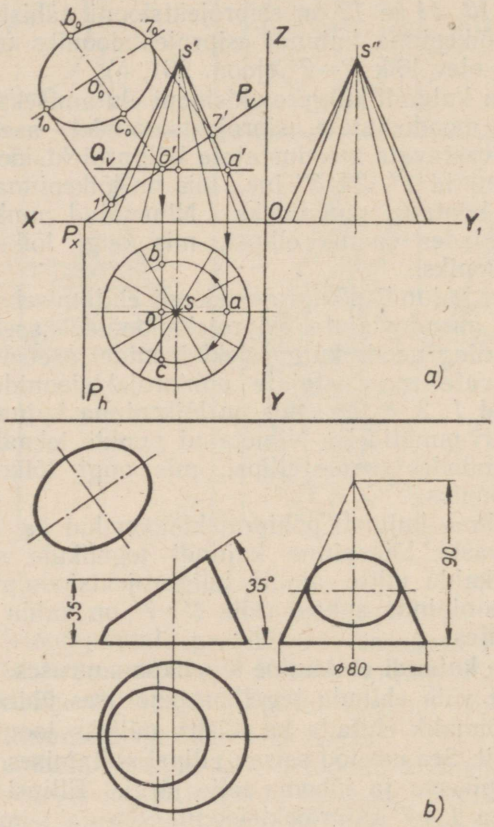
Lõikepinna kujundi põhiprojektsiooni ehitamiseks (joon. 261, *d*) projekteerime moodustajate esiprojektsioonidel asetsevad punktid *1′, 2′, 3′* jne. ning nende külgprojektsioonidel asetsevad punktid *4″* ja *10″* vastavate moodustajate põhiprojektsioonidele. Seejuures saame punktid *1, 2, 3* jne., mis on lõikepinna kujundi põhiprojektsiooni kontuuri punktideks. Nimetatud punkte lekaali abil sujuvalt kõveraga ühendades saame ellipsi, mis ongi lõikepinna kujundi põhiprojektsiooniks.

Nii lõikepinna kujundi põhiprojektsioon kui ka tema külgprojektsioon ei vasta lõikepinna kujundi tegelikule suurusele, sest lõikepind on kaldu mitte ainult külgprojektsioonipinna, vaid ka põhiprojektsioonipinna suhtes (lõik *1′—7′* on kaldu nii X-telje kui ka Z-telje suhtes).

Lõikepinna kujundi ehitamine tegelikus suuruses. Koonuse lõikepinna kujundi võib ehitada tegelikus suuruses ühitamise meetodil. Teda on võimalik ehitada ka teisiti, näiteks joonisel 262, *a* näidatud meetodil. See meetod seisab ellipsi ehitamises eelnevalt määratud ellipsi pikema ja lühema telje järgi. Ellipsi pikem telg on võrdne lõiguga *1′—7′* esiprojektsioonil.

Ellipsi lühema telje pikkuse määramiseks poolitame esiprojektsioonil oleva lõigu *1′—7′* punktis *O′*. Järgnevalt tõmbame läbi punkti *O′* abil lõiketasapinna jälje Q_v. Abilõiketasapind Q on risti koonuse teljega ning lõikab koonuse külgpinda mööda ringjoont. Tõmbame põhiprojektsioonil asetsevast punktist *s* kui tsentrist kaare raadiusega, mis on võrdne lõiguga *n′—a′*. Seejärel läbi punkti *O′* paralleelselt koonuse teljega tõmmatud sirge lõikab seda kaart punktides *b* ja *c*. Lõigud *ob* ja *oc* on võrdsed ellipsi otsitud lühemate pooltelgedega.

Ellipsi ehitame järgmiselt. Esmalt tõmbame sirge, mis on paralleelne lõiketasapinna jäljega P_v, seejärel kanname sellele lõigud o_0—1_0 ja o_0—7_0, mis on võrdsed ellipsi pikemate pooltelgedega. Järgnevalt tõmbame läbi punkti o_0 sirge, mis on risti ellipsi pikema teljega 1_0—7_0, ning kanname sellele punktist o_0 lõigud o_0—b_0 ja o_0—c_0, mis on võrdsed ellipsi lühemate pooltelgedega. Ellipsi ehitamine tema kahe telje järgi toimub meile juba tuntud viisil.

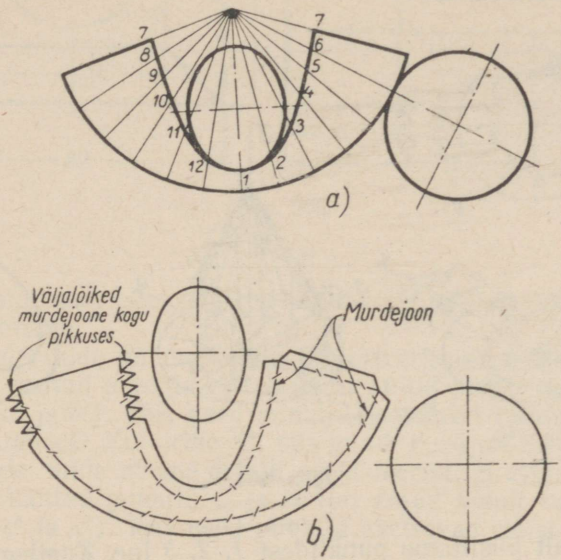


Joon. 262.

Kaldu lõigatud koonuse alumise osa valmis kujutis on toodud joonisel 262, *b*.

Kaldu lõigatud koonuse alumise osa pinnalaotuse ehitamine. Pinnalaotus kaldu lõigatud koonuse alumisest osast, mille ortogonaalprojektsioonid on toodud joonisel 262, *b*, koosneb selle koonuse alumise põhja kujundist (s. t. ringist), koonuse alumise osa külgpinnalaotusest ning tegelikus suuruses antud lõikepinna kujundist.

Kaldu lõigatud koonuse alumise osa külgpinnalaotuse (joon. 263, *a*) valmistamiseks joonestame eelnevalt täiskoonuse külgpinnalaotuse peenjoonte abil. Seejärel jaotame sektori kaare samaarvulisteks võrdseteks osadeks, nagu koonuse põhiprojektsioonigi (s. t. 12 võrdseks osaks). Järgnevalt ühendame sektori kaare jaotuspunktid sirgete abil sektori tipuga.



Joon. 263.

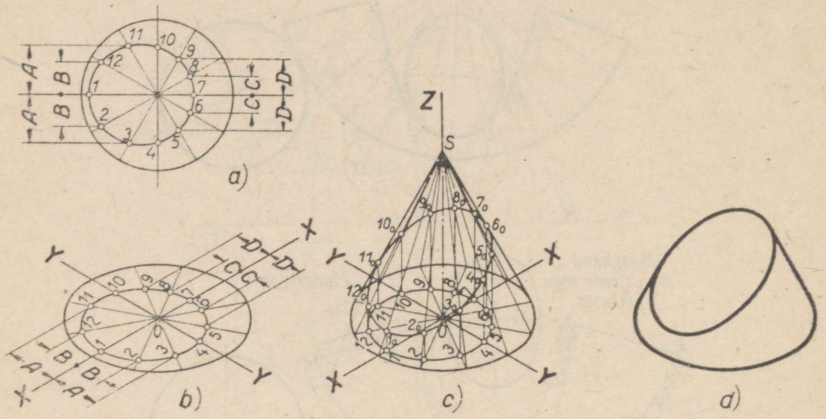
Edasi määrame meetodil, mida kasutasime püramiidi lõigatud külgservade tegelike pikkuste määramiseks (joon. 258, *b*), koonuse iga lõigatud moodustaja tegeliku pikkuse. Kanname sektori kaare jaotuspunkte tema tipuga ühendavatele sirgetele järgemööda lõigud, mis on võrdsed vastavate lõigatud moodustajate tegelike pikkustega. Seejuures saadud punktid *1, 2, 3* jne. ühendame lekaali abil sujuva kõverjoonega.

Kaldu lõigatud koonuse alumise osa pinnalaotuse saamiseks lisame tema külgpinnalaotusele täiendavalt veel koonuse põhja kujutise (ringi) ning tegelikus suuruses esineva lõikepinna kujundi (ellipsi). Joonisel 263, *b* on toodud kaldu lõigatud koonuse alumise osa pinnalaotus, mis on ette nähtud mudeli valmistamiseks.

Kaldu lõigatud koonuse alumise osa isomeetriline kujutis. Joonisel 264, *a* on toodud kaldu lõigatud koonuse alumise osa põhiprojektsioon, mille ehitamist käsitlesime eespool (joon. 261, *d*). Kaldu lõigatud koonuse alumise osa isomeetrilise kujutise ehitamiseks tuleb meil kõigepealt valmistada isomeetriline kujutis joonisel 264, *a*

toodud koonuse põhiprojektsioonist. Tähtedega *A, B, C* ja *D* tähistame punktide *3* ja *11, 2* ja *12* jne. kaugusi rõhttelgjoonest (joon. 264, *a*) ning *X*-teljest (joon. 264, *b*).

Kanname *Z*-teljele (joon. 264, *c*) punktist *O* lõigu *OS*, mis on võrdne täiskoonuse kõrgusega. Selle järel ühendame punkti *S* sirgete abil koonuse põhja isomeetrilise kujutise, s. t. ellipsi jaotuspunktidega. Saadud sirged on koonuse moodustajate isomeetrilisteks projektsioonideks.



Joon. 264.

Järgnevalt püstitame punktidest *1, 2, 3* jne. *Z*-teljega paralleelsed sirged, mis lõikuvad koonuse moodustajate projektsioonidega punktides 1_0, 2_0, 3_0 jne.

Punkte 1_0, 2_0, 3_0 jne. lekaali abil sujuvalt kõveraga ühendades saame koonuse lõikepinna kujundi isomeetrilise kujutise. Lõpetatud isomeetriline kujutis kaldu lõigatud koonuse alumisest osast on toodud joonisel 264, *d*.

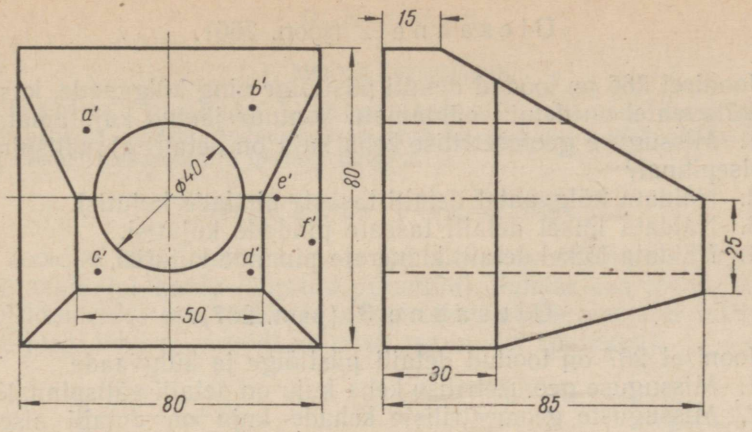
PRAKTILISED TÖÖD.

I. Jooniste lugemine.

Ülesanne 1 (joon. 265).

Joonisel 265 on kujutatud detail eest- ja külgvaates.

1. Missuguste geomeetriliste kehade kuju on detaili välispinnal?
2. Näidata eestvaatel kujutisi pindadest, mis on paralleelsed esiprojektsioonipinnaga.
3. Näidata külgvaatel kujutisi pindadest, mis on kaldu põhi- ja külgprojektsioonipinnaga.



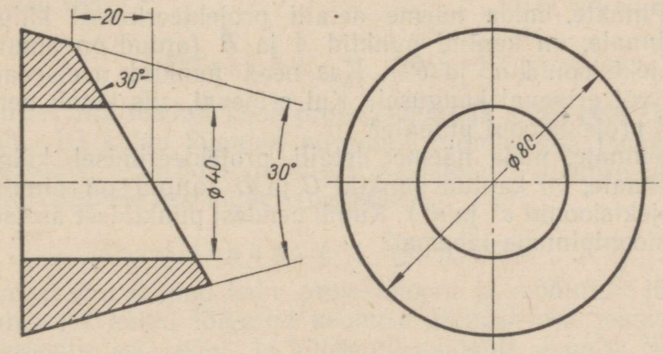
Joon. 265.

4. Näidata eestvaatel kujutisi pindadest, mis on kaldu esiprojektsioonipinnaga.

5. Pinnale, mida näeme detaili projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud punktid *A* ja *B* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *a'* ja *b'*). Kas need punktid asetsevad meist võrdsel või erineval kaugusel? Kui erineval, siis kumb neist on meile lähemal?

6. Pinnale, mida näeme detaili projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud punktid *C* ja *D* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *c'* ja *d'*). Kas need punktid asetsevad meist võrdsel või erineval kaugusel?

7. Pinnale, mida näeme detaili projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud punktid *E* ja *F* (on antud ainult nende esiprojektsioonid *e'* ja *f'*). Kas need punktid asetsevad meist võrdsel või erineval kaugusel? Kui erineval, siis kumb nendest on meile lähemal?



Joon. 266.

Ülesanne 2 (joon. 266).

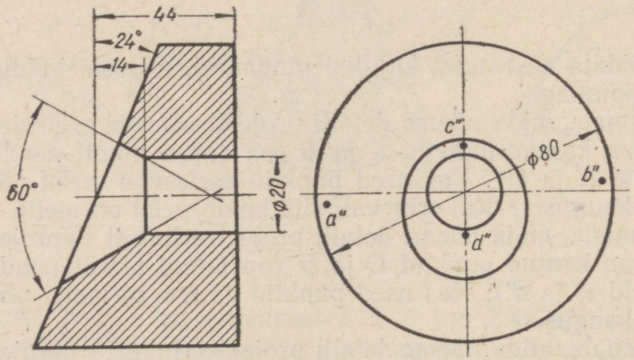
Joonisel 266 on toodud detaili püstlõige ning külgvaade, kusjuures külgvaatel on detaili nähtamatu kontuur jäetud kujutamata.

1. Missuguse geomeetrilise keha kuju on detaili *a*) välispinnal, *b*) sisepinnal?
2. Näidata külgvaatel detaili tasaste pindade kujutisi.
3. Näidata lõikel detaili tasaste pindade kujutisi.
4. Näidata lõikel detaili kumerate pindade kujutisi.

Ülesanne 3 (joon. 267).

Joonisel 267 on toodud detaili püstlõige ja külgvaade.

1. Missuguse geomeetrilise keha kuju on detaili välispinnal?
2. Missuguste geomeetriliste kehade kuju on detaili sisepindadel?



Joon. 267.

3. Näidata külgvaatel detaili tasaste pindade kujutisi.
4. Näidata lõikel detaili tasaste pindade kujutisi.
5. Pinnale, mida näeme detaili projekteerimisel külgprojektsioonipinnale, on kantud punktid *A* ja *B* (antud on ainult nende külgprojektsioonid *a''* ja *b''*). Kas need punktid asetsevad meist võrdsel või erineval kaugusel? Kui erineval, siis kumb nendest on lähemal projektsiooni pinnale?
6. Pinnale, mida näeme detaili projekteerimisel külgprojektsioonipinnale, on kantud punktid *C* ja *D* (antud on ainult nende külgprojektsioonid *c''* ja *d''*). Kumb nendest punktidest asetseb külgprojektsioonipinnale lähemal?

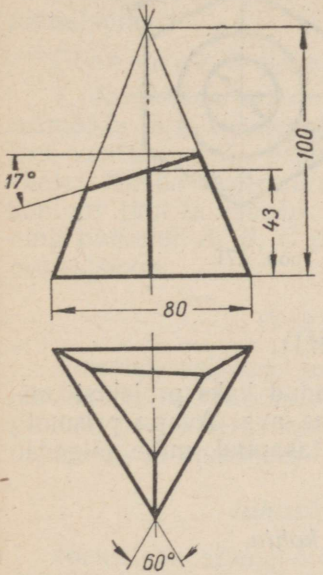
II. Harjutused.

1. MODELLEERIMINE.

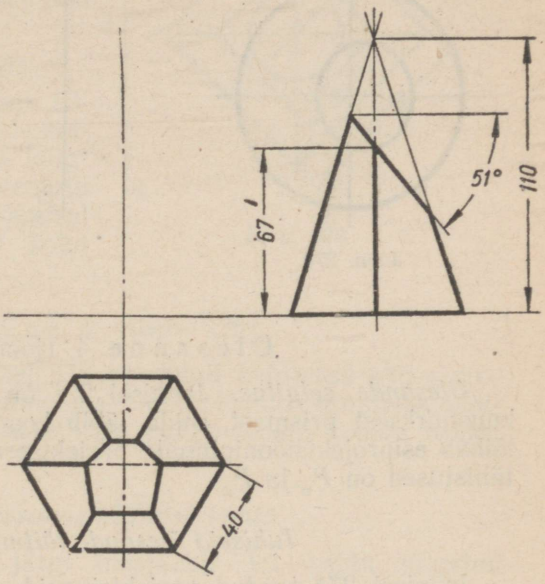
Märkus. Harjutused seisnevad püramiidi ja koonuse osade jooniste järgi paberist mudelite valmistamises. Mudelite eeskujusid võib valida järgnevalt toodud ülesannete ja jooniste hulgast.

Ülesanne 1 (joon. 268).

Joonisel 268 toodud kahe projektsiooni ja mõõtmete järgi teha mastaabis 1:1 kaldu lõigatud püramiidi alumise osa joonis kolmes projektsioonis: esi-, põhi- ja külgprojektsioonis; seejärel tuleb joonise järgi teha püramiidi alumise osa mudel (paberist).



Joon. 268.



