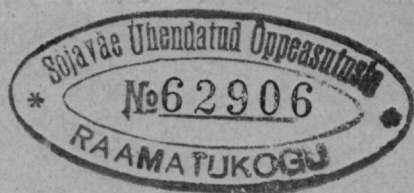




E12233

Ea 25302

*K. M. M. M.*

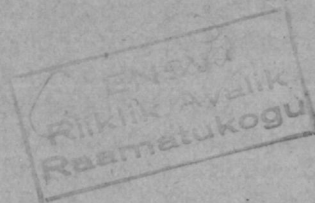


P

*Antoni M. M.  
se post.*

# KÔLAMÔÔT

Koostanud  
**O. ÔUN**



*Kaitsevæe Ühendatud Õppeasutiste staabi väljaanne*  
1932



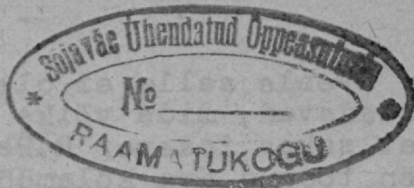
534.61

Ar 932

5un

**AR** Fr. R. Kreutzwald  
nim. ENSV Riiklik  
Raamatukogu

71. 167



## E E S S Õ N. A.

Käesoleva kirjutise eesmärk on anda lühike ülevaade kõlamõõduasjandusest.

Et lugejat mitte peletada, olen surunud võrdlemisi laiaulatusliku aine kokku mõningaile lehekülgedele. Võimalik, et käesolevas töös leidub mõnigi ebatäpsus, ja võib ka olla, et mõned osad ei ole vahest küllaldaselt viimisteldud. Loodan, et lugeja arvestab käsitledud aine uudsust ning püüab leppida ilmnevate puudustega.

Kasutamist on leidnud peasjalikult prantsuse allikad selles osas, mis puutub ametlikult tarvitusel olevate kõlamõõdu viiside kohta. Põhjused selleks olid järgmised.:

a) Prantsuse sõjaväes kõlamõõdukomandod näitasid üles juba Maailmasõjas ütlemata suuri teeneid, olgu- gi et aimult stabiliseerunud olukorras. Ebaedu manöversõjas oli tingitud peasjaliselt organisatsiooni mitteotstarbekohasusest ja transpordi korraldamatus- sest, missugused pahed on aga kõrvaldatavad ja osalt juba kõrvaldatud, nii et neil on lootusi ülesannet täita ka sõja liikumisperioodidel, lahendades üles- seadmise probleemi vähem kui kuue tunniga endise 36 tunni vastu. (Revue d'Artillerie. 1923 I. Pellion).

b) Kõne alla võiks tulla veel kõlamõõdt saksa sõja- väes. Maailmasõjas olid nende saavutused sel alal mit- te just hiilgavad, mis annab nende kõlamõõdu eestvõit- lejal O.Schvab'il põhjust kurtmiseks oma raamatus "In- genieur und Soldat": ..... und heute lacht die auslän- dische Militär-Wissenschaft (Geographical Journal 1919 H.1) über die Starrköpfigkeit, mit der man sich in Deutschland auf das subjektive Messverfahren fest- legte, ehe man sich in der letzten Kriegszeit ent- schloss auf das objektive Messverfahren wieder ver- suchsweise überzugehen."

Peale selle ei ole saksa allikad kergesti kättesaadavad, mida võiks vahest iseloomustada asjaolu, et saksa insener R. Berger raamatus "Die Schalltechnik" on toonud ära kõlamõõduasjandusse puutuvad joonised, mis on võetud Dansk Artilleri - Tidsskrift'ist sept. 1921.a., missugune nähtavasti omakord need kas otse või kaudselt ammutanud prantsuse allikaist.

d) Mõnel pool pannakse palju lootusi lühikese baasi meetodile, milline näib lihtsamana ja taktikalisest seisukohast vaadatuna otstarbekohasemana. Kuid temal on ka omad puudused ja ta on alles välja kujunemata. (Selle viisi üldine põhimõte on käsitletud kirjuti- se lisas). Samuti ei või veel sellekohaste uurimuste vähesuse tõttu tulla kõne alla töötamine seismitel- tel lainetel.

Loodetavasti olen seega tõestanud, et allikate va- likus on toimitud objektiivselt.

Koostaja.

S I S U S T I K .

I osa.	Tarvilised ained akustikast.	lhk. 1
II osa.	Kõlamõõdu meetod ja aparaadid.	" 10
III osa.	Kõlaallika asukoha leidmine.	" 27
	Kõlamõõdukomandod.	" 37

L i s a d :

	Tabelid ja graafikud (graafilised joonised).	lhk. 45
	Näide eellaskmisest kõlamõõdu abil.	" 49
	Lühikese baasi meetodi põhimõte.	" 51

---

P õ h i a l l i k a d .

Joly. Loengud kõlamõõdu üle Prantsuse suurükiväe  
koolis.

Cours d'acoustique. Catégories Bet C.Écoles  
Militaires.



I O S A.

TARVILISED AIMED AKUSTIKAST.

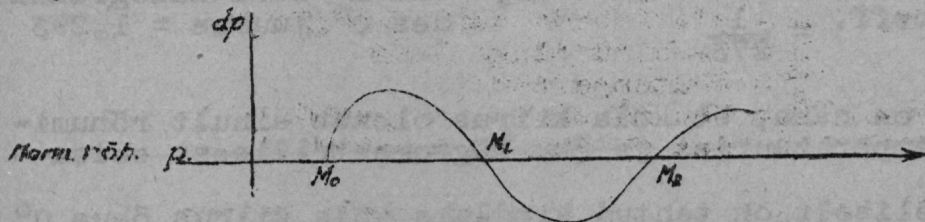
§1. Kõla ja ta levimine.

Füüsikalisest seisukohast on kõla dünaamiline nähtus, harmooniline võnkumine. Ta kandub edasi kõikides keskustes. Kõigis kõla läbimineku punktides sünnib isochroonne (väga kiiresti amortiseeruv) võnkumine. Edaspidi vaatleme ainult esimest võnget, jättes kõrvale terve amortiseerumise protsessi.

Iga võnke kestvus  $T$  või periood on rippumatu keskkonnast - ta oleneb ainult võnkumise laadist (mode), aga mitte tema loomust.

§2. Kõlalaine.

Vaatleme kõla levimise intervalli ühe perioodi jooksul. Mõmendil  $(t+T)$  rõhumine on jagatud ära, nagu näha joonisel nr.1.



Joon. 1.

Laineks nimetatakse rõhumiste hetkelist seisukorda alas, mis on läbistatud ühe perioodi jooksul.

Kvalitatiivsest seisukohast vaadatuna laine paigub ümber piki joont OX ühtlase kiirusega ja nimelt kõla kiirusega.

Dünaamilisest seisukohast vaadatuna kõla ei ole õhu vool, vaid kohalik võnkumine, mis levib elastiilselt.

Pikkus  $M_0 M_2 = M_2 M_4 = M_1 M_3 = \lambda$  on laine pikkus. Ta on seotud levimise kiirusega ja perioodiga järgmiselt:  
 $\lambda = v \cdot T$

Võnkumiste arvu sekundis ( $N$ ) nimetatakse sageduseks  $N=1/T$ .

Juba varem märkisime, et T oleneb ainult algvõnkumise laadist. Vahekord  $\frac{V}{\alpha}$  on konstantne vaatamata keskkonnale.

§3. Kõla kiirus.

Kõla levimise kiirus oleneb ainult edasiandva keskkonna mehhaanilisest iseloomust, kusjuures see kiirus omakord on üks faktoreist selle keskuse iseloomu kujundamisel. Õieti on kõla kiirus rõhumise (või hõrenduse) levimise kiirus. Mingisuguse antud keskkonna mingisuguse seisukorra juures on see kiirus konstantne: kõla levimine on ühtlane.

Kõla kiirus niiskes õhus on väljendatud järgmise valemiga:

$$V = \sqrt{\frac{760gH\delta k(1+\alpha\theta)}{D_0(H-0,378h)}}$$

kus  $g = 9,81$

$\delta$  = elavahõbeda tihedus

$k$  = õhu jaoks  $0^\circ$  juures 1,39

$H$  = elavhõbeda sama kõrgus mm

$h$  = veeauru pinge õhus

$\theta$  = õhutemperatuur.

$D_0$  = õhu  $m^3$  kaal kilogrammides  $0^\circ$  juures = 1,293

$\alpha$  = gaasi termiline rõhukoeff. =  $\frac{1}{273}$

Siit on näha, et kõla kiirus oleneb ainult rõhumisest, temperatuurist ja õhu hügromeetrisest seisukorrast.

Katseliselt on tehtud kindlaks kõla kiirus õhus  $0^\circ$  juures 332 m/sek. (vees 1450 m/sek., rauas 4900 m/sek.).

Õhus, kui temperatuur ei ole väga kõrge ( $\theta < 30^\circ$ ), näeme, et V kasvab  $1/546$  oma suurusest, kui  $\theta$  tõuseb  $1^\circ$  võrra, Näiteks  $0^\circ$  kuni  $20^\circ$  V kasvab  $332 \times 20 \times 1/546 = 12$  m. Niiskes õhus, missugune on teatavasti kergem kui kuiv, võib praktiliselt arvutada kiirust võttes  $\theta$  asemel lihtsalt  $\theta' = \theta + 0,34 h$ , kus h on veeauru pinge.

Veeauru pinge tabel.

-30° 0,3	+2° 5,3	+10° 9,2	+18° 15,5
-25° 0,5	+3° 5,7	+11° 9,8	+19° 16,5
-20° 0,8	+4° 6,1	+12° 10,5	+20° 17,5
-15° 1,3	+5° 6,5	+13° 11,2	+21° 18,7
-10° 2,0	+6° 7,0	+14° 12,0	+22° 19,8

- 5° 3,0	+7° 7,5	+15° 12,8
0° 4,6	+8° 8,0	+16° 13,6
+ 1° 4,9	+9° 8,6	+17° 14,5

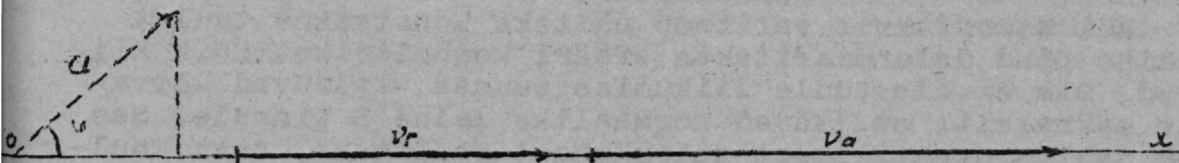
### Edasiandva keskkonna liikumise mõju.

Kui edasiandev keskkond omab iseenda liikumise mingi teise keskkonna suhtes, siis kõla kiirus moonutatakse selle teise keskuse suhtes (ka siis, kui kõla laine ei deformeeru).

Kõige tähtsam faktor on tuul. Normaalsel tuult tuleb vaadelda kui edasiandva keskkonna ühtlast liikumise kiirust.

Peab lisama juure, et kõlalaine ei deformeeru säärase tuule juures (hüpotees).

Et leida kõla kiirus  $V_a$  suunas OX, tuleb liita algebraliselt kõla kiirus  $V_z$  liikumatus keskkonnas ja  $u$  projektsioon OX-il.  $V_a = V_z + u \cos \varphi$



Joon. 2

Anormaalsetel juhtumel - tuule puhangud, torm - ei ole võimalik teada kõla levimise muutust ja seega arvutada kõla kiirust.

#### §4. Kõla levimine ruumis. Laine pind - sfääriline laine. Kõla kiir.

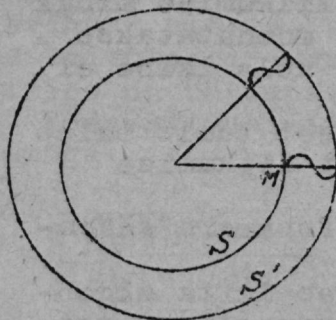
Määramata keskses (vesi, õhk), mis on rahu seisukorras, punktist O väljunud algvõnkumine hakkab levima kõikides suundades arvates sellest punktist.

Laine pinnaks nimetatakse nende punktide asukohti, mis teatud momendil asuvad ühesuguses liikumise seisukorras.

Isotroopses, rahu seisukorras olevas keskses laine



pind on sfäärilikujuuline. Kui keskus on liikuv, siis laine pind ei ole enam sfäär. Vaatleme isotroopses, rahu seisukorras olevas keskuses momendil  $(t+T)$  kõikide ruumi kiirganud lainete asukohta. Nad on mahutatud kahe sfääri S ja S' vahele. Pp. M ja M' on laine pinnal aegadel  $t$  ja  $(t+T)$ .



Joon. 3.

Sfääriliseks laineks momendil  $(t+T)$  nimetatakse ruumala, mis asub sfääride S ja S' vahel. Selles alas on kõik osakesed momendil  $(t+T)$  liikumise seisukorras (amortiseerumine, nagu varem tähendatud, ei tule kõne alla).

Kui laine levib sfääriliselt, siis iga kiir, mis väljub punktist O, on osakeste vibreeriva liikumise tee. Kõne all on osakesed, mis selle tee moodustavad. Seda teed nimetatakse kõlakiireks.

Kui atmosfääris valitseb näiteks konstantne tuul  $u$  laine pind deformeeritakse sfääri konhoidideks. Kõik kiired, mis ei ole tuule liikumise suunas, kalduvad kõrvale süüraselt, et jäävad normaalsiks laine S pinnale. See on tähtis praktilisest seisukohast vaadatuna, sest kuulmise organ on harjunud otsima kõlaallikat suunast, kus ta vastuvõtmise momendil kuuldub, s.o. kõla kiire riivaja RV suunast (joon.nr.4).

Ka laine mittedeformeerumise korral ei kuuldu kõlaallikas oma tegelikust asukohast, vaid sfääri keskpunkti asukohast vastuvõtmise momendil.

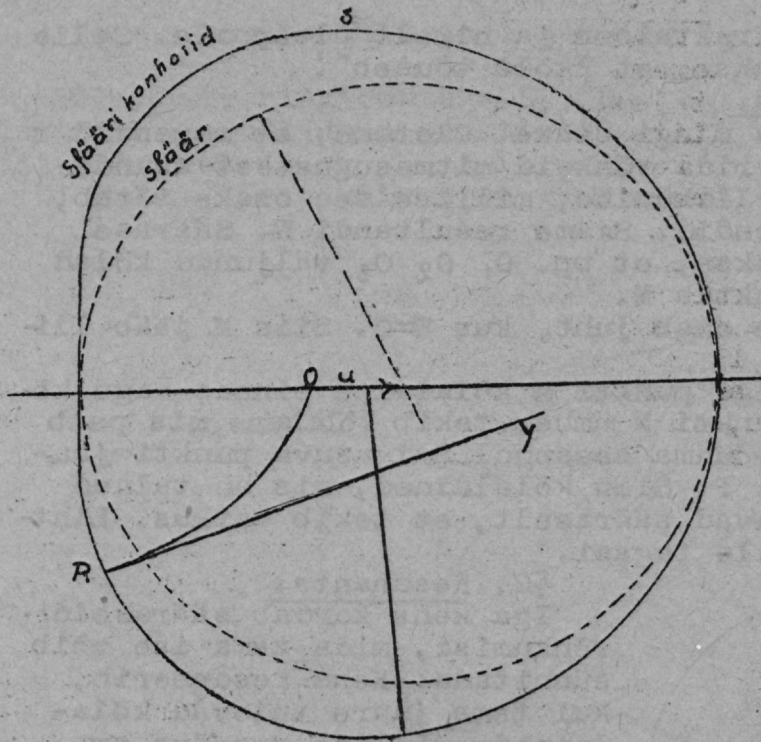
#### §5. Kõla peegeldumine.

Kõla peegeldub kõikidelt pindadelt, mis lahutavad kaht keskust, kus kõla levimise kiirused on erisugused.

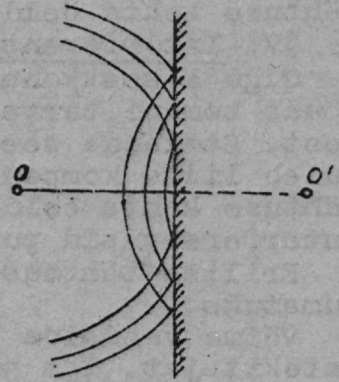
Selle nähtuse seadus on analoogiline valguse peegeldumise seadusega. Peegeldunud kõla levib nii, nagu ta oleks tulnud kõlaallikast O', mis on sümmeetriline O-le lahutava pinna suhtes.

Kõla läheb ümber osaliste takistuste, mis tal on ees,





Joon 4.



Joon 5.

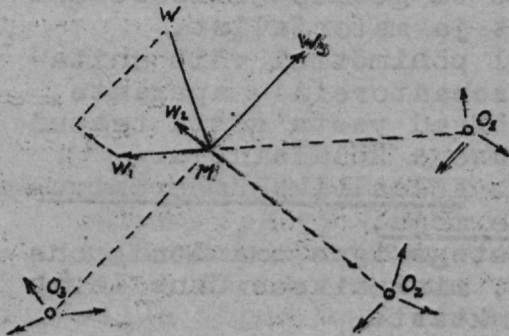
kuid iga takistus neelab ära osa levimise energiast ja see energia osa jääb kadunuks takistuse taga asuvale alale.

