N. SAKELLARI

NAVIGATSIOON

RK
„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS"
TARTU

Trükivigade õlendusi.

	On trükitud:	Peab olema:
Lk. 15, rida 12 ülalt	P_nB_sP	P_nBP_s
„ 47, „ 6 „	N_mAN	N_mAN_k
„ 57, „ 1 alt (osas eksempl.)	N	N_k
„ 71, „ 5 „	näit	näit.

N. SAKELLARI

NAVIGATSIOON

RK
„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“
TARTU 1947

AUTORILT.

Käesolev „Navigatsiooni" 3. trükk, nagu kaks eelmistki, on määratud õpikuks M. V. Frunze nimelisele Sõja-Merekoolile ja Tatari ANSV KTK nimelistele TTPA Merejõudude Juhtiva Koosseisu Erikursustele.

Selle trüki ettevalmistamisel kõrvaldati võimalust mööda kõik mõlema kõrgema sõja-merekooli õppejõudude märgatud vana trüki puudused ja on arvestatud kõike uut, mis on laevastikus sisse viidud viimase kolme aasta jooksul, nagu: meetermõõdusüsteem, kaartide standard-mõõtkavad, merkaatori kaardi raami arvestamise uus meetod, uus navigatsiooni-päevik jm.

Nii osutub käesolev trükk, sisaldamata mingeid põhilisi muutusi võrreldes eelmisega, täiesti ajakohaseks ja küllalt täielikuks navigatsiooni õpikuks.

Mulle osutatud sõbraliku kaasabi eest õpiku ümbertöötamisel avaldan oma siirast tänu Sõja-Merekooli ja Juhtiva Koosseisu Erikursuste navigatsiooni-õpetajate kollektiividele.

Leningrad, 15. veebruaril 1936. a.

N. Sakellari.

SISSEJUHATUSEKS.

Laevajuhtimise ülesanne on viia laev ühest kohast maakeral teise mööda lühimat ja ohutuimat teed.

Selleks on vajalik merekaartide ja raamatute järgi tundma õppida seda mere või ookeani osa, millest laeval tuleb läbi sõita, tutvuda selle piirkonna ohtlike kohtadega ja nende hoiatusmärkidega, valitsevate tuultega, hoovustega jt. käesoleva mere erisustega. Kõik need teatmed esinevad laevajuhtimise osas, mida nimetatakse **„Lootsiaks"**.

On laevale parim tee valitud, peab oskama suunata laeva seda valitud teed mööda ja sõidu ajal jälgida, et laev ei hälbiks ettemääratud teest, s. t. peab oskama sõidu ajal kontrollida laeva asukohta.

Kuna suunanäitajaks kaasaegses laevas on enamasti magnetkompass, mida mõjutavad laeva teraskeres tekkivad kahjulikud magnetilised jõud, siis tuleb juba enne väljasõitu kõrvaldada või vähemasti nõrgendada nende jõudude mõju, nii et kompassi näidud oleksid sõltumatud laevaraua mõjust. Reeglid selle töö sooritamiseks antakse **kompassi deviatsiooni teoorias ja praktikas.**

Viimasel ajal on ohutut laevajuhtimist hakanud soodustama imeteldavalt teravmeelsed **elektrinavigatsioonilised seadised,** eeskätt vurrehk girokompassid. Girokompassid, täiustudes iga aastaga, töötavad suurtel lahingulaevadel ja allveelaevadel sellistes kohtades, kus ebasoodsate magnetiliste tingimuste tõttu magnetkompassid töötavad halvasti.

Laeva asukoha määramisel sõidu ajal võib esineda kaks juhtumit:

1. laev liigub kallaste nähtavuses ja
2. laev liigub ulgumerel.