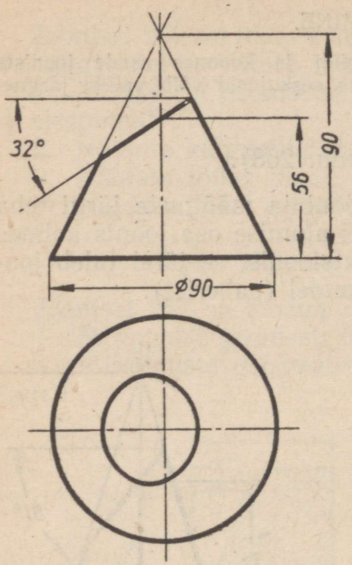
Joon. 269.

Ülesanne 2 (joon. 269).

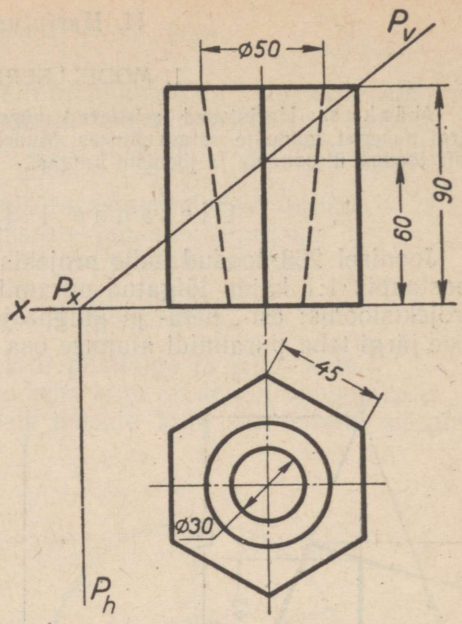
Joonisel 269 toodud kahe projektsiooni ja mõõtmete järgi teha mastaabis 1:1 kaldu lõigatud püramiidi alumise osa joonis kolmes projektsioonis: esi-, põhi- ja külgprojektsioonis. Joonise järgi teha püramiidi alumise osa mudel (paberist).

Ülesanne 3 (joon. 270).

Joonisel 270 toodud kahe projektsiooni ja mõõtmete järgi teha mastaabis 1:1 kaldu lõigatud koonuse alumise osa joonis kolmes projektsioonis: esi-, põhi- ja külgprojektsioonis. Joonise järgi teha koonuseosa mudel (paberist).



Joon. 270.



Joon. 271.

Ülesanne 4 (joon. 271).

Ülesande selgitus. Joonisel 271 on toodud kaks projektsiooni kuusnurksest prismast, mida läbib kooniline ava. Avaga prismat lõikab esiprojektsioonipinnale projekteeruv tasapind, mille jälgede tähistused on P_v ja P_h.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

Joonisel 271 toodud projektsioonide ja mõõtmete järgi teha mastaabis 1:1 kaldu lõigatud prisma alumise osa joonis kolmes projektsioonis: esi-, põhi- ja külgprojektsioonis. Joonise järgi teha avaga prisma mudel (paberist).

2. ESKIISIDE VALMISTAMINE.

Märkus. Harjutused seisnevad esemetest eskiiside valmistamises. Eskiiside valmistamiseks vajalikke mudeleid võib valida järgnevalt toodud ülesannete ja jooniste hulgast.

Ülesanne 1 (joon. 265).

1. Joonistada antud detail silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 järgmistes projektsioonides: eestvaates, pealtvaates ning püstlõikes (külgvaate asemel). Kanda projektsioonidele nähtamatu kontuur

(kui ta esineb), mõõtmed ja punktide *A, B, C, D, E* ja *F* kolm projektsiooni.

2. Ehitada detaili püramiidikujulise osa pinnalaotus.

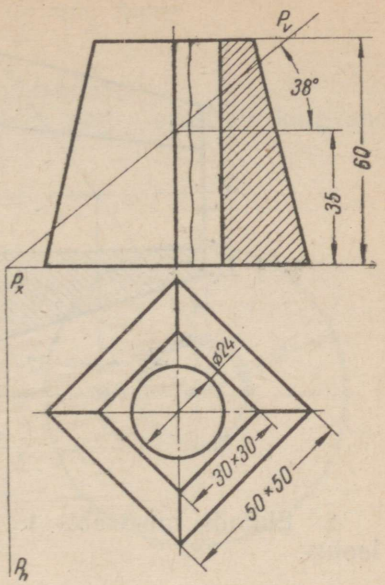
Ülesanne 2 (joon. 266).

1. Joonistada antud detail silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 kolmes vaates: eest-, pealt- ja külgvaates. Kanda vaadetele nähtamatu kontuur (kui ta esineb) ning mõõtmed.

2. Ehitada detaili välispinna pinnalaotus.

Ülesanne 3 (joon. 267).

1. Joonistada antud detail silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 kolmes vaates: eest-, pealt- ja külgvaates. Kanda vaadetele nähtamatu kontuur (kui ta esineb), mõõtmed ning punktide *A, B, C* ja *D* kolm projektsiooni.



Joon. 272.

Ülesanne 4 (joon. 272).

Ülesande selgitus. Joonisel 272 on detail kujutatud kahes projektsioonis: esi- ja põhiprojektsioonis. Detaili lõikab esiprojektsioonipinnale projekteeruv tasapind *P*, mis jaotab detaili kaheks osaks: ülemiseks ja alumiseks.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

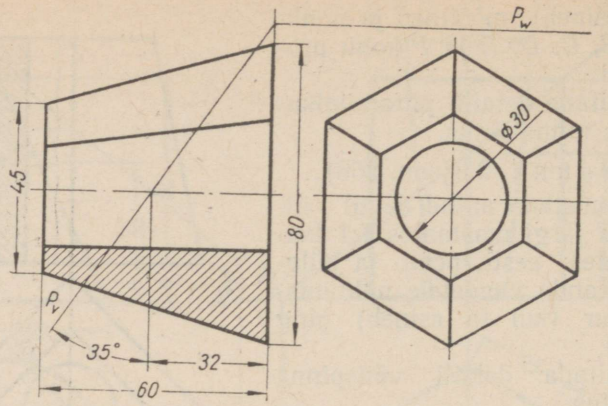
Joonistada silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 kaldu lõigatud detaili alumine osa kolmes vaates: eest-, pealt- ja külgvaates. Märkida kujutistele mõõtmed. Ehitada samas mõõtkavas detaili alumise osa välispinnalaotus.

Ülesanne 5 (joon. 273).

Ülesande selgitus. Joonisel 273 on detail kujutatud esi- ja külgprojektsioonis. Esiprojektsioonipinnale projekteeruv tasapind *P* jaotab detaili kaheks osaks: vasak- ja parempoolseks.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Joonistada silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 detaili parempoolne osa kolmes vaates: eest-, pealt- ja külgvaates. Märkida kujutistele mõõtmed.



Joon. 273.

2. Ehitada mastaabis 1:1 detaili parempoolse osa välispinnalaotus.

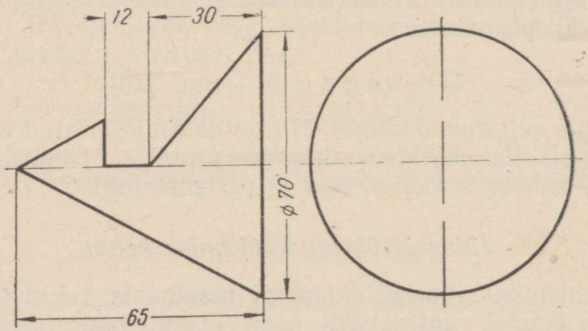
III. Tööd.

TÖÖ NR. 12.

Märkus. Töö nr. 12 seisneb tehnilise joonistuse ja eskiisi valmistamises lihtsa väljalõikega koonusekujulisest esemest, mille järel eskiisi järgi tuleb teha joonis. Töö jaoks vajalik mudel valida järgnevalt toodud ülesannete ja jooniste hulgast.

Ülesanne 1 (joon. 274).

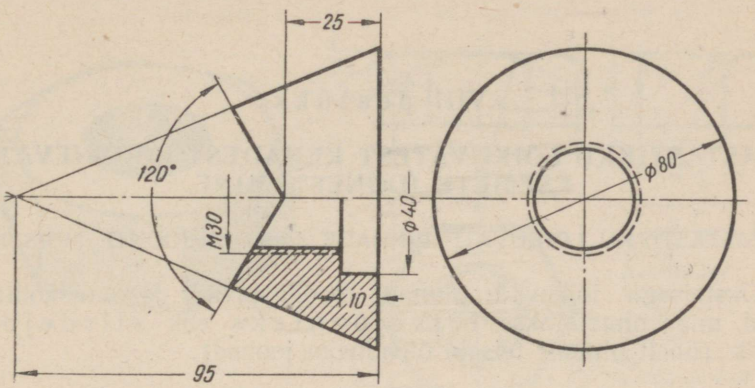
Ülesande selgitus. Joonisel 274 on kujutatud tasapinnalise lõikepinnaga koonus esi- ja külgprojektsioonis, kusjuures viimane on lõpuni joonestamata.



Joon. 274.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

Joonise 274 järgi valmistada:
1) koonuse tehniline joonis (isomeetria);
2) koonuse joonis kolmes vaates: eest-, pealt- ja külgvaade. Märkida vaadetele mõõtmed;



Joon. 275.

3) koonuse joonis samades vaadetes ning märkida nendele mõõtmed.

Ülesanne 2 (joon. 275).

Joonise selgitus. Joonisel 275 on kujutatud tasapinnalise lõikepinnaga koonusekujuline detail kahes projektsioonis, kusjuures külgprojektsioon on lõpuni joonestamata.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

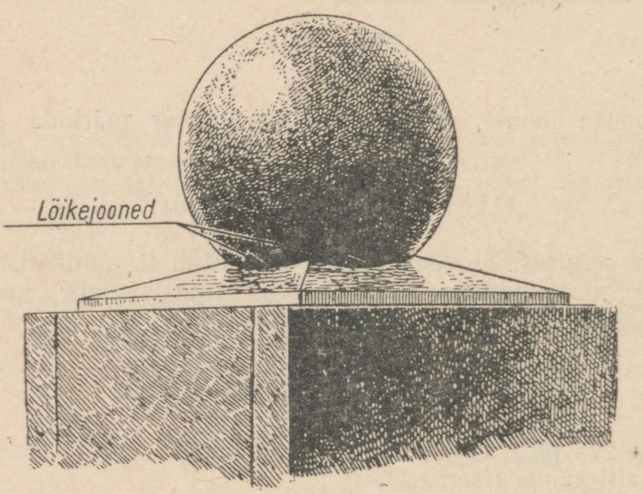
Joonise 275 järgi valmistada:
1) detaili joonis (isomeetria);
2) detaili joonis järgmistes projektsioonides: pooleestvaade koos poolpüstlõikega ning poolpealtvaade koos poolrõhtlõikega ja külgvaade. Märkida projektsioonidele mõõtmed;
3) detaili joonis samades projektsioonides ühes mõõtmete äramärkimisega.

VIII peatükk.

VASTASTIKKU LÕIKUVATEST KEHADEST KOOSNEVATE ESEMETE JOONESTAMINE.

VASTASTIKKU LÕIKUVATE PINDADE JA LÕIKEJOONTE MÕISTE.

Üksteisega lõikuvad pinnad moodustavad lõikumiskohtades jooni, mida nimetatakse *lõikejoonteks* ehk *siirdejoonteks* (ühelt pinnalt teisele ülemineku jooned).



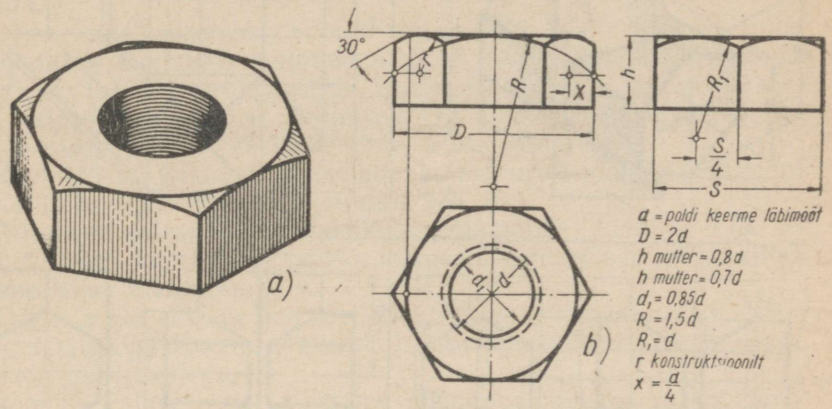
Joon. 276.

Joonisel 276 on toodud üks kujunditest, mis kaunistavad Moskvas A. M. Gorki nimelise kultuuri- ja puhkepargi kaldapealset. Kujundi pealmine osa koosneb kerast, mis on asetatud nelinurksele püramiidile. Vastastikku lõikudes moodustavad kera ja püramiidi pinnad kõveraid lõikejooni.

Teise näitena lõikejoone tekkimise kohta on joonisel 277 toodud kinnitusdetaili — kuuskantmutri näitlik kujutis.

Mutri prismakujulise pinna pealmine osa on kooniliselt maha

treitud, mille tõttu koonuse ja prisma pinna vastastikuse lõikumise kohtades tekivad kõverad lõikejooned. Kuna antud näite puhul kooniline pind lõigatakse koonuse teljele paralleelsete tasapindadega (mutri külgtahkudega), siis need kõverad kujutavad endast, nagu teame eespoolkäsitletust, mitte midagi muud kui hüperboole (võrrelda joonisega 260, *l* ja *m*).



Joon. 277.

Märgime, et masinaehitusalases joonestamises ei joonestata kuuskant- (nelikant-) mutri ning poldi- ja metallkruvi pea tahkude lõikejooni hüperboolidena, vaid lihtsustatult, ringjoone kaartena. Joonisel 277, *b* on näidatud lihtsustatud viis mutri joonestamiseks. Sama meetodit kasutatakse ka poldi- või metallkruvi pea joonestamisel. Sõltuvalt poldi keerme välisläbimõõdust *d* (või, mis on sama, mutri ava keerme välisläbimõõdust *d*) määratakse ka teised ehitamiseks vajalikud mõõtmed, ja nimelt: *D*, *h*, d_1 jne.

Järgnevalt käsitleme juhiseid ja viise lõikejoonte ehitamiseks, mis tekivad mõnede geomeetriliste kehade vastastikusel lõikumisel.

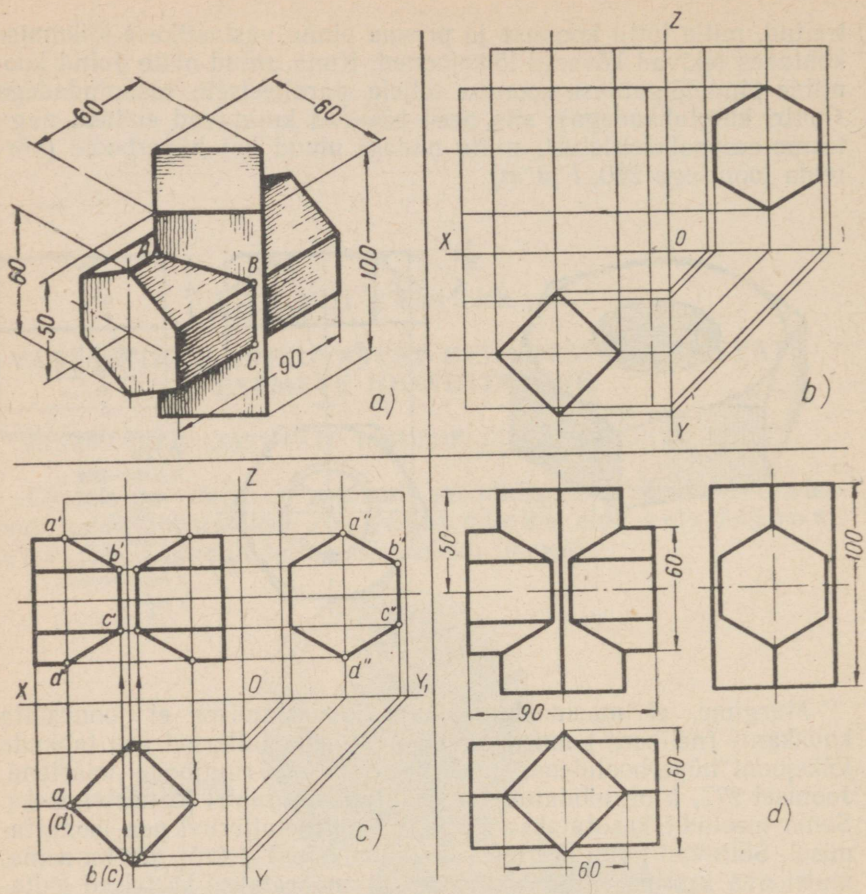
I. Hulktahukate vastastikune lõikumine.

Kahe prisma vastastikune lõikumine. Joonisel 278, *a* on toodud näitlik kujutis kahest vastastikku lõikuvast (ühendatud) prismast; püstprismaks on nelinurkne ning rõhtprismaks kuusnurkne prisma.

Olgu tarvis ehitada joonisel 278, *a* toodud mõõtmete järgi kolm ortogonaalprojektsiooni lõikuvatest prismadest ühes nende pindade lõikejoontega.

Joonise valmistamist alustame prismade kolme ortogonaalprojektsiooni ehitamisega peenjoonte abil (joon. 278, *b*), alles siis asume lõikejoone projektsioonide ehitamisele.

Selleks, et ehitada lõikejoonte projektsioone, tuleb esmalt leida



Joon. 278.

lõikejoontele kuuluvate punktide ortogonaalprojektsioonid. Joonise 278, *a* vaatlemisel näeme, et antud prismade ühtede külgservade lõikepunktiks on näiteks punkt *A*, ning et ühe prisma (meie näite puhul kuusnurkse) külgservade lõikepunktideks teise prisma (antud juhul nelinurkse) külgtahkudega on näiteks punktid *B* ja *C*.

