

L. SAPOTZKI,

PALLASE KUNSTIKOOLI LEKTOR ja TARTU LINNA TÖÖSTUSKOOLI ÕPETAJA

---

KUJUTAVA GEOMEETRIA  
JA  
KONSTRUKTIIVSE PERSPEKTIIVI  
ALGÕPETUS

XII TABELIGA

I ANNE



AUTORI KIRJASTUS :: TARTUS, 1929 :: HIND 1 KR. 75 SENTI  
PÄÄLADUS »POSTIMEHE« RAAMATUKAUPLUSES TARTUS, SUURTURG 16, TEL. 2-50



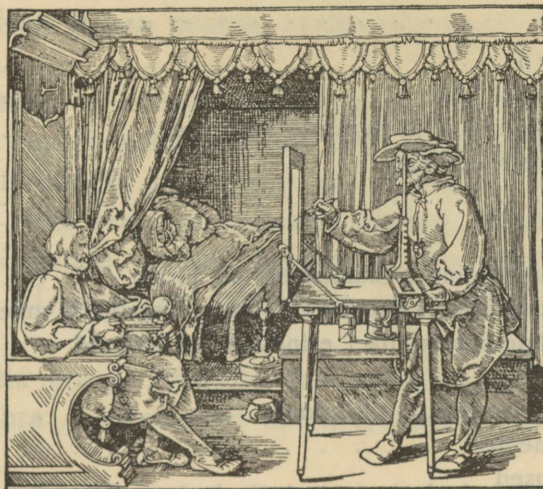
L. SAPOTZKI,

PALLASE KUNSTIKOOLI LEKTOR ja TARTU LINNA TÖÖSTUSKOOLI ÕPETAJA

KUJUTAVA GEOMEETRIA  
JA  
KONSTRUKTIIVSE PERSPEKTIIVI  
ALGÕPETUS

XII TABELIGA

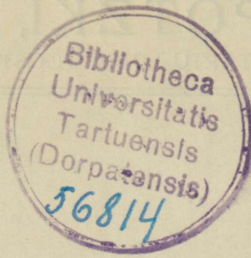
I ANNE



1-2444

AUTORI KIRJASTUS :: TARTUS, 1929 :: HIND 1 KR. 75 SENTI

PÄÄLADUS »POSTIMEHE« RAAMATUKAUPLUSES TARTUS, SUURTURG 16, TEL. 2-50



B-509

## Sisukord.

### I. Esemete kujutamisiisid.

	Lhk.
1. Põhjapanev vaatlus . . . . .	4
2. Kuidas sünnib pilt . . . . .	4
3. Perspektiivsel konstrueerimisel esinevad oskussõnad . . . . .	4
4. Tsentraalprojektsioon . . . . .	5
5. Projektsiooni konstrueerimisel esinevad oskussõnad . . . . .	5
6. Paralleelprojektsioon . . . . .	5
7. Kokkuvõte . . . . .	6

### II. Kehade kujutamine.

1. Normaalkonstrueerimine . . . . .	7
a) Normaalkonstrueerimise üldse . . . . .	7
b) Projektsiooni konstrueerimisel esinevad oskussõnad . . . . .	8
c) Punktide ja konstrueerimisiiside määramine . . . . .	9
d) Normaalkonstrueerimise laused . . . . .	9
e) Ülesanded . . . . .	9
2. Kaldprojektsioon . . . . .	10
a) Kaldprojektsioonist üldse . . . . .	10
b) Moonutuskoeffitsientide ja nurkade valimine . . . . .	10
c) Kehapunkti konstrueerimine . . . . .	11
d) Ülesanded . . . . .	11
3. Perspektiiv . . . . .	11
a) Kehade konstrueerimine lõikamismeetodi järel . . . . .	11
b) Kehade konstrueerimine paopunkti (koonduspunkti) meetodi järel . . . . .	12
c) Perspektiivsel konstrueerimisel esinevad oskussõnad . . . . .	12
d) Jaotuspunktid . . . . .	12
e) Vabalt võetud paopunkt pildipinnas . . . . .	13
f) Distantpunkti meetod . . . . .	14
g) Perspektiivi laused . . . . .	14
h) Ülesanded . . . . .	15
Kirjandus . . . . .	15

## Sissejuhatus.

Kõikidel praktilistel aladel on tarvilik omada selget ruumilist ettekujutust. Sama tarvilik on osata ruumi ja ruumilisi esemeid tasapinnal kujutada või vähemalt kujutusse teadlikult suhtuda. Meie ajal, kus tehnika on omandanud terves tsivilisatsioonis kõikmäärava tähtsuse, ei pääse mainitud küsimustest mööda ei haritlane ega tööline. On ju igas illustreeritud teaduslikus või tehnilises töös jooniseid, mis nõuavad omaks mõistmiseks kujutamismeetodite tundmist.

Mitmesugustel aladel on välja kujunenud — vastavalt selle ala loomule — mitmesugused ruumikujutamiskiivid. Käesolev raamat esitab nendest kujutamiskiividest kolme, kõige laiemalt tarvituselolevat: perspektiivi, kald- ja ortogonaalprojektsiooni. Raamat on määratud kõigepäält kunsti-, tehnika- ja kutsekooli, samuti ka keskkooli vanemate klasside õpilastele; pääle selle on ta mõeldud kõigile, kellel on tarvidust jõuda selgusele projektsooniõpetuse alal.

Hääks sissejuhatajaks sellele raamatule nimetan A. Rummeli »Perspektiivi õppe-raamat koolidele.« Mainitud raamatule täienduseks loetlen oma raamatu lõpul mõningaid tähtsamaid võõrkeelseid teoseid kujutava geomeetria ja perspektiivi alal.

Aine on siin raamatus käsitletud kontsentriliselt: I osa sisaldab ülevaate kõikidest projektsiooni kiividest, II osa peatub üksikasjalisemalt üksikute kujutamiskiividest juures.

Nagu õpetab kogemus, on enesele palju kergem ette kujutada ruumis konkreetset keha, kui matemaatilist punkti, sellepärast on välja mindud käesolevas kirjutises kehadest, võttes vaatlemisobjektideks igapäevase elu nähtused.

Tahaksin toonitada veel seda, et raamatus olevad ülesanded on tihedalt seotud raamatu sisuga ja on raamatule juurde lisatud ta sisu täienduseks. Sellepärast on tingimata tarvilik kõik ülesanded lahendada ja kõik joonised järele konstrueerida.

Lõpuks avaldan tänu hra J. Ainelole, kes raamatu keeleliselt parandas. Samuti tänan hra O. Pärlit ja hra A. Rummelit abi eest raamatu kokkuseadmisel.

Tartus, 1. VIII. 1928.

L. Sapotzki.

# I. Esemete kujutamisviisid.

## 1. Põhjapanev vaatlus.

Kui pikemat aega ühe silmaga vaadeldakse läbi klaasplaadi või läbi akna mingit maja, siis paistavad viimase piirjooned asuvat klaasil. Läbipaistval klaaspinnal tekib vaadeldava keha pilt. Joon. 1.

Et säilitada pilti ja teha ta kättesaadavaks igäühele, joonistatagu nähtud jooned klaasile pintsli ja tušiga. Joon. 3.

## 2. Kuidas sünnib pilt.

Igast keha punktist tungivad sirgjoonelised valgusekiired vaatleja silma. Igal kohal, kus valgusekiired läbistavad pinna (akna), tekib keha punktide kujutus. Joon. 2, punktid 1, 2, 3 . . . 8. Esemee kontuuripunktid annavad joonelise kujutise. Nende kujutiste konstrueerimine matemaatilistel alustel on meie ülesanne.

Piltide kujutamise võtet, millejuures ühest punktist tulevaid kiiri lastakse läbi tungida läbipaistvast pinnast, nimetatakse üldse perspektiiviks. See nimetus on tekkinud ladinakeelsest sõnast *perspicere*, mis tähendab *millestki midagi läbi nägema*. Sääraseid perspektiivselt kujutatud pilte valmistab näiteks fotograafia.

Perspektiivis peab arvesse võtma kõige päält seda, et ta sõna kitsamas mõttes võetuna peab vastama inimsilma füsioloogilisele omadusile. Nimelt näeb inimene selgesti, kui kiired, mis ühendavad objekti äärmised punktid silmaga, piiravad  $30^{\circ}$ — $36^{\circ}$  vaatenurka. Vaata  $\sphericalangle a$  ja  $\sphericalangle \beta$  joon. 1. Sellega on kindlaks määratud (nagu tõendavad Helmholtz'i, Wundt'i j. t. mõõtmised) silma kaugus objektist ja klaasist, kui ei taheta üle minna selgesti nägemise piirest. Sellega on ka kindlaks määratud objekti suurus — vaateväli.

Kõige laialdasemalt kasutatakse perspektiivi joonistamises ja arhitektuuris.

## 3. Perspektiivsel konstrueerimisel esinevad oskussõnad.

Valgusekiiri, mis ühendavad keha punkte silmaga, nimetatakse **vaatekiirteks** ja nende läbitungimispunkte klaasis — **jälgedeks**. (joon. 4). Kõik vaatekiired koonduvad silmas ühes **vaatepunktis**. Eset, mida kujutame, nimetatakse **objektiks**.

Objektil peab olema alus — maapind, põrand, laud jne., mida nimetatakse **aluspinnaks**. Et näha objekti piirjooni, peab silm asuma klaasist teatud kaugusel. Seda kaugust nimetatakse **vaatepunkti kauguseks** ehk **distantiks**. Klaasplaati aga, millest läbi tungivad vaatekiired ja millele võib ka joonistada või mida võib ainult ette kujutada või jälle mille asemele võime mõelda pandud olevat üht lehte joonistamisepaberit, nimetatakse **tahvliks** ehk **pildipinnaks** ja temal asuv joonis on **pilt** ehk **kujutis**.

#### 4. Tsentraalprojektsioon.

Kujutame enesele ette (joon. 5) klaasplaadi A silma ja maja vahel ära võetuna, aga temale paralleelselt asetatud läbipaistmatu pinna näiteks B seinaga. Silma asemel võtame heleda valguspunkti (elektri pirn). Nüüd läbipaistmatul seinal saame valgusekiirte pikenduse läbi jällegi maja piirjooned, see kord küll varjuna.

Need piirjooned vastavad täiesti klaasil A olevaile piirjoonile, nad on ainult proportsionaalselt suuremad. [Stereomeetria lause: *kui lõigata püramidaalset ruumi kahe paralleelse tasapinnaga, mis läbistavad kõiki nimetatud ruumi piiravaid tasapindu, siis saame lõikepindadena sarnased hulknurgad.*] Paistab, nagu kannaksid valgusekiired sirgjooneliselt kehapunkte läbipaistmatule pinnale. Seda nimetatakse **projitseerimiseks**.

Võte, kus kiired tasapinnale kannavad keha punkte, annab üldse **projektsiooni**. See nimetus on tekkinud ladinakeelsest sõnast *projicere*, mis tähendab *päale viskama*. Et nagu eelmiseski juhtumises projitseerimiskiired tulevad ühest punktist, siis nimetatakse säärast projektsiooni **tsentraalprojektsiooniks** ja p. 2 all nimetatud perspektiiv on tsentraalprojektsiooni erijuhtum.

#### 5. Projektsiooni konstrueerimisel esinevad oskussõnad.

Ühest keskpunktist tulevaid kiiri (joon. 5), mis kannavad keha punkte mingi pinnale, nimetatakse **sirgeteks**, **projitseerimise**- ehk **projektsioonikiirteks** ja nende läbitungimispunkte mõnest tasapinnast (näit. A) **lõikpunktideks**. Kõik projektsioonikiired ühinevad ühes **projektsiooni-keskpunktis** ehk **projektsiooni-tsentrumis**. Objekt asetatakse horisontaalsele pinnale, mida nimetatakse **horisontaalseks projektsioon-pinnaks**; vertikaalset pinda, millele kantakse pilt, nimetatakse **vertikaalseks projektsioon-pinnaks**. Objekti pilti nimetatakse **projektsiooniks** ehk **kujutiseks** ja pildi kujutamist — **projekteerimiseks**.

#### 6. Paralleelprojektsioon.

Kujutame enesele ette (joon. 6.) projektsiooni-tsentrumi olevat lõpmata kaugel, siis on projektsioonikiired isekeskis paralleelsed ja me saame sama kuju projektsiooni pinnal, olgu viimane objekti ees või taga. [Stereomeetria lause: *kui lõigata prismaa-*

tilist ruumi kahe paralleelse tasapinnaga, mis läbistavad kõik nimetatud ruumi piiravad tasapinnad, siis saame lõikepindadena kongruentsed hulknurgad].

Me võime joon. 6-nda tagumisel tasapinnal tekkinud pilti ette kujutada päikese valguse varjuna. Päike ei asu meist küll lõpmata kaugel, kuid tegeliselt langevad ta kiired maa pääl paralleelselt üksteisega. Sellejärele, kas projektsioonkiired langevad projektsioonpinnale *viltu või otse*, tehakse vahet **kaldse** ehk **klinogonaalse** ja **ristjoonelise** ehk **ortogonaalse** (normaalse) paralleelprojektsiooni vahel. Joon. 6, 7 ja 10.

## 7. Kokkuvõte.

Kaldne paralleelprojektsioon annab kehadest kuigi mitte täiesti loomutruid kujutisi, siiski aga täiesti ülevaatlikke pilte, mida on kerge valmistada. Seda *projekteerimisvõtet* tihti kasutatakse teaduses (matemaatikas, loodusteaduses) ja tehnikas, näiteks varikonstruktsioonide juures. Ta reeglite järele on valmistatud näiteks joon. 4, 5, 6 ja 7.

Normaalne paralleelprojektsioon ei anna kehadest küll ülevaatlikke pilte (joon. 10), kuid ta annab meile õige ettekujutuse esemete kujust, suuruselt ning tõelisist vormest; sellepärast on ta tehnika jaoks kõige suurema tähtsusega projekteerimisviis. Kõik ehituste, laevade, lennukite, masinate ja muude esemete tehnilised joonised valmistatakse normaalprojektsiooni reeglite järele. Kokkuvõetult võime ütelda: tsentraalprojektsioon annab pilte esemeist, nagu nad paistavad silmale, normaalprojektsioon sellevastu annab loomutruid pilte esemetest ja nende üksikute osade suuruselt ja kujust. Joon. 7, vaade A; joon. 10.

Kaldne paralleelprojektsioon asub nende mõlemate kahe projekteerimisviisi vahel.

Üldse võime määrata: kujutatav geomeetria on konstruktiivse geomeetria teadus, mis õpetab kujutama kehasid (kolme mõõdulisi kujusid) tasapinnal (kahemõõduliste kujudena).