Selleks, et kõla paremais tingimuses vastu võtta, on kasulik asuda võimalikult varjatult huvitava raiooni suhtes.

§6. Kõla refraktsioon.

Ühest keskkonnast teise minnes kõla kiired alluvad refraktsioonile Descartes'i seaduse kohaselt. Kiir läheneb normaalile selles keskkonnas, kus levimise kiirus on vähem.

Normaalses atmosfääris on



Joon 6.

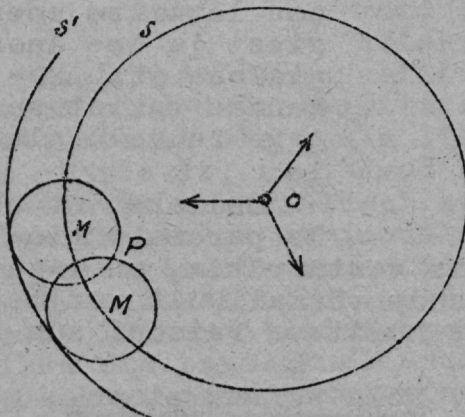
olemas loomulik refraktsioon ja nimelt ülespoole. Selle nähtuse kohta öeldakse, et "kõla tõuseb".

§7. Interferents.

Olgu M keskkonna mingi osake. Oletame, et momendil t jõuab temani terve rida võnkeid mitmesugustest suundadest. Et leida see liikumine, millise see osake võtab, tuleb liita komponendid. Saame resultandi W. Säärase nähtuse kohta öeldakse, et pp.  $O_1, O_2, O_3$  väljunud kõlad interfereeruvad punktis M.

Erilise tähtsuse omab juht, kus  $W=0$ . Siis M jääb liikumatuks.

Võime vaadelda iga punkti M kõlalaine pinnas nagu kõlatekitajat. Iga punkti M ümber tekib kõlalaine, mis peab ükskõik mil kujul jõudma seespool S-i asuva punkti juure, nagu seda on p. P. Siin kõlalained, mis on tulnud S-ilt, interfereeruvad sõõraselt, et tekib vaikus. Lihtkeeles - kõla ei tule tagasi.



Joon 7.

§8. Resonants.

Iga keha kordab sõõraseid võnkumisi, mida tema ise võib sünnitada. Keha resoneerib, kui tema juure tulevad kõlalained, millede sagedus on lähidane neile laineile, mis on omased sellele kehale olenevalt ta geomeetrisest ehitusest ja materjalist.

Sel põhimõttel võib ehitada resonatoreid - aparate, mis võivad vastu võtta teatud sagedusega kõlalaineid.

§9. Kõlaallika ümberpaigutamise mõju.

Mürsk pörkab kokku õhu osakestega igas oma lendjoone punktis. Selle tagajärg on kõla, mis vaikes õhus levib sfääriliselt igast lendjoone punktist.

Vaatleme mürsu asukohtade seeriat lendjoonel:

momendil $t_0$	on ta punktis $P_0$
" $t_0+1$ sek.	" $P_1$
" $t_0+2$ "	" $P_2$

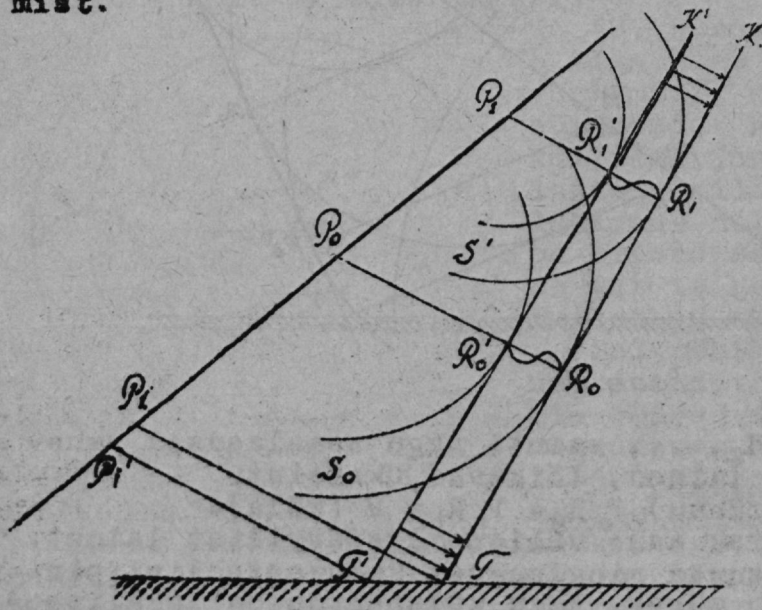




joon T ei ole jõudnud temani, on vaikus. Joone T jõudmisel temani tajub ta kuiva, tugevat pauku, mille tekitaja asukohta arvab olevat suunas  $TR_1$ ; (normaal koonusele). Kohe pärast seda kuuleb vaatleja visisemist.

Ei ole raske seletada neid nähteid. Koonuse sees on igas punktis igal momendil interferents sfääriliste lainete vahel. Resultantsed lained annavad visisemise.

Koonuse pinnal aga on igas punktis ja igal momendil üks ja sama kõla. Kõikides punktides, nagu  $R_0, R_1, \dots, T \dots$ , ei ole interferentsi - laine säilitab seal oma algelise lihtsuse. Kui näiteks  $P_2$ -st väljuv sfääriline laine  $S_2$  on teistsuguste omadustega kui  $S_0, S_1, S_2, \dots, \dots$ , mistõttu ta ei interfereeru nendega koonuse sise-muses, siis peab vaatleja, kes asub punktis T, selle laine möödumist kuulma. Nagu joonisest näha, kuuleb vaatleja tähendatud lainet alles pärast koonuse möödumist.



Joon. 9.

Joonistame sfäärilised lained  $S_0, S_1, S_2, \dots$  momendil  $(t+4 \text{ sek.})$ . Nende lainete pinnad on nagu koonuse sisse mähitud. Koonused K ja  $K'$  on niiütel- da paralleelsed üksteisega. Ruum nende vahel on asukoht kõikidele mitteinterfe- reerunud laine- tele. Seda ala nimetatakse bal- listiliseks lai- neks.

T kuni  $T'$  vaatleja maa peal võtab vastu väga

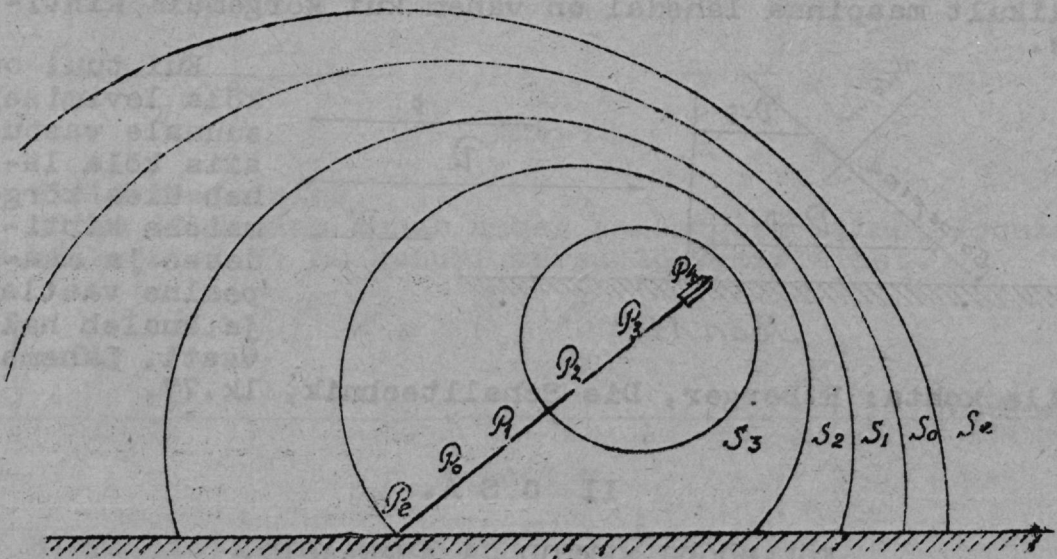


lühikese aja jooksul suure hulga laineid, sest ball.laine on alati enam-vähem kallakil maapinna suhtes. Sellega on seletatav paugu tugevus.

II juht. Mürsu kiirus on vähem kui kõla kiirus.

Mürsk asub igal momendil seespool sfäärilist lainet. Vaikuse ala on piiratud sfäärilise lainega, mille keskpunkt asub raua suudme lähedal. Ballistiline laine puudub täiesti.

Piirijuhul, kus mürsu ja kõla kiirused on võrdsed, kõik kõlalained puutuvad kokku mürsu asupaigas,



Joon. 10.

Ballistilist lainet ja lainete interferentsi ballistilise laine sees on läinud korda päevapildistada.

#### §10. Kõla vastuvõetavuse ulatus.

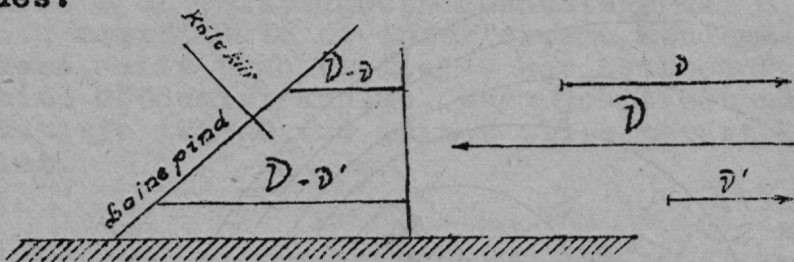
Kõla vastuvõetavusele kõrvaga on kaks piiri: 1) olenevalt kõla kõrgusest -  $N$  võib olla 20 kuni 40000, seega piirid  $\lambda$  jaoks 15 m kuni 1 cm, 2) olenevalt kõla tugevusest.

Kõla levimise kaugus kuuldeaparaadi suhtes on olenevalt algvõnkumise tugevusest. Kuid õhu akustiline edasiandvus on

muutlik. Edasiandvus oleneb õhu homogeensusest. Vihm, lumi ja udu ei muuda tingimata õhku heterogeenseks. Udu transparentsus võib olla näiteks väga suur, kui ta ei moodusta heterogeenseid kihte, missugused põhjustavad refraktsiooni ja reflektiooni nähtusi. Sellega on seletatav halb edasiandvus kuuma ilmaga õhuvoolude tõttu üles.

Samuti mõjub tuul. Maapinnal näib, et kõla läheb vastu tuult halvasti edasi. Sellele on antud järgmine seletus:

Olgu  $V$  norm. kõlakiirus,  $v$  tuule kiirus, missugune harilikult maapinna lähedal on vähem kui kõrgemais kihtides.



Joon. 11.

Kui tuul on kõla levimise suunale vastu, siis kõla läheb üles kõrgemasse kihtidesse ja maapealne vaatleja kuuleb halvasti. Lähemalt

selle kohta: R. Berger, Die Schalltechnik, lk. 77.

## II O S A.

### KÕLAMÕÖDU MEETOD JA APARAADID.

#### Üldiselt tarvitusel olev meetod.

§1. Kõlamõõdu ülesanne on määrata kindlaks suurtüki asukoht ja toimetada eellaskmist kõlanähtuste põhjal.

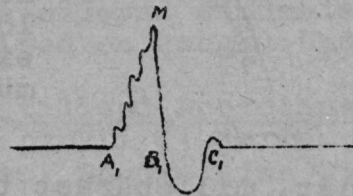
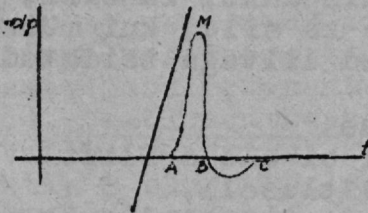
Need nähtused on järgmised:

1) Suudmelaine.

Gaaside väljumine rauaõõnest sünnitab sfäärilise laine, mille keskpunkt asub suudme lähedal. See n.n. suudmelaine levib kõlakiirusega. Uurimused näitavad, et gaasid tulevad rauast välja paiskeina. Iga nisugune gaaside

paise puutudes kokku õhuga sütib põlema. Esimese paiske põlemine ja jahtamine sünnitab teatud õhuvõnkumise. Enne veel kui see on jõudnud lõppeda, tuleb juba järgmine jne. Need võnkumised annavad ebaharmonilise kõla. Kui mürsu kiirus on suurem kõla kiirusest, siis suudmelaine keskpunkt asub mõningad meetrid suudme ees.

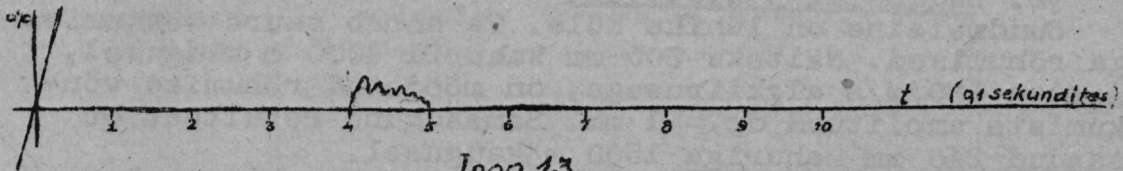
Suudmelainest on saadud järgmised kujutised:



Joon. 12.

### 2) Lõhkemislaine.

Mürsu lõhkemine annab umbes samasuguse laine. Joonis nr. 13 kujutab 77 mm kahuri mürsu lõhkemislainet.



Joon. 13.

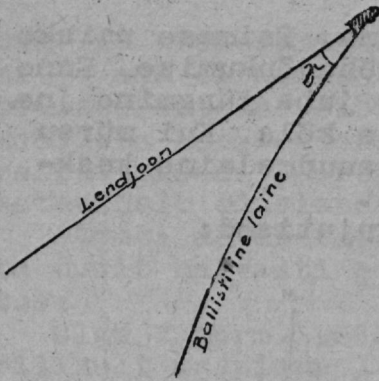
### 3) Ballistiline laine.

Mürsk lennates kõlast kiiremini sünnitab ballistilise laine. Koonuse tipp liigub edasi ühes mürsuga. Nurk koonuse tipu juures kasvab mürsu kiiruse kahanemisega järgmiselt:

$$\sin \gamma = \frac{V \text{ (kõla)}}{V \text{ (mürsu)}}$$

Ballist. lainet ei ole, kui mürsul ei ole kunagi olnud suuremat kiirust kui kõlal. Ta ei hävine, kui mürsu kiirus jääb vähemaks kõla kiirusest või kui mürsk lõhkeb õhus. Tuleb tihti ette, et mürsk algab oma teekonda suu-





Joon. 14.

rema kiirusega kui kõla, lendjoone kõrgemais punktis on aga ta kiirus vähem kõla omast ja langeval harul saavutab ta jälle suurema kiiruse. Niisugusel juhul tekib kaks ballistilist lainet. Mürsu langemisel tekkiv ball. laine annab vaatlejale, kes asub kukkumispunkti lähedal, lõhkemise mulje ka siis, kui mürsk ei lõhke (katsed liivaga täidetud mürskudega).

#### 4) Visisemine.

Sel nähtusel ei ole erilist tähtsust, millepärast ta ei tule käsitlesele.

Kõigi eelpoolkirjeldatud nähtuste tagajärjel on kõrvaga raske eraldada suudmelainet teiste seast. Ballistiline laine on kõige järsum. Suudmelaine läheb aga kõige sagedamini kaotsi, sest tema kas upub visisemisse või ta periood ei ole vastuvõetav kõrvale.

#### §2. Suudmelaine ulatavus.

Suudmelaine on lühike kõla. Ta annab suure võnkumise-ga rõhumised. Näiteks 305 mm kahuril 4000 m kaugusel, lastes 800 m/s algkiirusega, on mõõdetud rõhumise võnkumiste amplituud  $d_p = 1$  mm. Samasugune resultaat on saadud 240 mm kahuriga 1500 m kaugusel.

On tehtud kindlaks, et suurtükkide jaoks, mis lasevad ühesuguste algkiirustega (lahkumine kuni 100 m/s) ja ühesuguste rõhumistega (lahkumine kuni 300 kg), rõhumise võngete amplituudid on proportsionaalsed laenguile.

Suudmelaine periood (järelilikult ka pikkus) on tähelepan-davalt suur suurel kaliibril tugeva laenguga kuni 1/5 sekundit. See väheneb kaliibriga (mõned sajandikud väli-suurtükil). Sellise perioodiga lained on kõrvale raskesti vastuvõetavad või üldse vastuvõtmatud (sagedus  $N = 5$  lähedal, pikkus  $\lambda = 60$  m lähedal).

#### §3. Suudmelaine valik kõlamõõdu otstarbeks.

Ballistiline laine liigub keerulise seaduse järgi.



Tema manomeetrilised võnked on väga järsud, kuid vähema amplituudiga kui suudmelainel. Tema periood on samuti tunduvalt vähem. Ta ei lase end tõlgitseda lihtsate kõlamõõdu viisidega, pealegi teda ei ole igakord.

Suudmelaine sfääriline levimine on säärane, et tema vastuvõtmise moment oleneb ainult suurtüki asukohast ja momendist, millal see lasi. Kuid teda on raske kõrvaga vastu võtta. Selleks peab olema vastav aparaat. Edasi näeme, et need aparaadid kergesti eraldavad suudmelaine ballistilisest, sest tähendatud lained on kaugel üksteisest juba resonantsi mõttes.