Esimesel juhul kasutatakse asukoha määramiseks mitmesuguseid kaldaesemeid, mis on merelt hästi nähtavad ja täpselt märgitud merekaardil. Selleks tööks vajalikke teatmeid ja juhatusi antakse **navigatsioonis.**

Ulgumerel võimaldavad laeva asukoha määramist vaid taevakehade vaatlused. Reegleid ülesande lahendamiseks annab siin **meresõiduastronoomia.**

Kuna laev liigub samaaegselt nii õhus kui vees, ja need vaevalt kunagi on rahulikus seisundis, siis laeva tee õigeks arvestamiseks on

vaja tundma õppida ka liikuvaid õhumasse, s. o. tuuli, ja nende liikumisseadusi, samuti liikuvate veemasside — lainete, hoovuste, tõusude ja mõõnade omi. Tuulte teooriat käsitleb **mere-meteoroloogia,** laineid, hoovusi, tõuse-mõõni — **okeanograafia.**

Kõik loeteldud teadused on seega otsekui laevajuhtimise osad ja ainult nende teaduste saavutuste täielik tundmine ja nendes antavate juhiste kasutamine tagab kaasaegse laevasõidu ohutust ja edu.

Puhterialaliseks laevajuhtimise osaks on **manööverdamine,** milles käsitellakse laevakoondiste mitmesuguseid retke- ja lahingurivisid, lahingukordaasumise võtteid, selleks et paremini kasutada oma relvi, luure- ja valvelaevade ümberrivistamisi, luuretegevust, vastase kursi ja kiiruse määramist, vaenlasele teatavale kaugusele lähenemist, jälitamist jne.

Käesolevas õpikus käsitellakse vaid navigatsiooni, sest igaüks loeteldud teadustest, nii oma ulatuselt kui iseloomult, vajab eri käsiraamatut.

Peale põhiteatmete maakera suurusest ja kujust, suundade määramisest merel ja merekaartidel, käsitellakse navigatsioonis veel küsimusi laeva asukoha arvestamisest sõidu ajal, „arvutatud koha" kontrollimisvõtteist kaldaesemete vaatluste alusel mitmesugustes sõidutingimustes, ja sõitmisest soodsaimat teed mööda.

Ehkki navigatsioon ja lootsia, nagu kogu laevajuhtimine tervikunagi, pole sõna tõelises mõttes mingi **täpne** teadus, on nad ühes rea teiste laevajuhtimistsükli kuuluvate distsipliinidega juhtivaiks aineiks, mis tutvustavad meresõitjat laevajuhtimistöö alustega.

Laevajuhtimise ohutuse tagamiseks peab laevajuht oskama mitte ainult orienteeruda igasuguses navigatsioonilises olukorras, vaid ka kriitiliselt hinnata oma laeva seisundit, arvestada piire, milledes on võimalikud eksimused tema asukoha määramises jne.

See oskus omandataksegi tähelepaneliku ja hoolika navigatsiooni õppimise ja temasse süvenemise teel.

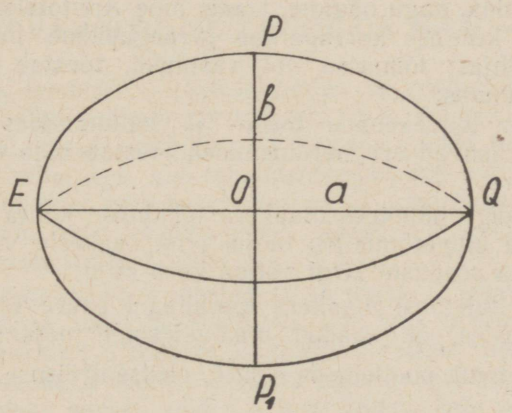
1 peatükk.

PÕHIMÕISTED.

§ 1. MAAKERA KUJU JA MÕÕTMED.

Kaasaegsetes astronoomilistes vaatlustes ja geodeetilistes töödes on maakera kuju ja mõõtmed, tegelike teaduste seisukohast võttes, määratud küllaldase täpsusega.

Väljapaistvate astronoomide ja matemaatikute töödes on kindlaks tehtud, et maakeral pole korrapärast matemaatilist kuju, et ta üldiselt



Joonis 1.

on väga lähedane kera kujule ehk täpsemalt — pöörd-ellipsoidi ehk sferoidi kujule, mis saadakse ellipsi $PQP'E$ (joon. 1) pöörlemisega tema väiksema telje PP' ümber.

Kerana kujutlesid meie planeeti, nagu võib oletada säilinud kirjalike mälestiste järgi, juba Vana-Kreeka filosoofid, kel olid enam-vähem õiged arvamused maakera kujust, sageli, tõsi küll, ilma mingisuguste tõestusteta. Näiteks Thales Mileetosest (VII s. enne meie ajaarvamist), joonia kooli asutaja, kellele omistatakse egiptuse

astronoomia ületoomine Kreekasse, nähtavasti esimesena osutas maakera sfäärilisele kujule ja tema isoleeritud seisule ilmaruumis.