Kujutatav geomeetria koostub mitmesuguseist projekteerimisviisest, millest põhjanevatena kokku võttes saame järgmise ülevaate:

Kujutatav geomeetria ehk geomeetriline projektsioon  
(plaanimeetriline ja stereomeetriline projektsioon):

Paralleelprojektsioon		Tsentraalprojektsioon	
(kiirte keskpunkt lõpmata kaugel):		(kiirte keskpunkt teatud kaugusel):	
kaldne paralleelprojektsioon.	Ristjooneline (normaal-) paralleel- ehk ortogonaalprojektsioon.	Tsentraalprojektsioon (Pildi pind tagapool keha).	Tsentraalperspektiiv (Pildi pind eespool keha).
			↓
		Kunstnikkude vaba perspektiiv (joonistamine looduse järele ja värvide perspektiiv).	

## II. Kehade kujutamine.

### 1. Normaalkonstruktsioon.

#### a) Normaalkonstruktsioonist üldse.

Olgu küll, et käesoleva teose alul välja läksime kõige üldisemast juhtumist, perspektiivist, ometi peame nüüd, aine põhjalikumal käsitlusel, välja minema ortogonaalsest konstruktsioonist. See ei sünni mitte ainult sellepärast, et ortogonaalsel konstruktsioonil on otsustav tähtsus tehnikas, vaid ka selleks, et võimaldada perspektiivsete piltide konstrueerimist. Selleks, et konstrueerida perspektiivset pilti, peab täpsalt tundma objekte nende suuruse ja **asukoha** järele, ja seda võimaldab meile normaalkonstruktsioon.

Selleks, et saada õiget ettekujutust maja *vormist ja suurusest* (joon. 8) peame teda vaatlema igast küljest või jälle valmistama temast *esikülgede* pildid. Et keha (maja) ulatub kolmes pääsihis, siis on loomulik temast valmistada kolm *päävaadet*, milleks ümbritsetagu maja kolme üksteisega risti oleva konstruktsioonipinnaga\*) I, II, III — joon. 8. (Pinnad maja seintega paralleelsed.) Punkt 6 järele on siin tegemist konstruktsioonikiirtega, mis tulevad lõpmata kaugel asuvaist projekteerimistsentrumitest ja mis tekitavad vastavaid konstruktsioone isesuguseil projekteerimispindadel. Võime I, II ja III tasapindadel olevaid pilte mõelda tekkinud olevat sel teel, et me laseme langeda I, II ja III pääle maja üksikuist punkttest loodjooni, mille aluspunktid\*\*) annavad siis vastavate keha punktide kujutised. Joon. 8 olevad nooled näitavad loodjoonte sihte. Teiseks projitseeruvad ka loodjooned ise konstruktsioonipindadele. Kui nüüd mõttes kõrvaldame maja, siis saame, nagu joon. 9 esitatud, kolm konstruktsioontasapinda vastavate konstruktsioonidega. Edasi kujutleme ette, et pinnad I ja III on lahti lõigatud serva O—Y mööda, kusjuures tasapind III pöördub serva O—Z ümber 90° võrra, nii et ta langeb ühte mõeldava tasapinna II pikendusega; sellejuures tekitavad punktid »a« ja »b« veerandringe. (joon. 10.) Kui pöörame tasapinna I ümber serva O—X alla poole 90° võrra, siis langeb ta samuti ühte tasapinna II pikendusega ja meil on laiali laotatud joon. 10. Siin asuvad kõik kolm konstruktsioonipinda ühes tasapinnas. Serv O—Z eelmisest joonisest 9 kujutab siin serva O—Y piken-

\*) »Projektsioonipinna« all tuleb alati mõista projektsiooni tasapinda s. o. tasapinda, kuhu projitseeritakse antud ese.

\*\*) Vaata b).

dust ja neid tähistatakse ühiselt  $Y—Y$ -ga. Samuti tasapinna III serv  $O—Y$  kujutab serva  $O—X$ -i pikendust; neid tähistatakse ühiselt  $X—X$ -ga.

Tasapinnal IV, mis on tekkinud tasapindade I ja III pöördumisel, võime märkida punktide »a« ja »b« veerandringid, mis säilitavad lahutatud tasapindade ühtekuuluvuse.

Kolm üksteisega ristikut tasapinda kujundavad lõikudes 8 ortogonaalset ruumisnurka, s. t. ruumisnurka, mille kõik nurgad on täisnurgad. Nende nurkade haarad ehk tasapindade lõikejooned on üksteisega risti ja neid nimetatakse telgedeks. Need tasapinnad ja teljed moodustavad Descartes'i ruumikoordinaadistiku (*koordinaat tähendab kuuluv suurus*). Tasapindade ja telgede ühine lõikepunkt on koordinaatide alguspunkt 0. (Joon. 9). Telg, mis läheb algusest paremale ja pahemale poole, on  $x$ -ide telg, ette- ja tahapoole, on  $y$ -de telg, üles- ja allapoole, on  $z$ -ide telg; telgede suunad paremale, ette- ja ülespoole on positiivsed, suunad pahemale, taha- ja allapoole on negatiivsed.

Asetame projitseeritava keha, nagu seda tehakse tehnilistes joonistes, eespool olevasse ülemisesse pahempoolsesse nurka; sääl on meil  $x$ -telg negatiivne,  $y$ - ja  $z$ -teljed on positiivsed.

Me oleme joon. 10-ga saanud joonise, mis geomeetriliselt kujutab maja mitmesuguseid vaateid, ja nimelt vaate ülevalt, eest ja kõrvalt. Et ette kujutada maja *säärase* joonise järele, peab kokku võtma oma geomeetrilise fantaasia ning *vaimus nägema* ruumiliselt kokkuseatuna selle maja geomeetrilisi osasid, s. o. tema mitmesuguseid vaateid. See osutub alguses küll kaunis raskeks ja ses mõttes annab joon. 8 kujutamiski majast selgema ettekujutuse; sellevastu on aga joon. 10 loomutruu, sest kõik maja osad vastavad loomulikule kujule ja proportsionaalsele suurusele.

#### b) Projektsiooni konstrueerimisel esinevad oskussõnad.

Projektsioonkiired on loodjooned, mis lastud üksikuist keha punktist projektsioonpindadele, nimetame neid lihtsalt **kiirteks**. Kiirte lõikepunkte pindadega nimetatakse **aluspunktideks**. Servjooni  $O—X$ ,  $O—Z$  ja  $O—Y$  nimetatakse **projektsioonitelgedeks**. Laotatud projektsioonipindasid joon. 10-dal kutsutakse **projektsioonidiagrammiks**.

Projektsioonipindasid on kolm :

Tasapind I ehk projektsiooni rõhtus, horisontaal- ehk aluspind (päältvaade).

Tasapind II ehk projektsiooni eestvaatepind.

Tasapind III ehk projektsiooni külgsaatepind.

Vastavaid kujutisi projektsioonpindadel nimetatakse :

Tasapind I : **põhis, põhijoonis, horisontaalprojektsioon** ehk **plaan**.

Tasapind II : **esikülis, esikülg-** ehk **frontjoonis, vertikaalprojektsioon**.

Tasapind III : **külglõigis, külglõikjoonis, profiilprojektsioon**.

Kolme tasapinda ruumilises ühtekuuluvuses nimetatakse **ruumiliseks nurgaks**.

c) *Punktide ja konstrueerimisviiside määramine.*

Projektsioonpinnad asuvad tagapool keha, olgu kiired võetud mistahes sihis (joon. 8). Et normaalprojektsioonis selle loomu tõttu tihti tuleb ette juhtumeid, kus samas projektsioonkiirte sihis asub mitu keha punkti, mis selle tõttu projitseeruvad projektsioonil kõik ühte punkti, siis ollakse sunnitud silmale lähemalolevaid punkte välja tõstma. Neid punkte, mis on kaetud eelolevaist punkttest, võib märkida kui nägematuid sulgudes ( ). Nii näiteks projitseeruvad keha punktid 3 ja 4 (joon. 8) tasapinnale II kui 3" ja (4"), millejuures indeksid näitavad kuuluvust vastavasse projektsioonpindadesse.

Missuguse vaatega ehk millisest punktist alata projitseerimist, oleneb täiesti olevaist tingimustest. Kui aga üks projektsioon on juba kindlaks tehtud, siis ühes ehk teises sihis on teinegi osalt kindlaks määratud. Nii näiteks joon. 10 maja horisontaalprojektsioon põhjustab asjaolu, et punktid 3"; 7"; (4"); (8") asuvad projektsiooni sirgel läbi 3'; 4'; (7'); (8') paralleelselt Y—Y-ga. Iga punkt kolmandas projektsioonis asub aga projektsioonsirgete ristlemispunktes, mis lähevad läbi vastavate punktide kahel teisel projektsioonil. Nii näiteks asub 1" läbi 1" ja 1' minevate projektsioonsirgete ristlemispunktis.

d) *Normaalprojektsiooni laused.*

(Vaata O. Pärli, Ruumi algõpetus, III anne, lhk. 10, 12 ja 16).

1) Et leida punkti normaalprojektsioon tasapinnale, tuleb sellest punktist tõmmata ristjoon tasapinnale; tõmmatud ristjoone alus ongi otsitav projektsioon.

2) Et leida sirglõigu normaalprojektsioon tasapinnale, tuleb projitseerida selle sirglõigu otsapunktid tasapinnale ja ühendada leitud projektsioonid sirglõigu abil.

3) Sirglõigu normaalprojektsioon tasapinnale võrdub selle sirglõigu ja tema kaldenurga koosinuse korrutisega.

4) Tasapinnalise kuju projektsiooni pindala võrdub projitseeritava kuju pindala ja tasapindade vahelise kaldenurga koosinuse korrutisega.

Sellest järgneb :

1) Sirglõigu projektsioon pinnaga projitseerub loomulikus pikkuses tasapinnale.

2) Projektsioonpinnaga ristik sirglõik projitseerub punktina.

Et leida keha või üldse geomeetrilise kujundi normaalprojektsiooni, tuleb projitseerida seda kujundit määravad elemendid — punktid ja sirged — tasapinnale; eriti kõverjoone projitseerimisel tuleb projitseerida piisav arv kõverjoone punkte tasapinnale ja läbi saadud projektsioonide tõmmata kõver joon kas vaba käega, sirkli või lekaali abil.

e) *Ülesandeid.* Tabel VI.

Tabelil VI näidatud järjekorras lahendada kõik ülesandeid.

Ülesanne. 5. Sirglõigu mitmesuguste seisandite muutmise ja nende projektsioonide a, b, c, d leidmine.

Ülesanne. 6. Kuubi seisandite muutmine ja nende projektsioonide a, b, c, d leidmine.

Ülesanded. 11, 12 ja 13. Projektsioonide järele sirglõigu loomuliku suuruse leidmine II, III ja I projektsioonpinnas.

## 2. Kaldprojektsioon.

### a) Kaldprojektsioonist üldse.

Kui vaatekiired langevad projitseeritavale kehale isekeskis paralleelselt, kuid kaldu projektsioonpinnaga, siis saame selle keha kaldprojektsiooni. Kaldprojektsioon võimaldab kerge arusaamise keha kujust ja teda tarvitatakse igal pool, enamasti õppe- raamatute joonistes, sest ta suudab kergesti täita kujutava eseme mudeli aset.

Põhjapanevaks ülesandeks kaldprojektsioonil on sirglõigu projitseerimine.

*1-ne lause.* Sirglõik, mis on rööbiti projektsiooni tasapinnaga, projitseerub omas loomulikus pikkuses, sest see projitseerimine ei ole muud kui rööplõik rööbiti vaatekiirega. Näit. serv 3—4 ja tema projektsioon 3"—4" joon. 6.

*2-ne lause.* Projektsioonpinnaga ristioleva sirglõigu projektsioon võrdub projitseeritava sirglõigu ja selle nurga kootangensi korrutisega, mille moodustab vaatekiir projektsiooni tasapinnaga. Näit. serv 1—2 ja tema projektsioon 1'—2' joon. 6.

See kootangens nimetatakse moonutuskoefitsiendiks ja tähistatakse sagedasti tähega „q“.

Kaldprojektsioonis projitseeritakse keha ainult ühele, keha taga seisvale püsti-olevale tasapinnale; kuid soovitav on märkida ka rõhtus tasapind selle sirge abil, mida mööda need kaks tasapinda lõikuvad. Pääle projektsiooni pikkuse on tarvis määrata projektsiooni suund, milles langeb projitseeritava sirglõigu vari, kui oletada, et projitseerijaks on päikese kiir. Selle suuna määrab nurk, mille moodustab projektsioonpinnaga ristioleva sirglõigu vari ja rõhtsa sirge parempoolne suund. See nurk nimetatakse moonutusnurgaks ja tähistatakse sagedasti kreeka keelse tähega  $\omega$  (oomega). Vaata joon. 11 ja 12.

### b) Moonutuskoefitsientide ja nurkade valimine.

Moonutusnurk ja moonutuskoefitsient ei olene üksteisest, vaid ainult projitseeritava eseme suhtes valitud seisukohast. Nimelt: projitseeritav projektsioonpinnaga ristiolev sirglõik, teda projitseeriv päikesekiir (vaatekiir) ja projektsioon moodustavad täisnurkse kolmnurga, mida võib *ühe kaateti*, projitseeritava *sirglõigu ümber* pöörata kui suure nurga võrra tahes, ilma et teine kaatet, projektsioon muutuks. Joon. 11.  $\omega = 0^\circ; 45^\circ; 90^\circ$  jne.

Need suurused, moonutusnurk ja moonutuskoefitsient, on meie enese valida, ja me valime nad nii, et tekkivad kujutised oleksid võimalikult otstarbekohased või võimalikult ilusad ja loomutruud.

Võrreldes projektsioone joon. 12 leiame peagi, et kujutis A avaldab kõige loomulikuma mulje. Tõepoolest annavad arvud  $q = \frac{2}{3}$  ja  $\omega = 30^\circ$  silmale kõige meeldivamad kujutised, mis kõige lähemal on ka perspektiivkujutisile.

Missugused arvud valida tulevad, see oleneb muudugi kujutise otstarbest. Majakese jooniseis 5, 6 ja 7 on võetud  $q = \frac{2}{3}$  ja  $\omega = 30^\circ$ ; joonises 8 on  $q = \frac{2}{3}$  ja  $\omega = 150^\circ$ .

*c) Kehapunktide konstrueerimine.*

Et projitseerida projektsioonpinnaga ristiolevat sirglõiku, mille üks otsapunkt asub projektsioonpinnal, tõmbame läbi selle punkti sirge, mis moodustab moonutusnurga rõhtsa sirgega, ja sellele sirgele asetame vaatekiirest määratud suunas sirglõigu, mille pikkus võrdub projitseeritava sirglõigu ja moonutuskoeffitsiendi korrutisega. Joon. 11 — A, sirge 1—6.

Kui projitseeritava sirglõigu otsapunkt ei asu projektsioonpinnal, siis tuleb mõelda seda sirglõiku pikendatuna kuni projektsioonpinnani ja vaadelda kui kahe sirglõigu vahet. (Ülesanne 2, tabel VIII, sirglõik a—b).

Et projitseerida sirglõiku, mis on kaldu projektsioonpinnaga, tuleb sirglõigu kummastki otsapunktist kujutada ristjooned projektsioonpinnale, projitseerida need ristjooned ja ühendada leitud projektsioonide vastavad otsapunktid. (Ülesanne 9, tabel VIII).