§4. Vaatlused baasi otstel. Akustilised koordinaadid.

Valime maastikul kaks kõlamõõdu punkti  $P_1$  ja  $P_2$ . Punktis  $S$  suurtükk laskeb momendil  $t_0$ . Suudmelaine kiir (lühendus) momendil  $t$  on

$$d = V / t - t_0 / \quad V \text{ on kiirus tegel. tingimustes.}$$

Laine jõuab  $P_2$  momendil  $t_2$ . (Joonisel nr.15 märgitud  $\xi_2$ )

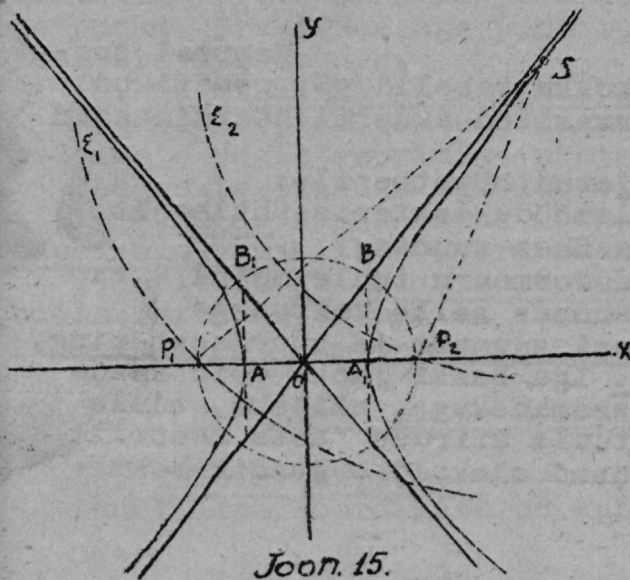
$$d_2 = V / t_2 - t_0 / \dots\dots\dots / 1 /$$

Laine jõuab  $P_1$  momendil  $t_1$ . (Sfäär  $\xi_1$ ).

$$d_1 = V / t_1 - t_0 / \dots\dots\dots / 2 /$$

Arvame valemil /1/ valemist /2/ maha, saame:

$$d_1 - d_2 = V / t_1 - t_2 / \dots\dots\dots / 3 /$$



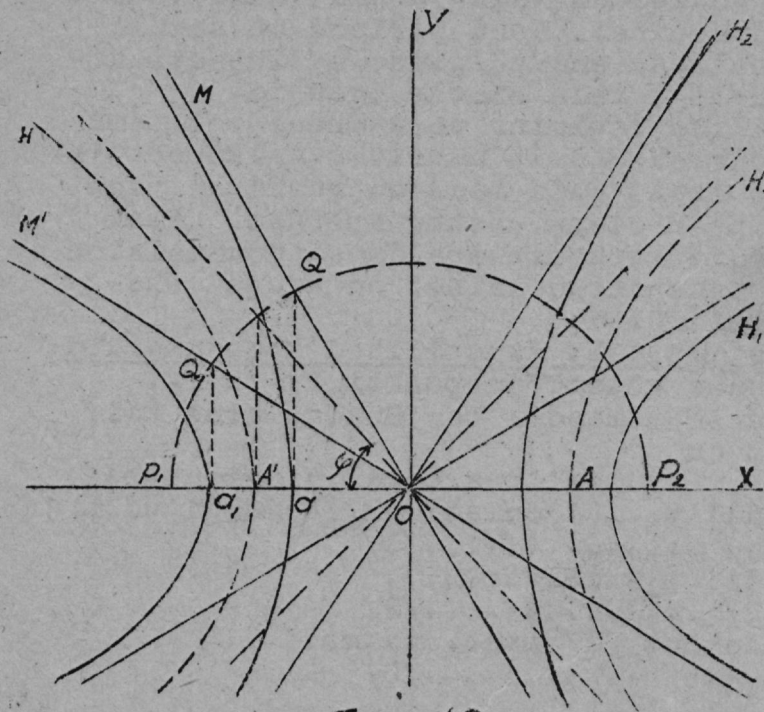
Joon. 15.

$/t_1 - t_2 /$  nimetatakse al-  
lika  $S$  tegelikuks akus-  
tiliseks koordinaadiks  
baasi  $P_1 P_2$  suhtes.

Seega kõlaallikas  
asub niisuguses punktis,  
mille kauguste vahe  
punktidest  $P_1$  ja  $P_2$  on  
võrdne tegeliku akusti-  
lise kaardinaadi korru-  
tisele tegeliku kõla-  
kiirusega.

Normaalkoordinaadid.

Võrrandis /3/  $/t_1 - t_2 /$   
on allpool kirjeldatud  
viisil mõõdetud.  $V$  on



Joon. 16.

teada, kui on teada momendi tingimused atmosfääris: soojus, niiskus, tuul.

Et oleks hõlbus kasutada tabeleid ja graafikaid (graafilised joonised), on kasulik asendada tegelikud ehk mõõdetud akustilised koordinaadid normaalsega, s.o. koordinaatidega, mis oleksid mõõdetud kuivas õhus, ilma tuuleta ja  $+10^{\circ}$  temperatuurri (näiteks) juures.

Espool too-

dud valemid lubavad seada kokku tabelid või graafikud, millede abil võib leida normaalsed akustil.koordinaadid (Lisa).

Tuule arvestamine on rajatud hüpoteesile:

- 1) tuul puhub terves kõlamõõdu sektoris ühtlaselt, s.o. ühesuguse kiirusega ja ühes suunas;
- 2) sfääriline laine ei deformeeru tuule mõjul - ta ainult kandub edasi tuule suunas selle kiirusega.

Tuuleparandus oleneb baasi suunast ja suurusest ning tuule suunast ja kiirusest. Iga baasi jaoks võib seada kokku tabeli kahekordse sisseminekuga, näiteks, tuule suundade kohta üle  $10^{\circ}$  ja tuule kiiruse jaoks meetrist meetrini, kusjuures parandused oleksid sajandik-sekun-

deis. Samaks otstarbeks võib kasutada ka graafikut. Tabe-  
lite paremus on kasutamise kiiruses, graafiku paremus  
seisab aga selles, et ta on maksev mistahes baasi jaoks.

Kui normaaltingimusteks lugeda kivi õhk, temperatuur  $+10^{\circ}$ ,  
tuult ei ole, siis normaalseks kõlakiiruseks oleks 337  
m/s.

Lõpuks märgime, et mägisel maastikul tuleb arvestada  
kõrguse vahet kõlaallika (asukohast ligik. teada) ja mõõdu-  
punktide vahel.

Vaatlused, mis on tehtud baasi otstes, annavad kõla-  
allika geomeetrilise asukohana hüperbooli. Mõnesugused  
kohalikud vaatlused lubavad sel kõveral piirata ära või-  
malikud kõlaallika asukohad. Kui  $t_2$  on enne  $t_1$ , siis S  
asub hüperbooli paremal harul. Kui on teada, et suurtükk  
on vaenlase oma, siis võib kindlasti arvata, et hüperboo-  
li haru osa on teispoole vaenlase eesjoont. Seda ala võib  
veel piirata, kui on teada suurtüki maksim. laskekaugus.  
Mõõtekavas 1:20000 ei tee järelejäädud lõik rohkem välja  
kui mõned sentimeetrid.

Kolmas mõõdupunkt  $P_3$  moodustab  $P_2$ -ga teise baasi. Saa-  
me teise hüperbooli. S asub mõlema hüperbooli lõikepunk-  
tis. Kontrolliks on kasulik veel kolmas baas, milleks on  
tarviline  $P_4$ . S on nüüd juba kolme hüperbooli lõigu ühi-  
ne punkt. Praktikas aga punkti asemel saadakse enamasti  
veanäitaja kolmnurk.

#### §5. Füüsikaline ja matemaatiline probleem.

Kõlamõõdu probleem on, nagu nägime, lahendatud suud-  
melainete registreerimise põhjal.

See on tegelikult aga läbiviidav siis, kui suudame:

1) märkida suudmelaine mõõdumist ja mõõta küllaldase  
täpsusega akustilisi koordinaate - füüsikaline probleem;

2) ehitada küllaldase täpsusega ja kiirusega hüper-  
boole, millede andmed on saadud füüsikaliste mõõtmiste  
lahendamisest - matemaatiline probleem.

#### Akustiliste koordinaatide mõõtmine.

##### §1. Nõuetav täpsus.

Akustiline koordinaat on kahe kronomeetrilise seade



vahe, milledest üks on  $t_1$  ja teine  $t_2$ .

Oletame, et kummagi seade absoluutne täpsus on  $1/n$  sekundit. Nende vahe absol. täpsus - järelikult  $2/n$  sek.

Hüperbooli reaaltelg  $2a = v/t_1 - t_2$  on seega teada täpsusega  $2\sqrt{v/n}$

Asugu hüperbool H (joon.nr.16/, mille fookused on  $P_1$  ja  $P_2$  ja missugune läheb läbi suurtüki asukohast, kahe hüperbooli  $H_1$  ja  $H_2$  vahel. Hüperboolide  $H_1$  ja  $H_2$  reaalteljed on vastavalt  $(2a + 2\sqrt{v/n})$  ja  $(2a - 2\sqrt{v/n})$ . Nende hüperboolide vajelise ala laius kaugusel  $r$ , arvates baasi keskpunktist, on:  $MM' = QQ' \cdot r/c = \frac{2a}{\sin \varphi} \cdot r/c = 2\sqrt{v/n} \frac{r}{\sin \varphi} \cdot r/c$ , kus  $2c =$  baasi pikkus.

$$\text{Et } \frac{1}{\sin \varphi} = \sqrt{\frac{c^2}{c^2 - a^2}}, \text{ siis } MM' = 2\sqrt{v/n} \frac{r}{\sqrt{c^2 - a^2}}$$

Kui H on püsthüperbool, siis  $MM' = 2\sqrt{v/n} \cdot r/c \cdot \sqrt{2}$

Kui tahetakse, et 6 km kaugusel 3-kilomeetrilise baasi keskpunktist oleks ebatäpsuse riba laius  $MM'$  kõige rohkem 40 m, siis  $40 > 2\sqrt{v/n} \sqrt{2}$  võttes  $v=340$  m/s, saame  $1/n < 0,01$ . Seega tuleb säärasel juhul, s.o. ebasoodsail tingimusel, mõõtmisi toimetada täpsusega 0,01 sek. Üldiselt võib ütelda, et säärane täpsus on kõigiti rahuldav. Lähemalt III osa §5.

## §2. Aparaatide printsip.

Seadeldis, mis peab mõõtma akustilisi koordinaate, koosneb:

1) Igas mõõdupunktis, s.o. igas haasi otsas, mikrofoon, mis võtab vastu suundmelainet ja lubab teda eraldada ballistilisest lainest. Keskjaamas isekirjutaja kronograaf, mis annab laine kujutise. On tarviline ainult üks kronograaf kõikide koostöötavate mõõdupunktide jaoks, mis töötavad koos.

2) Kaabelühendused, millede kaudu iga mõõdupunkt silmapilkselt mõjutab kronograafi.

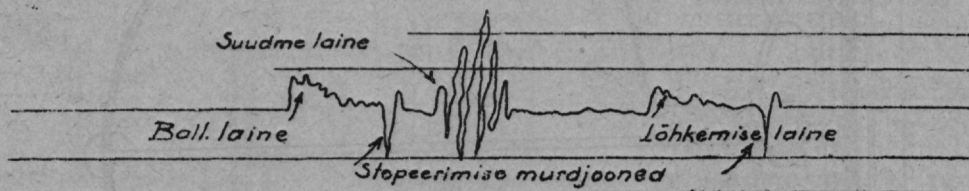
## Mikrofoon.

Ta paneb vastavalt õhu võnkumistele varieeruma elektrovolu tugevuse. Mikrofoon peab vibreerima resonant-



sis suudmelainega, mil on suur periood ja suur rõhumis-  
te kõikumine. Seetõttu mikrofoon koosneb suuremõõdu-  
sest ja suure inertsiga membraanist, missugune asub  
vibreeriva atmosfääri ja muutmatu mahuga ruumi (her-  
meet.suletud) vahel. Õhk, mis asub selles muutumatu ma-  
huga ruumis, annab rõhumise muutused, mis piiravad memb-  
raani deformeerimist. Ballistiline laine, olles dünaa-  
milisest seisukohast vaadatuna palju vähema võimsusega  
kui suudmelaine, deformeerib väga vähe membraani. Memb-  
raani inerts töötab vastu resonantsi tekkimisele bal-  
listilise lainega.

Joon.nr.17 näitab, et ballistilise ja suudmelaine  
eraldamise probleem on lahendatud.

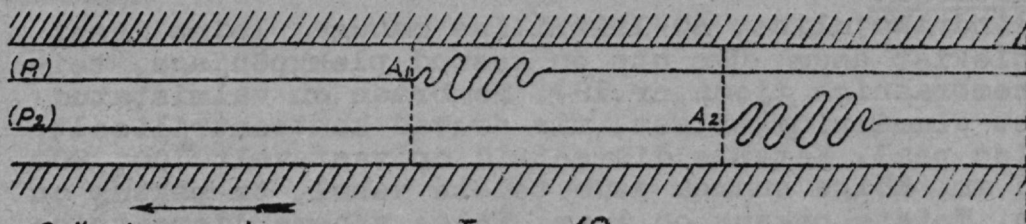


Joon.17.

### Kronograafiline üleskirjutamine.

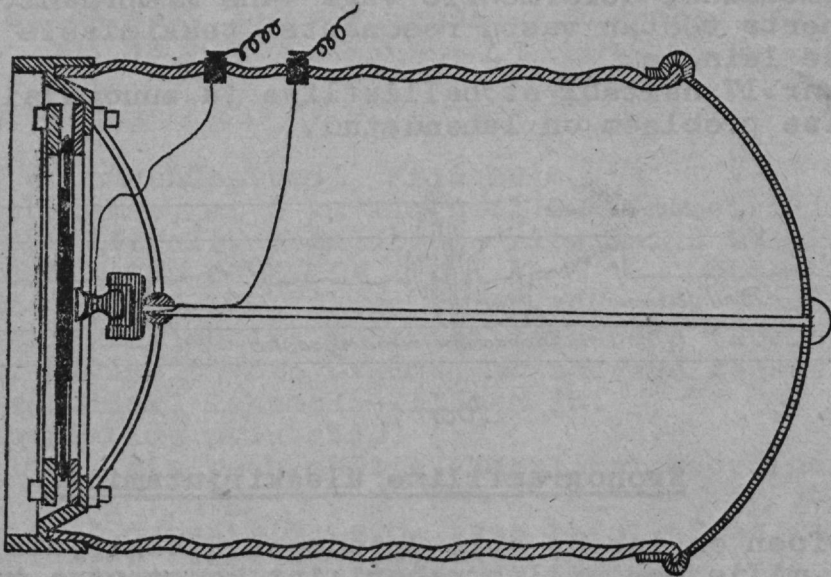
Mikrofoon on juhede abil ühenduses üleskirjutaja apa-  
raadiga, mille ees rullub paberilint konstantse kiiru-  
suga, näiteks 50 mm/sek.

Joonisel nr.18 on näha kahe mikrofoni poolt antud kir-  
jutised.



Joon. 18.

Et rulluda  $A_1$  kuni  $A_2$ , on kulunud nii mitu viieküm-  
nendikku sekundit, kui palju on millimeetreid  $A_1$  ja  $A_2$   
vahel, näiteks 40. Kui on antud ka rullumise suund,  
siis võime ütelda, et laine läbibist mõõdupunkti  $P_1$   
0,80 sek. varem kui  $P_2$ . Tegelik akustiline koordinaat  
on seega 0,80 sek. Et on võimalik hinnata ka poolmilli-  
meetreid, saame lugeda akustilisi koordinaate 0,01 sek.  
täpsusega.



Joon. 19.

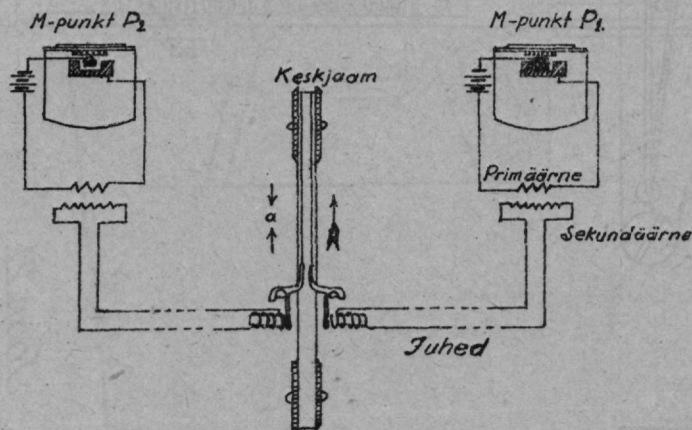
§3. Prantsuse kõlamõõduaparaadi T.M.18 kirjeldus.

Mikrofoon.