Kõrvutades joonist 278, *c* joonisega 278, *a*, näeme, et lõikejoonele kuuluva punkti *A* põhiprojektsioon *a* määratakse mõlema prisma vastavate külgservade põhiprojektsioonide lõikumisega. Lõikejoone punkti *B* põhiprojektsioon *b* (samuti kui punkti *C* põhiprojektsioon *c*) määratakse kuusnurkse prisma servade põhiprojektsioonide lõikumisel nelinurkse prisma külgtahkude projektsioonidega.

Punktide *A*, *B* ja *C* põhiprojektsioonid *a*, *b* ja *c*, samuti nagu lõikejoonele kuuluvate kõikide ülejäänud punktide põhiprojektsioo-

nid, ühtivad prisma tahkude ja servade vastavate projektsioonidega, s. t. ühtivad ruudu tippude ja külgedega. Seega peavad ka lõikejoonte põhiprojektsioonid ühtima selle ruudu tippude ja külgedega.

Punktide A, B, C jne. külgprojektsioonid a'', b'', c'' jne. ühtivad omakorda kuusnurkse prisma vastavate külgservade külgprojektsioonidega, s. t. ühtivad kuusnurga tippudega. Järelikult ühtivad lõikejoonte külgprojektsioonid ka selle kuusnurga tippude ja külgedega.

Lõikejoonte esiprojektsioonide ehitamiseks (joon. 278, *c*) tuleb lõikejoontele kuuluvate punktide A, D, B, C jne. põhiprojektsioonid a, (d), b, (c) jne. projekteerida kuusnurkse prisma vastavate servade esiprojektsioonidele. Projekteeritud punktide ühendamisel sirgetega saame nähtavate lõikejoonte esiprojektsioone.

Vastastikku lõikuvate prismade kolme ortogonaalprojektsiooni lõpetatud kujutis on toodud joonisel 278, *d*.

Prisma ja püramiidi vastastikune lõikumine. Joonisel 279 on toodud näitlik kujutis vastastikku lõikuvast nelinurksest prismast ja kuusnurksest tüvipüramiidist.

Olgu tarvis ehitada joonisel 279 antud mõõtmete järgi kolm ortogonaalprojektsiooni prismast ja tüvipüramiidist ühes nende pindade lõikejoontega.

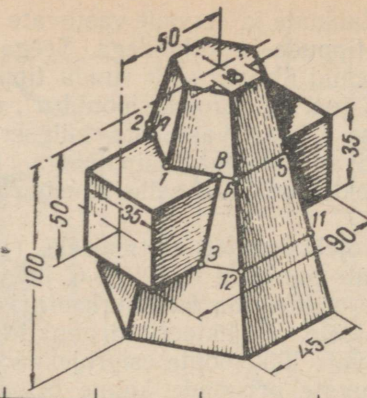
Joonise valmistamist alustame ühendatud prisma ja tüvipüramiidi kolme ortogonaalprojektsiooni ehitamisega peenjoonte abil (joon. 280, *a*.).

Lõikejoone projektsiooni ehitamiseks (joon. 280, *b*) lõikame prismat ja tüvipüramiidi abitasapindadega P ja S, mis on paralleelsed põhiprojektsioonipinnaga ning ühtivad prisma rõhtsa pealmise ja alumise külgtahuga (vt. jäljed P_v ja S_v esiprojektsioonil).

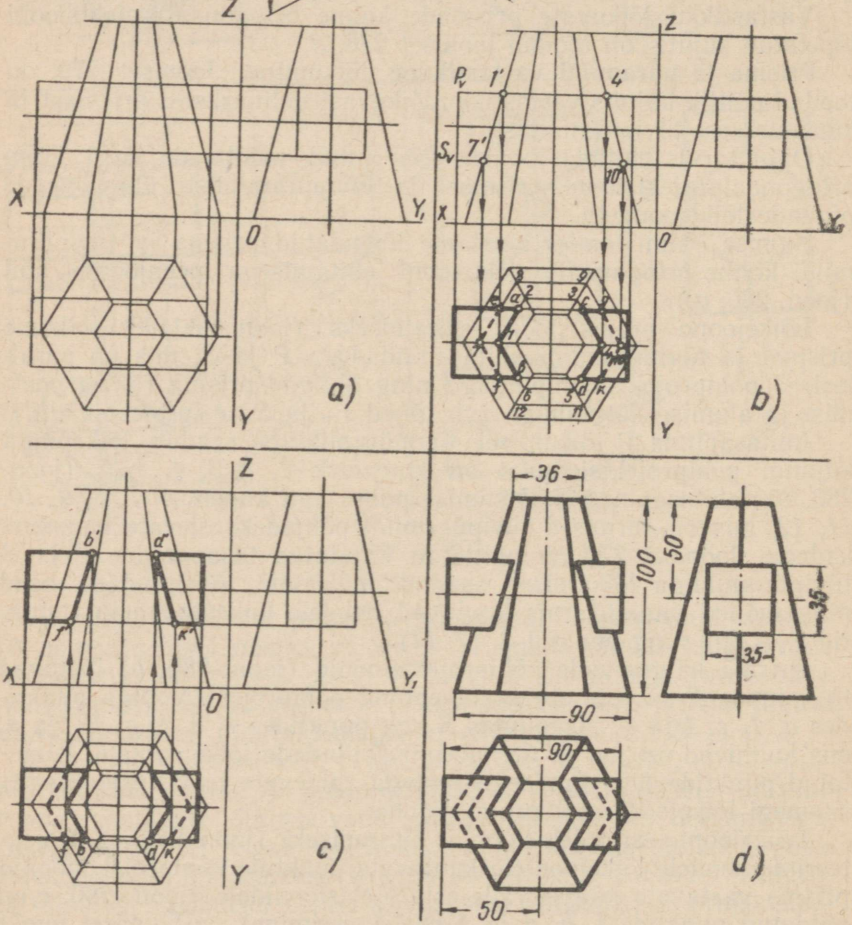
Abitasapinna P lõikumisel tüvipüramiidiga saadud lõikepinna kujundi põhiprojektsiooniks on kuusnurk *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6* (joon. 280, *b*), abitasapinna S lõikumise puhul aga kuusnurk *7*, *8*, *9*, *10*, *11*, *12*, mis on sarnased tüvipüramiidi põhjadeks olevate kuusnurkadega. Joonisel 279 on näitlikult kujutatud tasapindade P ja S tüvipüramiidiga lõikumisel saadud mõlemate lõikepindade osad ning mõned punktid, mis kuuluvad nendele lõikepindadele (punktid *2*, *1*, *6*, *5* ning punktid *3*, *12*, *11*).

Prisma külgservade põhiprojektsioonid (joon. 280, *b*) lõikuvad tasapinnas P tüvipüramiidi lõikepinna põhiprojektsiooniga punktides a, *1*, c, *4* ja d, tasapinnas S aga punktides e, *7*, f, g, *10* ja k, mis kuuluvad prisma ja tüvipüramiidi pindade lõikejoontele. Nimetatud punktide ühendamisel sirgetega (pidevate ja kriipsjoontega) saamegi lõikejoonte põhiprojektsioone.

Lõikejoonte esiprojektsioonide ehitamiseks (joon. 280, *c*) projekteerime nendele lõikejoontele kuuluvate punktide põhiprojektsioonid prisma vastavate külgservade esiprojektsioonidele (joon. 280, *c* on näidatud punktide f, b, d ja k projekteerimine), mille järel punkt b' ühendatakse sirge abil punktiga f', punkt d' aga punktiga k'. Lõigud $b'f'$ ja $d'k'$ on nähtavate lõikejoonte esiprojektsioonideks.



Joon. 279.



Joon. 280.

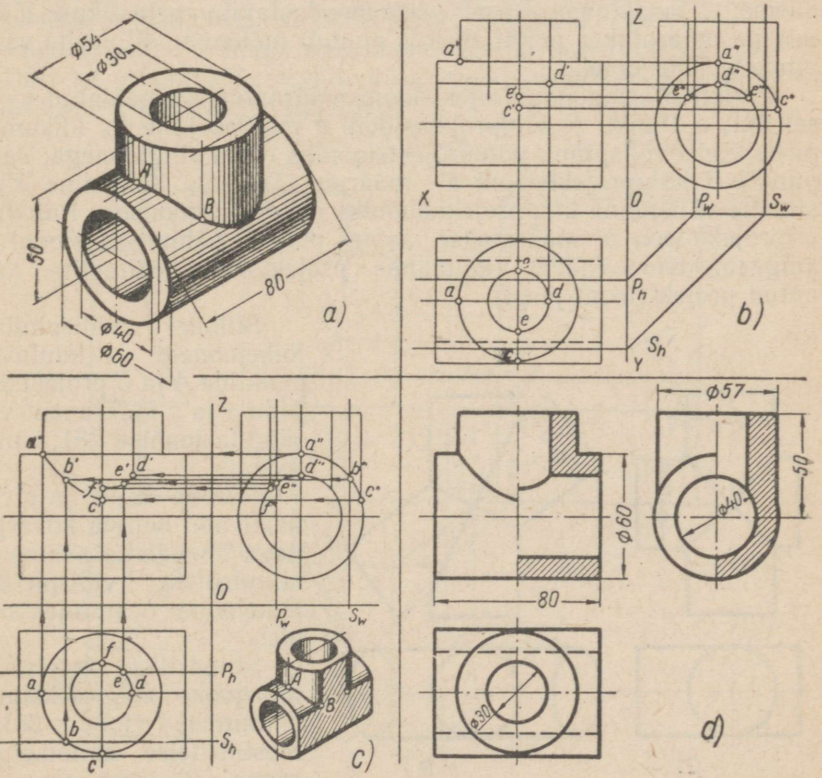
Vastastikku lõikuva prisma ja püramiidi kolme ortogonaalprojektsiooni lõpetatud kujutis on näidatud joonisel 280, *d*.

II. Silindrite vastastikune lõikumine.

Täisnurga all lõikuvate telgedega silindrite ortogonaalprojektsioonide ehitamine. Joonisel 281, *a* on toodud näitlik kujutis kahest vastastikku lõikuvast õõnsast püst- ja rõhtsilindrist. Mõlematel silindritel on erinevad nii välis- kui ka siseläbimõõdud. Olgu tarvis ehitada joonisel 281, *a* toodud mõõtmete põhjal järgmised projektsioonid: pooleestvaade-poolpüstlõige, pealtvaade ja poolkülgvaade-poolpüstlõige.

Joonise valmistamist alustame antud silindrite kolme ortogonaalprojektsiooni ehitamisega (joon. 281, *b*) peenjoonte abil.

Mõlemate silindrite välispindade lõikejoonel asetsevate punktide *A* ja *C* esiprojektsioone *a'* ja *c'* (joon. 281, *b*) ning silindrite sise-



Joon. 281.

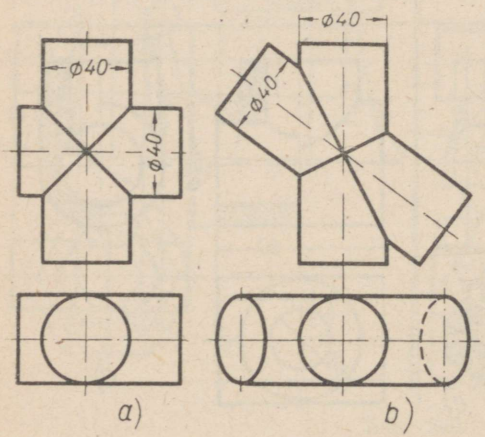
pindade lõikejoonel asetsevate punktide D ja E esiprojektsioone d' ja e' määrame järgmisel viisil.

Projektsioonid a' ja d' on silindriliste välispindade äärmiste moodustajate (projektsiooni a' jaoks) ning sisepindade äärmiste moodustajate (projektsiooni d' jaoks) esiprojektsioonide lõikepunktideks.

Projektsioonid c' ja e' saame silindriliste välispindade (projektsiooni c' jaoks) ja sisepindade (projektsiooni e' jaoks) külgprojektsioonide kontuuride vastastikusel lõikumisel tekkivate punktide c'' ja e'' projekteerimise puhul.

Silindriliste väli- ja sisepindade lõikejoontele kuuluvate abipunktide projektsioonide määramiseks lõikame mõlemaid silindreid (joon. 281, b) abilõiketasapindadega P ja S, mis on paralleelsed mõlemate silindrite moodustajate suundadega. Nimetatud abilõiketasapindades asetsevate moodustajate vastastikusel lõikumisel saame rea punkte, mis kuuluvad lõikejoonele. Joonisel 281, c on toodud näitlik kujutis mõlematest silindritest, mida lõikab kummagi silindri moodustajaga paralleelne abilõiketasapind (tasapind S). Joonistel 281, c ja 281, a toodud näitlike kujutiste vastastamisel näeme, et tasapinnas S asetsevate moodustajate vastastikuse lõikumisega määratakse punkt B, mis kuulub mõlemate silindrite välispindade lõikejoonele.

Punkti B ortogonaalprojektsiooni määramine on näidatud joonisel 281, c. Punkti B põhiprojektsiooni b määrab jälje S_h lõikumine püstsilindri välispinna põhiprojektsiooniks oleva ringjoonega; sama punkti B külgprojektsiooni b'' määrab jälje S_w lõikumine rõhtsilindri välispinna külgprojektsiooniks oleva ringjoonega. Punkti B esiprojektsioon b' määratakse sama punkti põhiprojektsiooni ja külgprojektsiooni järgi (kolmanda projektsiooni ehitamine kahe antud projektsiooni järgi).



Joon. 282.

Silindri välispindade lõikejoonele kuuluvate punktide A ja C projektsioonide a ja c määramist võib jälgida joonise 281, c uurimisel.

Punkte a', b' ja c' lekaali abil sujuva kõverjoonega ühendades saame osa silindriliste välispindade lõikejoone esiprojektsioonist.

Silindriliste sisepindade lõikejoone esiprojektsiooni ehitamine (joon. 281, c) teostub teise abilõiketasapinna (P) järgi eespoolkäsitletud viisil.

Lõpetatud kujutis on toodud joonisel 281, *d*.

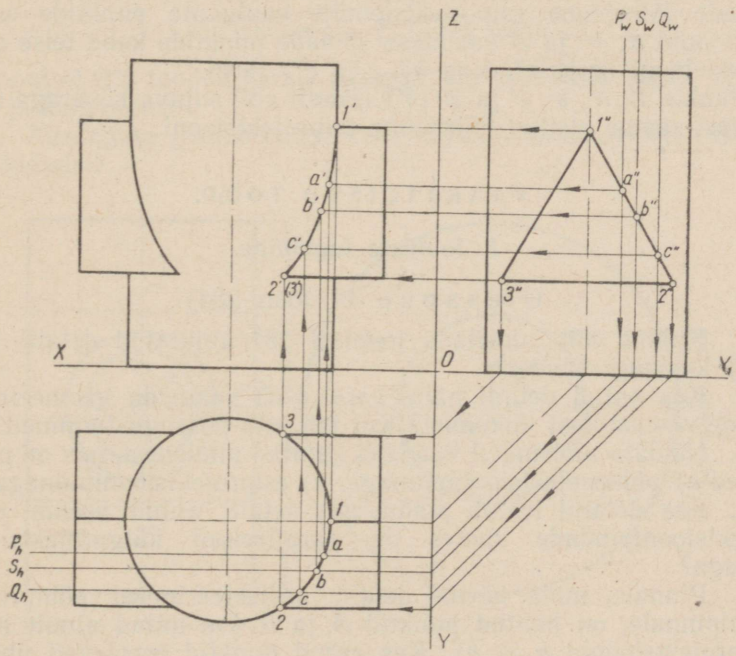
Võrdse läbimõõduga vastastikku lõikuvate silindrite lõikejoon. Kui kahe vastastikku lõikuva silindri läbimõõdud on võrdsed, siis projekteerub nende välispindade lõikejoon sirgetena, sõltumata sellest, kas silindrite teljed lõikuvad täisnurga (joon. 282, *a*) või täisnurgast erineva nurga all (joon. 282, *b*). Niisugustel juhtumitel asetseb lõikejoone projektsioon silindrite telgede projektsioonide vahelise nurga poolitajal.

III. Prisma ja silindri vastastikune lõikumine.

Joonisel 283 on toodud kolm ortogonaalprojektsiooni vastastikku lõikuvast (ühendatud) korrapärasest prismast ja silindrist. Vaatleme antud projektsioonide näite varal prisma ja silindri pinna lõikejoonele kuuluvate punktide projektsioonide määramise ja ehitamise viise.

Otsitud joontele kuuluvate mõnede punktide põhiprojektsioonid määratakse prisma külgservade põhiprojektsioonide lõikumisega silindri põhiprojektsiooniga, s. t. ringjoonega. Niisugusteks lõikepunktideks on põhiprojektsioonil näiteks punktid *2*, *1* ja *3*.

Samade punktide külgprojektsioonideks on punktid *1″*, *2″* ja *3″*, mis ühtivad prisma külgservade külgprojektsioonidega, s. t. prisma põhjaks oleva kolmnurga tippudega.



Joon. 283.

Samade punktide esiprojektsioonid *1'*, *2'* ja (*3'*) määratakse nende kahe teise antud projektsiooni (*1* ja *1''*, *2* ja *2''*, *3* ja *3''*) järgi (kolmanda projektsiooni ehitamine antud kahe projektsiooni järgi).

Lõikejoonte põhiprojektsioonideks on ringjoonte kaared, mis ühtivad ringjoonega, s. t. silindri põhiprojektsiooniga, näiteks kaar *2—3*.