Pythagoras, Plaato ja Aristoteles pidasid maad kindlasti kerakujuliseks, kusjuures viimane põhjendas oma arvamust kahe tõestusega: 1. maa varju ümmarguse kujuga, mida näeme kuukettal kuuvarjutuse ajal; 2. reisil põhjast lõunasse või vastupidi ühed tähed kaovad, teised aga ilmuvad silmapiiri kohale, mida saab seletada vaid maapinna kumerusega.

Praegusel ajal esitatakse maakera sfäärilise kuju tõestuseks järgmised kaalutlused:

1. Kus ka ei asuks vaatleja, lagedal maastikul või merel, nähtav silmapiir näib talle alati ringjoonena, mille keskuses on ta ise;

2. laeva ilmumisel merel kerkivad alul esile ta mastide tipud, siis masti-peelestiku keskosa, korstnad ja lõpuks kere; laeva kaugenemisel ta osad kaovad vastupidises järjekorras. Sedasama näeme ka kuival maal, lähenedes mingile kõrgele esemele — tornile, mäele — või temast eemaldudes;

3. on võimalik sõita ümber maakera, mida tõestavad ümbermaa-ilmareisid; terve ööpäeva võit või kaotus lähtekohta naasmisel ei saaks esineda maa mingi teise kuju, näit. lameda või kumera ketta kuju puhul;

4. maa sarnasus teiste planeetidega, mis on kõik sfäärilise kujuga;

5. kuuvarjutuste ajal kuukettale langev ja sellel nähtav maa varju kuju — fakt, mida, nagu nägime, teadis juba Aristoteles;

6. tähtede kõrguse korrapärane ja aegapidine muutus, vaatleja liikudes kas põhjast lõunasse või vastupidi, tõestab maa kumerust meridiaanide suunas;

7. erinevus taevakehade tõusu- ja loojumisajas maapinna eri punktides, mis asuvad eri meridiaanidel, tõestab maa kumerust paralleelide suunas;

8. kui on õige hüpotees maakera tekkimise kohta kuumast vedelikust, siis juba külgetõmbejõu mõjul oma osakeste vahel peab vedel keha mehaanika seaduste järgi võtma kera kuju.

Kõrvutades tulemusi maakera meridiaani kaare 1^0 pikkuse mõõtmistest eri laiustes, on saadud maa-ellipsoidi mõõtmete tõenäolised suurused, s. o. tema pooltelgede a ja b, ekstsentrilisuse $e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$ ja maa lapergususe $c = \frac{a - b}{a}$ omad.

Kuna õpetlastest igaüks eri viisil kombineeris kraadimõõtmise andmeid, omistades üksikuile vaatlustele erisugust suhtelist tähtsust, siis ka nende järelduste tulemused on omavahel veidi erinevad.

Astronoomias ja geodeesias kõige tarvitatavamad maa-sferoidi elementide suurused on toodud tabelis 1.

Nagu nähtub tabelist 1, ei erine õpetlaste saadud tulemused omavahel kuigi palju ja sellepärast võib tegelikust seisukohast öelda, et

Tabel 1. Maa-sferoidi elemendid.

Kes määras	Määramise aasta	Suur pooltelg m-tes	Väike pooltelg m-tes	Lapergusus c
Bessel	1841	6 377 397,15	6 356 078,96	$\frac{1}{299,1528}$
Clarke	1880	6 378 249,20	6 356 515,00	$\frac{1}{293,466}$
Helmert	1907	6 378 200,00	6 356 818,17	$\frac{1}{298,3}$
Heyford	1909	6 378 388,00	6 356 909,00	$\frac{1}{297}$
Rahvusvahelised . .	1924	6 378 368,00	6 356 912,00	$\frac{1}{297}$

maakera mõõtmed on praegusel ajal teada üldiselt küllaldase täpsusega. Laevajuhtimisele kui rakendusteadusele on saavutatud mõõtmete määramise täpsus, nagu näeme allpool, täiesti küllaldane („Täiendused", § 1 ja 2).

§ 2. LAEVAJUHTIMISE TARVIS ON MAA — KERA.