Silindrikujuline, 40-liitrilise mahuga, lainelisest terasplekist anum. Üks ots on kaetud plekkpõhjaga, teine - membraaniga (joon.nr.19). Membraan on valmistatud kolmest alumiiniumkettast, mis asuvad kontsentriliselt üksteise peal. Kettaste diameetrid on vastavalt 100, 200 ja 275 mm. Kõige suurem asub teiste vahel, ta paksus on 0,3 mm. Teiste paksus on 1 mm. Kõige vähema diameetriga

ketas asub seespool. Mikrofooni kapsel on primäärses vooluringis. Kapsli üks grafiidist osa on kinnitatud toe külge, kuna teine on isoleeriva šeibi kaudu kinnitatud membraani külge. Vaheruum nende osade vahel on täidetud söeteradega. Membraani võnkumine kutsub esile takistuse muuteid kapslis, mistõttu primäärses voolu tugevus hakkab varieeruma. See nähtus aga põhjustab indutseeritud voolu tekkimise sekundäärses vooluringis. Kui membraan on rahu seisukorras, siis sekund. vooluringis voolu ei ole.

Joon.nr.20 kujutab skemaatiliselts kõlamõõdujaama üldist seadeldist.



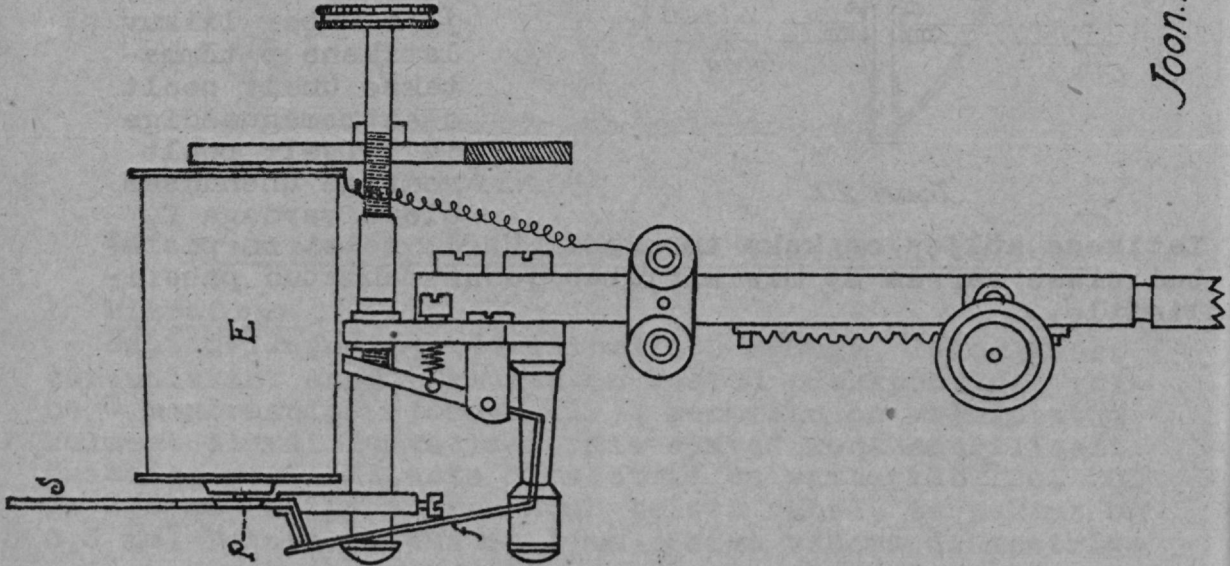
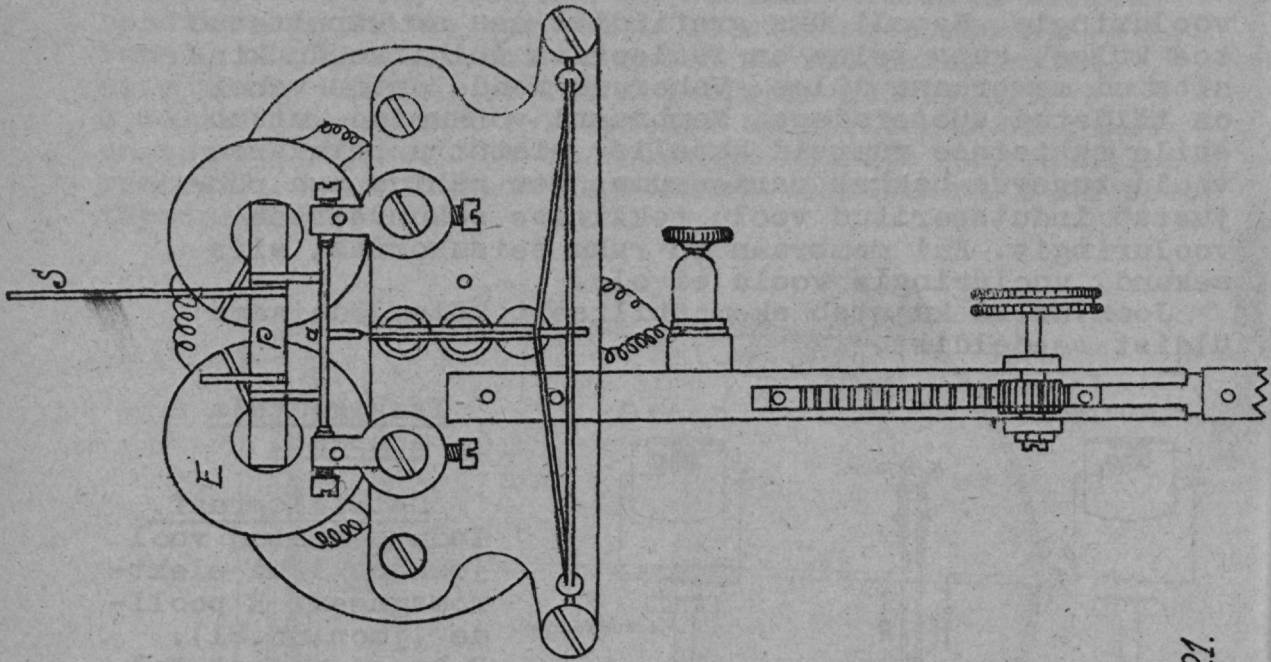
Joon. 20.

Latikee küljes on kaks torukest. Uhele neist on pistetud sisse varras S, mis kirjutab joone tahmatud paberilindile.

### Isekirjutaja aparaat.

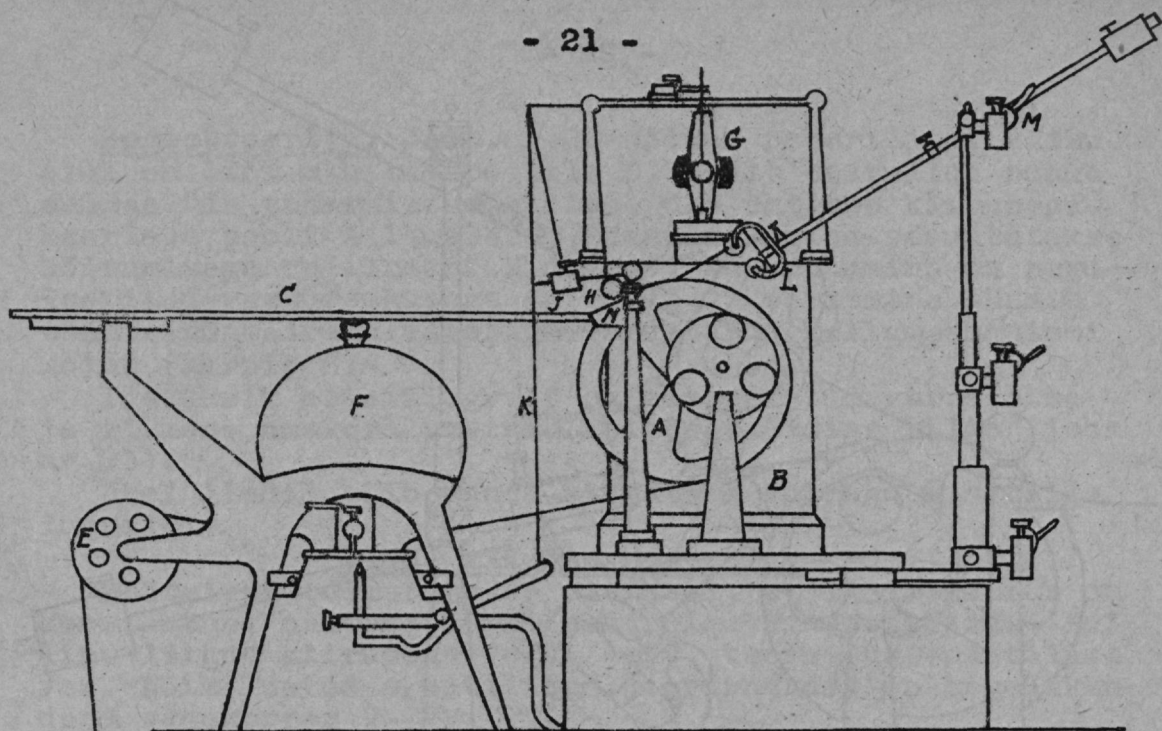
#### Ostsillograaf.

Indutseeritud vool jookseb läbi elektromagneedi E poolide (joon.nr.21). Pehmest rauast telje a ümber liikuv latikene p tõmmatakse ühelt poolt elektromagneediga ja teiselt poolt vedruga ühenduses oleva vardaga f.



*Joan. 21.*

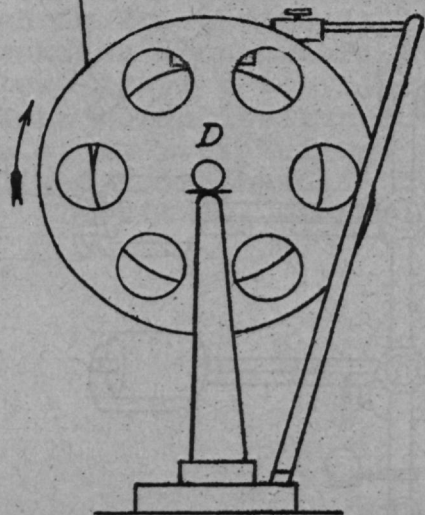


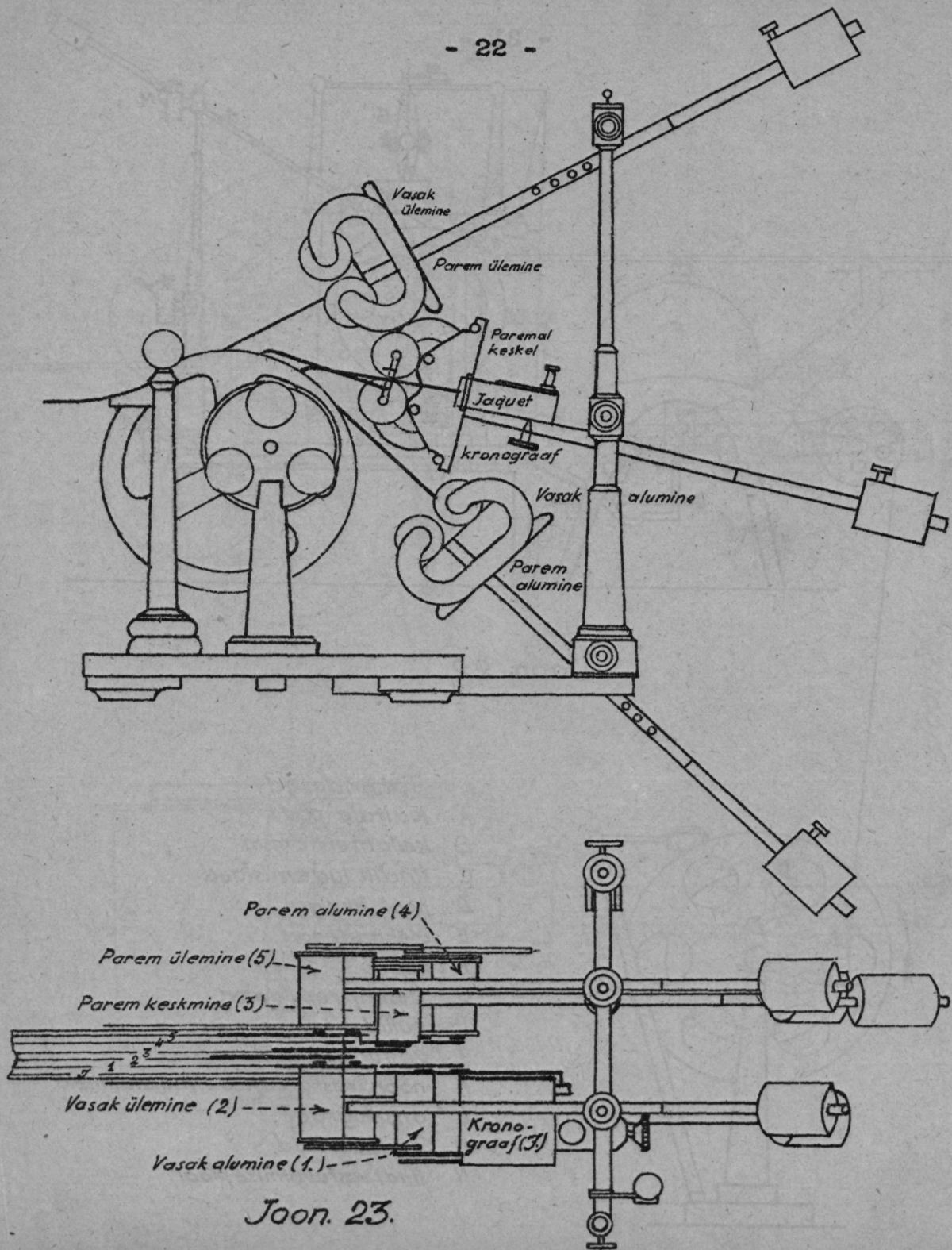


Joon. 22.

Tähendused:

- A käitaja pool.
- B kellamehhanism
- C lindilt lugemislau
- D pool lindiga
- E ülekandepool
- F nõu
- G tsentrif. repulaator
- H rullid
- J vasturaskus
- K nõõr vasturaskuse mõjutamiseks
- L ostsillograaf
- M ekstsentrivid
- N lindi vastuvõtmise plaat.





Joon. 23.

Registreeriija. Joon.nr.22 näitab paberilindi käiku. Alul on lint mähitud poolile D, sealt ta rullub noole suunas üle tahmamiseseadeldise, üle ühtlase kiirusega keerleva pooli A lauale C. Edasilükumine saavutatakse hõõrumisega rullipaari H juures, kus rõhumine on reguleeritud vasturaskusega J. Pooli A keerlemine sünnib tsentrifugaalregulaatoriga varustatud kellamehhanismi mõjul (karbis B).

Iga üksik ostsillograaf on monteeritud varre otsa ja viimane omakord vastava hoideadeldise külge (joon. nr.23).

Ühel lindil võib panna kirjutama korruga 8 ostsillograafi.

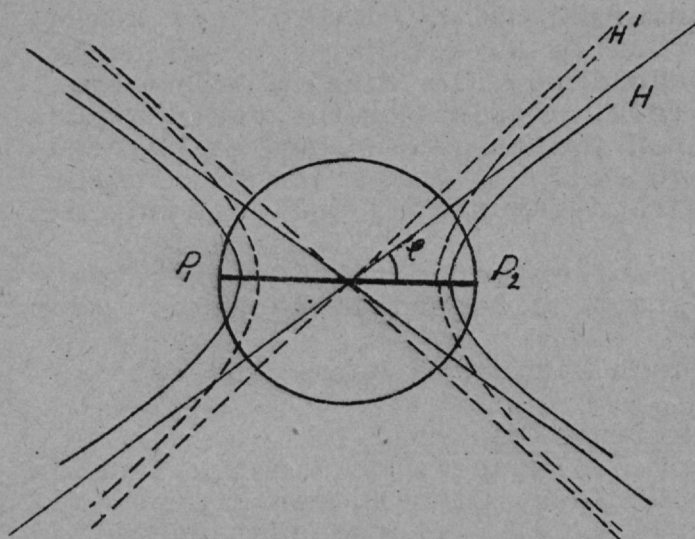
#### Lindi kiiruse kontroll.

Mõõtmised toimetatakse oletusel, et lindi kiirus on konstantne, näiteks 50 mm/sek. Olgu  $V_0$  see kiirus. Kui lint liigub kiirusega  $V = V_0 + \Delta V$ , teeme süstemaatilise vea. Kõik loetud akustilised koordinaadid on tegelikuga vahekorras  $V_0/V$ .

Asetada akustilise koordinaadi  $\bar{t}$  asemele suurus  $\bar{t} \frac{V_0}{V}$  tähendab asendada hüperbool H hüperbooliga H', kusjuures H' reaaltelg on vähem kui H-il, kui  $V_0 < V$  (lint liigub kiiremini), ja suurem kui H-il, kui  $V_0 > V$  (lint liigub aeglasemalt). (Joon.nr.24). Küllalt kaugel algpunktist nende kahe hüperbooli lahkumine üksteisest on niisama suur kui nende asümptootidel, olles tunduvalt proportsionaalne suurusega  $(V_0 - V)$ . Nagu näha, on tarvis kontrollida lindi kiirust ja juhul, kui V ei võrdu  $V_0$ , parandada mõõtmisandmed. Kontrolli teostamiseks on kronograafi külge kinnitatud varras, mis näiteks iga 1/5 sek. järele joonistab lindile murdjoone. Kahe kõrvutiseisva murdjoone vahe peaks võrduma 10 mm, s.o.  $\Delta = \Delta_0$ . Kui aga  $\Delta \neq \Delta_0$ , siis kõik loetud akustilised koordinaadid tuleb korrutada suhtega  $\frac{\Delta_0}{\Delta}$ .