Lõikejoonte külgprojektsioonideks on lõigud *1''—2''*, *2''—3''* ja *3''—1''*, mis ühtivad prisma külgservade külgprojektsioonidega, s. t. prisma põhjaks oleva kolmnurga külgedega.

Prisma ja silindri lõikejoonte esiprojektsioonide ehitamine teostub otsitavale joonele kuuluva kolme abipunkti esiprojektsiooni järgi. Selleks lõigatakse prismat ja silindrit kolme abilõiketasapinnaga — *P*, *S* ja *Q*. Nimetatud tasapindade jäljed on põhiprojektsioonipinnal tähistatud tähtedega P_h, S_h ja Q_h, külgprojektsioonipinnal aga vastavalt P_w, S_w ja Q_w.

Abitasapinnad lõikavad prisma külgservi mööda sirgeid, silindrit aga mööda moodustajaid, kusjuures ühes tasapinnas asetsevate sirgete ja moodustajate lõikumisega määratakse otsitud lõikejoontele kuuluvad punktid.

Abitasapindade jäljed lõikuvad põhiprojektsioonipinnal silindri põhiprojektsiooni punktides *a*, *b* ja *c*. Vastavate abitasapindade jäljed lõikavad külgprojektsioonipinnal prisma külgservade külgprojektsioone (lõik *1''—2''*) punktides *a''*, *b''* ja *c''*. Prisma ja silindri pindade lõikejoone esiprojektsioonile kuuluvate punktide esiprojektsioonid *a'*, *b'* ja *c'* saadakse samade punktide kahe teise antud projektsiooni (*a* ja *a''*, *b* ja *b''*, *c* ja *c''*) järgi.

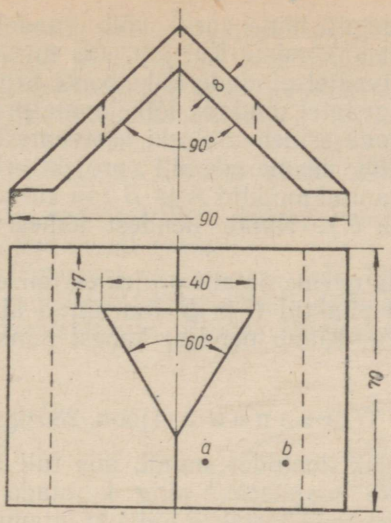
Punkte *1'*, *a'*, *b'*, *c'* ja *2'* (*3'*) lekaali abil sujuva kõveraga ühendamisel saame otsitud lõikejoone esiprojektsiooni.

PRAKTILISED TÖÖD.

I. Jooniste lugemine.

Ülesanne 1 (joon. 284).

1. Kuidas võib nimetada joonisel 284 kujutatud detaili (nurgiku) kumbagi vaadet?
2. Kas antud detaili näite varal võib vaadelda geomeetriliste kehade vastastikust lõikumist? Kui jah, siis missuguste nimelt?
3. Näidata mõlematel vaadetel kujutisi pindadest, mis on paralleelsed *a*) põhiprojektsioonipinnaga, *b*) esiprojektsioonipinnaga.
4. Kas detailil leidub pindu, mis detaili antud asendi puhul projektsioonipindade suhtes on paralleelsed külgprojektsioonipinnaga?
5. Pinnale, mida näeme detaili projekteerimisel põhiprojektsioonipinnale, on kantud punktid *A* ja *B* (on antud ainult nende põhiprojektsioonid *a* ja *b*). Kas antud punktid asetsevad ühel ja samal tasemel? Kui erinevatel, siis kumb nendest asetseb kõrgemal?



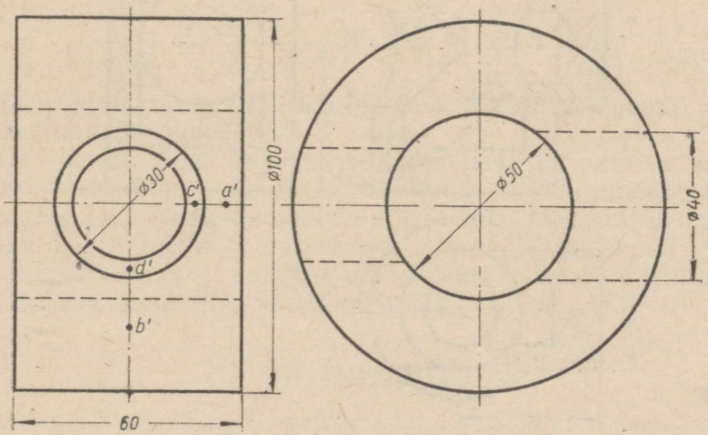
Joon. 284.

Kas antud punktid on nähtavad detaili projekteerimisel külgprojektsioonipinnale?

Ülesanne 2 (joon. 285).

Joonisel 285 toodud detail (rõngas) on kujutatud kahes vaates: eest- ja külgvaates.

1. Missuguse geomeetrilise keha kuju on antud detaili välis- ja sisepindadel?



Joon. 285.

2. Kas antud detaili näite varal võib vaadelda geomeetriliste kehade vastastikust lõikumist? Kui jah, siis missuguste nimelt?

3. Näidata eestvaatel pindade lõikejoonte projektsioone.

4. Näidata külgvaatel pindade lõikejoonte projektsioone.

5. Kas pealtvaade erineb milleski eestvaatest?

6. Pinnale, mida näeme detaili projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud punktid A ja B (on antud ainult nende esiprojektsioonid a' ja b'). Kumb nendest kahest punktist asetseb meile lähemal?

7. Pinnale, mida näeme detaili projekteerimisel esiprojektsioonipinnale, on kantud punktid C ja D (on antud ainult nende esiprojektsioonid c' ja d'). Kumb nendest kahest punktist asetseb meile lähemal?

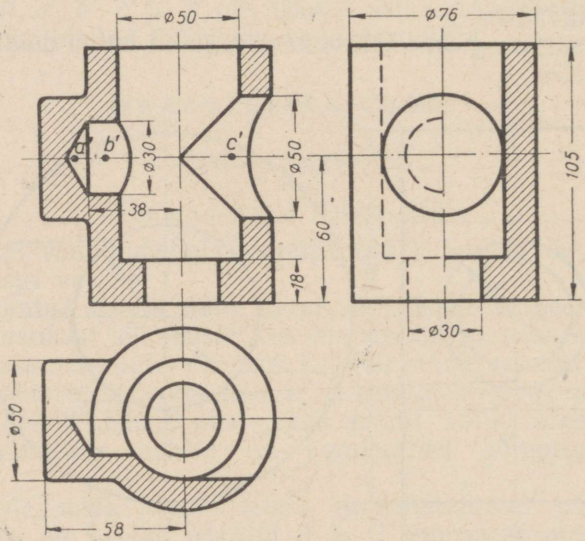
Ülesanne 3 (joon. 286).

1. Näidata projektsioonidel suund, mis tuli anda lõiketasapinnale iga antud lõike saamiseks, ning kujutada detaili (pideme) nende osade kujutisi, mis loetakse lõike kujutamisel tinglikult kõrvaldatuks.

2. Määrata lõike viirutuse järgi antud detaili valmistamiseks kasutatud materjal.

3. Missuguste geomeetriliste kehade vastastikusel lõikumisel tekib antud detail?

4. Kas on õige, et ø 50 *mm* avade lõikejoon on esiprojektsioonil kujutatud kahe sirgega, ø 30 *mm* ja ø 50 *mm* avade lõikejoon aga kõverana? Mispärast?



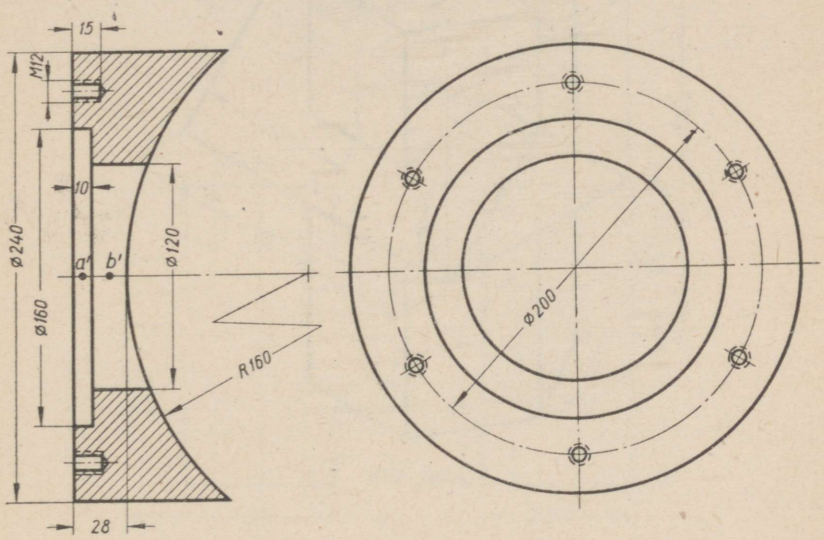
Joon. 286.

5. Pindadele, mida näeme püstlõike projekteerimisel, on kantud kolm punkti — A, B ja C (antud on ainult nende esiprojektsioonid a', b' ja c'). Milline nendest kolmest punktist asetseb meile lähemal ning milline kahest teisest kaugemal?

Ülesanne 4 (joon. 287).

1. Missuguste geomeetriliste kehade vastastikusel lõikumisel tekib näitena toodud detail (seib)?

2. Näidata külgvaatel suund, mis tuli lõiketasapinnale anda kujutatud lõike saamiseks, ning detaili selle osa kujutis, mis loetakse tinglikult kõrvaldatuks. Kuidas nimetatakse niisugust lõiget?



Joon. 287.

3. Kuidas mõista tähistust $M12$? Näidata lõikel joont, mis vastab keerme siseläbimõõdule.

4. Näidata lõikel kujutisi pindadest, mis on paralleelsed külgprojektsioonipinnaga. Näidata külgvaatel samade pindade kujutisi.

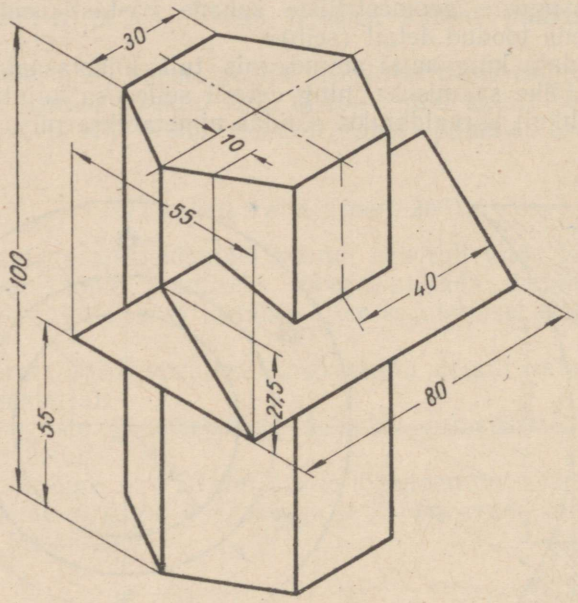
5. Pindadele, mis on nähtavad lõike projekteerimisel, on kantud punktid A ja B (antud on ainult nende esiprojektsioonid a' ja b'). Kumb nendest kahest punktist asetseb meile lähemal? Mitme millimeetri võrra (määrata joonist mõõtmata)?

II. Harjutused.

Märkus. Harjutused seisnevad esemetest eskiiside valmistamises. Harjutusülesannete eeskujusid võib valida järgnevalt toodud ülesannete ja jooniste hulgast.

Ülesanne 1 (joon. 288).

Antud isomeetrilise kujutise järgi joonistada mõlemad vastastikku lõikuvad prismad ühes nende pindade lõikejoontega kolmes ortogonaalprojektsioonis (esi-, põhi- ja külgprojektsioonis) ning märkida nendele mõõtmed.



Joon. 288.

Ülesanne 2 (joon. 289).

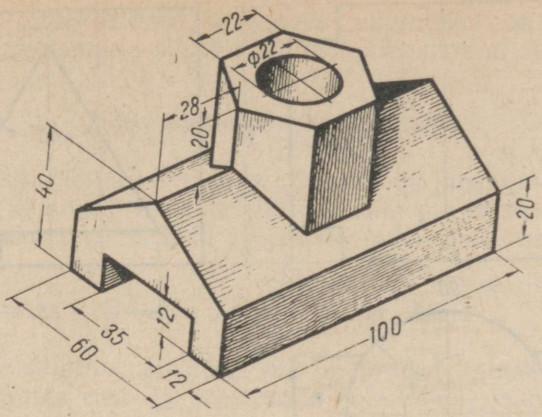
Antud isomeetrilise kujutise järgi joonistada detail (liugur) ühes tema pindade lõikejoontega kolmes ortogonaalprojektsioonis (esi-, põhi- ja külgprojektsioonis) ning märkida nendele mõõtmed.

Ülesanne 3 (joon. 290).

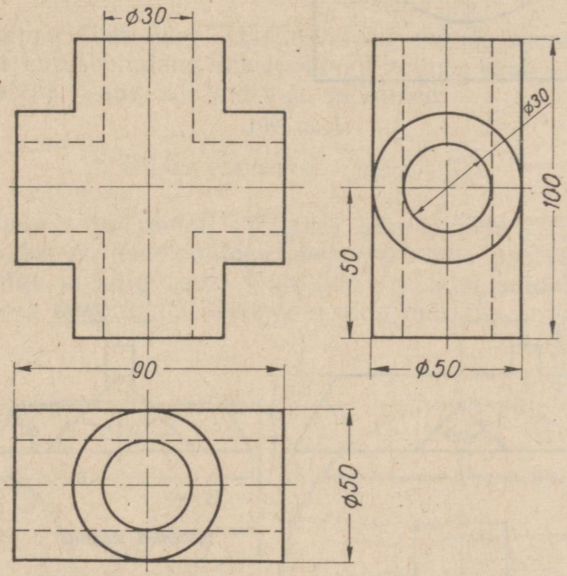
Ülesande selgitus. Joonisel 290 on toodud detaili (toru risttüki) kolm projektsiooni (esi-, põhi- ja külgprojektsioon), kusjuures esiprojektsioon pole lõpuni joonestatud (detaili välis- ja sisepindade lõikejooned pole kujutatud).

Juhis ülesande täitmise kohta.

Joonistada joonisel 290 kujutatud detail silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 järgmistes projektsioonides: esiprojektsioon poolvaates-



Joon. 289.

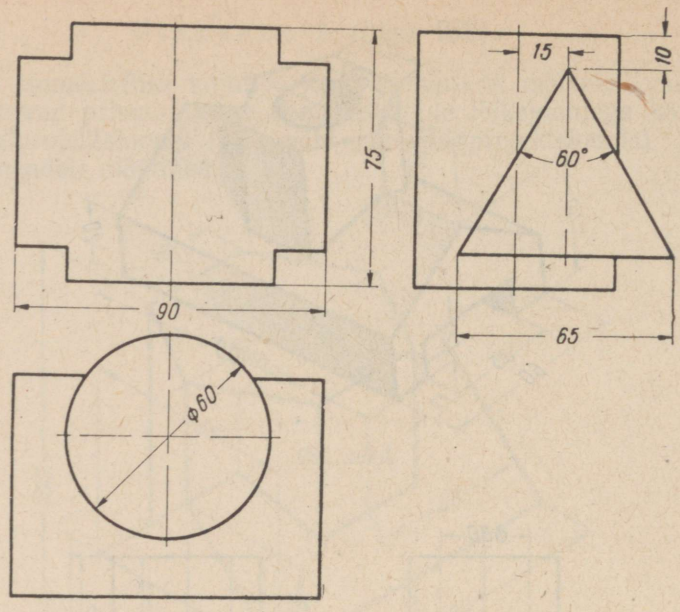


Joon. 290.

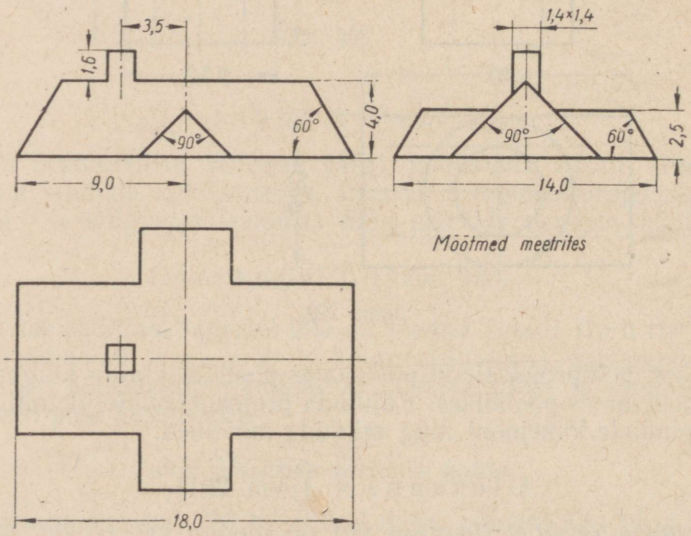
poollõikes, põhiprojektsioon poolvaates-poollõikes ning külgprojektsioon poolvaates-poollõikes. Kujutada projektsioonidel detaili välis- ja sisepindade lõikejooni ning märkida mõõtmed.

Ülesanne 4 (joon. 291).

Ülesande selgitus. Joonisel 291 on toodud vastastikku lõikuva korrapärase kolmnurkse prisma ja silindri kolm projektsiooni (esi-,



Joon. 291.



Joon. 292.

põhi- ja külgprojektsioon), kusjuures esiprojektsioon pole lõpuni joonestatud (prisma ja silindri pindade lõikejoon ei ole kujutatud).

Juhis ülesande täitmise kohta.