Kuna täpseis teadusis — astronoomias ja geodeesias — maakera kuju sarnaneb kõige rohkem sferoidi ehk pöörd-ellipsoidi kujuga, siis täpseis arvestusis maad vaadeldaksegi kui ülaltoodud mõõtmetega sferoidi. Laevajuhtimine aga, kui rakendusteadus, mis oma tegelike ülesannete lahendamisel ei vaja suurt täpsust, ei hooli enamikus küsimusis maakera kuju väikesest hälbest õigest sfäärilisest kujust ja peab esimeses ligikaudsuses maad keraks.

Tõepoolest, nagu nähtub tabelist 1, on maakera ekvatoriaalse *a*- ja polaarse *b*-raadiuse vahe ligikaudu 22 km, mis arvestades ekvatoriaalse raadiuse pikkust 6 378 km moodustab sellest vaid umbes 0,3%. Kui teeksime maakera mudeli ekvatoriaalse raadiusega 0,5 m, siis polaarraadius oleks sellest vaid 1,5 mm lühem, mis poleks palja silmaga üldse märgatav.

Sellepärast peagu kõigis laevajuhtimise küsimustes on lubatav võtta maakera kuju esimeses ligikaudsuses, s. t. kui kera. Merekaartide valmistamisel aga, nagu näeme allpool, tuleb arvestada maakera lapergusust ja võtta tema kuju teises ligikaudsuses — kui pöörd-ellipsoidi.

Selle kera raadiust, millega asendame tõelise maakera kuju, võib määrata mitmeti; harilikult võetakse ta võrdsena sellise kera raadiusega, mille maht võrdub maa-sferoidi mahuga.

Kuna viimane, tingimusel, et ellips pöörleb oma väiksema telje b ümber, võrdub

$$\frac{4}{3}\pi a^2 b,$$

siis, võrreldes kujuteldava R-raadiusega kera mahtu, millega asendame tõelise maa, maa-ellipsoidi mahuga, saame suhte:

$$\frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi a^2 b, \quad \text{kus } R = \sqrt[3]{a^2 b}.$$

Aluseks sellisele määrangule on kaalutlus, et ellipsoidi asendamisel keraga viimase raadius on peagu võrdne elliptilise meridiaani kõveruse keskmise raadiusega.

Asendades a ja b rahvusvahelise ellipsoidi suurustega, saame

$$R = 6\,370{,}9 \text{ km}.$$

Kui võtta maakera raadius $R = 6\,370{,}9$ km ja arvutada sellise kera meridiaani 1 minuti pikkus, siis, tähistades selle n-ga, saame

$$n = \frac{2\pi R}{360 \cdot 60} = \frac{2\pi \cdot 6370900}{360 \cdot 60} = 1\,852{,}3 \text{ m}.$$

§ 3. MEREMIIL.

Suuri kaugusi on merel ammust ajast hakatud mõõtma $^1/_{60}$ osaga meridiaani kraadist ehk **meremiiliga,** mis järelikult on maakera meridiaani kaare 1′ pikkus. Ülalpool nägime, et tõelise — elliptilise — maakera meridiaani 1′ pikkus on muutlik suurus, meremiil aga kui pikkusühik peab olema kindel. Sellepärast tuleb kindlaks määrata, mis me mõtleme meremiili all. Kuna meremiili määramisel **me käsitame maakera kui kera,** siis on kera suurringi 1′ pikkus juba kindel suurus. Selle kera raadiuse me määrame tingimusel, et tema maht võrdub maa-ellipsoidi mahuga. Nii oleks meremiil meridiaani kaare 1′ pikkus, kusjuures maakera peame keraks, mille maht võrdub maa-ellipsoidi mahuga.

Meremiili suuruse n saame siis võrdusest

$$n = \frac{2\pi R}{360 \cdot 60} = \frac{2\pi \sqrt[3]{a^2 b}}{360 \cdot 60}.$$

Kui võtame maa-sferoidi mõõtmed rahvusvahelise ellipsoidi järgi, siis n, nagu nägime ülalpool, võrdub 1 852,3 m. Arvestamise lihtsustamiseks visatakse ära 0,3 m ja **võetakse meremiili pikkus ümmardatult 1 852 m, mis on veidi rohkem $1\frac{3}{4}$ km.**

Ei ole raske arvutada, et meil kasutatava meremiili pikkus vastab peagu täpselt elliptilise meridiaani 1′ pikkusele 44°36′ laiuses.