Tarvitusel on kas Jaquet'i või Joly kronograaf.





Joon. 24.

### Dekaleerimine.

Kui kasutada 8 või isegi ainult 5 ostsillograafi, ei ole võimalik neid asetada nõnda, et varraste otsad asuksid linti edasinihutava värtna ühisel moodustajal. Kui vardad  $P_1$  ja  $P_2$  vastavad mõõdupunktidele  $P_1$  ja  $P_2$ , kusjuures üks asub ühel ja teine teisel värtna moodustajal, siis akustiline koordinaat ei võrdu enam murdjoon-

te vahega, vaid läheb lahku pikkuse võrra, mis lahutab mõlemaid moodustajaid, mõõtes värtna pinda mõõda. Seda pikkust saab mõõta, pannes käsitsi kõik vardad tööle, kusjuures värten seisab paigal. Otstarbekohasem on aga teha seda käigu peal üheaegse elektrivoolu sisselaskmisega kõikidesse ostsillograafidesse. Selleks tarvitatakse lisabinõu nimetatakse dekalograafiks.

### §4. Anemomeetrilised mõõtmised.

Ühisel lindil registreeriv anemomeeter annab murdjooned, mis korruga määravad ära nii tuule kiiruse kui ka suuna.

#### Kiiruse märkimine.

Richardi anemomeeter varustatult tuulelipuga orienteerub automaatselt tuule suunda. Tema veski käsutab nn. kiiruse ratast, milline sünnitab elektrivoolu kontakti, kui iga 10 m tuult on anemomeetrist läbi läinud. See kontakt annab lindil murdjoone. On tarvis ainult võrrelda nende murdjoonte vahesid kronograafi omadega, et teada, kui pika aja jooksul läks läbi 10 m tuult. Seega on leitud tuule kiirus.

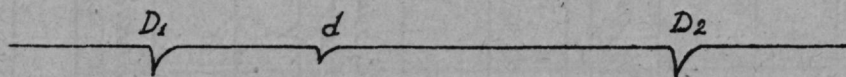


### Suuna märkimine.

Kiiruse hammasratta kõrval keerleb teine samasugune (niisama palju hambaid) hammasratas. Oletame, et viimane - nn. suunaratas - pöörleb sama kiirusega kui kiiruse ratas, kuid on sellest jõudnud ette või jäänud maha nurga  $\alpha$  võrra. Kahe kiiruse murdjoone  $D_1$  ja  $D_2$  vahele joonistab suunaratas oma murdjoone (äratundmiseks - vähem) sääraselt, et

$$d \frac{d D_1}{D_1 D_2} = \frac{\alpha}{\omega} \quad \text{kus } \omega \text{ on nurk ratta}$$

kahe üksteisele järgneva hamba vahel.  $\alpha$  ei ole kindel suurus. Teda mõjutab tuulelipu keerlemine sääraselt, et kui tuulelipp teeb terve ringi, siis  $\alpha = \omega$ . Aparaadis on see lahendatud differententsiaal hammasrataste pöhimõttel.



### Joon. 25.

Aparaat reguleeritakse nii, et  $d$  ühtub  $D_1$ -ga, kui tuul puhub põhjast. Mõõtes ära  $d$   $D_1$  leiame nurga, mis

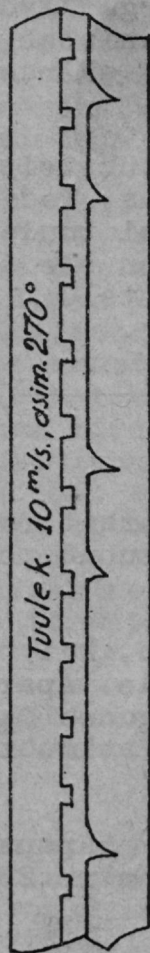
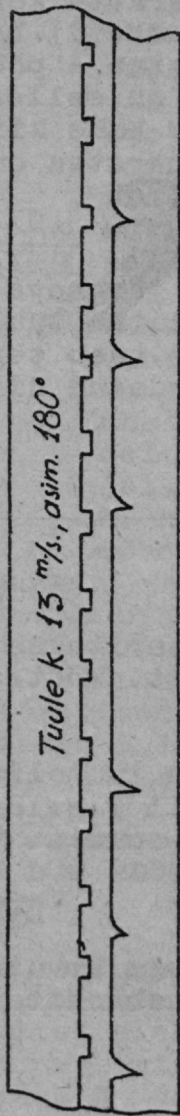
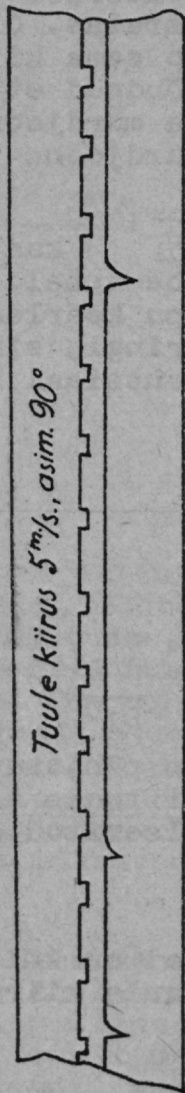
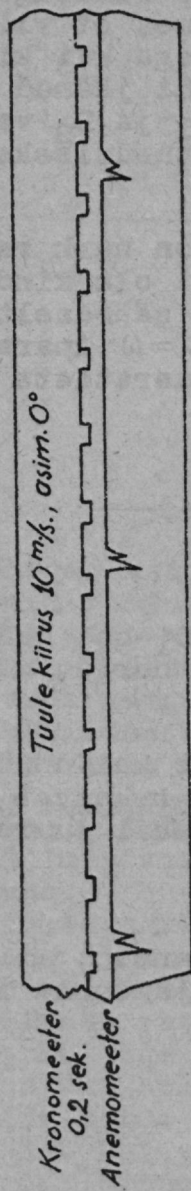
$$\frac{d}{D_1 D_2}$$

näitab, kui palju tuulelipp on põhjasuunast kaldunud kõrvale. Aparaadil T.M.18, kui tuule asimuut kasvab,  $d$  paiguneb  $D_1$   $D_2$  suunas. Reguleeritud aparadi juures tuule asimuut =  $360^\circ \times \frac{d}{D_1}$ .

$$\frac{d}{D_1 D_2}$$

$10^\circ$  täpsus tuule arvutamisel on küllaldane.

Joon.nr.26 annab näiteid tuule kiiruse ja suuna leidmisest.



Joon. 26.

### §5. Abiorgaanid.

Abiorgaanidest tähtsamaid on stopeerimisaparaat - aparaat, mille abil on võimalik kontakti peale vajutamisega sünnitada elektrivoolu. Kõik mõõdupunktid on varustatud stopeerimisaparaadiga. Tema abil märgitakse vastava mõõdupunkti ostsillograafi kaudu lindile murdjoon sel momendil, kui on kuulda soovitava allika kõlalaine mõõdumine.

Joon.nr.17 on näha stopeerimise murdjooni. Seal on nad ballistilise ja mürsu lõhkemislaine järel. Stopeerija on hilineanud esimese juures 12/50 ja teise juures 14/50 sek. võrra, kuna suudmelaine mõõdumist ta ei ole saanud märkida.

## III O S A.

### KÕLAALLIKA ASUKOHA LEIDMINE. KÕLAMÕÕDUKOMANDOD.

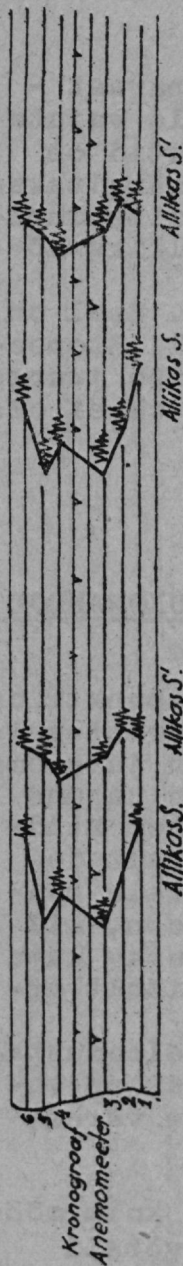
#### §1. Mitme baasi vajalikkus.

Kui vaadelda linti, mil näiteks kolm mõõdupunkti on registreerinud kolm lainet, ollakse alul desorinteeritud joonte rohkuse tõttu. Kui mõni komando on juba oma sektoris mõned patareid kindlaks teinud, siis ta uue lindi vaatlemisel võib otsekohe tunda ära varem kindlakstehtud allikad. Selleks ta kasutab n.n. paukude pilti. See seisab selles, et ühendades teatavale paugule vastavad murdjoonekesed, saadakse murdjoon, mil on teatava kõlaallika asukoha jaoks iseloomustav kuju. See kuju võib veidi muutuda, peaasjalikult ainult atmosfääriliste tingimuste muutuse tõttu.

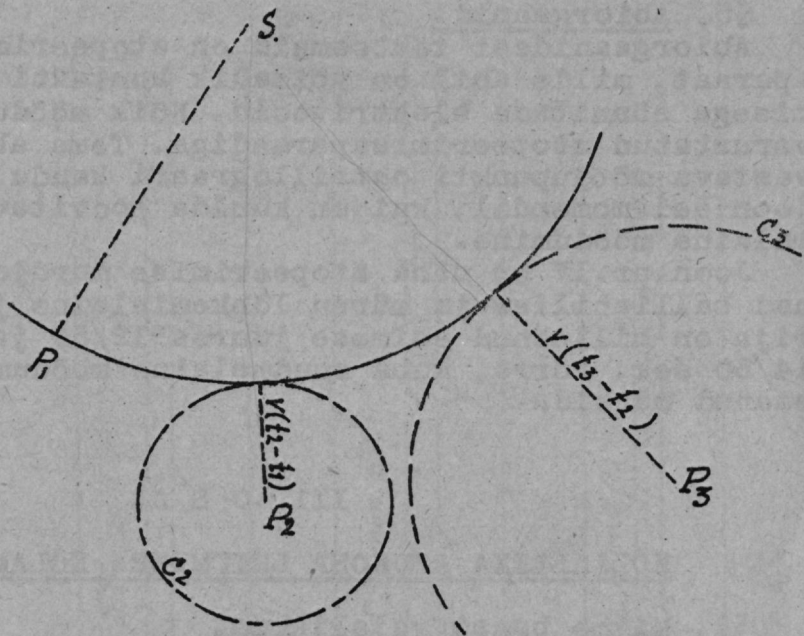
Mida suurem on mõõdupunktide arv, seda iseloomustavamad on paukude pildid. Järelikult mitu baasi on vajalised mitte ainult kontrolliks, nagu nägime varem, vaid ka töötamise hõlbustamiseks.

#### §2. Kõtsentriliste ringide graafikud.

Olgu S kindlakstehtav allikas,  $P_1 P_2 P_3$  - kolm mõõdupunkti,  $t_1 t_2 t_3$  - momendid, mil  $P_1 P_2 P_3$  võtsid



Joon. 27.



Joon. 28.

vastu S-ist momendil to väljunud laine. (joon.nr.28).

Laine, mis läbib  $P_1$  ajal  $t_1$ , peab veel jooksma läbi tee  $V/t_2 - t_1$ , et jõuda punkti  $P_2$ . Ring keskpunktiga S ja kiirega  $SP_1$  on riivajaks kahele teisele ringile:  $C_2$  keskpunktiga  $P_2$ , raadiusega  $V/t_2 - t_1$  ja  $C_3$  keskpunktiga  $P_3$ , raadiusega  $V/t_3 - t_1$ . Allikas S asub ringe  $C_2$  ja  $C_3$  riivava ja punkti  $P_1$  läbibtava ringi keskpunktis.

Kui ehitada 1:20000 mõõtkavaga ruudustikule punkt  $P_1$  ja ringid  $C_2$  ja  $C_3$ , siis vahapaberile joonistatud kontsentriiliste ringide graafika abil võib kat-



sumise teel leida ringjoone, mis riivab ringe  $C_2$  ja  $C_3$  ja läbib punkti  $P_1$ . Kontsentriliste ringide ühine keskpunkt on kõlaallika asukoht. See meetod ei ole küllalt täpne. Ta võib anda ainult allika asukoha ligikaudse väärtuse.

§3. Meetod hüperboolide abil.

Vaatame praktilist meetodi hüperboolide abil ja uurime, mispärast käsitatavad ligikaudsed viisid annavad paremaid resultate, kui lõplikud geomeetrised lahendused.

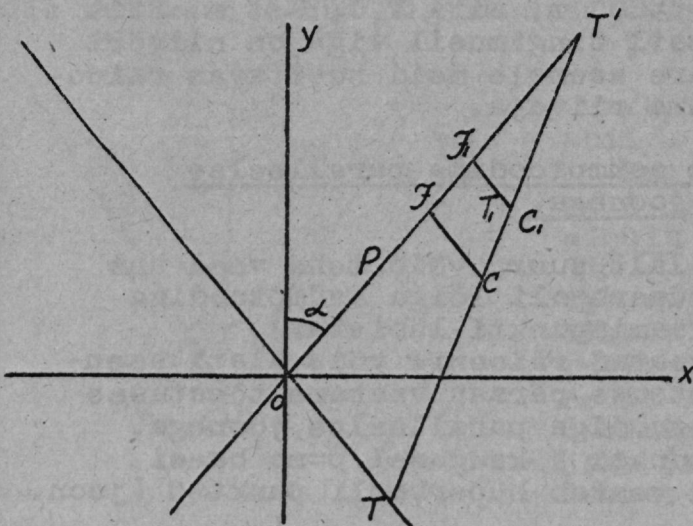
Asümptootide veanäitaja kolmnurk või kontsentr. ringide graafik näitavad, et kõlaallikas asub teatavas raioonis  $R$ , planšetil. Seega on küllalt, kui konstrueerime ainult hüperboolide lõigud selles raioonis. Olgu  $AB$  mingi baas,  $OY$  normaal selle keskpunktist, kasutav asümptoot  $OT'$ . Asümptoot on määratud velemiga:  $\sin \alpha =$

$= \frac{V \cdot \overline{OAB}}{2c}$ , kus  $\overline{OAB}$  on  $S$ -i normaalne akustiline koordinaat  $AB$  suhtes,  $V$  on kõla normaalkiirus ja  $2c$  on baasi pikkus. Võib arvutada asümptoodi ühe punkti  $I$  koordinaadid kaugusel  $p$  baasi keskpunktist.  $p$  võetakse nii,

et  $I$  asuks raioonis  $R$ . Punkt  $I$  konstrueeritakse nagu geodeesiline punkt. Asümptoot on teada täpsusega, mida lubab  $AB$  täpsus. Edasi tuleb ehitada hüperbooli lõik  $I$  läheduses.

Hüperbooli võrrand, võttes asümptoodid uueks teljestikuks, on  $r_{pk} = \frac{c^2}{4}$  kust

$$K = \frac{c^2}{4p}$$



Joon. 29.

Rööpjoon IC teise asümptoodiga lõikub hüperbooliga punktis C, kusjuures  $IC=k$  (joon.nr.29).

Seega on kerge leida punkt C. Hüperbooli riivaja punktis C saame kandes planšetile  $OT=2IC$  ja ühendades sirgega  $T_1C$ . Kui sümmeetriline punkt T ei ole välispool planšetti, siis on lihtsam ja täpsam ühendada  $T', C$ .

### Hüperbooli kaare asendamine riivajaga.

Millise vea teeme asendades hüperbooli kaare tema riivajaga?

Olgu  $I_1$  punkt, mis asub algpunktist kaugusel  $/p+\Delta p/$ . Sellele vastab hüperbooli punkt  $C_1$ .

$$J_1 C_1 = \frac{c^2}{4(p+\Delta p)}$$

Joon  $J_1 C_1$  lõikub riivajaga  $TT'$  punktis  $T'$ . Sarnasest kolmnurkadest  $TIC$  ja  $T'I_1T_1$  leiame:

$$J_1 T_1 = J_1 C_1 \frac{T'I_1}{T_1I_1} = \frac{c^2}{4p} \cdot \frac{p-\Delta p}{p}$$

kust

$$T_1 C_1 = J_1 C_1 - J_1 T_1 = \frac{c^2}{4(p+\Delta p)} - \frac{c^2(p-\Delta p)}{4p^2}, \text{ s.o. } T_1 C_1 = \frac{c^2 \Delta p^2}{4p^2(p+\Delta p)}$$

Kui  $c=1500$  m,  $p=3000$  m,  $\Delta p=200$  m, siis  $T_1 C_1 < 1$  m. Siit näeme, et isegi ebasoodsail tingimustel vigade on niivõrd väike, et hüperbooli kaare asemele meid huvitavas raioonis võime alati võtta tema riivaja.

### Riivaja asendamine asümptoodiga paralleelse joonega.

Kui  $p$  on  $c$  suhtes küllalt suur, võib teha veel ühe lihtaustuse - asendada hüperbooli lõigu asümptoodiga paralleelse joonega (riivamispunkti läbistav).