Joonise 291 põhjal joonistada silmamõõdu järgi (mastaabis 1:1) vastastikku lõikuva prisma ja silindri kolm projektsiooni koos pindade lõikejoontega. Märkida projektsioonidele mõõtmed.

Ülesanne 5 (joon. 292).

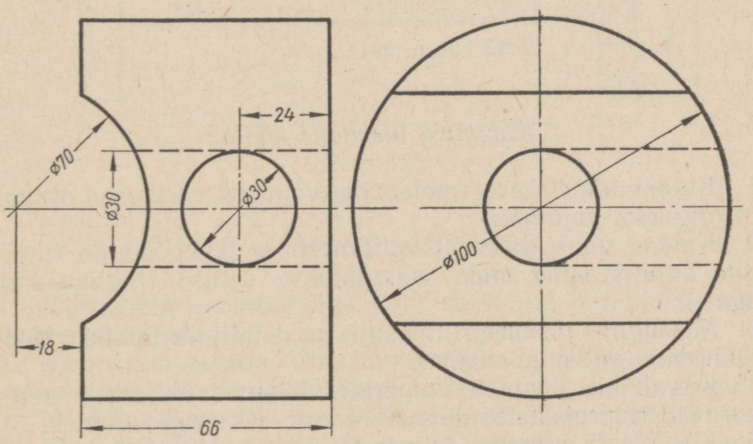
Ülesande selgitus. Joonisel 292 on toodud katuse skemaatiline joonis, kusjuures eest- ja pealtvaade pole lõpuni joonestatud.

Juhis ülesande täitmise kohta.

Teha silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 katuse skemaatiline joonistus ühes katusepindade lõikejoontega kolmes vaates (eest-, pealt- ja külgvaates). Vaadetele märkida mõõtmed.

Ülesanne 6 (joon. 293).

Joonistada antud detail (rõngas) silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 järgmistes projektsioonides: esiprojektsioon poolvaates-poollõikes, rõhtlõige ja külgvaade. Kujutada projektsioonidel detaili pindade välis- ja sisepindade lõikejooni ning märkida projektsioonidele mõõtmed.



Joon. 293.

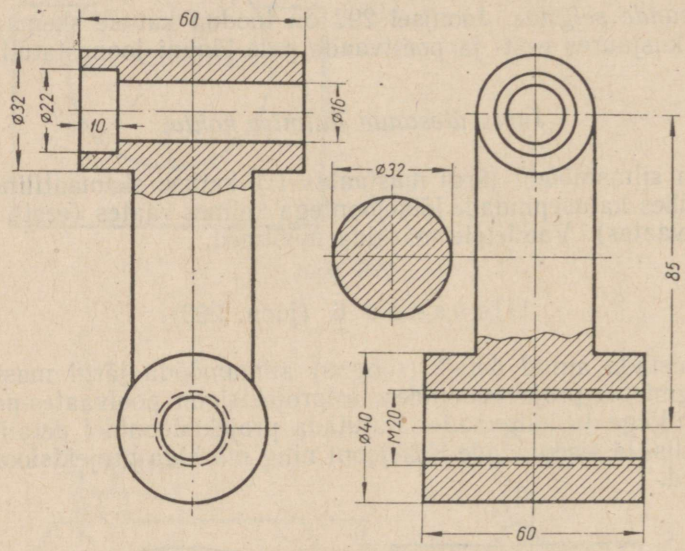
III. Tööd.

1. TÖÖ NR. 13.

Märkus. Töö nr. 13 seisneb eskiisi valmistamises esemest, mille kuju sisaldab vastastikku lõikuvaid silindreid, ning joonise valmistamises eskiisi järgi. Harjutusülesannet võib valida järgnevalt toodud jooniste ja ülesannete hulgast.

Ülesanne 1 (joon. 294).

Joonisel 294 on kujutatud detail (kang) kahes vaates (eest- ja külgvaates).



Joon. 294.

Küsimusi ülesande kohta.

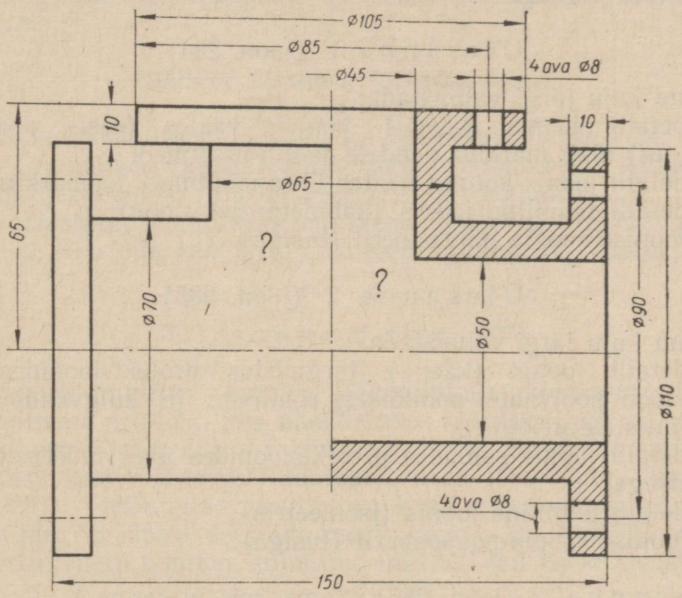
1. Kuidas nimetatakse mõlematel vaadetel viirutatud osana esinevat tinglikku kujutust?
2. Kuidas nimetatakse 32-millimeetrise läbimõõduga ringi viirutatud kujutist ning mida saavutatakse sellise tingliku kujutamisega?
3. Missugune geomeetriline kuju on detaili vastastikku lõikuvatel kumeratel välispindadel?
4. Kas detaili ülemiste kumerate välispindade lõikejooned projekteeruvad esiprojektsioonipinnale kõver- või sirgjoontena?
5. Kas detaili alumiste kumerate välispindade lõikejooned projekteeruvad külgprojektsioonipinnale kõver- või sirgjoontena?

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Joonistada antud detail silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 ühes tema välispindade lõikejoontega kahes vaates: eest- ja külgvaates. Kujutada vaadetel nähtamatud kontuurid ning märkida vaadetele mõõtmed.
2. Teha kangi joonis samades vaadetes ning märkida mõõtmed.

Ülesanne 2 (joon. 295).

Ülesande selgitus. Joonisel 295 on toodud detaili (torukolmiku) esiprojektsioon poolvaates-poollõikes, kusjuures nii poolvaatel kui ka poollõikel on mõned detaili pindade lõikejooned jäänud kujutamata (on asendatud küsimärkidega).



Joon. 295.

Küsimusi ülesande kohta.

1. Missugune geomeetriline kuju on antud detaili vastastikku lõikuvatel sisepindadel?
2. Kas antud detaili silindriliste välis- ja sisepindade lõikjooned projekteeruvad esiprojektsioonipinnale kõver- või sirgjoontena?
3. Näidata poolvaatel detaili tasaste pindade kujutisi.
4. Näidata poollõikel kujutisi detaili tasastest pindadest, mis on *a*) paralleelsed, *b*) risti põhiprojektsioonipinnaga.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Kujutada antud detail silmamõõdu järgi mastaabis 1:1 järgmistes projektsioonides: esiprojektsioon poolvaates-poollõikes, põhiprojektsioon poolvaates-poollõikes ning külgprojektsioon poolvaates-poollõikes. Ehitada projektsioonidel detaili välis- ja sisepindade lõikejooned ning märkida projektsioonidele mõõtmed.
2. Teha torukolmiku joonis samades projektsioonides ning märkida nendele mõõtmed.

2. TÖÖ NR. 14.

Märkus. Töö nr. 14 seisneb eskiisi valmistamises ühest tehnilisest detailist, joonise ja näitliku kujutise valmistamises eskiisi järgi ning joonise kopeerimises pauspaberile (tušiga). Töö eeskujuks võib valida üht järgnevalt toodud ülesannet koos joonisega.

Ülesanne 1 (joon. 284).

Antud kuju järgi valmistada:
1) detaili joonis (käega) kolmes vaates (eest-, pealt- ja külgvaates) ning märkida nendele detaili mõõtmed;
2) detaili joonis kolmes vaates ühes mõõtmete äramärkimisega;
3) detaili tehniline joonis (kabinetprojektsioon);
4) joonise koopia pauspaberil (tušiga).

Ülesanne 2 (joon. 285).

Antud kuju järgi valmistada:
1) detaili joonis (käega) järgmistes projektsioonides: esiprojektsioon poolvaates-poollõikes, rõhtlõige ja külgvaade; märkida kujutistele mõõtmed;
2) detaili joonis samades projektsioonides ühes mõõtmete äramärkimisega;
3) detaili tehniline joonis (isomeetria);
4) joonise koopia pauspaberil (tušiga).

Ülesanne 3 (joon. 286). Sama, mis ülesanne 1.

Ülesanne 4 (joon. 287).

Antud kuju järgi valmistada:
1) detaili joonis (käega) järgmistes projektsioonides: püstlõige eestvaate asemel, rõhtlõige ja külgvaade; kanda kujutistele mõõtmed ning punktide *A* ja *B* kolm projektsiooni;
2) detaili joonis mastaabis 1:2 samades projektsioonides ühes mõõtmete äramärkimisega ning punktide *A* ja *B* kolme projektsiooni kujutamisega;
3) detaili tehniline joonis (isomeetria);
4) joonise koopia pauspaberil (tušiga).

Märkus. Töö nr. 15 seisneb lihtsal koostamisjoonisel toodud detailidest eskiiside ja jooniste valmistamises. Tööks võib valida üht järgnevalt toodud ülesannet. Töö valmistamisel juhinduda lisas 2 toodud selgitusest koostamisjoonise kohta.

Ülesanne 1 (joon. 296).

Küsimusi ülesande kohta.

1. Missugustest detailidest koosneb kujutatud kuldnokapuur?
2. Mitu detaili tuleb üldse valmistada ühe kuldnokapuuri jaoks?
3. Missugusel detailil on kõige väiksemad gabariitmõõtmed?
4. Missugusel detailil on kõige suuremad gabariitmõõtmed?
5. Selgitada kuldnokapuuri detailide kokkupaneku otstarbekas järjekord.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

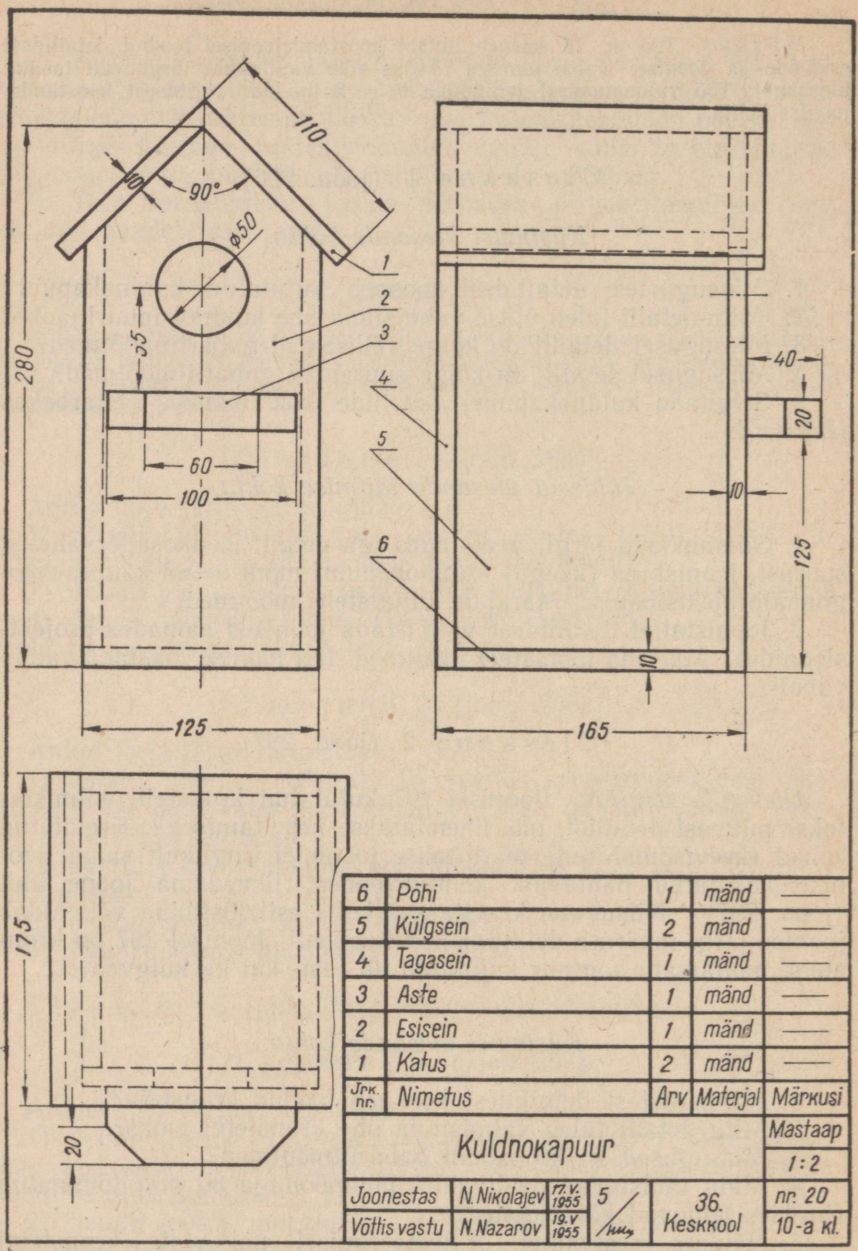
1. Silmamõõdu järgi, arvestades iga detaili üksikosade vahelist suurust, joonistada (käega) kuldnokapuuri mõni detail kolmes ortogonaalprojektsioonis. Märkida kujutistele mõõtmed.
2. Joonistatud detailidest valmistada joonised samades projektsioonides. Märkida joonistele mõõtmed. Iga joonise mastaap valida vabalt.

Ülesanne 2 (joon. 297).

Ülesande selgitus. Joonisel 297 kujutatud kronstein valmistatakse mitmest detailist, mis ühendatakse keevitamisega. Keevitatud kohad (keevisõmblused) märgitakse joonistel tinglikult samal joonisel kasutatud nähtavast kontuurjoonest jämedama joone abil (joon. 297). Niisugune keevitatava koha esiletõstmine võimaldab joonise järgi määrata detailide keevituskohti. Joonisel 297 on kronsteini nähtamatu kontuur kujutatud nii eest- kui ka külgvaatel.

Küsimusi ülesande kohta.

1. Missugustest detailidest koosneb toodud kronstein?
2. Mitu detaili tuleb valmistada ühe kronsteini jaoks?
3. Missugused on kronsteini gabariitmõõtmed?
4. Mida tähistavad pealtvaatel läbimõõduga 30 *mm* tõmmatud ringides leiduvad kõverjooned?
5. Näidata eestvaatel projekteerimisel nähtavate kronsteini tasaste pindade kujutisi.
6. Näidata külgvaatel kujutist pinnast, mis on kaldu külgprojektsioonipinna suhtes.

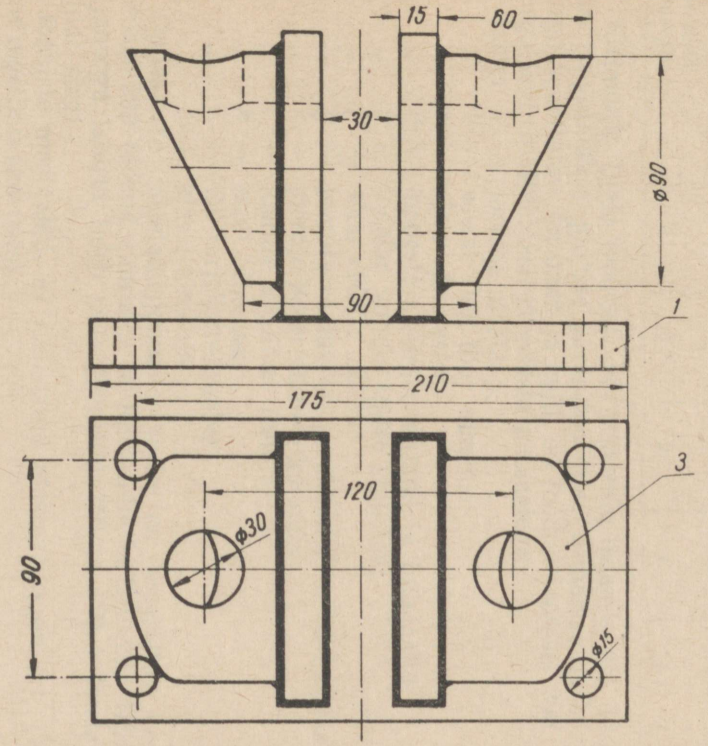


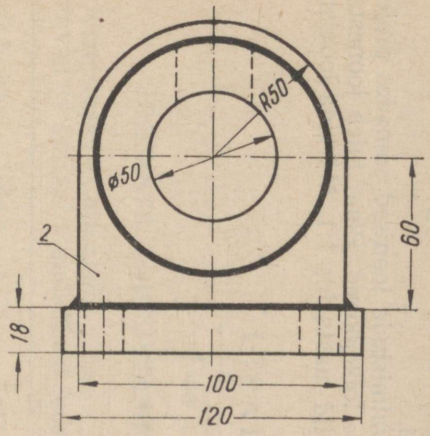
Jrk. nr.	Nimetus	Arv	Materjal	Märkusi
6	Põhi	1	mänd	——
5	Külgsein	2	mänd	——
4	Tagasein	1	mänd	——
3	Aste	1	mänd	——
2	Esisein	1	mänd	——
1	Katus	2	mänd	——

Kuldnokapuur — Mastaap 1:2

Joonestas	N. Nikolajev	17. V. 1955	5	36. Keskkool	nr. 20
Võttis vastu	N. Nazarov	19. V 1955			10-a kl.