Inglased arvestavad meremiili võrdsena 6 080 jalaga ja nimetavad teda „admiralty knot". „Nautical mile" ehk „sea mile" nimetustega tähistavad nad maakera elliptilise meridiaani 1′ pikkust, s. t. suurust, mis muutub laiusega.

Teistes maades, kus ellipsoidi pooltelgedele *a* ja *b* on antud teised suurused või kus kujuteldava, maa-ellipsoidi asendava maakera raadiust ei määrata mitte mahtude võrdlusest, vaid mingi teise meetodiga, näiteks pindalade võrdlusega, seal meremiil erineb veidi 1 852 m-st, kuid on sellele väga lähedane. Tabel 2 näitab meremiili pikkust mitmesugustes riikides.

Tabel 2. Meremiili pikkus mitmesugustes riikides.

Riigid	Meremiili pikkus		Riigid	Meremiili pikkus	
	jalgades	m-tes		jalgades	m-tes
Inglismaa	6080	1853,0	Portugal	—	1850,0
Saksamaa	—	1852,0	USA	—	1853,248
Hollandi	—	1851,85	Prantsusmaa . .	—	1852,0
Taani	—	1851,85	Rootsi	—	1852,0
Hispaania	—	1852,0	Jaapani	6080	1853,17
Itaalia	—	1851,85			

Tabelist nähtub, et ühed maad ümmardavad täpseid arve, teised mitte. USA näiteks määrab miili kui $^1/_{60}$ suurringi kraadist keral, mille pindala võrdub maakera omaga. Sakslastel on meremiiliks elliptilise meridiaani 1′ keskmine suurus, aluseks võttes Besseli arvud jne.

Meil oli 1931. a-ni meremiili pikkuseks 6 080 jalga, mis kehtestati Hüdrograafia Peavalitsuse ringkirjaga 19. veebr. 1908. a. nr. 47. Selle kehtestamise aluseks olid kaalutlused, et me kasutame inglise meresõidu-instrumente ja laevajuhtimise käsiraamatuid, ja et see arv on sobivalt ümmardatud.

Kuna merekaartide arvutused ja märgid järk-järgult siirdusid meetermõõdu süsteemile, siis TTPA Sõja-Merejõudude Valitsuse Hüdrograafia osakonna ringkirjaga 8. juulist 1931. a. nr. 317 seati meremiili pikkuseks 1 852 m.

Ehkki see arv ei vasta endisele meremiili pikkusele 6 080 jalga, sest 1 852 m = 6 076,16 jalga, ei ole sel vahel tegelikku tähtsust. Sellest tekkivad vead kauguste mõõtmises on väiksemad logi vigadest, mis neid kaugusi mõõdab („Täiendused", § 3).

§ 4. MITMESUGUSED PIKKUSÜHIKUD.

Peale meremiili kasutatakse merenduse alal veel teisi pikkusühikuid: kaabeltau, süld (7- ja 6-jalane), jard, jalg, meetermiil ja sõlm.

Kaabeltaud kasutatakse lühimaalistel mõõtmistel. Tema pikkus on $^1/_{10}$ meremiili ehk 608 jalga = 185 m.

Inglased ümmardavad kaabeltau pikkust, võrdustades teda 200 jardiga = 600 jalga (jard = 3 jalga) ehk 100 6-jalast sülda. Inglased võrdustavad veel kaabeltaud ankruketi 8 sekliga à $12^1/_2$ sülda (25 jardi).

Kaabeltaudes väljendatakse tavalisesti märkide kaugusi kahuri- ja torpeedo-laskmisel, laevade vahemaid koossõitmisel, dispositsioonile paigutamisel jms.

7-jalane **süld**, mis võrdub 2,133600 m, on kasutatav kauguste mõõtmisel horisontaaltasapinnas mere plaanistamisel ja kaardistamisel.

6-jalast ehk nn. **meresülda** kasutatakse vanadel kaartidel vaid mere sügavuse märkimisel, ja nimelt ühtluse mõttes inglise merekaartide ja -käsiraamatutega, kus sügavused antakse alati kas 6-jalastes süldades või jalgades.