Et hüperbooli kaart teatud raioonis võis alati asendada riivajaga, siis lihtsuse pärast vaatame tõestuses riivaja asendamist asümptoodiga paralleelse joonega.

Vaatame asümptoodil punkti I kaugusel  $p=nc$  baasi keskpunktist. Punktile I vastab hüperboolil punkt C (joon.

nr.30):  $J_1 C = \frac{c^2}{4nc}$

Punktist I', mille kaugus M-ist võrdub  $/p + \Delta p/$ , tõmbame IC-ga paralleelse joone. Riivajaga lõikub see joon punktis L ja asümptoodiga paralleelse joonega - punktis A. Kaugus L-ist sirgeni CA on  $d = LA \sin 2\alpha$ .

$$3, A = 3C \quad LA = 3, A - 3, L = \frac{c^2}{4nc} - \frac{c^2(nc - \Delta p)}{4n^2c^2} = \frac{\Delta p}{4n^2}$$

Kui võtta  $\Delta p = 100$  m, siis  $LA = 25/n^2$

$n=2$  jooks  $LA = 6,25$  m

$n=3$  " = 3 m

$n=4$  " = 1,6 m.

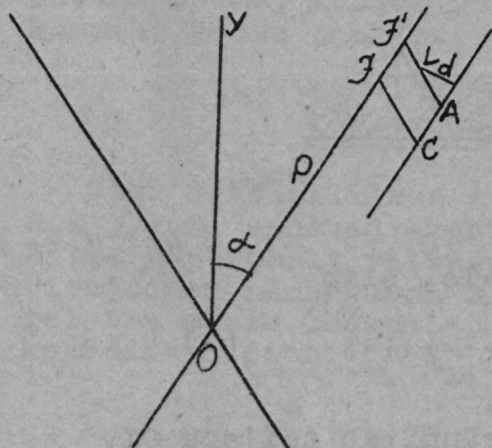
$d = LA \sin 2\alpha$  on alati vähem kui need suurused, mil-listeni ta küünib ainult püsthüperbooli juures, s.o. kui  $2\alpha = \pi/2$ . Praktikas võib asendada hüperbooli asümptoodiga paralleelse joonega, kui  $p = 100$  m juures  $d < 2$  m.

Näeme, et hüperbooli kaared võib asendada asümptootidega paralleelsete joontega või halvemal juhul riivajatega. Konstruksioonid on kergesti teostatavad planšetil 1:20000. Kui akustiliste mõõtmiste täpsus nõuab, võib punktid I ja C kanda planšetile arvutamise teel leitud koordinaatide põhjal. Geomeetrilised viisid (ringid, tervete hüperb.joonistamine), mis on täpsad teoreetiliselt, ei luba saavutada seesugust täpsust resultaatid kui käsitletud ligikaudsed viisid.

#### §4. Lähedase punkti viisi põhimõte.

/Eellaskmiseks kõlamõõdu abil/.

Kui allikas S' asub allika S lähedal, siis, mitte ainult, akustilised koordinaadid  $\bar{t}$  ja  $\bar{t}$  baasi  $A_1A_2$  suhtes on lähedased, vaid ka S' lähedal S'-est läbimineva hüperbooli kaare (tulipunktid  $A_1$  ja  $A_2$ ) võib asendada S-ist läbimineva hüperbooli riivajaga (riivamispunkt S) paralleelse joonega.



Joon. 30.

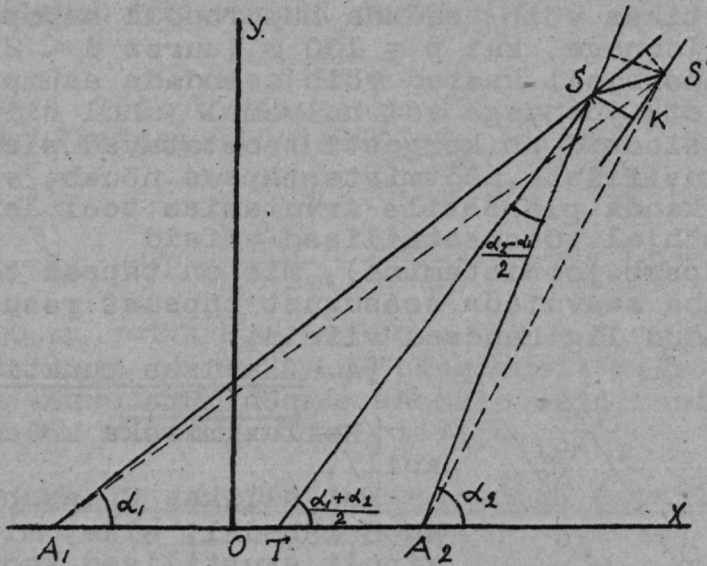
Olgu  $S$  allikas,  $A_1A_2$  baas (joon.31)  $A_1S=r_1$   $A_2S=r_2$

ja normaalne akustiline koordinaat  $\bar{t} = \frac{r_1 - r_2}{v}$   
 Olgu  $S'$  lähedane allikas.

$$A_1S' = \Delta r_1 + r_1 ; A_2S' = \Delta r_2 + r_2 \text{ ja } \bar{t}' = \frac{r_1 + \Delta r_1 - r_2 - \Delta r_2}{v} = \bar{t} + \frac{\Delta r_1 - \Delta r_2}{v}$$

$$\bar{t}' - \bar{t} = \Delta \bar{t} = \frac{\Delta r_1 - \Delta r_2}{v}$$

Võtame koordinaadistiku telgedeks hüperbooli  $H$  teljed, Olgu  $x$  ja  $y$   $S$ -i koordinaadid ja  $x + \Delta x$  ning  $y + \Delta y$  -  $S'$ -se koordinaadid.



Joon. 31.

Kui  $S'$  on küllalt lähedane  $S$ -ile, siis

$$\begin{aligned} \Delta r_1 &= SS' \text{ projektsioon } A_1S \\ \Delta r_2 &= SS' \text{ projektsioon } A_2S \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ja nimetades  $\alpha_1$  nurka, mille  $A_1S$  sünnitab teljega  $OX$ , ja  $-\alpha_2$  -  $A_2S$  teljega  $OX$ ,  $\Delta r_1 = \Delta x \cos \alpha_1 + \Delta y \sin \alpha_1$  ;

$$\Delta r_2 = \Delta x \cos \alpha_2 + \Delta y \sin \alpha_2, \text{ kust}$$

$$\Delta \bar{t} = \bar{t}' - \bar{t} = \frac{\Delta x (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) + \Delta y (\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2)}{v}$$



$$\text{või } \Delta \bar{b} = \frac{2 \sin \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}}{v} \left( \Delta x \sin \frac{\alpha_2 + \alpha_1}{2} - \Delta y \cos \frac{\alpha_2 + \alpha_1}{2} \right)$$

$$\text{või } \Delta x \sin \frac{\alpha_2 + \alpha_1}{2} - \Delta y \cos \frac{\alpha_2 + \alpha_1}{2} - \frac{v \cdot \Delta \bar{b}}{2 \sin \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}} = 0$$

x ja y asemele paneme X ja Y, s.o. S koordinaadid telgedes SXY suhtes, missugused teljed olgu paralleelsed OX ja OY.

Näeme, et kui S' on küllalt lähedane S-ile, mistõttu hüpoteesid (1) on vastuvõetavad, saame võrrandi:

$$X \sin \frac{\alpha_2 + \alpha_1}{2} - Y \cos \frac{\alpha_2 + \alpha_1}{2} = \frac{v}{2 \sin \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}} \cdot \Delta \bar{b} \dots \dots \dots (2)$$

Kui  $\Delta \bar{b}$  on konstantne, siis see võrrand kujutab enesest sirge, mis on paralleelne hüperbooli H riivajaga (riivamispunkt S) ja asub sellest kaugusel:

$$\frac{v \cdot \Delta \bar{b}}{2 \sin \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}}$$

Hüperbooli H (haru, mil asub S) jagab välja kahte alasse. Üks neist sisaldab tulipunkti  $A_1$ , see on see, kus  $\Delta \bar{b} > 0$ . Teine sisaldab punkti O, see on, kus  $\Delta \bar{b} < 0$ . Alamal näeme, kuidas on kõige praktilisem otsustada, kummale poole punktist S tuleb kanda suurus:

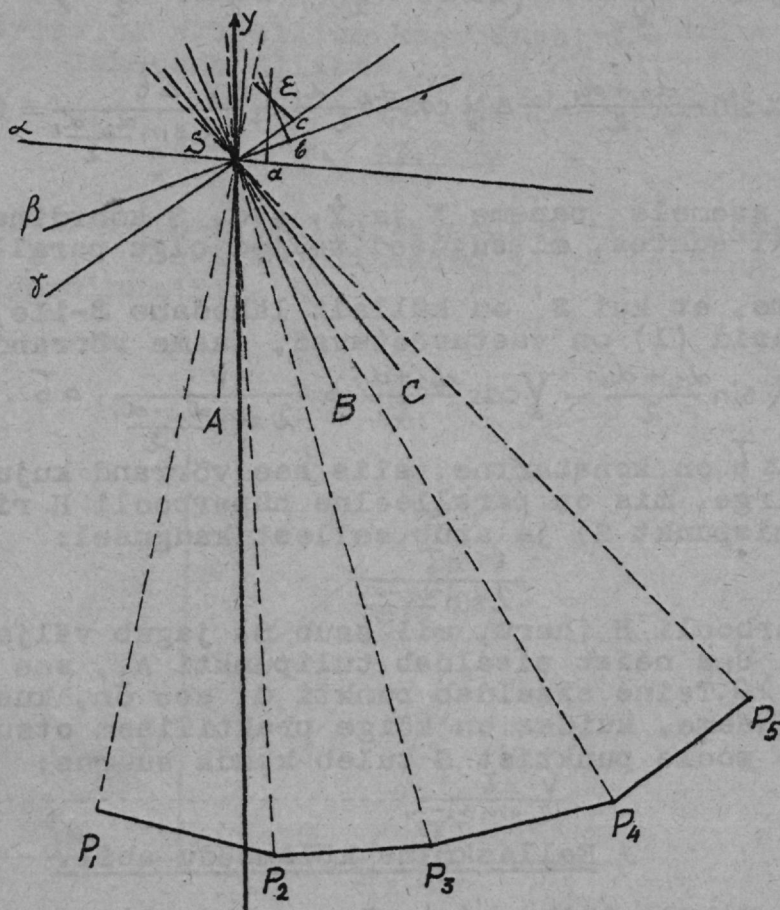
$$\frac{v \cdot \Delta \bar{b}}{2 \sin \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}} \dots \dots \dots (3)$$

Eellaskmine kõlamõõdu abil.

Olgu S kõlaallikas (vaenlase patarei). Baasid  $P_1 P_2, P_3 P_4, P_4 P_5$  annavad akust.koordinaadid  $\bar{b}_{12}, \bar{b}_{34}, \bar{b}_{45}$ . Kolme hüperbooli riivajad punktis S on SA, SB, SC ja ristjooned nendega on  $S_\alpha, S_\beta, S_\gamma$ . Olgu E meie patarei ühe mürsu lõhkemispunkt. Lõhkemislaine akustilised koordinaadid on  $\bar{b}'_{12}, \bar{b}'_{34}, \bar{b}'_{45}$ .

$$\Delta \bar{b}_{12} = \bar{b}'_{12} - \bar{b}_{12} \quad \Delta \bar{b}_{34} = \bar{b}'_{34} - \bar{b}_{34} \quad \Delta \bar{b}_{45} = \bar{b}'_{45} - \bar{b}_{45}$$

Iga baasi kohta võib arvutada suurused (3) ja saame



Joon. 32.

pikkused:  $\int_{\alpha} = \frac{v \cdot \Delta \bar{t}_{12}}{2 \sin \frac{ASR}{2}}$  jne. Rööpjooned aE — SA-ga,

bE — SB-ga cE — SC-ga annavad lõikudes punktis E lõhkemispunkti asukoha. Võime määrata kindlaks selle punkti koordinaadid telgede  $S_x$  ja  $S_y$  suhtes, kusjuures  $S_y$  läheb läbi patareist, mille mürsk andis lõhkemise E.



on 3000 m, siis  $\frac{d_2 - d_1}{2}$  on vähem kui  $20^\circ$ ,  $\sin \frac{d_2 - d_1}{2}$  on vähem kui 0,342. 20-meetrilise vea kohta S-i koordinaatides eksime  $\frac{d_2 - d_1}{2}$  juures vähem kui 0,005 radiaani ja seega ei tee  $\sin \frac{d_2 - d_1}{2}$  juures suuremat viga kui 0,005-see on umbes 1/70 ta suurusest. Järelikult E asukohta S-i suhtes ei rikota kuigi tunduvalt, kui S-i koordinaadid on teada võrdlemisi väikese täpsusega.

Väljenduses (3) V on teada (337 m/sek),  $\Delta \bar{b}$  saadakse täie täpsusega lindilt.

#### §5. Mõõtmise vea mõju.

Olgu S kõlaallikas, mille akust.koordinaat  $\bar{b}_{A, B, \bar{b}}$  on teada absoluutse veaga, missugune on vähem kui  $\Delta \bar{b}$ . Valem (2) eelmisest paragrahvist näitab, et kõlaallika asukoht on määramata ribas, mille keskpäigast jookseb läbi hüperbooli H kaar. Selle riba pool laiust K punkti S juures on antud avaldusega:

$$K = \frac{v \cdot \Delta \bar{b}}{2 \sin \beta/2}$$

s.o. riba laius kasvab vastuproportsionaalselt hüperbooli H jooksva punkti poolparallaksi sinusega baasi suhtes.

Riba laius on ühesugune kõikidele punktidele ringjoonel  $A_1 SA_2$ . Punktidel, nagu seda on  $S_1, S, S_2$ , missugused asuvad võrdsetel kaugustel baasi keskpunktist, riba laieneb  $\beta$  vähenemisega, s.o. punkti S lähenemisega teljele OX.

#### Meetodi tundelikkus mitmesugustes alades.

Aparaadid, mis võimaldavad mõõta akustil.koordinaate veaga, mis on vähem kui  $\Delta \bar{b}$ , lubavad eraldada üksteisest kaht kõlaallikat (asukohad ühisel ringil keskpunktiga o) siis, kui nende vahemaa on suurem kui  $2K$ .

$2K$  on vastuproportsionaalne  $\sin \beta/2$ . Järelikult eraldamisvõimsus ühesuguste kauguste jaoks arvates baasi keskpunktist on kõige suurem telje OY lähedal.

Telje OX lähedal K ei ole eelmist laadi, mistõttu valem  $2k = \frac{v \cdot \Delta \bar{b}}{\sin \beta/2}$  ei ole säärasel juhul enam maksev.



Muuseas kunagi ei kasutata baasi selle pikendusel asuvate allikate kindlakstegemiseks.

#### §6. Aeroloogiliste paranduste väärtus.

Temperatuuri ja niiskuse paranduse valemid põhjendavad gaaside füüsiliste omaduste uurimisel. Need valemid annavad ainult siis häid resultaate, kui keskkond on homogeenne ja ta seisukord hästi teada. Kui see keskkond on atmosfäär, siis lainete teel tuleb ette alasid, kus temperatuur ja hügromeetriline seisukord alluvad tundmatuile, kohalikele mõjudele, näiteks juhul, kui allikat ja mõõdupunkte lahutaval maaalal tuleb ette päikesepaistel kiirgavaid alasid, nagu liiv, paekivi jne. Ei mõjutata mitte ainult kõla kiirust, vaid refraktsiooni tõttu võivad tekkida isegi akustilised miraažid. Soode ja laiade veealade kohal päikesepaistelistel ilmadega hügromeetriline seisukord ja temperatuur on väga ühtlased uduse ilmaga: soojuse kiirgamine puudub, hügrom.seisukord on maksimumil, pealegi udu tuleb ette ainult vaikse ilmaga. Need põhjused teevad uduse ilma iseäranis soodsaks kõlamõõdule. Soodus on ka õine aeg. Märgime veel kord, et tuule parandus ei ole küllalt kindel. Ta baseerub hüpoteesidel, mis ei ole alati tegelikkusega kooskõlas. Hüpoteesidele põhjenemine ei ole kuigi segav tuule juures alla 6 m/sek. Täpsad arvutused, mis aga põhjendavad kahtlasil andmeil, võivad tekitada jämedaid vigu - seda tuleb alati pidada silmas.

Maapinna kaju reflektiooni, dispersiooni ja diffraktsiooni tõttu võib mõjuda segavalt kõla vastuvõtusele. Maapinna ebasoodsa kaju tõttu terved maaalad võivad asutada kõlbmatuks kõlamõõdupunktide valikuks. Iseäranis halvad on kaljused alad. Metsad mõjuvad samuti ebasoodustavalt.

#### Kõlamõõdukomandod.

##### §1. Komando koosseis ja paigutus.

Kõlamõõdu aparate käsitavad kõlamõõdu komandod. Te-

gutsemisel komando seisab koos:

1) Andmete kogumise orgaanidest - teatud arv mõõdupunkte mikrofoonidega, keskjaam registreerimisaparatuuriga ja rida vaatluspunkte, kes alarmeerivad keskjaama vaenlase tegevuse alustamisel.

2) Orgaanist, mis kasutab saadud andmeid - tehniline büroo.