Joon. 296.





3	Puks	2	Teras	
2	Põsk	2	Teras	
1	Plaat	1	Teras	
Jrk. nr.	Nimetus	Arv	Materjal	Märkusi
	Kronstein			Mastaap 1:2
Joonestas	O. Orlov 17. V 1955	5	36. Kesk-kool	nr. 20
Võttis vastu	H. Nazarov 19. V 55			10-a kl.

Joon. 297.

Juhiseid ülesande täitmise kohta.

1. Silmamõõdu järgi, arvestades iga detaili üksikute osade vahelist suurust, joonistada (käega) kolmes ortogonaalprojektsioonis plaadi, põse ja puksi kujutised.

2. Joonistatud detailidest valmistada joonised samades projektsioonides ning ehitada pindade lõikejooned. Plaat tuleb joonestada mastaabis 1:2, ülejäänud detailid mastaabis 1:1. Märkida joonistele mõõtmed.

LISAD.

Lisa 1.

JOONISTE VORMISTAMISE PÕHIREEGLID.

Joonestuslehe formaadid. Masinaehitusalaste jooniste jaoks on nõutavad järgmised standardsed joonestuslehtede formaadid:

Valmis joonise lehe suurus *mm*-tes	814 × 1152	576 × 814	407 × 576	288 × 407	203 × 288	144 × 203
Formaadi tähistus	0	1	2	3	4	5

Kirjanurk. Igale joonisele või eeskiisile tehakse nn. kirjanurk, mis paigutatakse joonise parempoolsesse alumisse nurka. Kirjanurga soovitatav formaat ja kuju on toodud joonisel 298. Kirjanurga lahtrid täidetakse järgmiste andmetega:

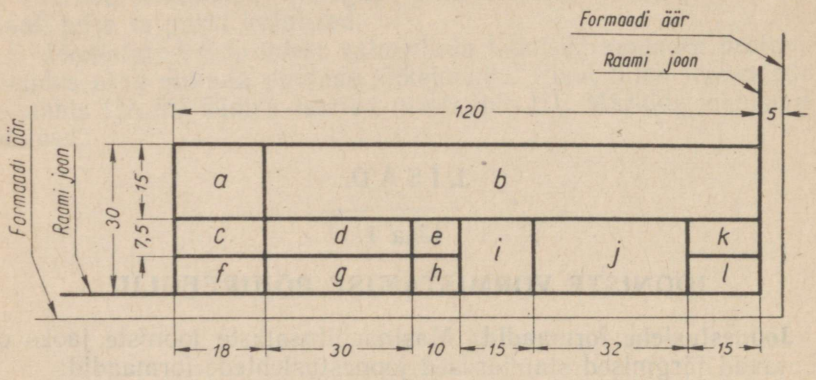
lahter *a* — joonise mastaap;
„ *b* — eseme (või töö) nimetus;
„ *c* — sõna *«joonestas»;*
„ *d* — joonestaja perekonnanimi ja initsiaalid;
„ *e* — joonise valmistamise kuupäev;
„ *f* — sõna *«võttis vastu»;*
„ *g* — joonise vastuvõtja perekonnanimi ja initsiaalid;
„ *h* — joonise kontrollimise kuupäev;
„ *i* — joonise kvaliteet (hinne);
„ *k* — kooli nimetus;
„ *l* — töö järjekorranumber;
„ *m* — klassi nimetus.

Õppealaste koostamisjooniste[1] jaoks on soovitatav kasutada joonisel 299 toodud suuruses ja formaadis kirjanurka. Niisuguse kirjanurga lahtrid tuleb täita joonistel 168 ja 169, *a* toodud eeskujude järgi.

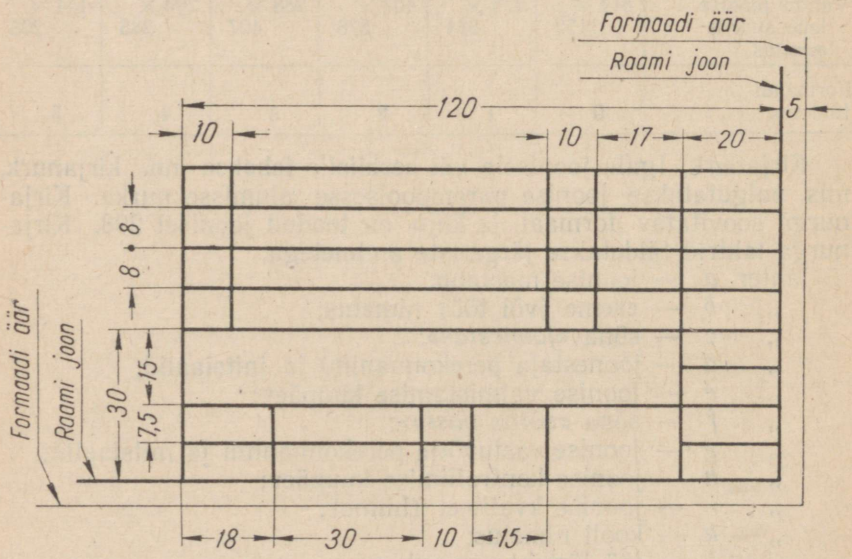
Jooniste mastaabid. a) Eelistatud mastaabiks on 1:1 (kujutamine tegelikus suuruses).

[1] Koostamisjoonise mõistet vaata lk. 250.

b) Masinaehitusalaste jooniste vähenduse või suurenduse mastaabid tuleb valida vastavalt kujutiste keerukusele ja suurusele järgmiste standardsete mastaapide hulgast:



Joon. 298.



Joon. 299.

Mastaabid vähenduse saamisel	1:2; (1:2,5); (1:4); 1:5; 1:10; (1:15); 1:20; 1:25; 1:50; 1:75
Mastaabid suurenduse saamisel	2:1; (2,5:1); (4:1); 5:1; 10:1

Märkus. Sulgudes olevad mastaabid on lubatud, kuid mitte soovitatud.

c) Vajadusel saada veelgi suuremat vähendust või suurendust tuleb kasutada:

vähenduse saamiseks mastaapi $1:10^n$; $1:(2\cdot10^n)$; $1:(5\cdot10^n)$, suurenduse saamiseks mastaapi $(10\cdot n):1$; kus n on täisarv.

Tuleb meeles pidada, et missugust mastaapi (suurenduse või vähenduse saamiseks) kasutatud ka on, joonisele märgitakse ikka kujutatava eseme (detaili, toote) tegelikud mõõtmed.

Joonisel kasutatavad jooned. Antud joonise kõikide joonte jämedus sõltub kujutatava eseme nähtava kontuurjoone (pideva joone) jämedusest *(b)*, mis valitakse 0,4 kuni 1,5 *mm* piirides sõltuvalt kujutise keerukusest ja suurusest ning joonise otstarbest. Seejuures peab joone valitud jämedus *(b)* samal joonisel ühes ja samas mastaabis joonestatud vaadetel ja lõigetel olema ühtlane.

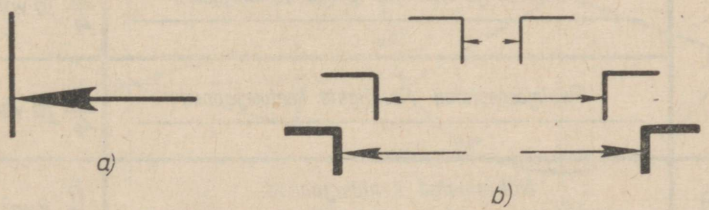
Kriipsjoon peab koosnema ühesuguse pikkusega kriipsudest, millede pikkus valitakse 4 kuni 6 *mm* piirides. Kriipsjoonte tõmbamisel pikkusega alla 15 *mm* on lubatud vähendada kriipsude pikkust.

Kriipsude vahe peab olema üks neljandik kriipsu pikkusest.

Kriips-punktjoon koosneb kriipsudest ja punktidest. Kriipsud peavad olema ühepikkused, näiteks 20 *mm*. Kriips-punktjoon peab algama ja lõppema kriipsuga. Ringjoonte tsentrid märgitakse kriips-punktjoonte ristuvate kriipsudega; ringjoonte puhul, milledè läbimõõt on alla 12 *mm*, tuleb kriips-punktjoonte asemel kasutada pidevaid peenjooni.

Joonte valikul on soovitav juhinduda tabelist 4.

Mõõtmete asetamine. Mõõtjoonte otsas olev nool on suurendatud kujul toodud joonisel 300, *a*. Noolte suurused valitakse kooskõlas nähtava kontuurjoone jämedusega (joon. 300, *b*) ning nad peavad ühel ja samal joonisel olema võimalikult ühesuurused.



Joon. 300.

Joonisel 301 on näidatud mõõtarvude asetamist mõõtjoonte mitmesuguste kallete puhul. Seejuures püütagu vältida mõõtjoonte tõmbamist joonisel 301 viirutusega tähistatud 30°-se nurga piirides. Kui seda vältida pole võimalik, tuleb mõõtarvud kirjutada selliselt, et nad oleksid vasakult loetavad (joon. 302).

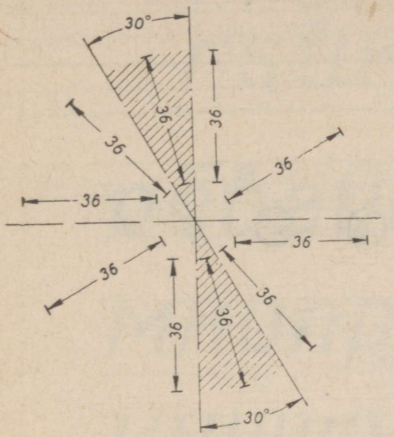
Nurga mõõtarvude asendid on näidatud joonisel 303.

Mõõtarvude paigutamise näited on toodud joonisel 304, *a*. Mõõtarvud, mis ei mahu kahe distantsjoone vahele, kirjutatakse joonisel 304, *b* toodud näite kohaselt.

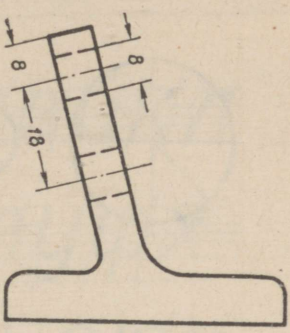
JOONED JA NENDE KASUTAMINE		Joonte suhtelised jämedused b = 0,4–1,5 mm
PIDEVAD JOONED	Nähtavad kontuurjooned	b
	Kirjanurga ja raamjooned	b ja vähem
	Lõigete ja ristlõigete jooned	$\frac{b}{2}$ ja enam
	Katkestus–, murde–ja lõikejooned	$\frac{b}{2}$ kuni $\frac{b}{3}$
	Distants–ja mõõtejooned	$\frac{b}{4}$ ja vähem
	Viirutusjooned	$\frac{b}{4}$ ja vähem
	Punktide ja kujutiste projekteerimisjooned	$\frac{b}{4}$ ja vähem
	Pealejoonestatud ristlõigete kontuurjooned	$\frac{b}{4}$ ja vähem
KRIIPSJOONED	Nähtamatud kontuurjooned 1–1,5 mm 4 – 6 mm	$\frac{b}{2}$ kuni $\frac{b}{3}$
	Keerme läbimõõdujooned : sisemine – poldil välimine – aval	$\frac{b}{2}$ kuni $\frac{b}{3}$
KRIIPS-PUNKT-JOONED	Telg–ja tsentrijooned umbes 20 mm 1,5	$\frac{b}{4}$ ja vähem

Ringjoone ja kaare raadiuse pikkust määrava mõõtarvu ette asetatakse täht *R*, näiteks: *R*20; *R*10 jne. (joon. 305).

Ringjoonte läbimõõtude mõõtarvude ette kirjutatakse kõigil juhtudel märk ø, näiteks: ø44; ø20 jne. (joon. 306).

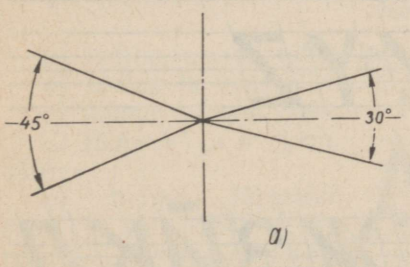


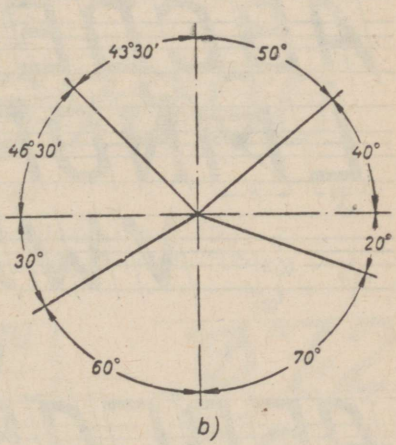
Joon. 301.



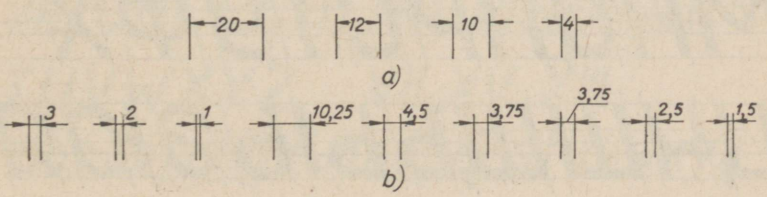
Joon. 302.

Standardkiri. Standardkirja kirjutamisel tuleb juhinduda järgnevatel joonistel toodud eeskujudest ning tabelis 5 esitatud kirja mõõtmetest (*mm*-tes):

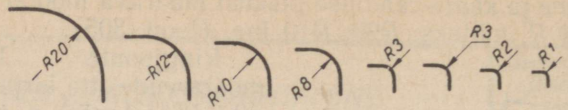




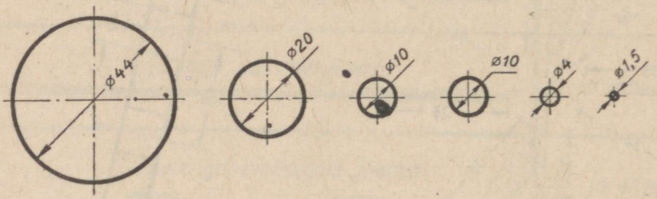
Joon. 303.



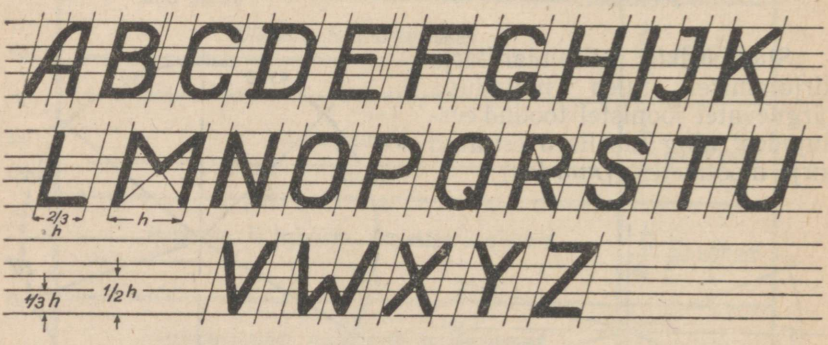
Joon. 304.

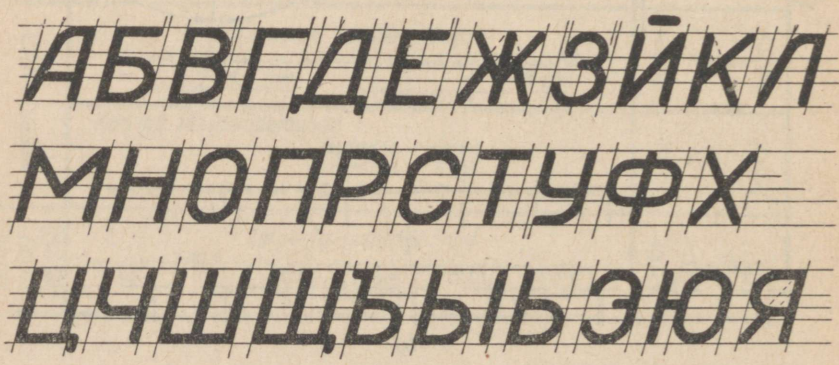


Joon. 305.

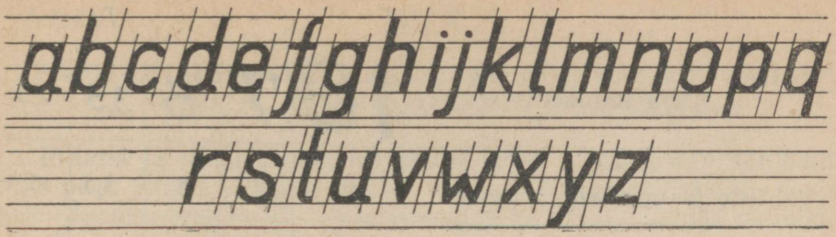


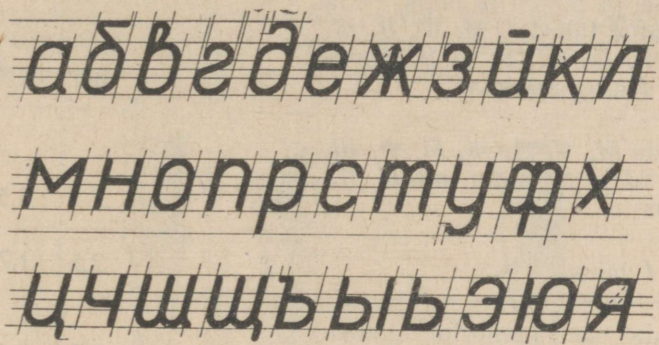
Joon. 306.