*d) Ülesandeid.* Tabel VIII.

Mitmesuguste moonutuskoeffitsientide ja nurkade jaoks konstrueerida sirglõigud (1); nelinurgad (2, 3, 5); kast (4); kuup (6, 13, 14, 15, 16); kuup juhtlikseisandis (9); hulknurk (7); prisma (8); horisontaalring (10); vertikaalring (11). Konstruuda joonestik tabeleist IV, V, VII.

Märkus: Jaapani kunst on rajatud kaldprojektsioonile. Näide joon. 17 tabelilt VIII.

### 3. Perspektiiv.

*a) Kehade konstrueerimine lõikmeetodi järele.*

Olgu majake joonisel 13, tabel IX joonestatud eest- ja päältvaates. Ühes sellega olgu võetud vaatepunkti (silmapunkti) horisontaal- ja vertikaalprojektsioonina  $V_1$  ja  $V_2$ . Pildipind  $P_i$  mingu läbi maja äärmise serva 1—4 nii, et maja sünnitaks pildipinnaga vabalt võetud nurga  $\alpha$  (vaata päältvaadet). Olgu nüüd punktid  $V_1$  ja  $V_2$  ühendatud kõigi maja projektsiooni punktidega. Need sirged on vaatekiirte projektsioonid ja annavad oma lõikepunktides pildipinnaga punktide pilte oma vertikaal- ja horisontaalprojektsioonis, nagu näiteks punktid ( $p_i 2'$ );  $p_i 5'$ ;  $p_i 2''$ ;  $p_i 5''$ . Sellega, et me konstrueerime iga punkti jaoks kahe projektsiooni abil kolmanda, leiame otsitud pildi 1—2—3—4—5—6—7—8.

Nii siis seisab perspektiivsete piltide konstrueerimine selles, et määratakse kindlaks kahes projektsioonis vaatekiirte lõikepunkti projektsioonid ja neist konstrueeritakse kolmas lõikepunkti projektsioon. Leitud punktide ühendamine ühte kinnisesse

joonestisse annab meile otsitud pildi. Seda meetodit nimetatakse lõikmeetodiks; teda kutsutakse ka kaudseks- ehk klaasplaatperspektiiviks. Sel meetodil on see puudus, et ta on liiga keeruline, olgu ta muidu ka kuitahes kergesti arusaadav.

b) *Kehade konstrueerimine paopunkti (koonduspunkti) meetodi järele.*

Teine võtte konstrueerida perspektiivseid pilte põhjeneb sel nähtusel, et rööbikud jooned näivad kauguses ühinevat, mis tuleb avalikuks perspektiivsete piltide juures. See konstrueerimisviis nimetatakse paopunkti meetodiks. Kui näiteks pikendada isekeskis paralleelseid jooni 1—3 ja 4—6, siis lõikuvad nad punktis  $K_1$  (vaata joon. 13). Samuti jooksevad ühte jooned 1—2, 4—5 ja 7—8 punktis  $K_2$  ja 4—7, 5—8 punktis  $K_1^a$ . Edasi võime konstruktsiooni abil kindlaks teha, et punktid  $K_1$ ,  $K$  ja  $K_2$  asuvad ühel rõhtsal sirgel ja  $K_1^a$ ;  $K_1^a$  ühel vertikaalsel läbi  $K_1$  mineval sirgel.

Need tulemused põhjenevad mitmel arutlusel. Kui me esiteks projitseerime tasapinnale tsentraalpunkti  $V$  (joon. 14) lõpmatul joonel  $K—3$  võrdsetes kaugustes asuvaid punkte, siis muutuvad osade pikkused tasapinnal seda lühemaks, mida kaugemal asuvad lõpmatu joone osad. Joone  $K—3$  lõpmata kaugel asuva punkti ja tsentraalpunkti ühendusjoon  $V—K_1$  on paralleelne valitud joonega  $K—3$  ja tema lõikepunkt  $K_1$  projektsioonpinnaga on joonel  $K—3$  lõpmata kaugel asuva punkti pilt. Kui joon  $K—3$  algas pinnal  $P_i$  asuvast punktist  $K$ , siis on  $K—K_1$  lõpmata pika joone enese pilt. Punkt  $K_1$ , mida nimetatakse paopunktiks, on ühtlasi paopunktiks kõigile sirgega  $K—3$  paralleelselt minevaile joonile, sest kõigil neil võib olla ainult üks ühine läbi punkti  $V$  minev paralleelne joon, mis läbibistab paopunkti  $K_1$ . Me saame sellega tähtsa lause:

**Paralleelsete joonte kujutused jooksevad ühte ja samasse paopunkti. Viimane saadakse paralleelkiire lõikumispunktina pildi pinnaga, teiste sõnadega: me leiame mistahes sirgjoone paopunkti, kui me läbi vaatepunkti kujutame paralleelse sirgjoone ja ära tähendame tema lõikpunkti pildipinnal.**

c) *Perspektiivsel konstrueerimisel esinevad oskussõnad.*

Nähtavat aluspinnaga (joon. 16) paralleelset lõpmata pinda  $S_i—S_i$  nimetatakse **horisontaalpinnaks** ehk **vaatepiiriks**. Horisontaalpinna ja pildipinna lõikejoont nimetatakse **horisontjooneks** ehk **vaatepiirjooneks** ( $K_1—K—K_2$ ). Kiir silmast ( $V$ ) risti pildipinnale annab **keskpunkti** ehk **pääpunkti**  $K$ . Pildipinna ja aluspinna lõikejoont nimetatakse **alusjooneks** ( $a_1—1—a_1$ ). Kahe pinna lõikejoont nimetatakse üldse **jälgjooneks**. Horisontaalpinna kõrgus aluspinnast nimetatakse **vaatepunkti** kõrguseks ( $V—a$ ). Vaatepunkti  $V$  jälge  $a$  aluspinnal nimetatakse **aluspunktiks**.

d) *Jaotuspunktid.*

Suure tähtsusega on perspektiivsete piltide konstrueerimisel paopunkti meetodi järele n. n. **jaotuspunktid**. Pildi keskpunkt  $K$  on paopunktiks kõigile sirgeile, mis

lähevad risti pildipinnaga ja vaatepiirjoon on **paojooneks** horisontaalpinnale või kõigile võimalikele sirgeile, mis asuvad selles pinnas. Vaatepiirjoon on aga perspektiivi lause laialdasemal käsitlusel ühtlasi paojooneks kõigile tasapindadele, mis on paralleelsed alus- või horisontaalpinnaga. Kõik võimalikud horisontaalpinnal asuvad paopunktid ühenduses vastavate jälgedega annavad joonte sihi ja nende pildi, kui nad on lõpmata pikad. Nii näiteks joon. 13 külgvaate on  $1-K_2$  lõpmata pika joone kujutis, mis läheb läbi majakese parempoolse alumise serva  $1-2$ . Joon  $1-K_2$  annab maja serva sihi, kuid ta ei näita viimase pikkust. Nii on tarvis leida veel abinõu paojoonte kujutuste lõikamiseks, et määrata piiratud pikkusi. Selleks tarvitame isesuguseid abijooni, mida nimetakse **jaotusjooniks**, isesuguste paopunktidega  $J_1$  ja  $J_2$  joon. 13 ja 15.

Kujutame enesele ette joon. 16 horisontaalpinda  $S_i-S_i$  ühes vaate- kesk- ja paopunktidega olevat asetatud horisontaalprojektsioonis joon. 15 ja tõmbame punktide  $K_1$ ,  $K$  ja  $K_2$  ümber, nagu joon. 15 näidatud, punktidest  $V$ ,  $3$  ja  $2$ -st kaared kuni lõikumiseni sirgega  $K_1-K-K_2$ , siis saame punktid  $J_1$ ,  $3_j$ ,  $2_j$  ja  $J_2$ . Need punktid, ühendatud  $3$ ,  $V$  ja  $2$ -ga, annavad konstruktsiooni järele sarnased kolmnurgad  $1-3-3_j$  ja  $K_1-V-J_1$  kui ka  $1-2-2_j$  ja  $K_2-V-J_2$ . Järjelikult on  $3-3_j // V-J_1$  ja  $2-2_j // V-J_2$ . Et lõigud  $J_1-V$  ja  $J_2-V$  tulevad vaatepunktist  $V$ , siis võime vaadelda neid kui sirgete  $3-3_j$  ja  $2-2_j$  rööpjooni, mille paopunktid on  $J_1$  ja  $J_2$ . Et abijooni  $2-2_j$  ja  $3-3_j$  jälgi võib otsekohe leida pikkuste  $1-2_j$  ja  $1-3_j$  asetamise teel alusjoonele (joon. 13), siis on võimaldatud nende perspektiivne konstrueerimine ja selle läbi leitud ka lõikpunktid  $2$  ja  $3$ . Nii siis selleks, et kanda lõiku  $1-2$  joon. 13 lõpmata pikale joonele  $1-2-K_2$ , kujutame enesele ette joon. 16 horisontaalpinda  $S_i-S_i$  pööratud olevat ümber vaatepiirjoone noolega  $N$  näidatud viisil seni, kuni ta langeb ühte pildipinnaga. Siis saame (vaata joon. 13) punktis  $D_3$  pööratud (ümberaset) vaatepunkti  $V$  ja  $K-D_3$  on distants.

Kui nüüd tõmbame punktist  $K_2$  kaare (joon. 13) raadiusega  $K_2-D_3$  kuni  $J_2$ , siis on  $J_2$  jaotusjoone  $2-2_j$  paopunkt. Selle jaotusjoone jälg  $2_j$  leitakse joonestisel geometrilise lõigu  $(1')-(2')$  plaanist asetamise teel alusjoonele punktist  $1$ -st. Kui tõmmata sirge  $2_j-J_2$ , siis saame lõikepunkti  $2$ , mis kannab lõpmata pikale joonele  $1-K_2$  lõigu  $1-2$ . Paopunkt  $J_2$  võimaldab jaotada lõiku  $1-K_2$ , millest ka tema nimetus — **jaotuspunkt**.

Täiesti samati talitatakse ka siis, kui peab kandma lõiku  $1-3$  lõpmata pikale joonele  $1-3-K_1$ .

e) *Vabalt võetud paopunkt pildipinnas.*

Paopunkti meetodi juures on meil tegemist pildi punktidega, mida leitakse lõikuvate sirgete abil. Enne aga peab kindlaks tehtama nende sirgete jälg ja paopunkt. Et aga kehajooned ei asu mitte ainult horisontaalpinnaga paralleelses pinnas, vaid võivad olla kõige mitmesugusemais mõeldavais seisandeis, siis peavad nende paopunktid katma terve pildipinna ja sellega langema nii üles- kui ka alla-

poole vaatepiirjoont. Samuti peavad mõeldud abipinna paojooned olema kõigis võimalikes seisandis, mitte alati rõhtsalt, nagu see on n. n. horisontjoone juures, mis kujutab muidugi kõige harilikumat juhtumit. Sellised mõeldud abipinnad nimetatakse „Kiirtepidadeks“ ja nendes võivad asuda igatepidi minevad kaldsed jooned. Kui me näiteks võtame joon. 16 majakese kaldse serva 4—7', siis leiame tema paopunkti perspektiivi lause järele sel teel, et me vaatepunktist tõmbame paralleeli, mis lõikab pildipinda punktis  $K_1^{\text{ii}}$ . Sirge 4—7' asub aga samas pinnas, kus asuvad ka 1—3' ja 4—6'. Sellepärast peavad nende joonte paopunktid asuma ühel sirgel, mis on abipinna  $aP_i$  paojooneks.

Et selle pinna üks paopunkt, nimelt punkt  $K_1$  on juba teada ja küsimuse all olev pind  $aP_i$  on aluspinnaga risti, sest majapind 1—4—7'—6'—3' on ka alusega risti, siis peab ka  $aP_i$  paojoon olema risti alus- ja järjelikult ka horisontjoonega. Nii et jääb üle leida veel teine paopunkt, mis määraks maja katuseservade sihi.

Punkti  $K_1^{\text{ii}}$  konstrueerimise otstarbel pööratagu abipinda  $aP_i$  noole  $M$  sihis tema pildipinna lõikumisjoone  $K_1—K_1^{\text{ii}}$  ümber seni, kuni ta langeb ühte pildipinnaga. Siis langeb punkt  $V$  punkti  $J_1$ -sse (joon. 13) ja geomeetriline nurk  $\gamma$  kandub loomulikult suuruses sirgele  $K_1—K—K_2$  punkti  $J_1$  juurde, nagu joon. 13 näha. Kui pikendada selle nurga haara, siis annab ta meile paopunkti  $K_1^{\text{ii}}$  lõikudes joonega  $K_1—K_1^{\text{ii}}$ . Et leida serva 7—6 paopunkti, kantakse  $\sphericalangle \gamma$  alla horisontjoonele punkti  $J_1$  juurde. Et lõpmata pikale sirgele 4—7— $K_1^{\text{ii}}$  kanda maja katuse laiust, projitseeritakse üles joone 4—6 perspektiivne keskpai  $p$ .

#### f) Distantpunkti meetod.

Kui teeme (joon. 15)  $\sphericalangle a = \sphericalangle \beta = 45^\circ$ , siis muutuvad  $K_1—K$  ja  $K—K_2$  sama suurteks ning  $K—V$ -ga võrrdseks, teiste sõnadega, horisontjoonel ilmuvad distantsti pikkused. Sel juhtumil on paopunktid eriti suure tähtsusega; neid tähistatakse  $D_1$ -ga resp.  $D_2$ -ga ja nimetatakse **distantpunktideks** (joon. 17). Nad on diagonaalide paopunktid niisuguseist ruutudest, mille 2 külge on paralleelsed pildipinnaga.

Sel teel on kerge ette võtta niisuguste sirgete jaotamist, mis asuvad risti pildipinnaga. Tuleb ainult soovitud pikkus (mõõtjoon) kanda alusjoonele, näit. 1—3 (joon. 17), tõmmata pildipinnale perspektiivselt ristjooned, näit. 1—2, ja ühendada vastav distantspunkt alusjoonel oleva mõõtjoone punktiga. Siis saadakse diagonaalide ja ristjoonte lõikepunktis, näit. 2, sirge jaotus soovitud suuruses, näit. 1—2 perspektiivselt võrdne 1—3-le. Nii on kergesti võimalik jaotada soovitavaisse osadesse igat pildipinnale perpendikulaarset joont ja me võime vaadelda sel juhtumil distantpunkti jaotuspunktina.

Sellist objekti seisandis, kus üks pind on paralleelne pildipinnaga, nimetatakse frontaalseisandiks.

#### g) Perspektiivi laused.

Joonestitest 13 ja 17 järgnevad otse järgmised laused:

1) Kõigil vertikaalseil kehaservil või joonil on ka vertikaalsed perspektiivsed kujutused.

2) Kõigil alusjoonega paralleelseil sirgeil on ka paralleelselt minevad perspektiivsed kujutused.