Jalg = 12 tolli ehk 30,480 sm, on ühesugune nii 7- kui 6-jalases süllas. Merenduse alal kasutatakse jalga vaid väiksemate pikkuste mõõtmisel, mida vaja teada täpsemalt, näit. väike sügavus, väike kaugus, laevade, paatide, rangoudi mõõtmed jne.

Inglased kasutavad peale jala veel **jardi** = 3 jalga, märkides sellega vahemaad vaenlaseni ja lugedes meremiili = 2 027 jardi, mis annab miili kohta vea 1 jalg, millel pole tegelikku tähtsust.

Meetermõõdustiku kehtestamisega NLiidus hakati ka merenduse alal siirduma kõikide pikkuste mõõtmisele meetrites. Nii antakse uutel kaartidel sügavused meetrites, nagu tehakse Prantsusmaal, Saksamaal, Itaalias jt. mereriikides. Vanadele kaartidele paigutatakse vaid tabel süldade ja jalgade ümberarvutamiseks meetritesse.

Prantsusmaal teatavasti peale meetermõõdustiku kehtestamist jagatakse vahel ringjoon 400 võrdseks osaks, mida nim. **graadideks**. Graad jagub 100 minutiks, minut 100 sekundiks. Sellisel ringjoone jaotusel meridiaani 1′ suurus m_1 võrduks

$$m_1 = \frac{2\pi R}{400 \cdot 100} = 1\,000{,}2 \text{ m, s. o. } 1 \text{ km.}$$

Sellepärast nimetataksegi vahel kilomeetrit **meetermiiliks.**

Nii kui õigenurga jagamine 100 osaks nii ka meetermiil ei läinud üldisse tarvitusse kõigis maades. Teda kasutatakse peamiselt geodeetilistel töödel Prantsusmaal ja Itaalias.

Lõpuks on meremeestel veel üks pikkusmõõt — **sõlm,** mis püsib merenduses juba muinasajast, millal laeva kiiruse mõõtmiseks kasutati käsilogit. Sõlm on laeva kiiruse ühikuks $^1/_2$ minutis ehk $^1/_{120}$ tunnis.

Kiireks sõlmede ümberarvutamiseks meremiilidesse tuleb sõlme teoreetiline pikkus võtta

$$\frac{1\,852}{120} \text{ m} = 15{,}43 \text{ m, ehk jalgades: } \frac{6\,080}{120} \text{ jalga} = 50 \text{ jalga } 8 \text{ tolli.}$$

Järelikult, kui palju sõlmi sõidab laev $^1/_2$ minutiga, nii palju meremiile sõidab ta tunnis.

Praktika on siiski näidanud, et käsilogi sektori puuduliku liikumatuse tõttu vees on näidatav sõlme pikkus liiga suur, ja logi, mis on seatud sellisteks sõlmedeks, mõõdab laeva kiirust ebaõigelt. Katseliselt on leitud, et laeva kiiruse õigeks määramiseks tuleb sõlme pikkust vähendada ja võtta see 14,63 m (48 jalga). Sellist sõlme tingsuurust kasutataksegi alati praktikas.

Kahurväelased mõõdavad laskmisel vahemaad vaenlaseni kaugusmõõtjatega, mis annavad kauguse kaabeltaudes. Kaabeltau pikkus võetakse 600 jalga. Järelikult meremiil, mis on 10 kaabeltaud, osutub siin võrdseks 6 000 jalaga, milles on viga 80 jalga ehk 1,3%. Selletõttu kaugusmõõtjaga määratud vahemaa ei vasta kaardi järgi määratud kaugusele. Väikeste kauguste puhul see pole tähtis, suuremate kauguste puhul aga tuleb korrigeerida eri tabelite järgi.

Iga süsteemi logid annavad kaugused meremiilides ja nende kümnend-osades, näidates läbitud teed kuni 10 000 miilini.

Loed näitavad mere sügavust kas meetrites ja detsimeetrites, jalgades või kuuejalastes süldades.

Tabel 3. Merepikkusühikud.