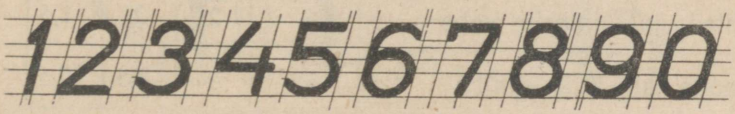


Joon. 307.



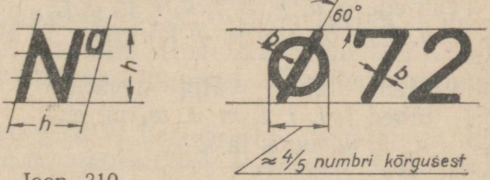


Joon. 308.



Joon. 309.

a) ladina ja vene tähestiku suurtähed (joon. 307);
b) ladina ja vene tähestiku väiketähed (joon. 308);
c) numbrid (joon. 309);
d) tähis *N*º ja ø (joon. 310);
e) ladina tähestiku suur- ja väiketähed ning rooma numbrid (joon. 311).



Joon. 310.

ABCDEFGHIJKLMNOPQRS
TUVWXYZ VII XV XIII
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

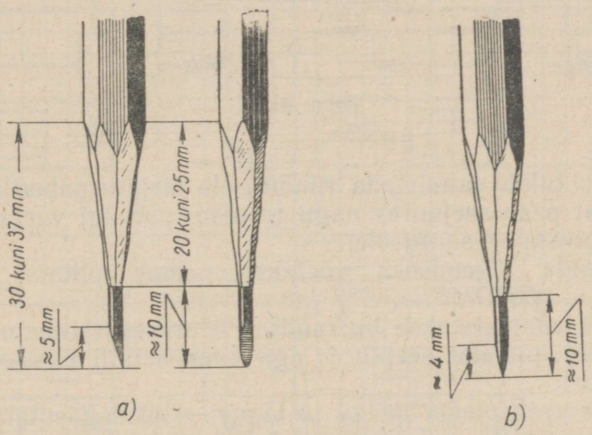
Joon. 311.

	Kirja number	10	7	5	3,5	2,5
SUURTÄHED JA NUMBRID	Tähtede ja numbrite kõrgus	10	7	5	3,5	2,5
	Tähtede ja numbrite laius, välja arvatud tähed *J*, *M*, *W*, *Д*, *Ж*, *М*, *Ф*, *Ш*, *Щ*, *Ы* ja *Ю*, number *1* ning märk *N°*	7	5	3,5	2,5	1,7
	Tähtede *M*, *W*, *Д*, *Ж*, *М*, *Ф*, *Ш*, *Щ*, *Ы* ja *Ю* ning märgi *N°* laius	10	7	5	3,5	2,5
	Tähe *I* laius	5	3,5	2,5	1,7	1
	Tähtede ja numbrite joonejämedus	1,5	1	0,7	0,5	0,3
	Tähtede ja numbrite vahe	3	2	2	1,5	1
	Sõnade vahe (vähemalt)	7	5	3,5	2,5	1,5
VÄIKETÄHED	Tähtede kõrgus, välja arvatud tähed *b*, *d*, *f*, *g*, *h*, *j*, *k*, *l*, *p*, *q*, *t*, *y*, *б*, *в*, *д*, *р*, *у* ja *ф*	7	5	3,5	2,5	1,5
	Tähtede *b*, *d*, *g*, *h*, *j*, *k*, *l*, *p*, *q*, *t*, *y*, *б*, *в*, *д*, *р*, *у* ja *ф* kõrgus	10	7	5	3,5	2,5
	Tähtede laius, välja arvatud tähed *f*, *i*, *j*, *l*, *т*, *t*, *ш*, *т*, *ж*, *м*, *ф*, *ш*, *щ*, *ы* ja *ю*	5	3,5	2,5	1,7	1
	Tähtede *т*, *ш*, *т*, *ж*, *м*, *ф*, *ш*, *щ*, *ы* ja *ю* laius	7	5	3,5	2,5	1,5
	Tähtede *f ja t laius*	3,5	2,5	1,7	1	0,7
	Tähtede joonejämedus	1	0,7	0,5	0,3	0,2
	Sõnade vahe (vähemalt)	5	3,5	2,5	1,7	1
	Ridade vahe	15	12	10	7	5

Lisa 2.

PÕHIJUHISED ESEMETEST ESKIISIDE VALMISTAMISE KOHTA. KOOSTAMISJOONISE MÕISTE.

Pliiatsi ja sirkli ettevalmistamine tööks. Peenjoonte tõmbamiseks peab pliiats olema teritatud joonisel 312, *a* toodud näite kohaselt. Joonise kontuuride väljatõmbamiseks ning eskiiside valmistamiseks tuleb pliiats teritada joonisel 312, *b* näidatud kujul. Sirkli jaoks kasutatava grafiitsüdamiku (miini) kõvadus võetakse niisuguse arvestusega, et ühe ja sama miiniga on võimalik erineva survega tõmmata isesuguse jämedusega jooni.



Joon. 312.

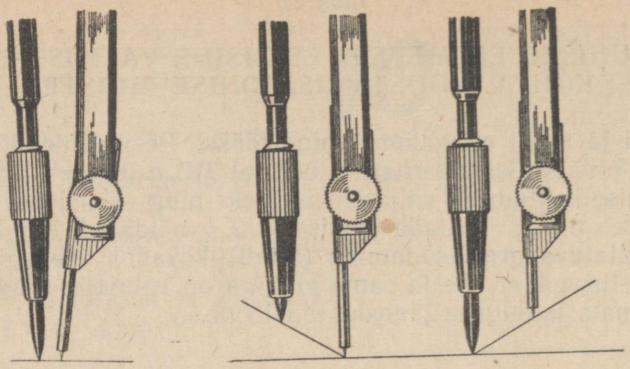
Enne kui asuda ringjoonte või kaarte tõmbamisele, tuleb miin asetada selliselt sirkliharu otsikusse, et sirkli nõelateraviku ja miini otsad oleksid ligikaudu ühel tasemel (joonis 313, näide «õige»), sõltumata miini ja nõelteraviku vahekaugusest. Miin peab ulatuma otsikust välja umbes 7 *mm*.

Joonisel 314, *a* on näidatud sirkli harude õige asend 1—3 *mm* raadiusega ringjoonte ja kaarte tõmbamisel, joonisel 314, *b, c* ja *d* aga nende asetus näiteks 20, 70 ja 130 *mm* raadiusega ringjoonte või kaarte tõmbamisel.

Eskiiside vormistamine. Eskiiside valmistamisel tuleb kinni pidada jooniste kohta kehtivatest riiklikest üleliidulistest standarditest ning tingimustest. Harilikult tehakse detaili eskiis eseme järgi ning see on järgnevalt valmistatava joonise aluseks.

Eskiiside valmistamisel tuleb kinni pidada järgmistest nende vormistamise põhireeglitest:

1) eskiis tehakse käsitsi, ainult ringjooni ja kaari on lubatud tõmmata sirkliga;



Joon. 313.

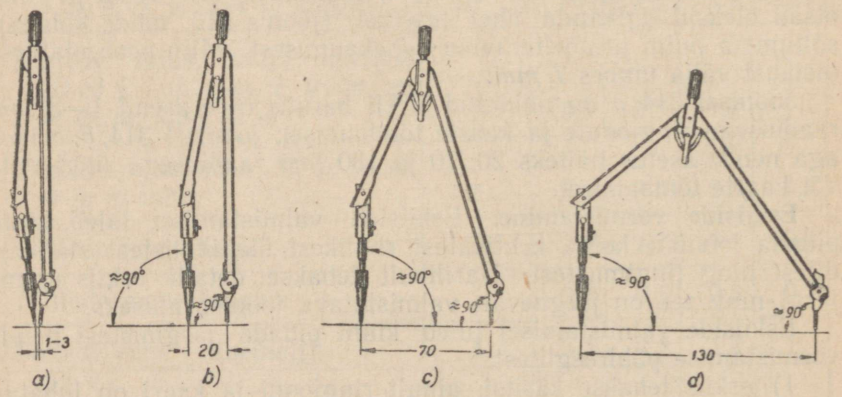
2) eskiis tuleb valmistada ruudulisele kirjutuspaberile; paberilehe formaat peab seejuures nagu jooniste puhulgi vastama standardiga kehtestatud suurusele;

3) eskiiside tegemiseks võetakse pehme pliiats: *M, 2M, «МОСКВА», «ПИОНЕР», N°2 jne.;*

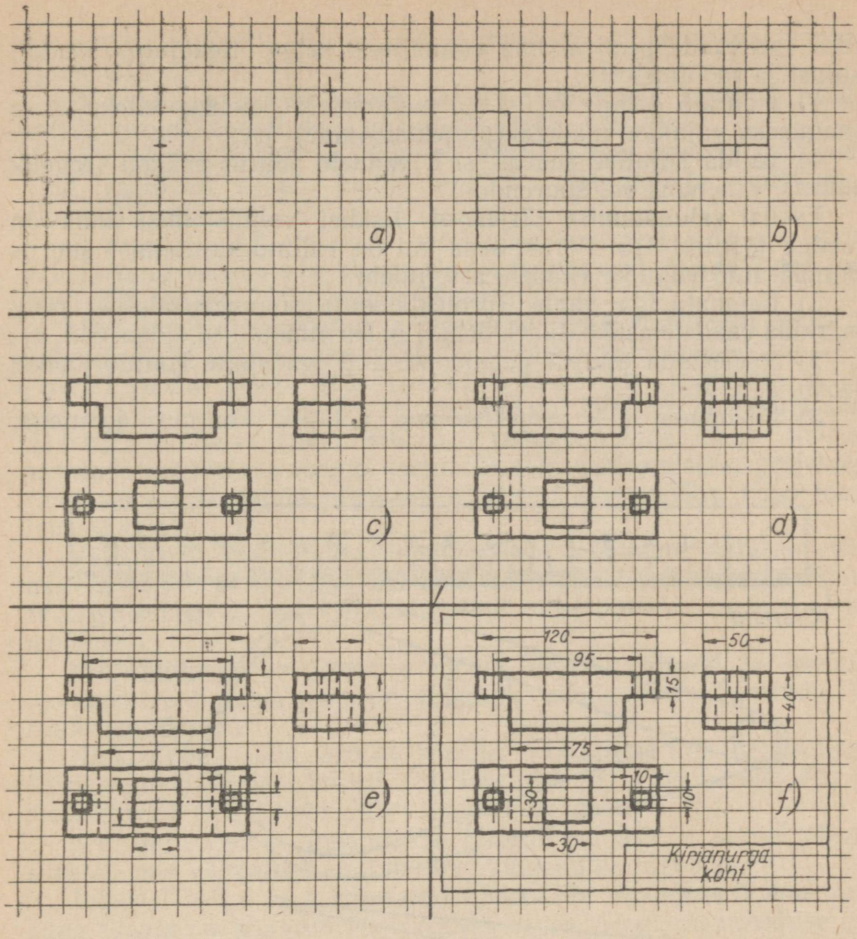
4) eskiis valmistatakse ligikaudses suuruses (silmamõõdu täpsuse piirides), pidades seejuures aga kinni detaili üksikosade proportsioonidest;

5) eskiis peab olema loetav ja täpne; eskiisil kasutatav vähenduse või suurenduse mastaap sõltub detaili keerukusest ja suurusest ning samuti ka paberi formaadist;

6) eskiisil, samuti ka joonisel olev vaadete (projektsioonide) arv peab olema kõige väiksem, kuid ühtlasi küllaldane, et kujuta-



Joon. 314.



Joon. 315.

tavast detailist saada täielikku ettekujutust; seejuures peab nii eskiisil kui ka joonisel toodud vaadete vahel valitsema projektsioonine seos;

7) vaated (projektsioonid) tuleb paigutada ühtlaselt formaadile, jättes ruumi mõõtmete äramärkimiseks;

8) eskiisi parempoolsesse alumisse nurka tuleb asetada käsitsi valmistatud kirjanurk.

Ettevalmistused eskiisi tegemiseks. Enne kui asuda esemest eskiisi tegemisele, tuleb:

1) määrata eskiisitava detaili nimetus ja otstarve;

2) selgitada detaili ehitus tervikuna ning seejärel tema koostisosad;

3) valida detaili asend peavaate, s. t. eestvaate projekteerimi-

seks (peavaade peab andma võimalikult selge ettekujutuse detaili kujust ja mõõtmetest);

4) määrata detaili kujust ja mõõtmetest täieliku ettekujutuse saamiseks vajalike vaadete (projektsioonide) arv;

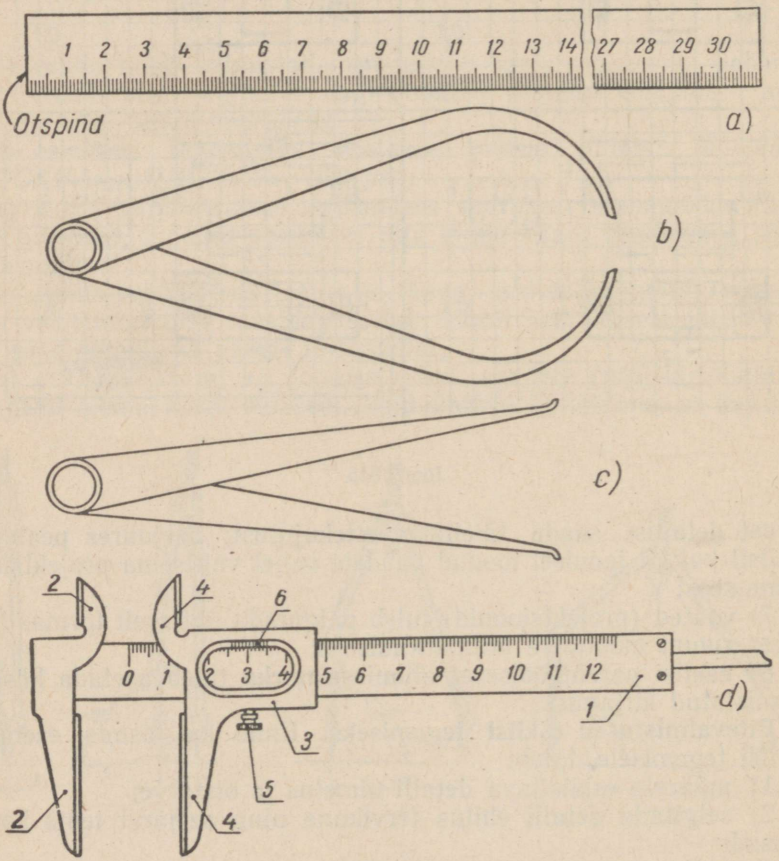
5) valida kujutise suurus, s. t. vaadete suurus eskiisil (tegelik suurus, vähendus või suurendus).

Eskiisi valmistamise järjekord. Eskiisi valmistamise käik on toodud joonisel 315. Pärast seda kui on valitud kujutamise suurus ja määratud vajalike vaadete arv, tuleb:

1) tõmmata iga vaate (projektsiooni) sümmeetriateljed ning märkida vaadete asukohtades detaili gabariitmõõtmed (joon. 315, *a*);

2) joonestada eskiisil peenjoonte abil iga vaate kontuurjooned (joon. 315, *b*);

3) täiendada kõik projektsioonid nähtava kontuuri joontega,



Joon. 316.

kontrollida kujutiste õigsust ning tõmmata välja eskiisi jooned (joon. 315, *c*).

4) kujutada kriipsjoontega detaili nähtamatu kontuur kõigil kolmel projektsioonil, kus ta ilmneb (joon. 315, *d*);

5) määrata, kuidas on kõige otstarbekohasem asetada mõõtmed, ning vastavalt sellele kanda eskiisile distants- ja mõõtjooned (joon. 315, *e*);

6) mõõta detail, märkida mõõtmete suurused eskiisile (joon. 315, *f*) ning vormistada kirjanurk; vormistamisel pidada kinni joonisel 298 toodud kirjanurga mõõtmetest.

Lihtsaimad mõõteriistad ja mõõtmise viisid. Esemetest eskiiside valmistamisel kasutatakse detailide mõõtmiseks peamiselt mõõtejoonlauda (joon. 316, *a*), välistastrit (joon. 316, *b*) ja sisetastrit (joon. 316, *c*). Täpsematel mõõtmistel kasutatakse nihkkaliibrit (joon. 316, *d*). Terasjoonlauda saab näiteks kasutada mõõdetava detaili joonmõõtmete määramiseks, projekteerides sel puhul detaili piirilised mõõtmed silmamõõdu järgi joonlaua skaalale.

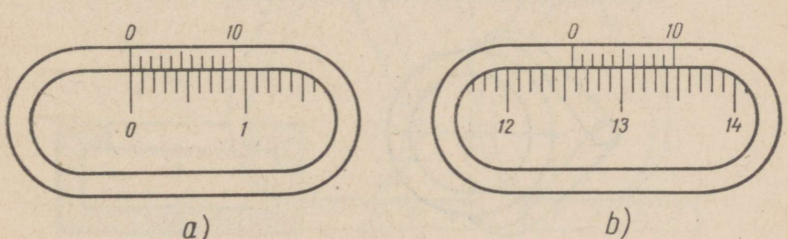
Välistastrit kasutatakse detaili väliste mõõtmete määramiseks, näiteks seinte ja plaatide paksuse, välisläbimõõtude jne. mõõtmiseks. Sisetastriga mõõdetakse detaili siseläbimõõte ja teisi joonmõõtmeid.

Nihkkaliibriga on võimalik mõõta detaili väliseid ja sisemisi joonmõõtmeid; peale selle on võimalik nihkkaliibrit kasutada ka sügavusmõõtjana.