3) Pildipinnaga paralleelselt seisvate keha pindade kujutused on geomeetriliselt sarnased keha algpindadega: ruut, ring, mis seisab paralleelselt pildipinnaga, on perspektiivses kujutuses jällegi ruut resp. ring, ainult vastavalt väikesem.

4) Kõik pildipinnaga perpendikulaarsed jooned kaovad perspektiivses pildis keskpunkti sihis.

5) Kõik ruumis horisontaalselt lamavad kehaservad ja jooned, mis sünnitavad pildi pinnaga  $45^{\circ}$  nurga, kaovad distantspunktidesse.

6) Kõik sirgjooned ja servad, mis asuvad ruumis horisontaalselt, nii siis paralleelselt aluspinnaga, muidu aga asuvad kaldu pildipinna suhtes, kaovad vaatepiirjoonel asuvaisse punktidesse.

7) Pildipinnas asuvad keha pinnad ja servad säilitavad oma tõelise kuju ja suuruse.

8) Igasuguse sirge paopunkt leitakse sel teel, et vaatepunktist tõmmatakse temale paralleelne sirge ja leitakse viimase lõikepunkt pildi tasapinnaga.

M ä r k u s: Et leida kõverjoone perspektiivne kujutis, tuleb perspektiivselt konstrueerida piisav arv kõverjoone punkte, mille läbi tõmmata kõver joon.

*h) Ülesandeid.* Tabel XII.

Distantspunkti meetodi järele leida punkte — 1, 2; joone — 3; ruumi — 4.

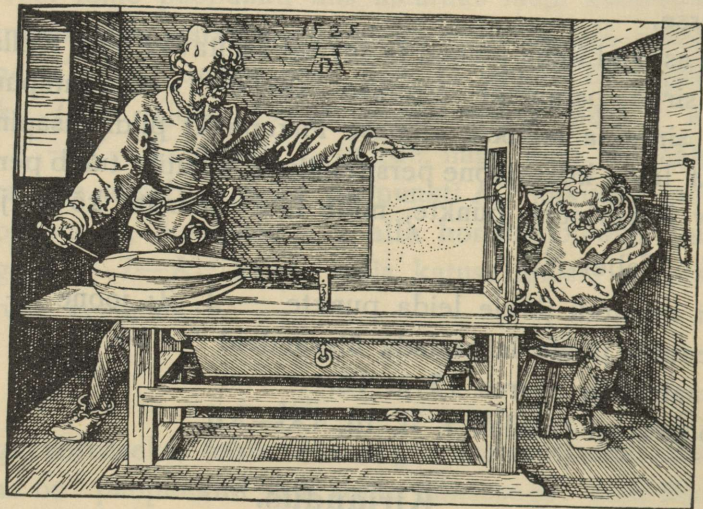
Paopunkti meetodi järele lahendada ülesandeid 5—14.

Kontrollida vaatevälja suurus 15 ja 16.

Konstruida joonestusi tabelleil I, II, III, IX—XII.

### Kirjandus.

- 1) A. Remmel, *Perspektiivi-õpperaamat koolidele*, I anne. Tartu 1924. (Hää sissejuhatus käesolevale raamatule.)
- 2) A. Schudeisky, *Projektionslehre*. Leipzig, 1918.
- 3) Dr. K. Doehlemann, *Grundzüge der Perspektive*. Leipzig, 1918.
- 4) Prof. Dr. C. Müller u. Prof. O. Presler, *Leitfaden der Projektionslehre*. Leipzig, 1903.
- 5) Dr. Guido Hauck, *Lehrbuch der malerischen Perspektive*. Berlin, 1910. (Saadaval ainult vanaraamatu kauplustes.)
- 6) Georg Stiehler, *Lehrbuch der freien Perspektive*. Leipzig, 1914.
- 7) Th. Wedepohl, *Ästhetik der Perspektive*. Berlin, 1919.
- 8) Prof. C. Opitz, *Praktische darstellende Geometrie*, I Projektionslehre; II Schattenkonstruktion und Beleuchtungslehre; III Perspektive. Leipzig, 1927.



1) Köpfi vertikálisan kényszerülési jónul on ka vertikálisan perspektívában  
 2) Köpfi vízszintes irányban kényszerülési jónul on ka vízszintes irányban perspektívában  
 3) Köpfi vízszintes irányban kényszerülési jónul on ka vízszintes irányban perspektívában  
 4) Köpfi vízszintes irányban kényszerülési jónul on ka vízszintes irányban perspektívában  
 5) Köpfi vízszintes irányban kényszerülési jónul on ka vízszintes irányban perspektívában  
 6) Köpfi vízszintes irányban kényszerülési jónul on ka vízszintes irányban perspektívában  
 7) Köpfi vízszintes irányban kényszerülési jónul on ka vízszintes irányban perspektívában  
 8) Köpfi vízszintes irányban kényszerülési jónul on ka vízszintes irányban perspektívában

1) A Reményi Péter (1811-1880) által készített képek a perspektíváról.  
 2) A Schindler János (1811-1880) által készített képek a perspektíváról.  
 3) A Károlyi György (1811-1880) által készített képek a perspektíváról.  
 4) A Dr. C. Müller (1811-1880) által készített képek a perspektíváról.  
 5) A Dr. G. H. (1811-1880) által készített képek a perspektíváról.  
 6) A Dr. S. (1811-1880) által készített képek a perspektíváról.  
 7) A Dr. W. (1811-1880) által készített képek a perspektíváról.  
 8) A Dr. C. (1811-1880) által készített képek a perspektíváról.

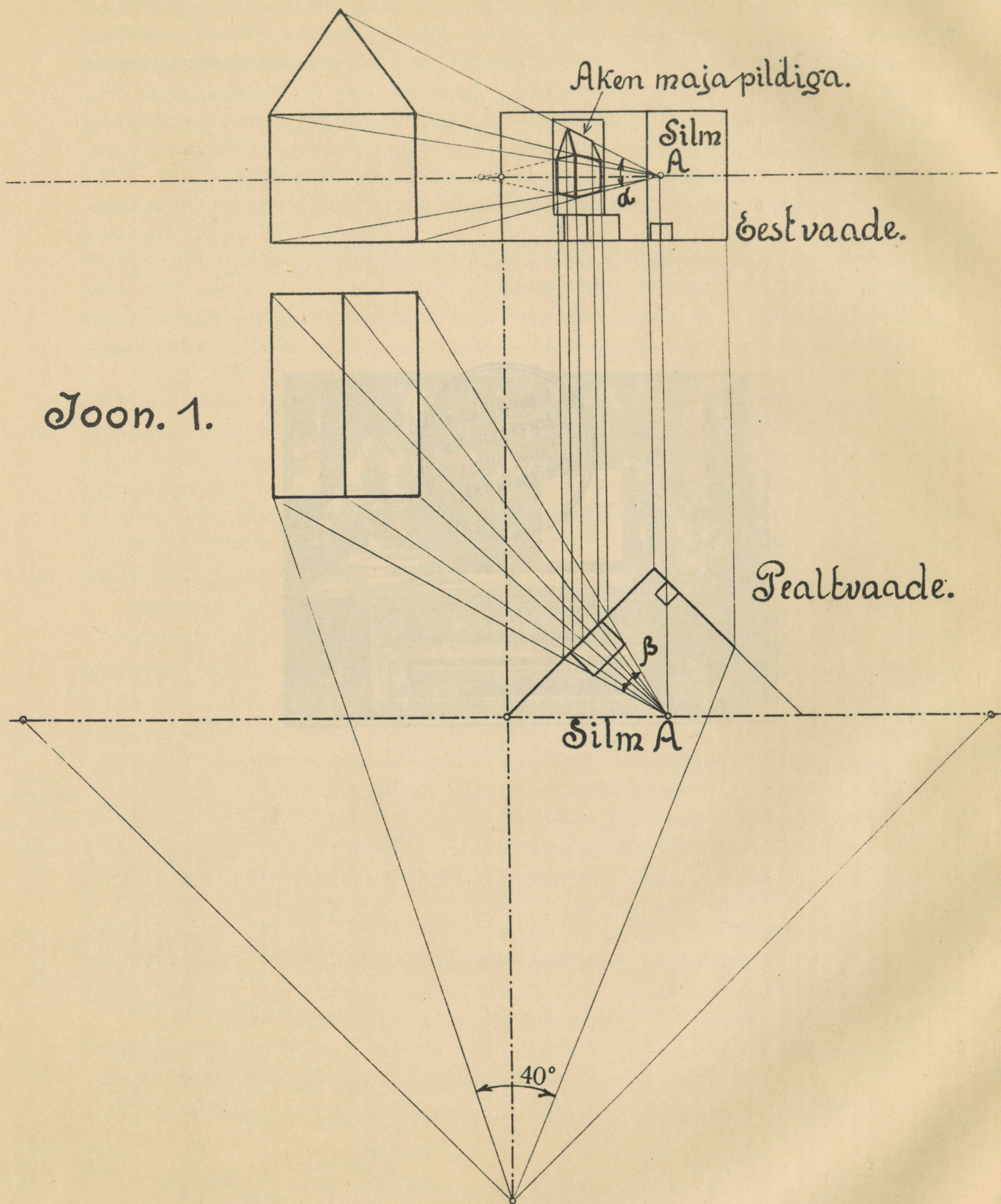


1. 1000

1000

1000

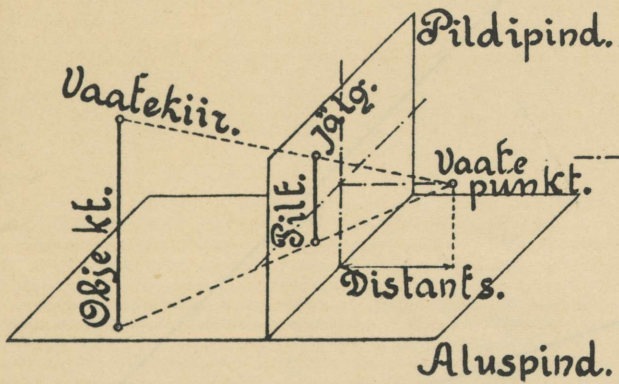
1000



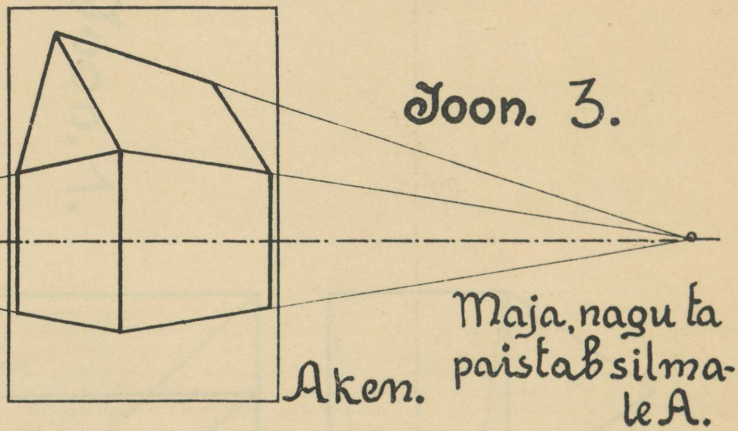
Joon. 1.



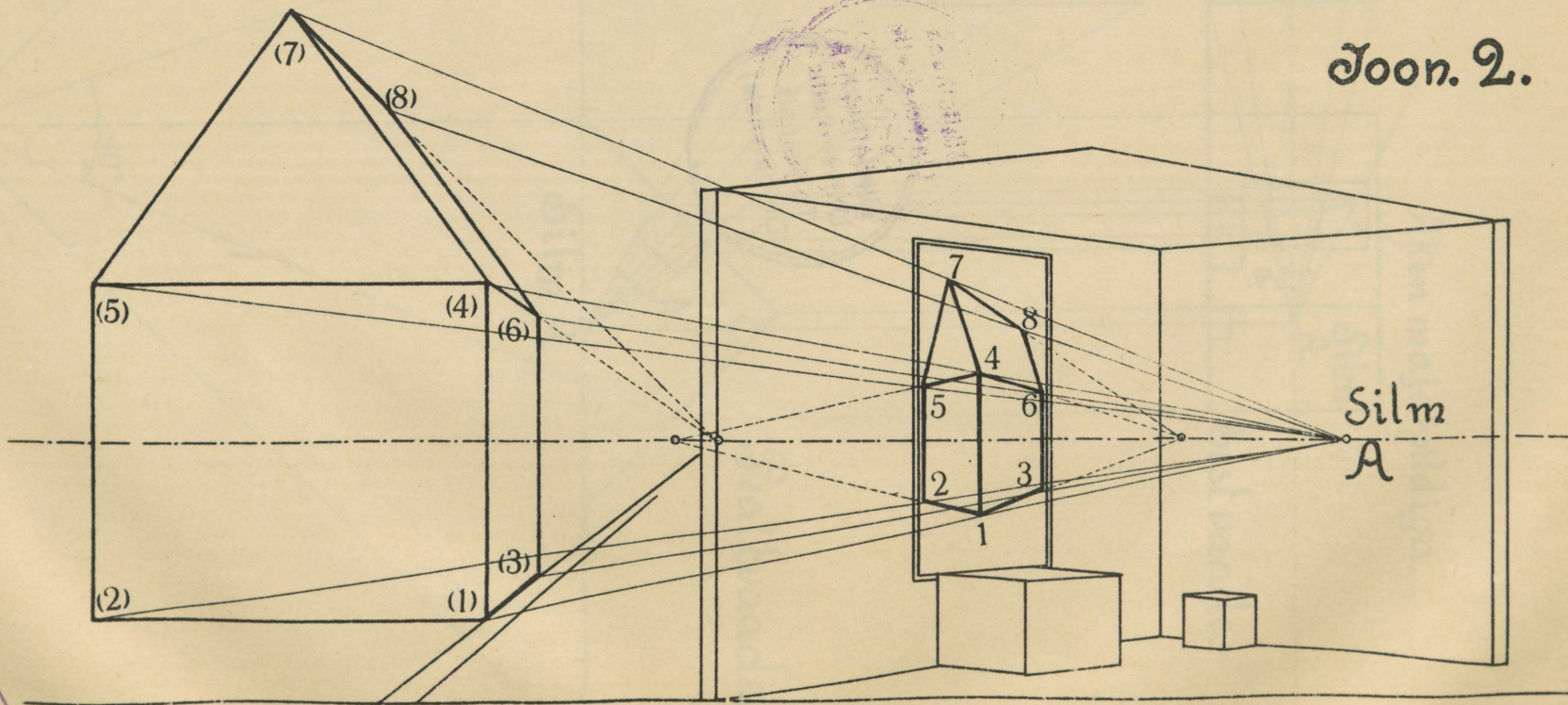
Joon. 4.



Joon. 3.



Joon. 2.