Murtud joon, mille moodustavad üksikud baasid, nimetatakse komando baasiks. Mõõdupunkte on ühes komandos 6 või 8. Baasi pikkus 10 kuni 15 km. Komando, kes niimoodi on paigutatud, võib valvata veidi laiemat maaala kui baasi pikkus ja millise maaala sügavus on võrdne baasi pikkusega.

Kui komandol on valvata ainult ühe vaenlase rühmituse piirkond, siis on kasulik anda baasile kaare kuju, mille keskpunktiks oleks vaenlase rühmituse keskpunkt. Harilikult aga on suurtükivägi jaotatud ära tervel rindel, mistõttu antakse baasile ainult veidi õõnes kuju, õõnsusega vaenlase poole.

Aktiivseis sektoreis komandode arvu suurendatakse. Seal pannakse iga komando poolt välja ainult 6 mõõdupunkti, kusjuures kahe naaberkomando baasi otsad läikuvad üksteisega. Vaiksemas sektoreis paneb komando välja 8 mõõdupunkti, kusjuures härmised mõõdupunktide asukohad on naaber komandodel ühised.

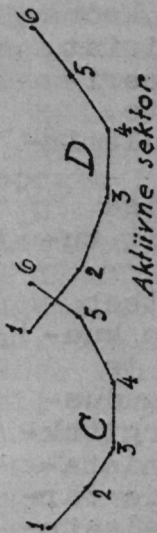
Muidugi mõista võib ka maastik avaldada mõju komando paigutusele (joon.nr.34).

Uuemal ajal peetakse soovitavaks moodustada kõlan. komandod kahest poolkomandost, kusjuures kumbki poolkomando seisaks koos ühest keskjaama jaost ja kolmest või neljast mõõdupunkti jaost. See on tarviline selleks, et liikumissõjas oleks ülesseadmise kiirem. liikumissõjas töötaks kumbki poolkomando omaette, kuna stabiliseerumise olukorras poolkomandod ühineksid suurema tegevusvälja saavutamiseks. On seatud üles hõudmine, et liikumissõjas poolkomando seaks end tegevusvalmis kuue tunni jooksul, kuna terve komando ülesseadmise oleks võtnud mitu ja mitu korda rohkem aega, missugune asjaolu oleks teinud komando kasuta-

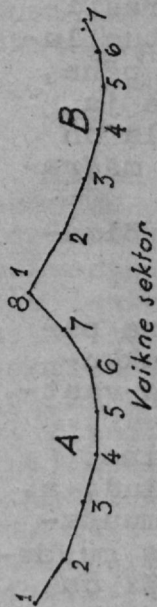
mise mittevõimalikuks, nagu see ilmnes Maa-  
ilmasõja liikumisperioodidel.

Niipea kui saadakse käsk ülesseadmiseks, komandöülem (poolkomandöülem) määrab kaardi järgi keskjaama ja mõõdupunktide asetuse. Iga jaotülem viib otsekohe oma jaos määratud kohale, seab üles kaabelühendused ja määrab nii täpsalt kui see tal võimalik kindlaks oma mõõdupunkti asukoha. See läheb korda, kui mõõdupunktide jaotülemad on saanud varemalt küllalt rahuldava ettevalmistuse topograafias. Kahtlemata mõõdupunktide jagude ülemad, mitte omades abinõusid täpsate topograafiliste tööde jaoks, võivad anda viigaseid andmeid oma asukohtade kohta, mistõttu vaenlase patareisid saab kindlaks teha võib-olla umbes 200 m täpsusega; kuid tuleb märkida, et manööversõjas vaenlase patareid, millede suurtükid ei ole sissekaevatud, telefonistid askeldavad tulepositsiooni läheduses, eelikute positsioon peaaegu sealsamas, moodustavad palju suurema ja tabatavama märgi kui nad seda on positsioonisõjas. Kui jäädakse kauemaks neisse mõõdupunktide asukohtadesse, komandöülem määrab täpsamalt kindlaks mõõdupunktide asukohad. Ja sel ajal, kui vaenlase patareid on juba maasse kaevunud ja on kasutanud ära kõik posits.sõja hüved, omab komandöülem kõik abinõud nende kindlakstegemiseks maksimaalse täpsusega.

Mõõdupunktide asukohtade valikul tuleb hoiduda orgudest, suurtest metsadest, kohadest, kus tuul alati vali. Laiad veealad ja sood soojadel suveilmadel tekitavad ekraane, mis segavad kõlalainete liikumist. Tuleb hoiduda ka mürrarikastest aladest, nagu oma patareid, maanteed jne. Mõõdupunkte ei või asetada lähemale kui üks km, arvates meie eesjoontest, vastasel korral ei oleks



Joon. 34.





elektrilised ühendused küllalt kindlad. Väga kaugele aga ei ole ka soovitatav neid asetada, sest siis kannataks täpsus. Tuleb pidada kinni 1 kuni 4 km piirist.

Vaatluspunktid häirivad keskjaama, signaliseerivad temale paukudest ja vaatlevad kukkumispunkte. Neil peavad olema esimeses järjekorras head kuulamisvõimalused ja siis alles vaatlemisvõimalused.

Keskjaam tuleb paigutada ühenduste lühendamise mõttes komando baasi keskpaiga lähedale. Kaablit tuleb vedada maha tihti üle 60 km.

Tehniline büroo toimetab lintide lugemist, teeb igasugu konstruktsioone ja arvutusi. Tema juure kuuluvad meteorol.vaatlused, tabelite, graafikute ja plaanšettide valmistamine. Valmistatakse suur ruudustikuga plaanšett, mõõtkavas 1:20000. Sellele märgitakse mõõdupunktide asukohad. Iga baasi jaoks joonistatakse plaanšeti servale hüperboolide asümptootide tarvis jaotised üle 0,01 sek., mis vastavad normaalsetele akustilistele koordinaatidele. Jaotised üle 0,05 arvutatakse, kuna vahepealsed kantakse peale graafilise interpoleerimise teel. Säärane ettevalmistus lubab kohe, kui lint on loetud ja korrigeeritud, näha, kas kõikide mõõdupunktide andmed vastavad ühele ja samale kõlaallikale. Asümptootide ristlemise ala on küllaldane kõlaallika esialgse asukoha raiooni määramiseks.

Tehniline büroo asub keskjaama juures, kui võimalik, eraldi ruumis.

## §2. Kõlamõõdukomandode ülesanne.

Kõlam.kom. ülesanne on teha kindlaks vaenlase patareide asukohad ja oma patareide granaatide kukkumispunktid. Viimane toiming on tõeline laskmise vaatlemine - seega võimaldab eellaskmist.

Vaenlase patareide asukohtade kindlakstegemine.

Seda tehakse alati, kui lubavad ilmastiku olud, s. o. kui aeroloogilised tingimused on aeglaselt muutuvad, tuul on nõrk ja korrapärane, nähtused, mis muudavad õhu hügromeetrilist seisukorda, puuduvad või on nõrgad.



Kõlamõõduga saadud andmed lähevad täienduseks helk-mõõdukomandode, õhupallide, lennukite ja muude luure-organide andmele. Kõik need andmed niütelda täiendavad ja kontrollivad üksteist.

Kõlamõõdu omadused on kokkuvõttes järgmised:

a) Aegaviitev ülesseadmine - palju kaablit, täpsad topograafilised toimingud.

b) Pimedus, udu ja muud sarnased nähtused, mis takistavad vaatlust, ei sega kõlamõõdu tegevust.

d) Lõpuks kõige iseloomustavam on see, et kõlamõõduga saab patareisid teha kindlaks siis, kui nad lasevad. Keskmise aktiivsusega sektoris ükski patareid ei pääse kõlamõõdust, isegi vaenlase katsed moondata kõla abil aetakse nurja. Ka väga aktiivses sektoris saab edukalt töötada. Esimese pilguga näib, et lint on lugematu, kuid on kerge tunda ära kõige suurema võimsusega suurtükkidele vastavaid kirjutisi nende suure amplituudi tõttu (neid on pealegi vähe). Teiste kirjutistega saab teatud vilumuse juures ka hakkama, sest mõnede mõõdupunktide poolt antud kirjutised on ikka vahete-vahel selgemad.

#### Eellaskmine kõlamõõdu abil.

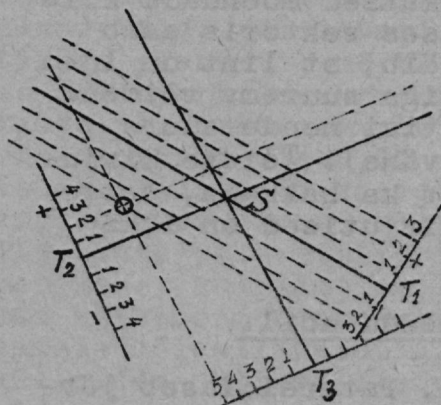
Komando töötab koos patareidega. Patareid laseb järjekordadega pikendatud laskude vahedega. Kukkumispunktide asukohad tehakse teatavaks patareid tulejuhile, kes vastavalt parandab laskeandmed, nagu see nähtud ette laskeeskirjas. Siin tuleb vaadelda kaht erijuhitu: a) märk annab kõla (s.o. vaenl.patarei laseb eellaskmise ajal), b) märk vaikib (märk on varem tehtud kindlaks kas kõlamõõduga või mõnel komandost rippumatu viisil).

a) Meetod seisab selles, et tuleb võrrelda linte ja sealt lugeda välja lõhkemiste kallanguid märgi suhtes. Nagu eelpool öeldud, ei ole tarvis arvestada momendi parandusi, kuid on ikkagi tähtis, et ei muutuks atmosfäärilised tingimused eellaskmise kestes. Kui tuule kiirus ületab 5 m/s, võib peaaegu kindlasti ar-

vata, et ta ei puhu ühtlaselt, mistõttu siis ei saa eeldada kuigi suurt täpsust.

Lõhkemispunktide asukohti ei leita nii nagu seletatud eelpool, nende leidmiseks tarvitatakse järgmist viisi, mis on küllalt täppis ja lubab ehitada konstruktsioone väga kiiresti:

Olgu  $s$  kõlaallikas (märk). Kui ta on näiteks märgitud kolme baasi poolt, siis ta asub kolme hüperbooli ühises lõikepunktis. Hüperboolid, nagu varem tõeostatud, võib asendada nende riivajatega punktis  $s$ . Need kolm hüperbooli oleksid: (joon, nr. 35).



- $H_1$  - vastab normaalkoordin.  $a_1$  baasi  $B_1$  suhtes
- $H_2$  - vastab normaalkoordin.  $a_2$  baasi  $B_2$  suhtes
- $H_3$  - vastab normaalkoordin.  $a_3$  baasi  $B_3$  suhtes.

Punkti  $S$  lähedal võib suure täpsusega konstrueerida 1:5000 või veel suuremas mõõtkavas kolm sirget  $H_1 H_2 H_3$ . Samuti  $p.S$  lähedal ehitame hüperboolide kaared vastavalt akust.koordinaatidele  $a_1 + 0,01$  sek.,  $a_1 - 0,01$  sek.  $a_1 + 0,02$  sek.jne.,  $a_2 \pm 0,01$  sek.  $a_2 - 0,01$  sek.jne., Neid hüperboolide kaari võib samuti nagu eelpool tõeostatud asendada jul-

Joon. 35.

gesti vastavalt  $H_1 H_2 H_3$  -ga rööpjoontega, millede kaugused neist leiame lihtsa valemi abil. Et

$$\frac{v \cdot \Delta t}{2 \sin \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}}$$

joonis ei läheks kirjuks, märgime rööpjoonte asemel nende vahedega võrdsed jaotised nende ristjoontele.

Kummale poole kanda positiivsed ja kummale poole negatiivsed jaotised? Kõige praktilisem oleks see küsimus lahendada järgmiselt:

Kui on tegemist hüperbooli parema haruga, siis positiivsed jaotised kanda paremale, kui aga on tegemist vasaku haruga, siis negatiivsed paremale; sealjuures lugeda lindilt akustiliste koordinaatide absoluutsed väärtused.

Olgu  $\tau'_1, \tau'_2, \tau'_3$  lõhkemiste tegelikud akustil.koordi-  
naadid ja  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  märgi tegelikud akust.koordinaa-  
did. Nende vahesid võib vaadelda kui norm.akust.koordi-  
naatide vahesid. Nad oleksid

$$\Delta \tau_1 = \tau'_1 - \tau_1 \quad \Delta \tau_2 = \tau'_2 - \tau_2 \quad \Delta \tau_3 = \tau'_3 - \tau_3$$

Et fikseerida ideed, oletame  $\Delta \tau_1 = -3$  (0,03 sek.),  $\Delta \tau_2 = +2$  ja  
 $\Delta \tau_3 = +5$ . Lõhkemine asub joonisel märgitud punktiiride  
lõikepunktis, õigemini veanäitaja kolmnurga sees.

Lisas leidub selgituseks veel arvuline näide.

b) Vaikiva märgi eellaskmisel tuleb arvutada märgile  
vastavad normaalsed ak.koordinaadid. Neist tuleb oma-  
kord vastupidise märgiga aerol.paranduste tegemisega  
leida teoreetilised tegelikud ak.koordinaadid. Neid nii-  
ütelda fiktiivseid ak.koordinaate tuleb võrrelda lõhke-  
miste kirjutistega lintidel. Säärane eellaskmine on pal-  
ju vähem täppis kui eelmine.



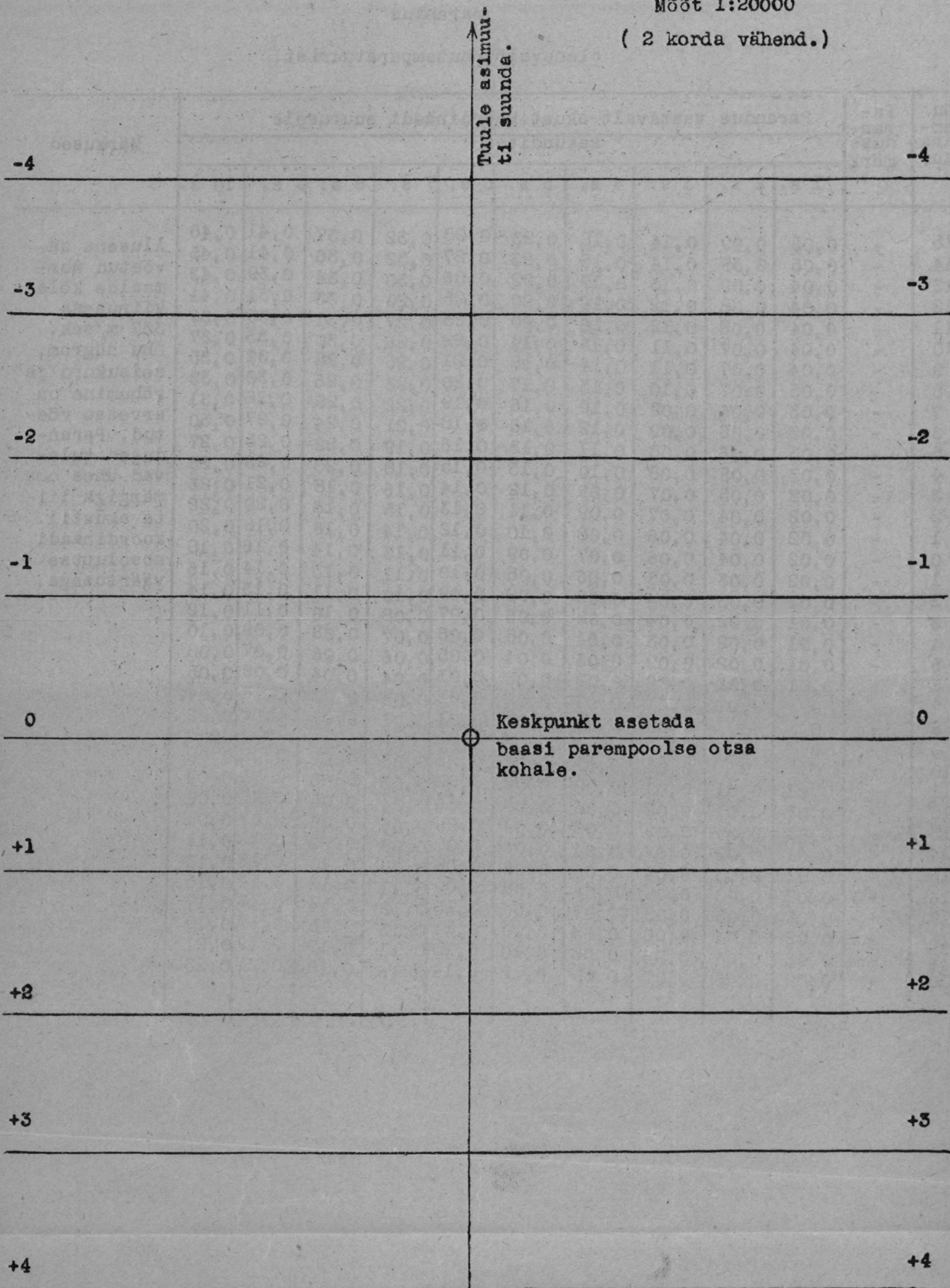


Akustilise koordinaadi  
parandus  
olenevalt õhutamperatuurist.