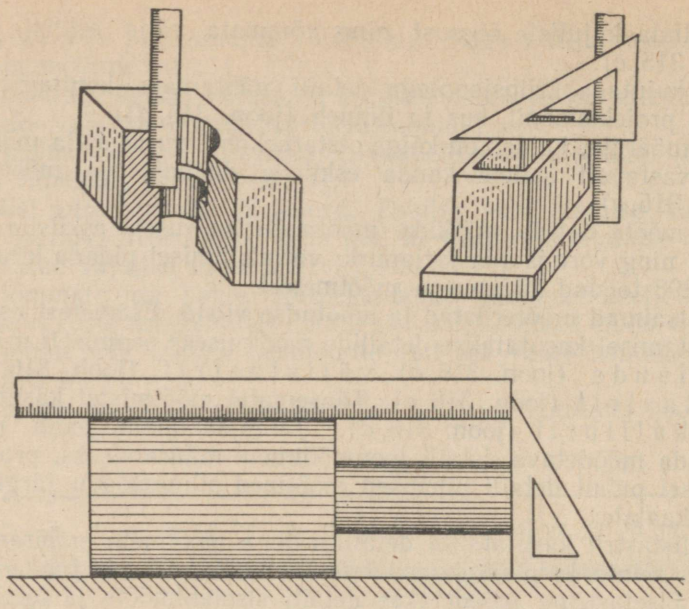
Nihkkaliiber (joon. 316, *d*) koosneb joonlauast *(1)* ning sellega terviku moodustavast harust *(2)*, liugurist *(3)* ühes haruga *(4)* ja stoppkruvist *(5)*. Nihkkaliibri liuguril on noonius *(6)*.

Nooniuseks nimetatakse liuguri väljalõike serval olevat skaalat, mis võimaldab millimeetri kümnendike lugemist.

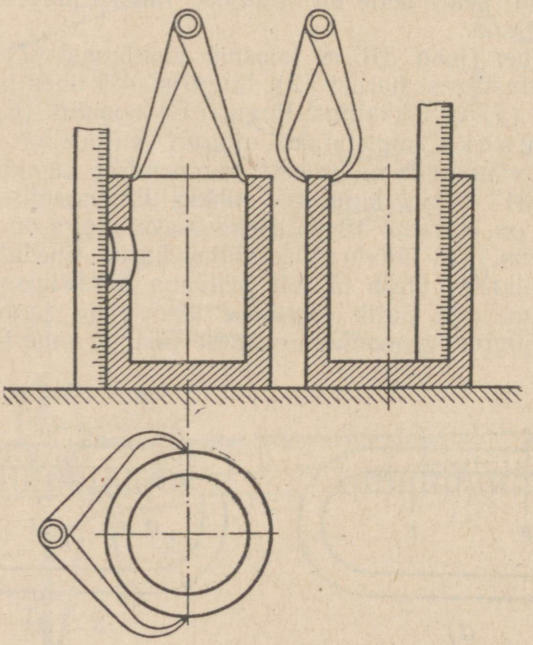
Joonisel 317, *a* ja *b* kujutatud nihkkaliibri nooniuse 9 *mm* pikkune skaala on jaotatud 10 võrdseks osaks, seega on nooniuse iga jaotus 0,9 *mm*. Kui lükata nihkkaliibri harud tihedalt kokku, siis nooniuse nullkriips ühtib täpselt joonlaua nullkriipsuga, nooniuse kümnes jaotus aga ühtib joonlaua üheksanda jaotusega (joon. 317, *a*). Seejuures on joonlaua esimese jaotuse vahe 0,1 *mm*, joon-



Joon. 317.



Joon. 318.



Joon. 319.

laua teise jaotuse ja nooniuse teise jaotuse vahe 0,2 *mm*, joonlaua ja nooniuse üheksandate jaotuste vahe aga 0,9 *mm*.

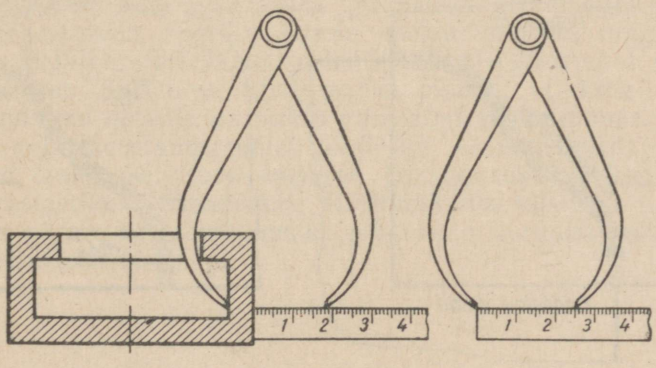
Seega on nihkkaliibri mõõtmise täpsus võrdne joonlaua ühe jaotuse ja nooniuse jaotuste arvu suhtega. Kui nihkkaliibri noonius on jaotatud kümneks võrdseks osaks, siis on niisuguse nihkkaliibri mõõtmise täpsus 0,1 *mm*.

Et määrata nihkkaliibriga mõõdetud detaili mõõdet, tuleb tähele panna, missuguse joonlaua jaotusega ühtib nooniuse nullkriips. Mõõdetava detaili mõõdet määrab joonlaua jaotus, mis ühtib nooniuse nullkriipsuga.

Kui detaili mõõtmisel nooniuse nullkriips ei ühti joonlaua mingi jaotusega (joon. 317, *b*), vaid asetseb joonlaua kahe jaotuse vahel, siis vasakult lähim jaotus näitab tervete millimeetrite arvu (joonisel 317, *b* toodud näite puhul on see 125 *mm*), millele tuleb lisada millimeetri kümnendike arv. Viimaste leidmiseks tuleb kindlaks teha, mitmes nooniuse jaotus ühtib joonlaua jaotusega. Joonisel 317, *b* toodud näite puhul ühtib nooniuse seitsmes jaotus joonlaua jaotusega, mis vastab 0,7 *mm*.

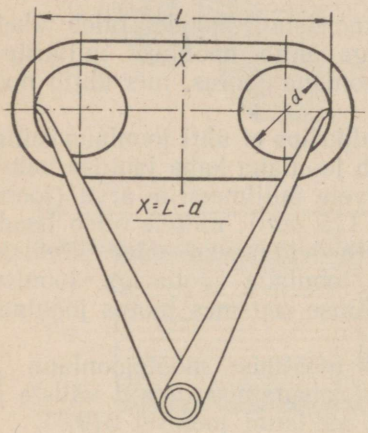
Joonisel 318 on näidatud detaili mõõtmist mõõtejoonlaua ja nurgiku abil. Välistastri ja sisetastri kasutamist detaili väliste ja sisemiste mõõtmete määramiseks on näidatud joonisel 319.

Joonisel 320 on näidatud detaili seina paksuse mõõtmist. Antud detaili suuremat siseläbimõõtu pole võimalik mõõta ei välis- ega ka sisetastriga, sest antud juhul pole võimalik mõõteriista, tema harude vahekaugust rikkumata, avast välja võtta. Niisugusel juhul võib toimida järgmiselt. Välistastri harud nihutatakse laiali mistahes kaugusele, kuid sellisele, mis võimaldab välistastrit harude vahekaugust rikkumata detaili asetada ja sealt välja võtta. Seejärel asetatakse terasjoonlaud vastu detaili välisseina ning tehakse kindlaks välistastri näit terasjoonlaua skaalal. Välistastri näit (18 *mm*) antud asendi puhul peetakse meeles. Seejärel asetatakse välistaster terasjoonlauale ning määratakse harude vahekaugus (antud juhul 25 *mm*); lahutades teisest näidust esimese, saadakse seina paksus 25—18=7 *(mm)*.



Joon. 320.

Joonisel 321 on näidatud kahe ühesuguse läbimõõduga ava tsentrite vahekauguse mõõtmist sisetastri abil. Esmalt määratakse ava läbimõõt *d*, seejärel mõõdetakse tähega *L* märgitud vahekaugus; tsentrite vahekaugus $X = L - d$.



Joon. 321.

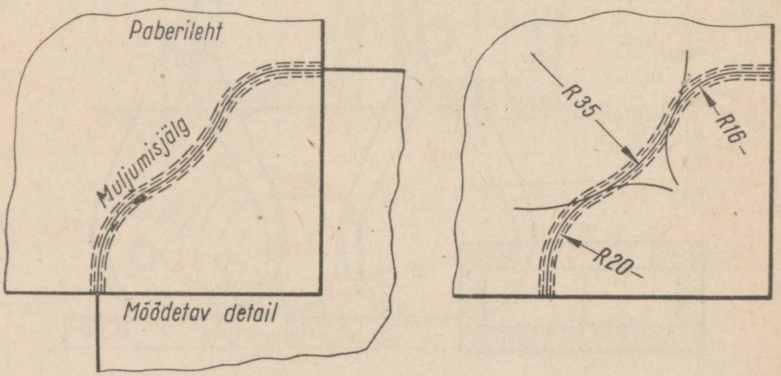
Joonisel 322 on näidatud kõverjoonelise kontuuriga detaili piirjoone mõõtmist. Detaili mõõdetavale osale asetatakse esmalt paberileht, mis muljutakse mõõdetava kontuuri järgi. Seejärel, võtnud paberi detaililt, joonestatakse pliiatsiga muljumise jälg välja ning saadakse detaili kontuur kõverjoonena. Järgnevalt valitakse sirkliga sellele kõverale vastavad raadiused ning saadakse otsitud mõõtmed.

Joonisel 323 on näidatud detaili välis- ja siseläbimõõtude ja süvendite sügavuse mõõtmist.

Koostamisjoonise mõiste. Joonist, millel ei kujutata ühtainsat detaili, vaid mitut detaili koostatud olekus, nimetatakse koostamisjooniseks. Koostamisjoonised annavad selge ettekujutuse nii sõlmest endast tervikuna kui ka tema koostisosadest — detailidest.

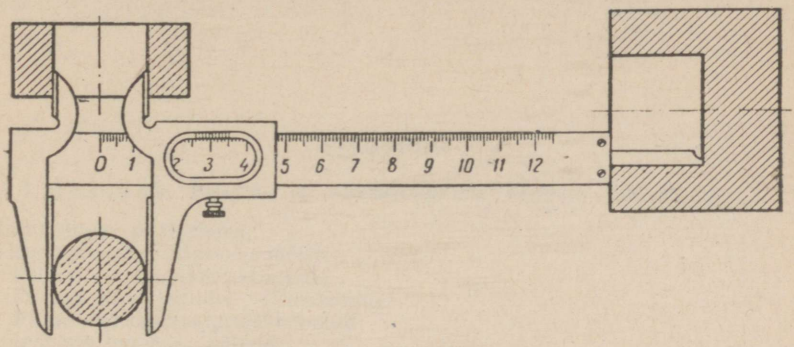
Koostamisjooniseid kasutatakse peale selle sõlmede kokkupanekul, s. t. üksikute detailide õigeks paigutamiseks, ühendamiseks ning kinnitamiseks. Koostamisjoonised valmistatakse harilikult ortogonaalprojektsioonis.

Iga koostamisjoonise alumises parempoolses nurgas peab olema kirjanurk.



Joon. 322.

Peale selle peab iga koostamisjoonis olema varustatud nn. spetsifikatsiooniga. Spetsifikatsiooniks nimetatakse tabelit, milles näidatakse sõlme kuuluvate detailide järjekorranumbrid, nimetused ja tähistused.



Joon. 323.

Lisaks sellele näidatakse spetsifikatsioonis ära ka sõlme kuuluvate detailide arv, materjali nimetus jne.

Sõlme moodustavate detailide kuju ja mõõtmete määramist ning iga detaili joonise valmistamist koostamisjoonise järgi nimetatakse detailiseerimiseks. Detailiseerimisel tuleb iga detail kujutada joonisel selliselt, et oleks võimalik saada temast täielikku ettekujutust ning valmistada teda. Selleks peab detaili joonis sisaldama vajaliku arvu vaateid ja lõikeid, mõõtmeid jm.

Asudes koostamisjoonise lugemisele, tuleb kõigepealt tutvuda sõlme nimetusega, et mõista, mis koostamisjoonisel on kujutatud. Seejärel tutvume joonise erisustega; selleks on vaja kindlaks teha, missugused vaated, lõiked ja ristlõiked on toodud koostamisjoonisel, lugeda kõik joonisel olevad pealkirjad, selgitada sõlmesse puutuvad põhimõõtmed jne.

Alles pärast seda võib asuda iga üksiku detaili kuju ja mõõtmete määramisele, lugedes selleks spetsifikatsiooni ning otsides joonisel järk-järgult kõikide spetsifikatsioonis nimetatud detailide projektsioone. Seejuures tuleb meeles pidada, et kahe pinnaga kokkupuutuvad detailid on lõikes viirutatud vastassuunas.

Määranud koostamisjoonise järgi iga üksiku detaili kuju ja mõõtmed, tuleb selgitada detailide kokkupaneku järjekord ning nende vastastikuse ühendamise ja kinnitamise viisid.

Alles pärast koostamisjoonise põhjalikku uurimist võib asuda tema detailiseerimisele.

SISUKORD

I peatükk. **Prisma- ja silindrikujuliste esemete joonestamine.**

A. Korrapärane püstprisma.

Korrapärase püstprisma mõiste 3
I. Prisma kabinetprojektsioonid 4
II. Prisma pinnalaotuse valmistamine 6
III. Prisma ortogonaalprojektsioonid 8
IV. Jooniste lugemise näiteid 12

B. Isomeetria.

Isomeetria mõiste 18
Isomeetria ehitamine 20

C. Püstringsilinder.

Püstringsilindri mõiste 26
I. Püstringsilindri isomeetria 27
II. Silindri pinnalaotuse ja mudeli valmistamine 35
III. Silindri ortogonaalprojektsioonid 37
IV. Silindrilise kruvijoone mõiste 38
V. Keerme mõiste 40
Praktilised tööd 41
I. Jooniste lugemine 41
II. Harjutused 50
III. Tööd 63

II peatükk. **Ristlõiked ja lõiked.**

I. Ristlõiked 69
II. Lõiked 73
III. Hoonete plaanide ja lõigete mõisted 80
Praktilised tööd 89
I. Jooniste lugemine 89
II. Harjutused 92
III. Tööd 99

III peatükk. **Joonte liited.**

Liite mõiste 100
I. Vajalikud tingimused sujuvate üleminekute saamiseks. Liidete liigid 101
II. Liidete ehitamise juhiseid 104
III. Kalle 110
IV. Valtsterase profiili (ristlõike) joonestamine 112
Praktilised tööd 114
I. Harjutused 114
II. Tööd 118

IV peatükk. **Püramiidi- ja koonusekujuliste kehade joonestamine.**

Korrapärase püramiidi ja püstringkoonuse mõiste 127
I. Püramiidi ja koonuse isomeetriline kujutis 128
II. Püramiidi ja koonuse ortogonaalprojektsioonid 133
III. Püramiidi ja koonuse pinnalaotuse ehitamine 139
Praktilised tööd 142
I. Jooniste lugemine 142
II. Harjutused 145
III. Tööd 150

V peatükk. **Esemete joonestamine, mille kujus esineb kera ja rõngas.**

Pöördpinna ning kera- ja rõngaspinna mõiste 155
I. Kera isomeetriline kujutis 158
II. Kera ortogonaalprojektsioonid 159
III. Ringrõnga ortogonaalprojektsioonid 164
Praktilised tööd 165
I. Jooniste lugemine 165
II. Harjutused 167
III. Tööd 168

VI peatükk. **Esemete joonestamine, millede kujus esinevad tasapindadega lõigatud prismad ja silindrid.**

Tasapinnad, mis on risti vaid ühe projektsioonipinnaga. Tasapinna jälgjoone ja telgpunkti mõiste 174
I. Kuusnurkse prisma lõikumine projekteeruva tasapinnaga 176
II. Silindri lõikumine projekteeruva tasapinnaga 182
Praktilised tööd 187
I. Jooniste lugemine 187
II. Harjutused 189
III. Tööd 191

VII peatükk. **Esemete joonestamine, millede kujus esinevad tasapinnaliste lõikepindadega püramiidid ja koonused.**

I. Kuusnurkse püramiidi lõikumine projekteeruva tasapinnaga 193
II. Koonuse lõikumine projekteeruva tasapinnaga 198
Praktilised tööd 204
I. Jooniste lugemine 204
II. Harjutused 207
III. Tööd 210

VIII peatükk. **Vastastikku lõikuvatest kehadest koosnevate esemete joonestamine.**

Vastastikku lõikuvate pindade ja lõikejoonte mõiste 212
I. Hulktahukate vastastikune lõikumine 213
II. Silindrite vastastikune lõikumine 217
III. Prisma ja silindri vastastikune lõikumine 219
Praktilised tööd 220
I. Jooniste lugemine 220
II. Harjutused 223
III. Tööd 228

Lisad.

Lisa 1. **Jooniste vormistamise põhireeglid** 235
Lisa 2. **Põhijuhised esemetest eskiiside valmistamise kohta. Koostamisjoonise mõiste** 243

А. А. Абрикосов

ЧЕРЧЕНИЕ

На эстонском языке

Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярну маантеэ 10

*

Toimetaja R. Siirak

Tehniline toimetaja A. Sepp

Korrektorid A. Kiho ja M. Pedajas

Ladumisele antud 23. V 1956. Trükkimisele antud 18. VII 1956. Paber 60×92, 1/16. Trükipoognaid 16 + 1 kleebis. Arvutuspoognaid 15,02. Trükiarv 9000. MB-06319. Tellimise nr. 3260. Trükikoda «Kommunist», Tallinn, Pikk tn. 2.

Rbl. 2.90

6—6

Rbl. 2.90

A
A-21100

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00365804 6