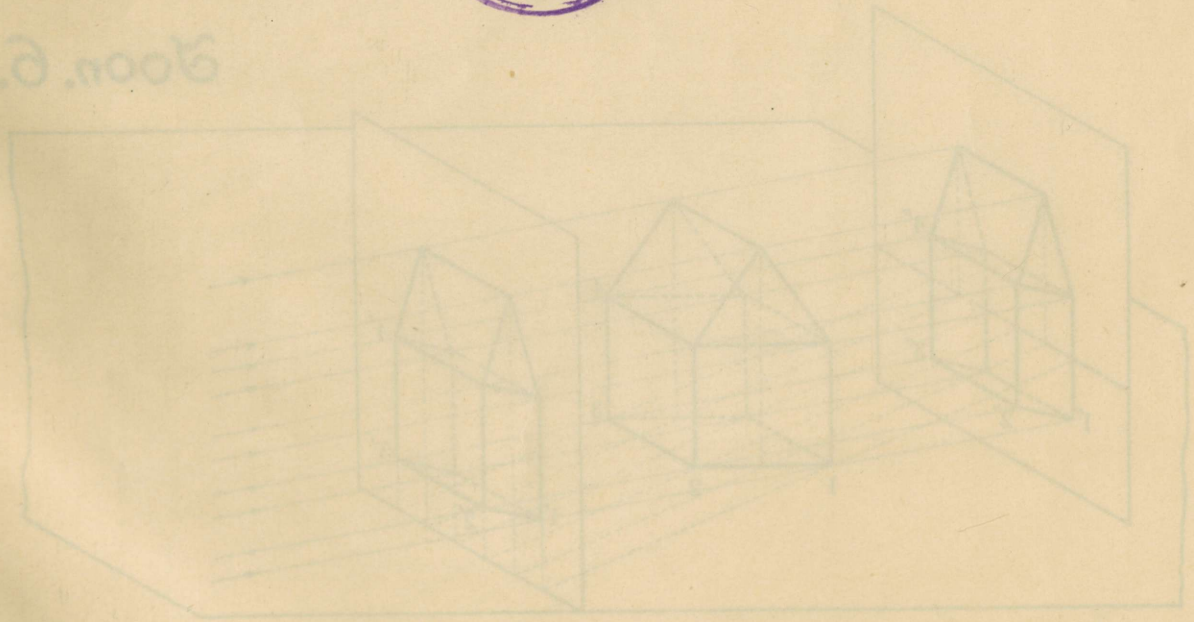
Ex bibl. univ. Dorp.

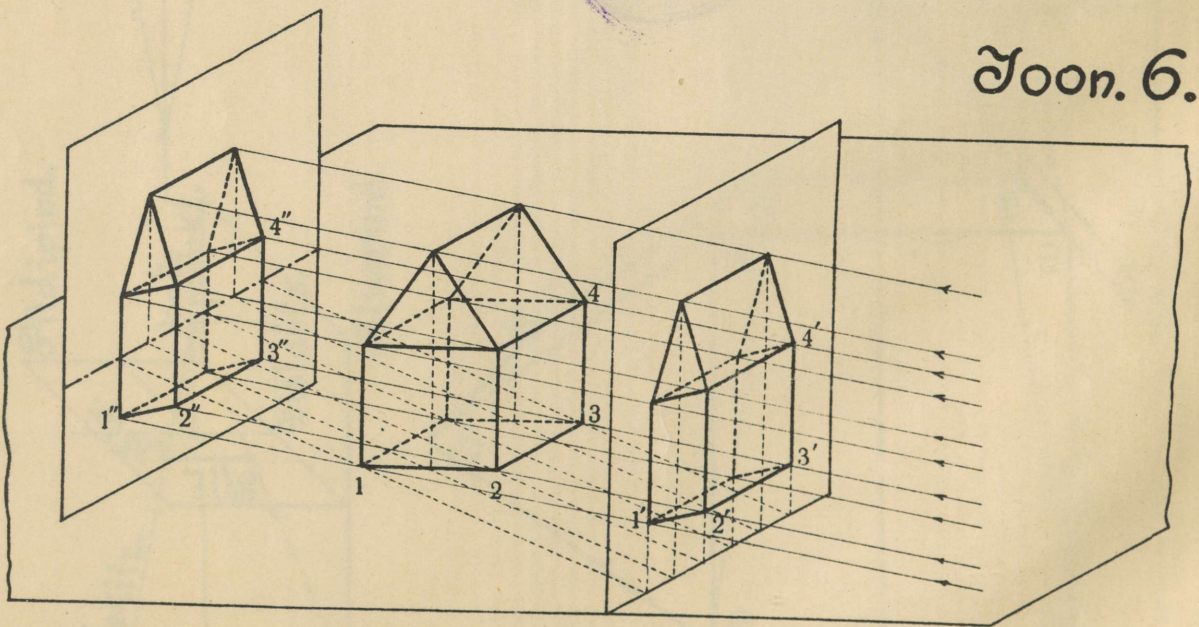
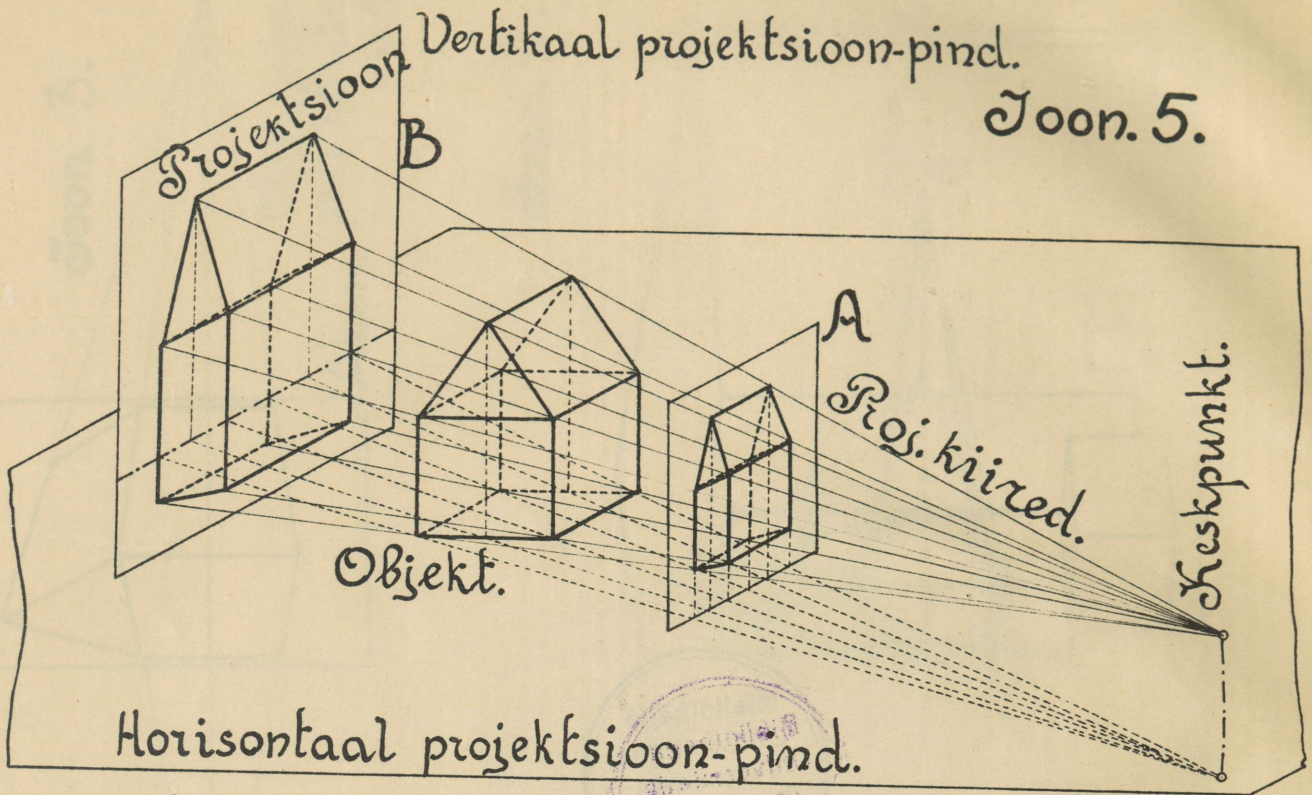
Tab. III  
Dorpat. 1800.



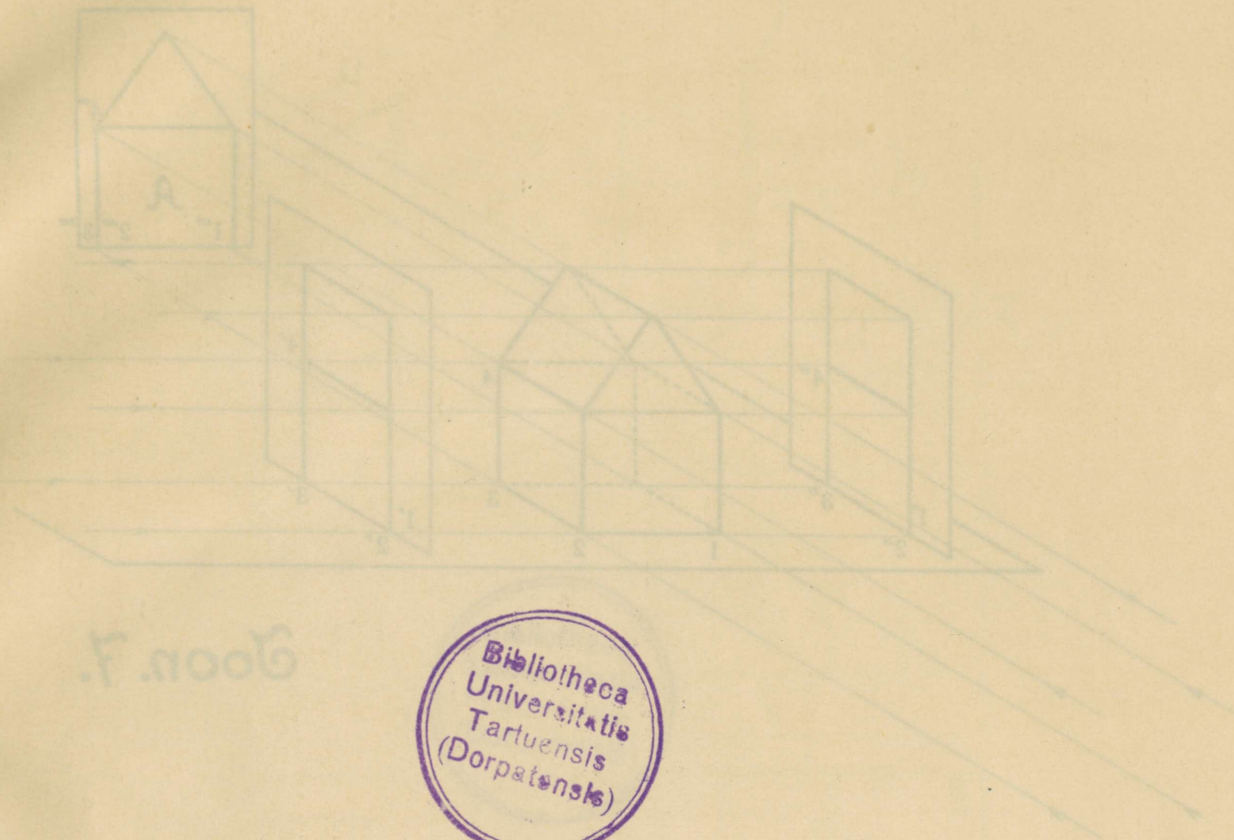
Bibliotheca  
Universitatis  
Tartuensis  
(Dorpatensis)

Tab. III

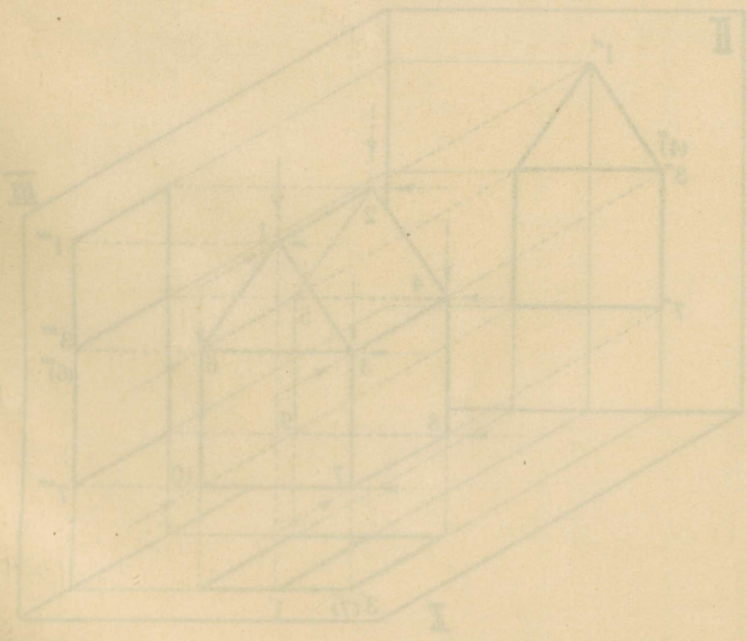




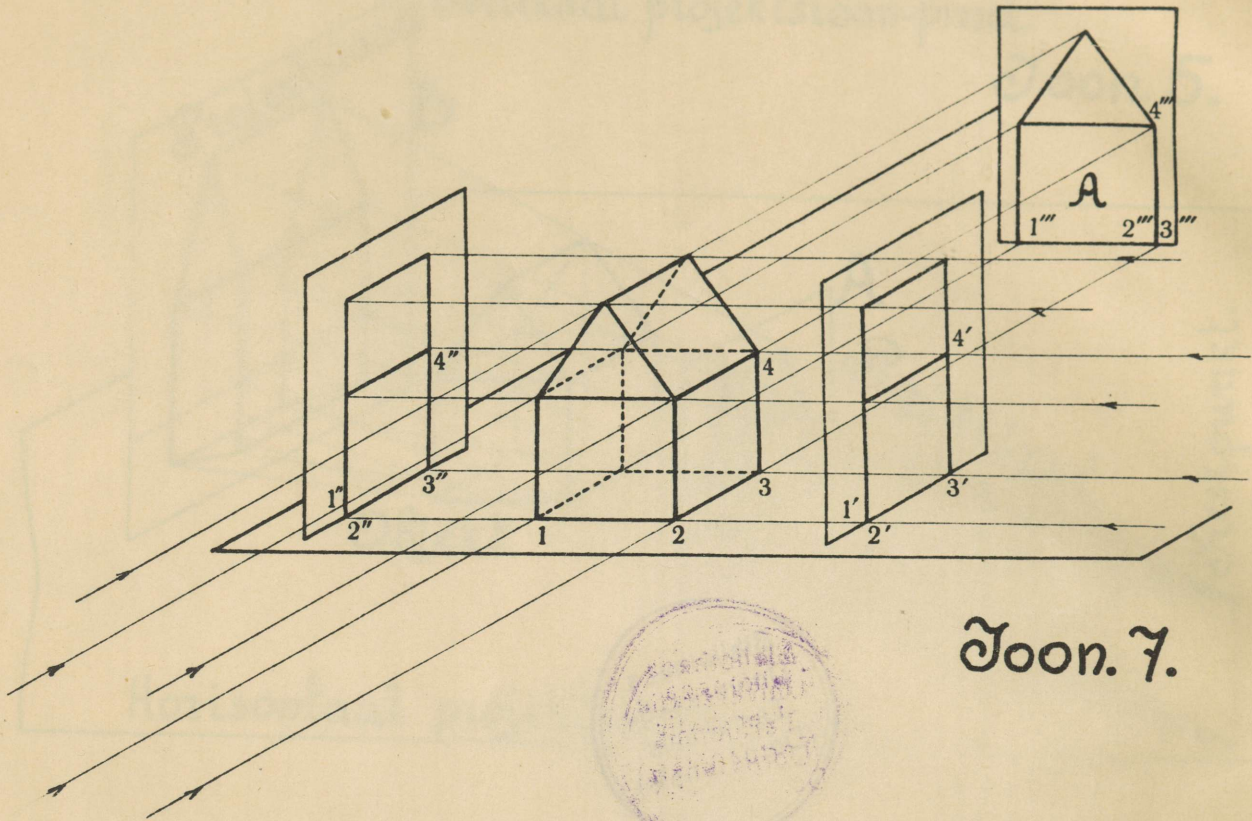
TAB. IV.