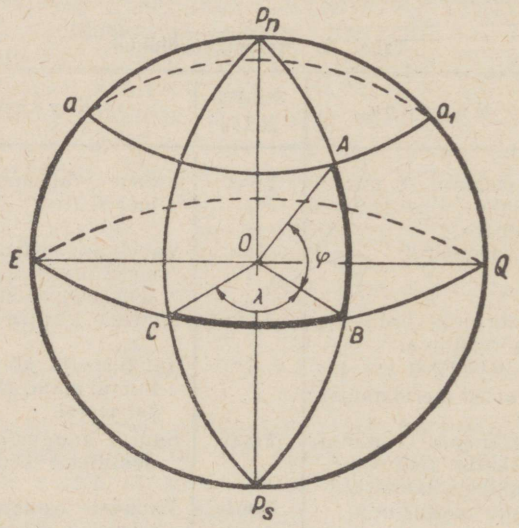
Järje nr.	Nimetus	Määrang	Suurus m-tes	Kus kasutatakse
1	Meremiil	Meridiaani 1 minuti pikkus, pidades maad keraks.	1 852	Suurte vahemaade mõõtmiseks merel.
2	Kaabeltau	$^1/_{10}$ meremiili.	185	Vahemaa mõõtmiseks laevade koossõitmisel, kauguse mõõtmiseks laskmisel.
3	Sõlm	Vana ühik, võrduv $^1/_{120}$ meremiiliga.	14,63	Laevade kiiruse määramisel.
4	Meeter	1 : 10 000 000 osa $\frac{1}{4}$ Pariisi meridiaanist.	1	Kauguste ja kõrguste mõõtmisel kuival maal, sügavuste mõõtmisel merel.
5	Meetermiil	Meridiaani 1 minuti pikkus ringjoone sajaksjaotamisel.	1 000	Suurte kauguste mõõtmisel geodeetilistel töödel.
6	Jalg	Vana pikkusühik.	0,3048	Vanadel kaartidel märgitakse jalgades mägede ja maapinna kõrgus ning mere väikesed sügavused.
7	Jard	Inglise pikkusühik, võrdne 3 jalaga.	0,9144	Laevade vahemaa ja laskekauguste mõõtmisel.
8	Süld	Vana pikkusühik, $= \frac{1}{500}$ versta ehk 7 jalga.	2,1336	Vanadel kaartidel kauguste mõõtmiseks horisontaal-tasapinnal.
9	Meresüld	Inglise pikkusühik, = 6 jalga.	1,8299	Vanadel vene kaartidel — meresügavused, inglise kaartidel — kaugused ja sügavused.

Tabel 3. esitab kokkuvõtte kõigist merepraktikas kasutatavaist pikkusühikuist.

Mõnikord vanades laevades eelistatakse arvestada kaugusi masina tiirude arvu järgi. Määrates vaatlustest sõidul, milline on laeva kiirus teatava tiirude arvuga, võib koostada „käigu kiiruse ja masina tiirude suhte tabeli" ja kasutada seda edasisel sõidul. Selline tabel, kui ta on täpselt koostatud ja korduvalt kontrollitud, on paljusõitnud laevadel usaldusväärseks vahendiks läbitud kauguse üsna täpseks arvestamiseks, mis annab paremaid tulemusi kui logi („Täiendused", § 4).

§ 5. GEOGRAAFILISED KOORDINAADID: LAIUS JA PIKKUS.

Iga punkti asend maakera pinnal määratakse teatavasti tema laiuse ja pikkusega; sellepärast ka laeva asukoha määramine merel seisneb selle laiuse ja pikkuse määramises.



Joonis 2.

Mingi koha **laiusena** me mõistame nurka loodjoone ja ekvaatori tasapinna vahel selles kohas. Kui peame maakera esimeses ligikaudsuses keraks (joon. 2), siis — kuna keral kõik loodjooned ühtivad tema raadiustega ja järelikult läbivad maakera tsentrumi — punkt A laius väljenduks nurgaga AOB või teda mõõtva kaarega BA. Sellepärast nimetame antud koha A laiuseks meridiaani kaart BA, arvates ekvaatorist antud koha paralleelini aa_1.

Kuna ekvaator jagab maakera kaheks poolkeraks — põhja- ehk nordipooleks, kus asub põhjapoolus, ja lõuna- ehk süüdipooleks, kus asub lõunapoolus —, siis loomulikult ka kõik laiused kummaski poolkeras arvatakse ekvaatorist põhja- või lõunapooluse poole 0^0 kuni 90^0-ni, lisades laiusele selle poolkera nimetuse, kus antud koht asub. Nii on Leningradi laius $59^056{,}5'$ N, Odessa — $46^028{,}6'$ N, Hea Lootuse neeme — $34^021{,}2'$ S jne.