Õhu tem- para- tuur	Pa- ran- duse märk	Parandus vastavalt akust.koordinaadi suurusele										Märkused
		sekundites										
		1 s.	2 s.	3 s.	4 s.	5 s.	6 s.	7 s.	8 s.	9 s.	10 s.	
-15	-	0,05	0,09	0,14	0,18	0,23	0,28	0,32	0,37	0,41	0,46	Alusena on võetud normaalse kõlakiirusena 337 m/sek. Õhu hügram. seisukord ja rõhumine on arvesse võetud. Parandused tulevad ühes oma märgiga liita akustil. koordinaadi absoluutse väärtusega.
-14	-	0,05	0,09	0,14	0,18	0,23	0,27	0,32	0,36	0,41	0,45	
-13	-	0,04	0,09	0,13	0,17	0,22	0,26	0,30	0,34	0,39	0,43	
-12	-	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,25	0,29	0,33	0,31	0,41	
-11	-	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,23	0,27	0,31	0,35	0,39	
-10	-	0,04	0,07	0,11	0,15	0,19	0,22	0,26	0,30	0,33	0,37	
-9	-	0,04	0,07	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25	0,28	0,32	0,35	
-8	-	0,03	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,26	0,30	0,33	
-7	-	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	
-6	-	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30	
-5	-	0,03	0,06	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,27	
-4	-	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,20	0,23	0,25	
-3	-	0,02	0,05	0,07	0,09	0,12	0,14	0,16	0,18	0,21	0,23	
-2	-	0,02	0,04	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22	
-1	-	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	
-0	-	0,02	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14	0,16	0,18	
+1	-	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	
+2	-	0,01	0,03	0,04	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	
+3	-	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	
+4	-	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	
+5	-	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	
+6	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	
+7	-	0	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	
+8	-	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	
+9	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
+10	+	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	
+11	+	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	
+12	+	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	
+13	+	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	
+14	+	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	
+15	+	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	
+16	+	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14	0,15	
+17	+	0,02	0,03	0,05	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17	
+18	+	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	
+19	+	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	
+20	+	0,02	0,05	0,07	0,09	0,12	0,14	0,16	0,18	0,21	0,23	

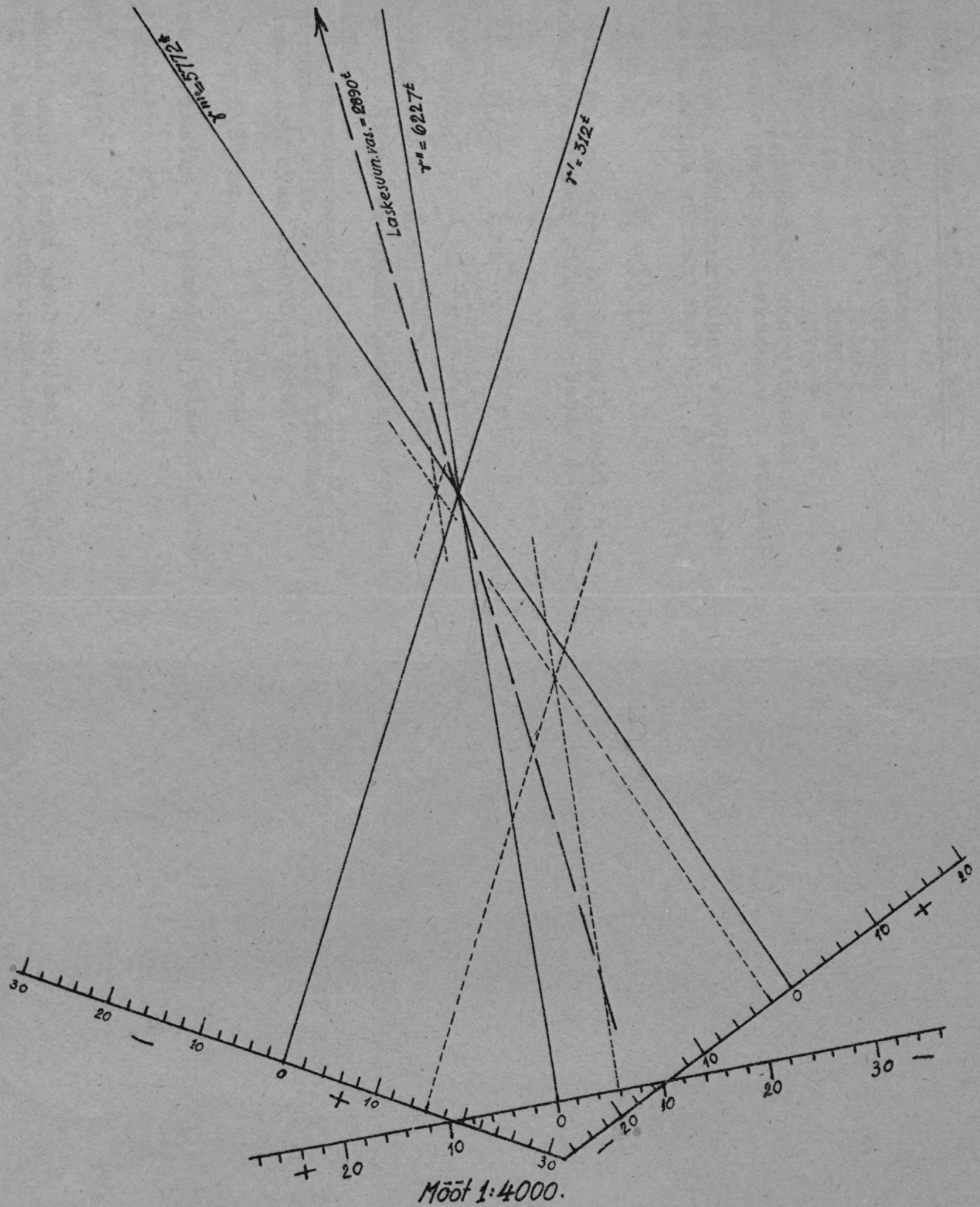
Tuuleparanduse graafik.

Mõõt 1:20000  
( 2 korda vähend.)



Arvud joonte otstes tähendavad tuuleparandusi 0,01 sekundites 1 m/s tuule kohta.  
 (Rööpjoonte vahed = 1136 meetrit 337 m/s (norm.) kõlakiiiruse kohta).  
 Parandus tuleb liita algebraliselt tegeliku akustilise koordinaadiga, kusjuures  
 koordinaat on positiivne, siis kui parempoolne mõõdupunkt registreeris varem.









Näide eellaskmisest kõlamõõdu abil.

Olgu mõõdupunktide asukohad järgmised:

Punkt Nr.1	X = 233523	Y = 181125
" Nr.3	232955	183684
" Nr.3	233046	186010
" Nr.4	234551	187802

Olgu vaenlase patarei ligikaudsed koordinaadid  $X=238010$ ,  $Y=183950$  ja meie patarei laskesuuna  $\nu$  asimuut  $2890^t$ .

Mõõdame planšetilt meie mõõdupunktidest vaenlase patarei peale minevate suundade võrkasimuudid ( $\beta$ ).

Saame järgmised:

$$\beta_1 = 572^t \quad \beta_2 = 53^t \quad \beta_3 = 5545^t$$

Edasi arvutame vaenlase patarei poolparallaksid baaside suhtes ja nende kahekordsed sinused. Saame järgmised andmed:

$$\frac{\alpha_2' - \alpha_1'}{2} = \frac{572^t - 53^t}{2} = 260^t \quad 2 \sin \frac{\alpha_2' - \alpha_1'}{2} = 0,505$$

$$\frac{\alpha_2'' - \alpha_1''}{2} = \frac{53^t - 5999^t}{2} = 226^t \quad 2 \sin \frac{\alpha_2'' - \alpha_1''}{2} = 0,440$$

$$\frac{\alpha_2''' - \alpha_1'''}{2} = \frac{5999^t - 5545^t}{2} = 227^t \quad 2 \sin \frac{\alpha_2''' - \alpha_1'''}{2} = 0,442$$

Valemi  $S = \frac{v \cdot \Delta t}{2 \sin \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}}$  järgi arvutame jaotused konst-

ruktsiooni tarvis. Kui soovime saada jaotused üle 0,02 sekundi, siis tuleb võtta  $V$  võib võtta alati võrdse 337 m/s. Jaotuste suurused mõõtkavas 1:4000 oleksid:

$$S' = 3,34 \text{ mm} \quad S'' = 3,82 \text{ mm} \quad S''' = 3,81 \text{ mm}$$

Parallakside bissektrisside  $\nu$  asimuudid oleksid järg-

$$\delta' = 572^t - 260^t = 312^t \quad \delta'' = 53^t - 226^t = 6227^t$$

$$\delta''' = 5999^t - 227^t = 5772^t$$

Esimese ja kolmanda baasi jaoks asub kõlaallikas nüpbooli paremal harul, mistõttu konstruktsioonil posi-

tiivsed jaotused kanda paremale, kuna teise baasi jaoks asub kõlaallikas hüperbooli vasakul harul, mistõttu siin kanda positiivsed jaotused vasakule.

Niipea kui konstruktsioon on valmis, võib alata eellaskmine.

Eellaskmise reeglid on nähtud ette laskeeskirjas.

Mõõtmise andis järgmised akustilised koordinaadid:

Katsetuli:

Meie lõhkem.ak.koord.  $\tau_1' = 0,87$   $\tau_2' = 0,86$   $\tau_3' = 0,56$

Vaenl.patarei ak.koord.  $\tau_1 = 0,71$   $\tau_2 = 0,92$   $\tau_3 = 0,58$   
 $\Delta \tau_1 = +0,16$   $\Delta \tau_2 = 0,06$   $\Delta \tau_3 = 0,02$

Konstruktsiooni abil leiame kallangud: paremal 20 m, eellang 150 m. Meie patarei teeb vastavad parandused ja laseb uuesti:

Parandustuli:

$\tau_1' = 0,70$   $\tau_2' = 0,93$   $\tau_3' = 0,56$   
 $\tau_2 = 0,72$   $\tau_2 = 0,91$   $\tau_3 = 0,57$   
 $\Delta \tau_1 = 0,02$   $\Delta \tau_2 = +0,02$   $\Delta \tau_3 = -0,01$

Leiame kallangud: vasakul 10 m, tagalang 10 m.

Pärast vastavaid parandusi võib alustada turmtuld.

Lühikese baasi meetodi põhimõte.

Kui baas on lühike ja võrdlemisi vähe kallak suunale, mis ühendab ta keskpunkti kõlaallikaga, võib üle baasi mineva laine osa asendada kõlakiirusega liikuva tasapinnalise laine osaga.

Olgu S kõlaallikas, AB baas. S-ist väljunud laine momendil  $t_1$  omab asukoha  $O_1$ , mis läbib punkti A, ja momendil  $t_2$  omab asukoha  $O_2$ , mis läbib punkti B. Olgu kõõlud  $AA^1$  ja  $BB^1$ , missugused piiratud kaartel  $O_1$  ja  $O_2$  sirgetega  $SBX^1$  ja  $SBX$ . Olgu SZ nurga ASB bissektriis. Ajavahemikus  $(t_2-t_1)$  laine poolt läbikäidud tee olgu  $AB^1 = A^1B$ .

Tasapind, mis on normaalne SZ-ga ja läbib momendil  $t_1$  - pp.  $AA^1$  ning momendil  $t_2$  - pp.  $B^1B$  (asukohad  $P_1$  ja  $P_2$ ), käib ajavahemikus  $(t_2-t_1)$  läbi tee:  $sb-sa = AB^1 \cos \varphi$ . Ajavahemikus  $(t_2-t_1)$  sfäärilise ja tasapinnalise laine poolt läbikäidud teede lahkuminek on:  $AB^1(1 - \cos \varphi) = 2AB^1 \sin^2 \frac{\varphi}{2}$ .

Sfäärilise ja tasapinnalise laine kiiruste vahe on:

$$\frac{2AB^1 \sin^2 \frac{\varphi}{2}}{t_2 - t_1} = 2V \sin^2 \frac{\varphi}{2}$$

Näiteks kui allika S parallaks baasi AB suhtes on  $3^\circ$ , siis kiiruste vahe on  $2V \sin^2 45' = 0,000343$  või ligikaudu  $V:3000$ . Kui vaadelda valemit, mis annab kõla kiiruse muutuse olenevalt õhutemperatuurist, siis näeme, et käesoleval juhul asendades sfäärilise laine tasapinnalisega - teeme vea, mis võrdub veale olenevalt temperatuuri muutusest  $1/5^\circ$  võrra. Järelikult ajavahemikus  $(t_2-t_1)$  on sfäärilise laine asendamine tasapinnalisega täiesti lubatav.

Kui baas asub umbes 5000 meetri kaugusel vaenlase partareist, siis kolmekraadiline parallaks vastab kõõlu  $AA^1$  jaoks pikkusele umbes 280 m.

Kuidas kasutada mõõdetud ajavahemikku  $(t_2-t_1)$ , kui sfäärilise laine asendame tasapinnalisega?

Kõlakiirele SM normaalne sirge  $AA^1$  (nurga BSA bissektriis) on teada. Tšepoollest ta riiwab ringi, mille keskpunkt B ja raadius  $V(t_2-t_1)$ , ja nimelt sellest kül-





tod on kasutatav, kui kõlaallika suund moodustab baasiga nurga  $\alpha < 30^\circ$ , kusjuures  $\sin \alpha = \frac{v(t_2 - t_1)}{AB}$

### Nõuetav täpsus aja mõõtmises.

Kui tahame, et  $\alpha$  oleks täpsusega üks tuhandik, millise täpsusega peame mõõtma  $(t_2 - t_1)$ ? Vahemikus  $0^\circ$  kuni  $30^\circ$  sinus muutub nurga muutusel ühe tuhandiku võrra samuti ligikaudu ühe tuhandiku võrra. Järelikult tuleb mõõta  $\sin \alpha$  täpsusega ligikaudu 0,001.

Et  $v$  on ligikaudu 340 m/sek,  $AB$  umbes 300 m, siis  $v/AB$  võrdub ligikaudu 1. Järelikult peab mõõtma  $(t_2 - t_1)$  täpsusega, mis lähedane 0,001 sek.

Isekirjutajat kronograafi säärasel kujul, nagu ta on praegu tarvitusel, ei ole võimalik kasutada niivõrt täpsate aegade registreerimiseks. Siin tuleks vähemalt lindi kiirus suurendada kümnekordseks.

On leitud praktilisemana mõõta elektrivoolu hulka, mis jooksnud läbi vooluringi ajavahemikus  $(t_2 - t_1)$ . Mõõtmist toimetatakse tundeliku galvanomeetriga.

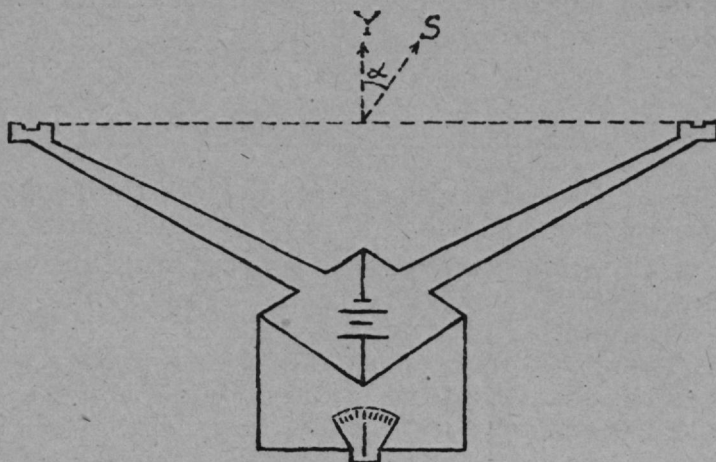
### Cotton Weiss'i aparadi üldine kirjeldus.

Punktidesse A ja B (baasi otsad) on paigutatud elektroakustilised voolukatkestajad.

Niipea kui üks katkestaja on avatud, vool läheb läbi ballistilise galvanomeetri. See vool kestab seni, kuni ka teine katkestaja avaneb.

Voolu suund galvanomeetris  $G$  ja selle tõttu osuti kaldumise suund on selle järele, kumb katkestaja (A või B) avanes varem. Kaldumise suurus näitab aja, mille jooksul kõla laine liikus ühe katkestaja juurest teise juure. Seega saame kätte otsekohe nurga suuruse ja kõlaallika asukoha suuna.

Ballistiline laine möödub enne suudmelainet. Kui katkestajad oleksid ühel ajal võimalised mõlemaid laineid vastu võtma, siis saaksime registreerida ainult esimest. Kuid Cotton Weiss'i katkestajad on seesuguse ehitusega, et lubavad end reguleerida ühe või teise vastuvõtmiseks.



Joon. 3a.

Kõlaallika asukohta määramiseks on tarvis kaks baasi ja kolmas kontrolliks. Baaside asetused on sääraned, et oleks võimalik saada vaenlase patarid peale suunad, mis annaksid lüüesid analoogiliselt helkmõõdule.

Cotton Weiss'i aparadi hüved: lihtne ja kiire töötamine, kerge ülesseadmine, protatiivsus.

Aparaadi pahed: ei jäta järele mingit kirjutist, milised on aga suure tähtsusega.

Meetod on üldiselt väärt, et teda uurida ja arendada. Puuduste kõrvaldamisega ühel või teisel viisil võiks tema peale panna suuremaid lootusi.

Ar 932  
Oun