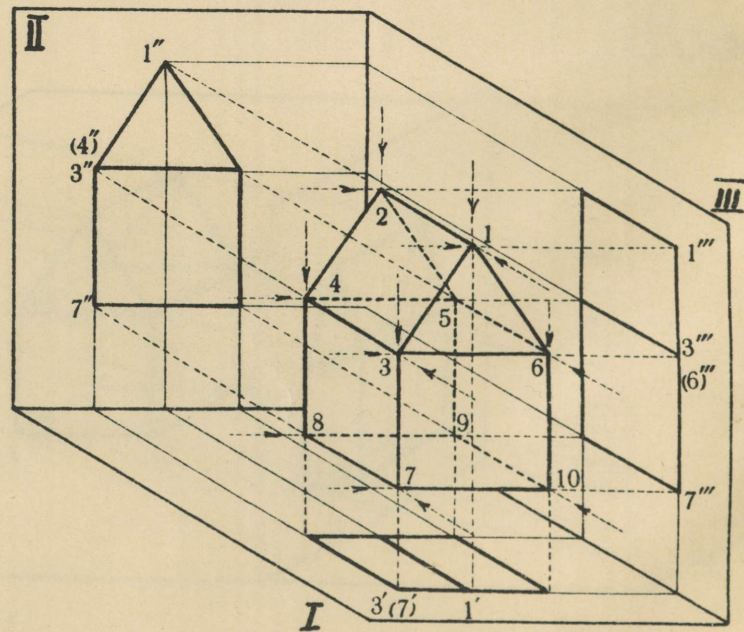
Boon. 7. 1006



Boon. 8. 1006

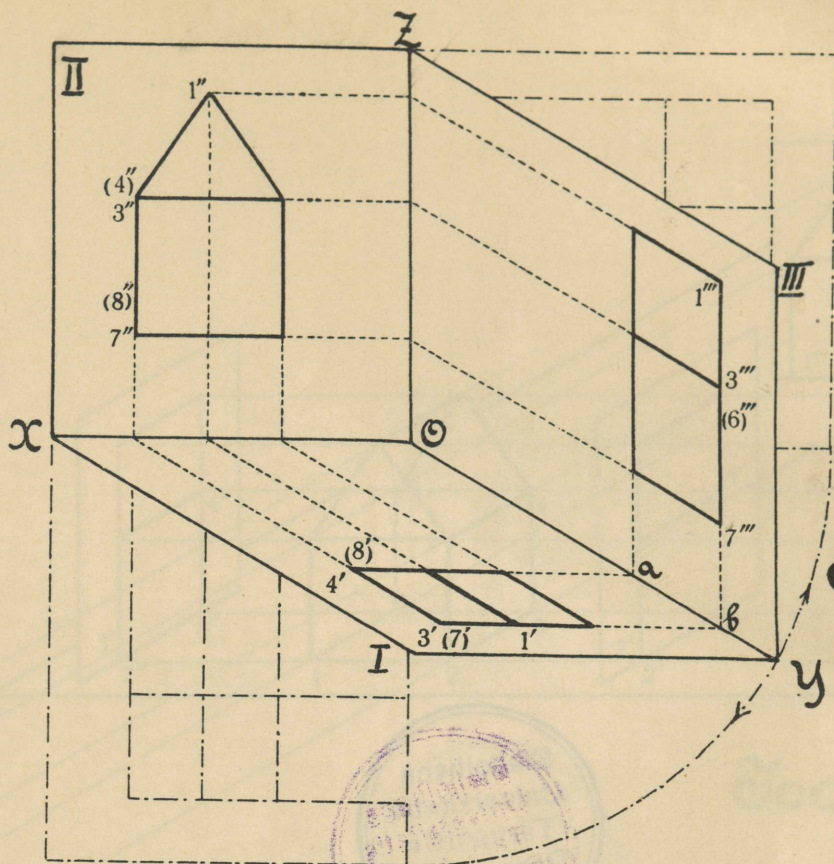


Joon. 7.

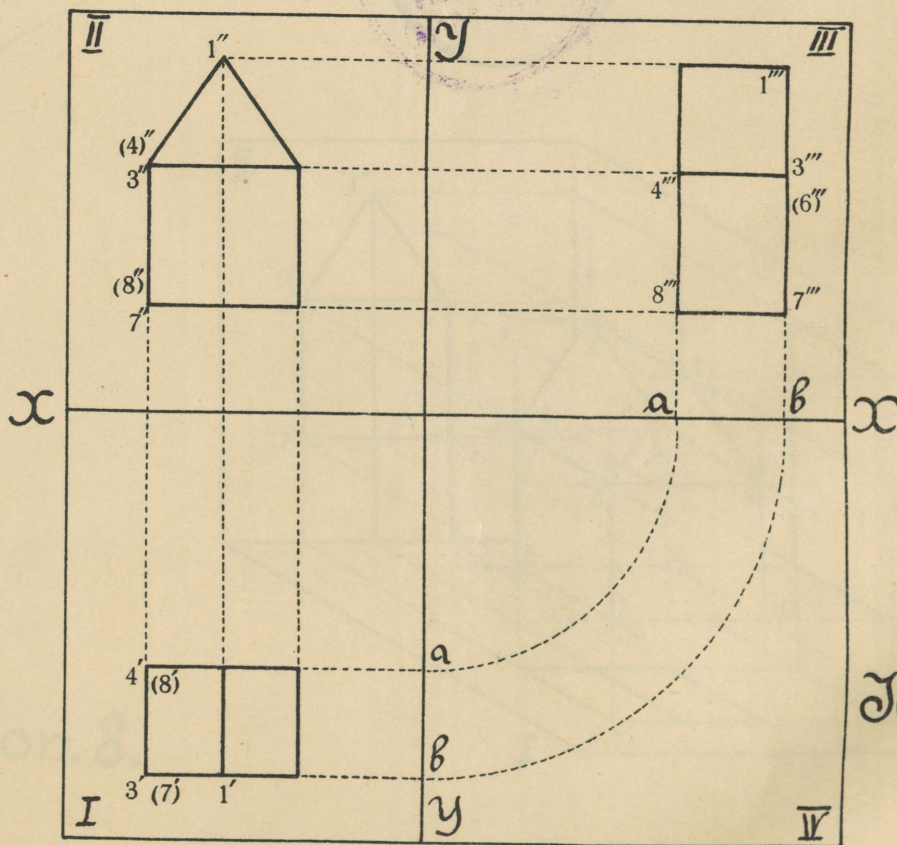


Joon. 8.



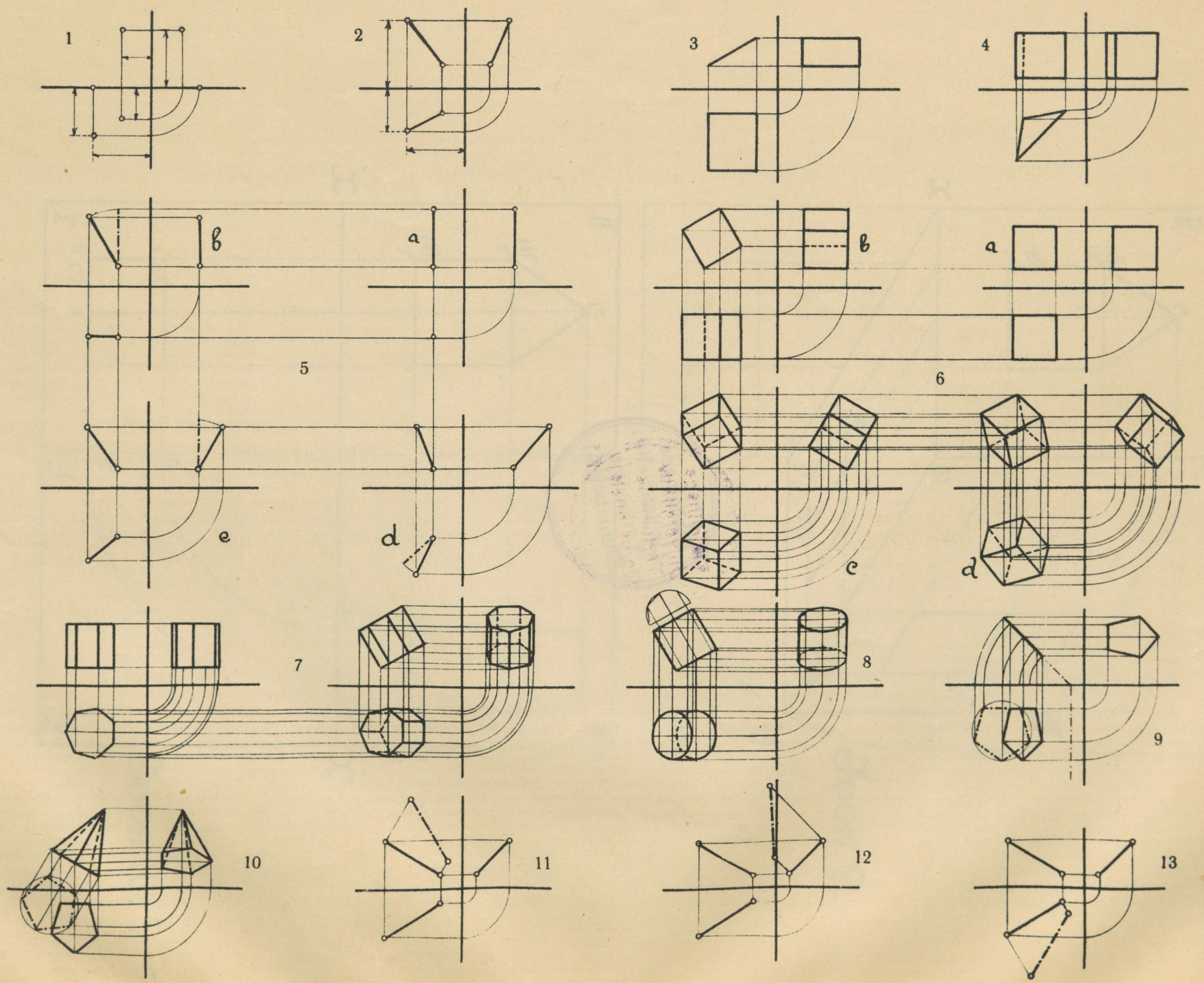


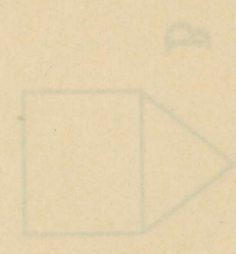
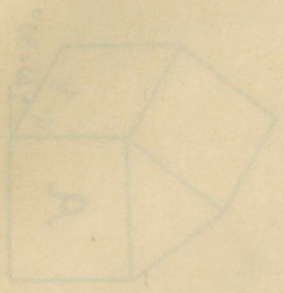
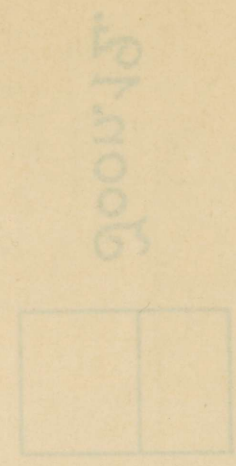
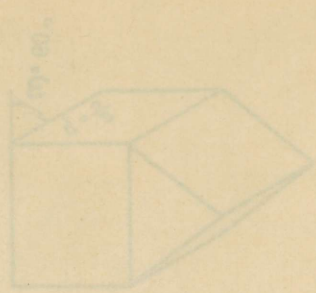
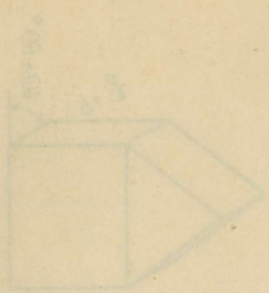
Joon. 9.



Joon. 10.







Bibliotheca  
Universitatis  
Tartuensis  
(Dorpatensis)

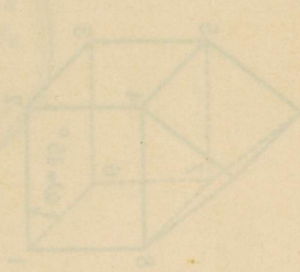
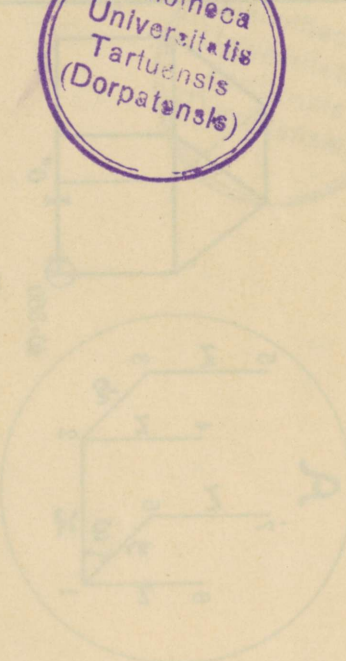
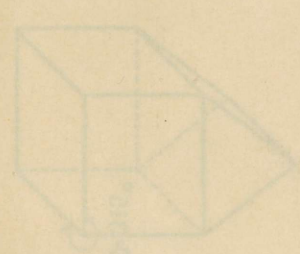
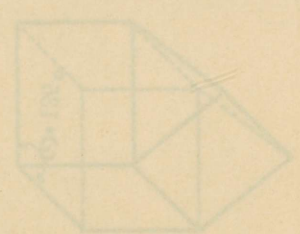
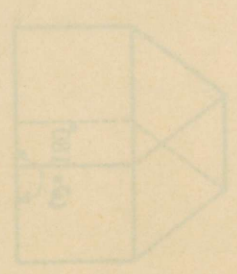
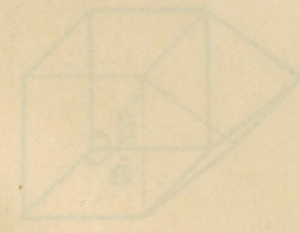
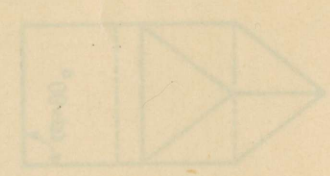
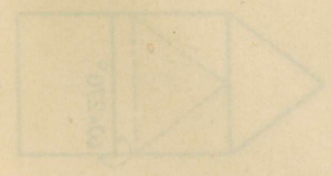
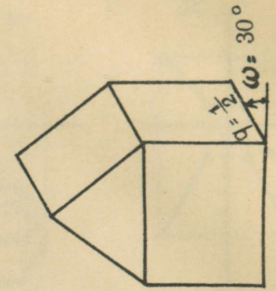
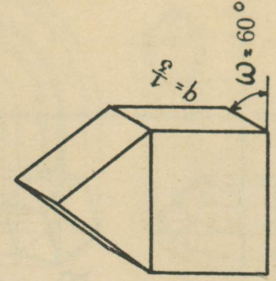
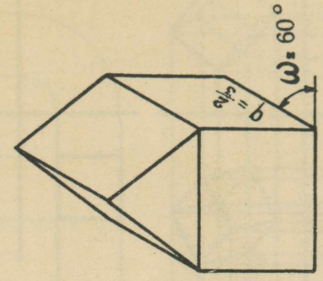
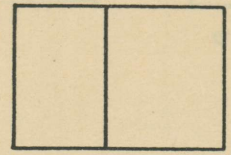
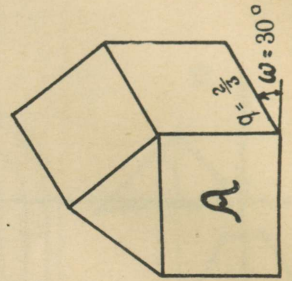
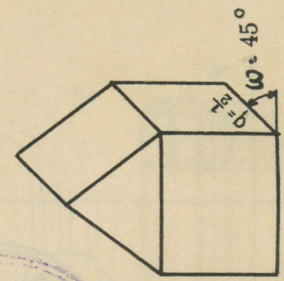
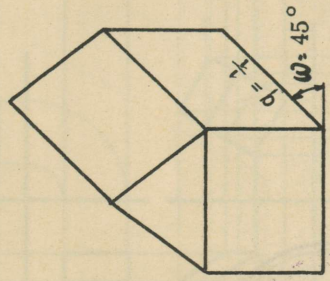
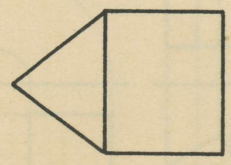
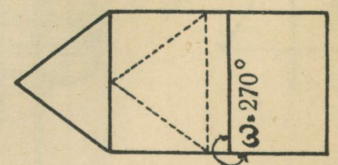
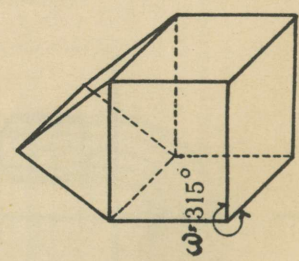
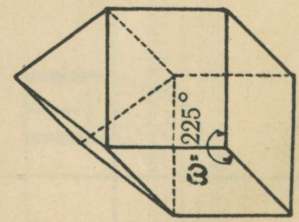
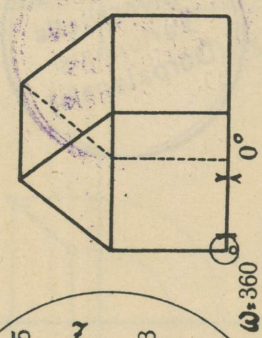
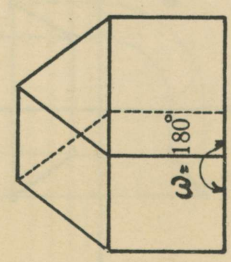
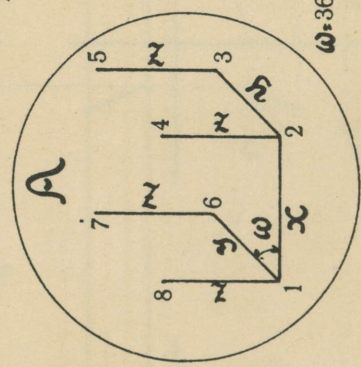
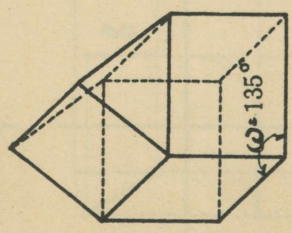
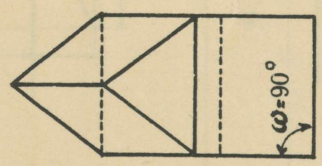


Fig. 21



Зонн. 11.



B

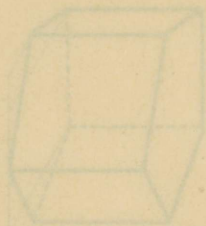
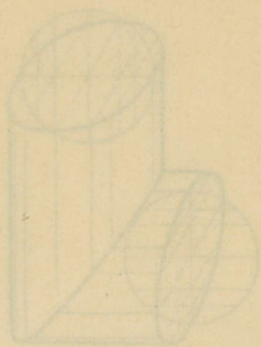
Зонн. 12.

A

11

12

13

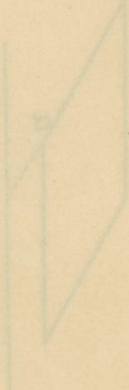
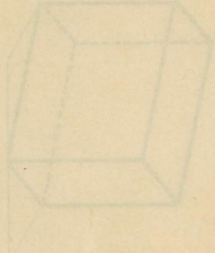
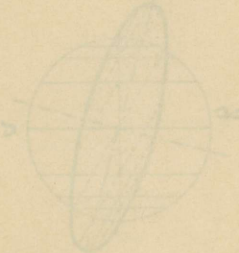
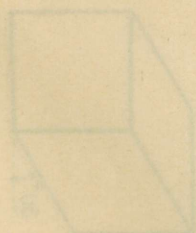


14



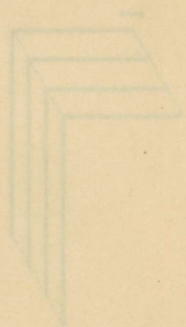
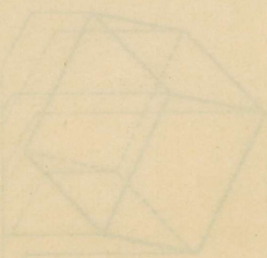
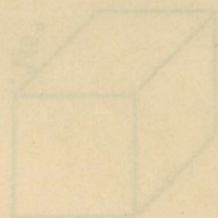
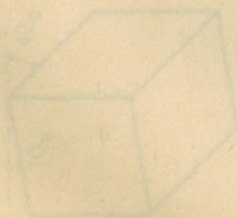
10

11

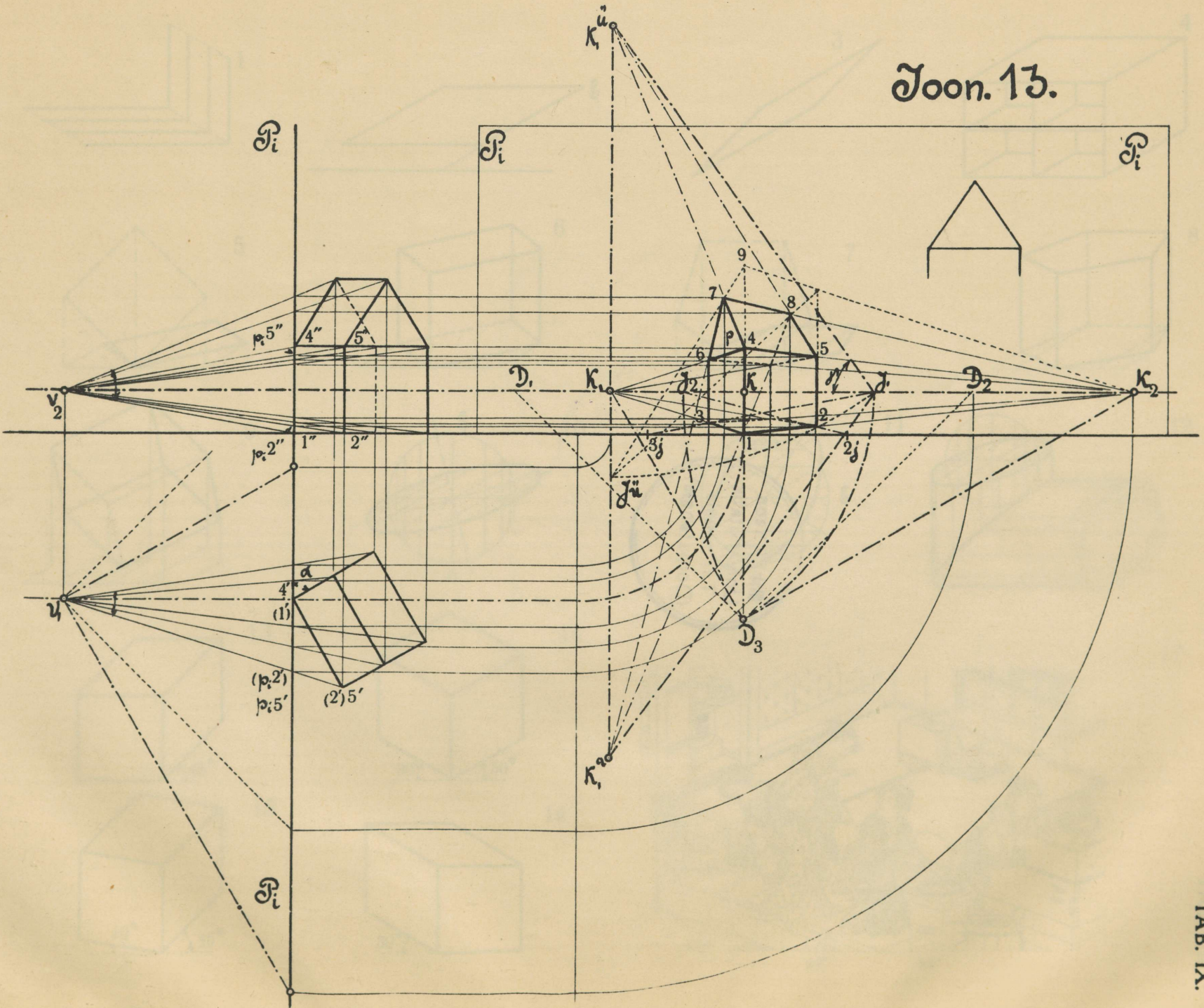


12

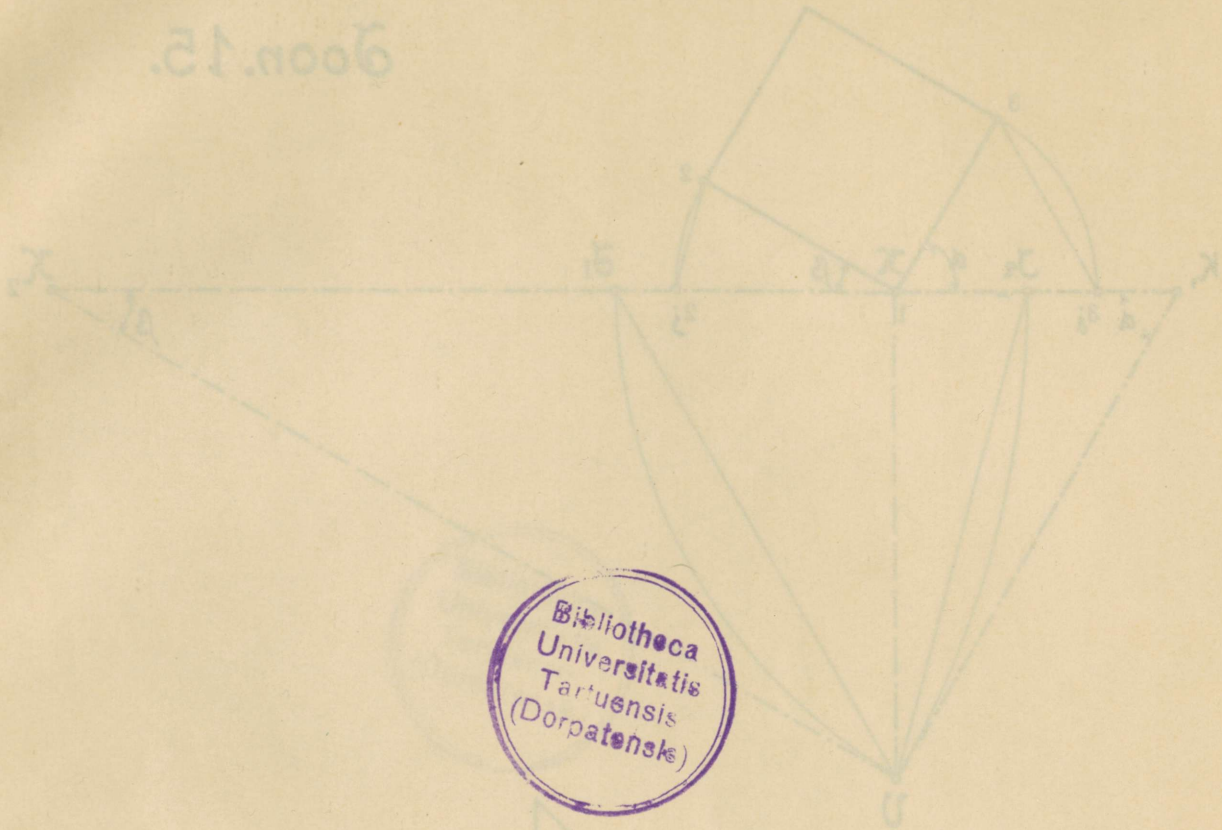
13



Joon. 13.

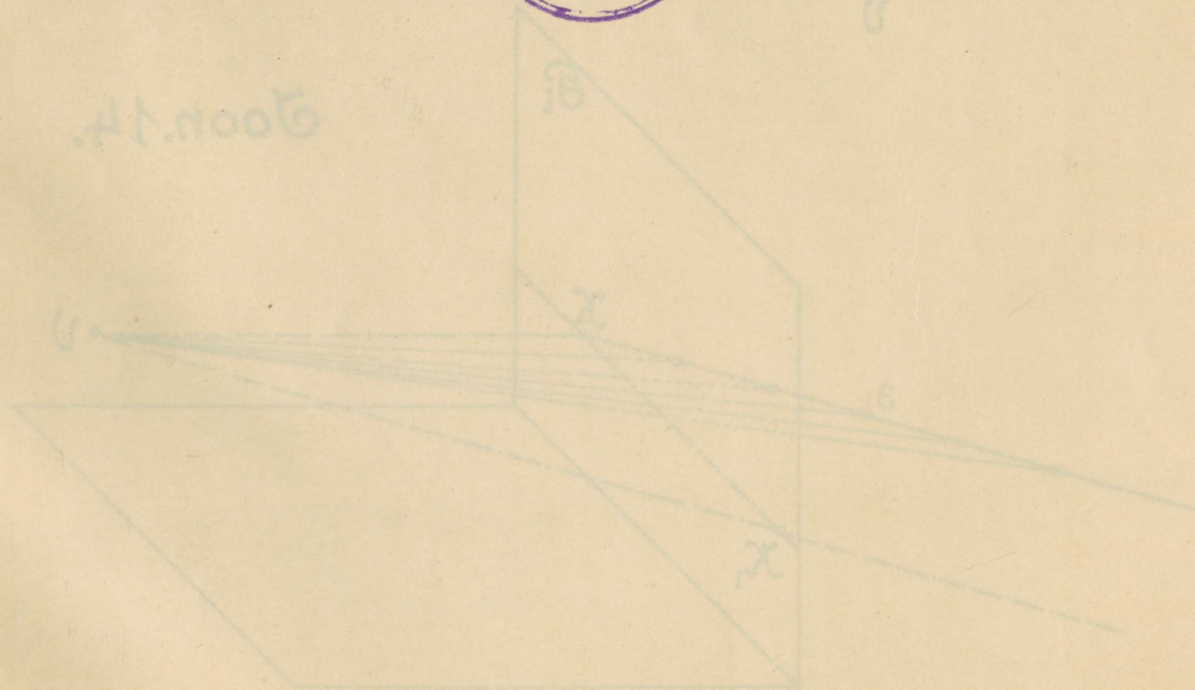


Geom. 15.

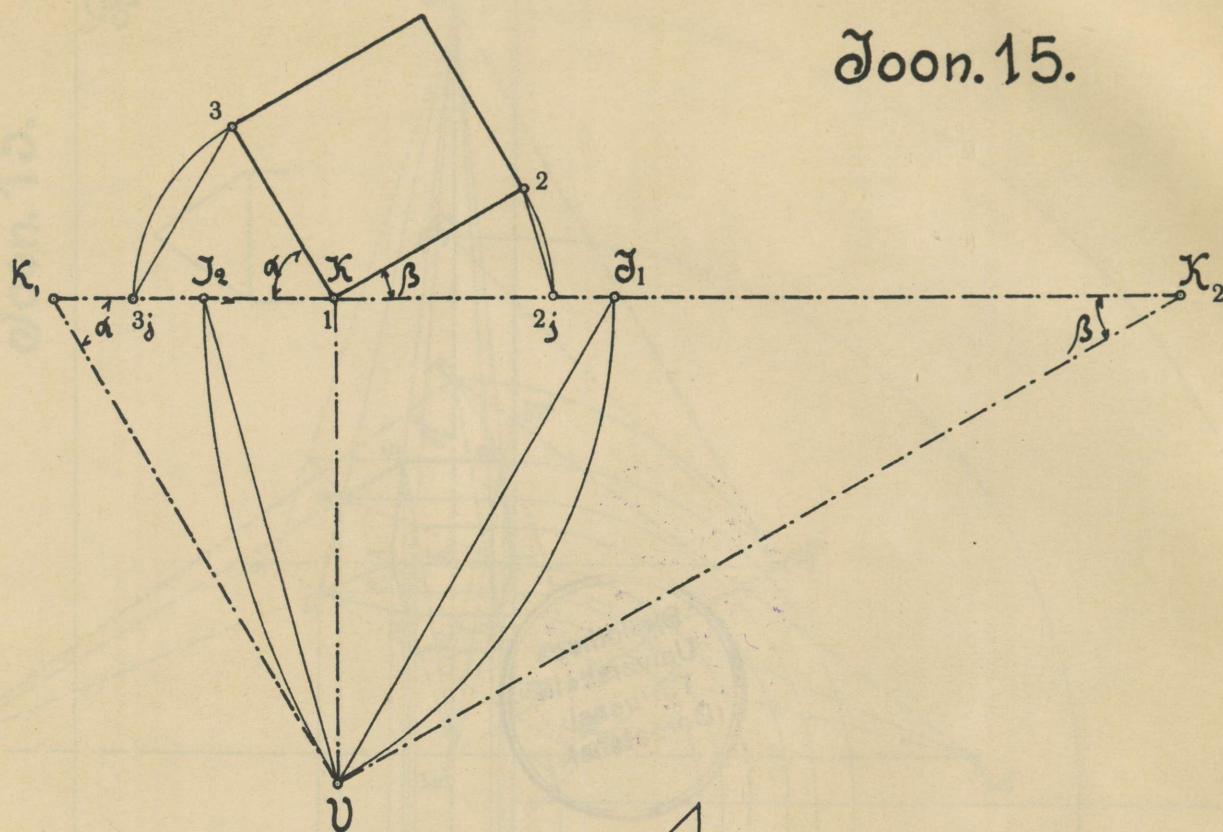


Bibliotheca  
 Universitatis  
 Tartuensis  
 (Dorpatensis)

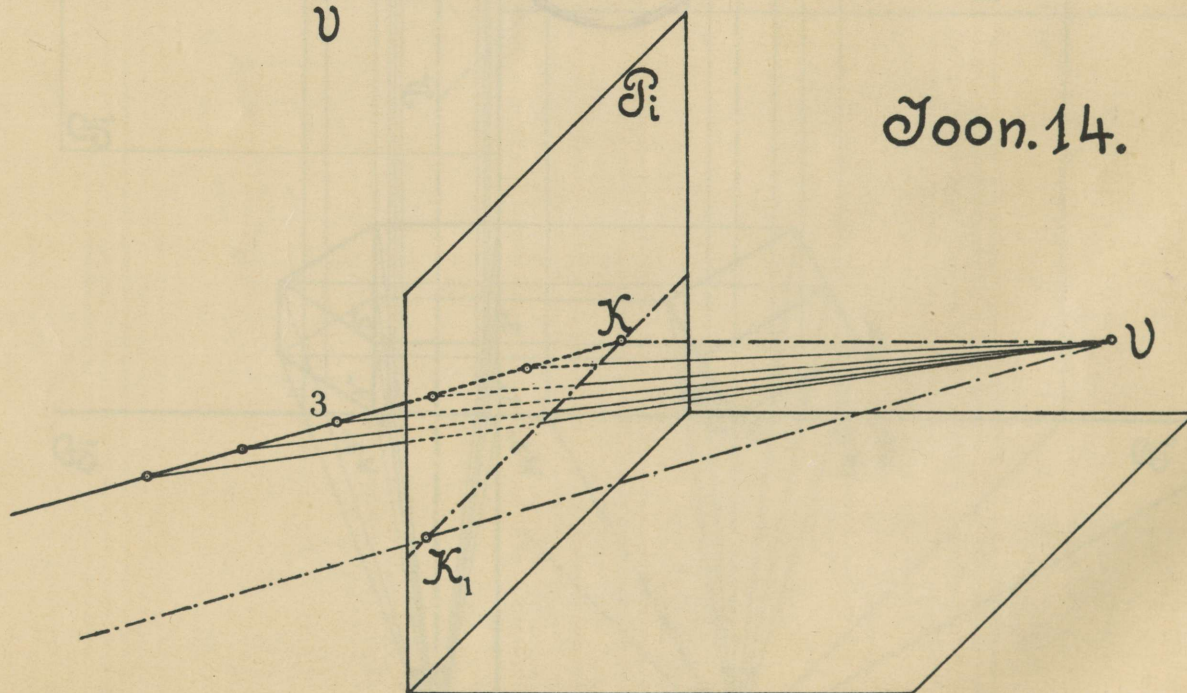
Geom. 14.

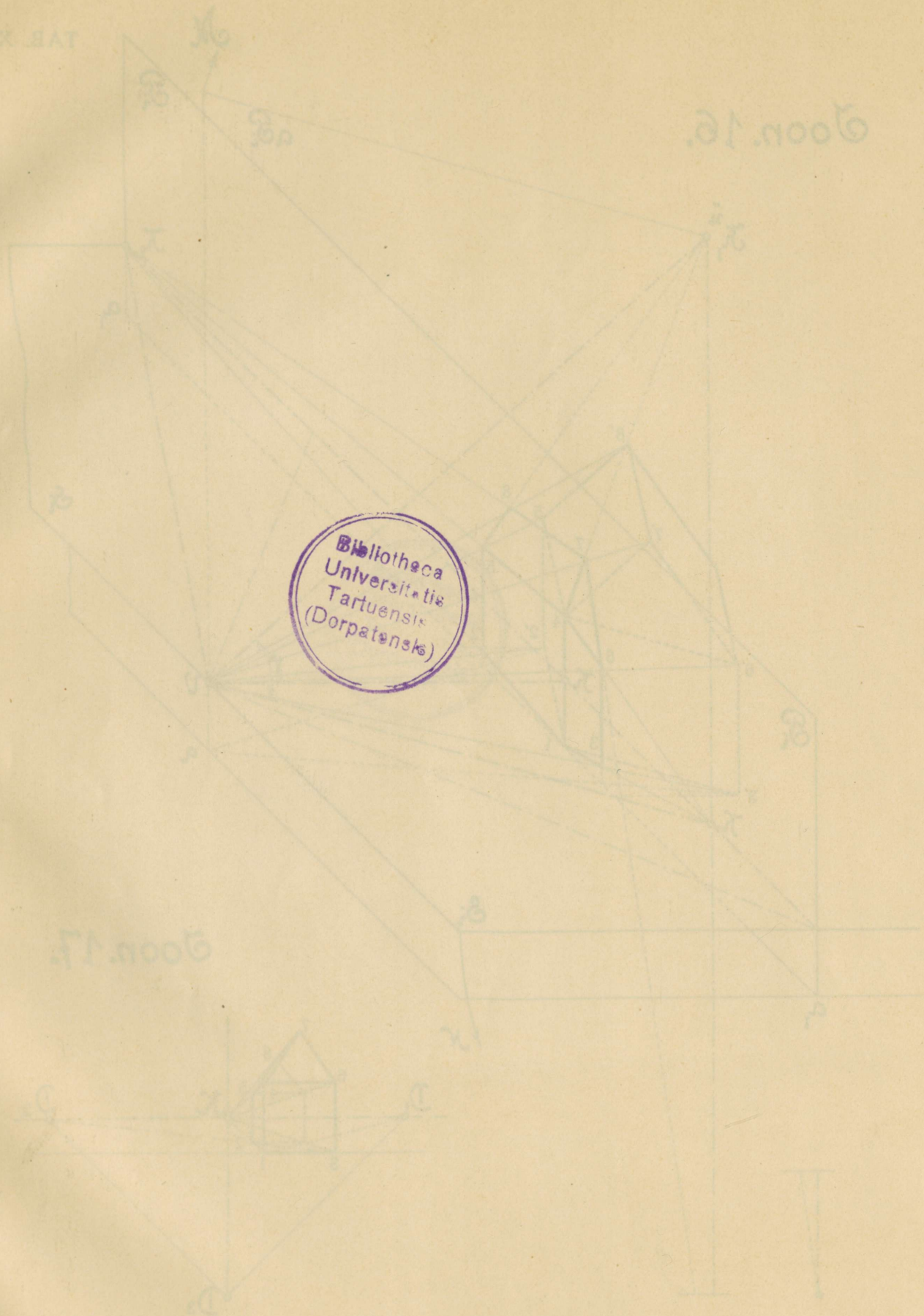


Õoon.15.



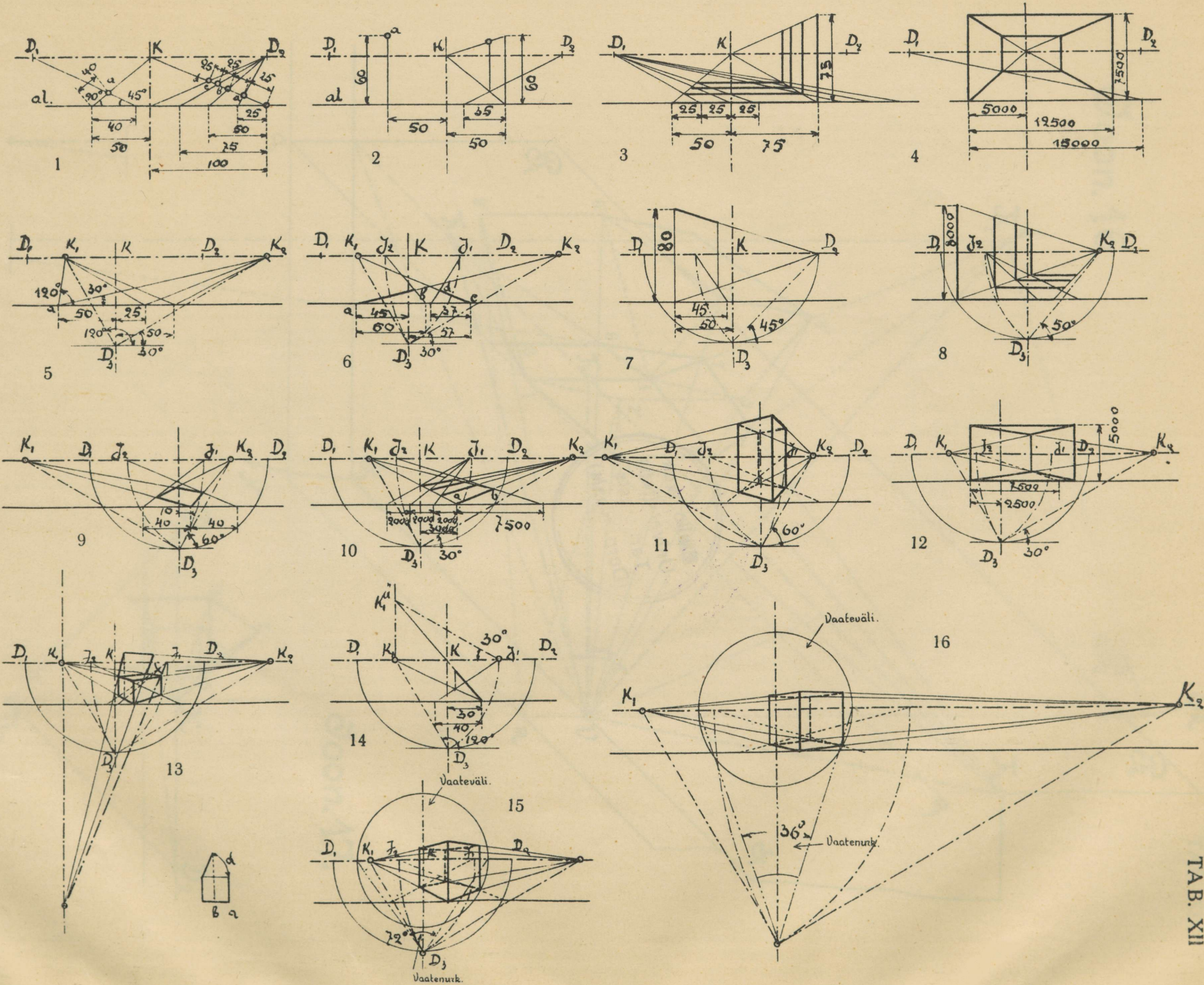
Õoon.14.















H. LAAKMANN, TARTUS.