Laevajuhtimises märgitakse laiust kreekakeelse tähega φ.

Laiusest üksi on koha kindlaksmääramiseks vähe, sest kõik ühel ja samal paralleelil asuvad kohad on sama laiusega. Sellepärast koha täpsemaks määramiseks maakera pinnal vajame veel tema **pikkust**, s. o. nurka C_nPB poolusel, antud koha meridiaani P_nB_sP ja mingi kindla meridiaani P_nCP_s vahel, millest arvatakse pikkusi (joon. 2). Käesoleval ajal peavad kõik mereriigid pikkuste arvestust Greenwich'i meridiaanist (Londoni läheduses).

Kuna nurk poolusel on mõõdetav ekvaatori vastava kaarega, siis võib öelda, et koha A pikkus on ekvaatori EQ kaar CB antud koha meridiaani ja Greenwich'i meridiaani vahel.

Greenwich'i meridiaan jagab maakera kaheks poolkeraks: ida- (Ost-) ja lääne- (W-)poolkeraks. Vastavalt sellele, kummal poolkeral asub antud punkt, lisatakse tema pikkusele nimetus Ost või W. Arvestust peetakse kummalgi poolkeral alates Greenwich'i meridiaanist: ida-poolkeral itta, läänepoolkeral läände, 0^0 kuni 180^0-ni.

Leningradi pikkus on näiteks — $30^019{,}4'$ Ost, Vladivostoki — $131^054{,}0'$ Ost, New Yorgi — $73^058{,}9'$ W, San Francisco — $122^024{,}5'$ W jne.

Pikkust märgitakse laevajuhtimises kreekakeelse tähega λ.

§ 6. LAIUSTE JA PIKKUSTE VAHED.

Sõites mööda meridiaani laev muudab vaid oma laiust, või nagu öeldakse — sooritab **laiuste vahet** (l. v.), mis võrdub meridiaani kaarega **lähte-** ja **sihtkohta** paralleeli vahel. Sõites ekvaatorit või ükskõik millist paralleeli mööda, sooritab laev **pikkuste vahet** (p. v.), mis võrdub ekvaatori kaarega lähte- ja sihtkoha meridiaani vahel.

Kui P_nOP_s on Greenwich'i meridiaan ja EQ — ekvaator, siis märkides lähtekoha A koordinaadid tähtedega φ_1 ja λ_1, sihtkoha B omad aga φ_2 ja λ_2, on kerge märgata (joon. 3), et

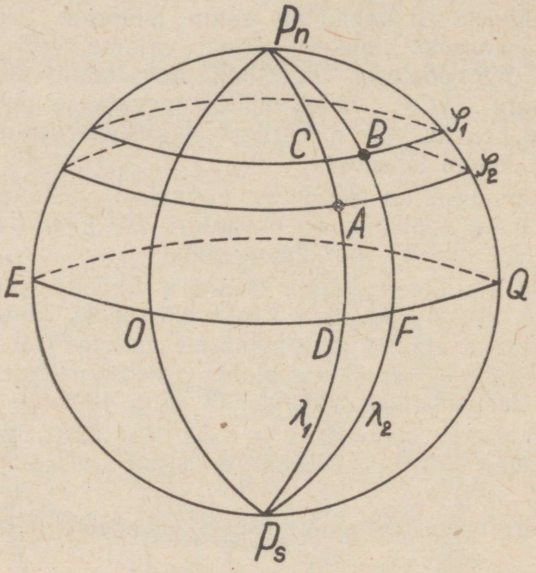
$$\text{laiuste vahe} = \varphi_2 - \varphi_1 \text{ ja pikkuste vahe} = \lambda_2 - \lambda_1.$$

Kui aga lähte- ja sihtpunkt asuvad eri poolkeradel (joon. 4), siis

$$\text{laiuste vahe} = \varphi_2 + \varphi_1 \text{ ja pikkuste vahe} = \lambda_2 + \lambda_1.$$

Nii laiuste kui pikkuste vahe saavad oma nimetuse laeva liikumise suunast. Kui laev läheneb N-poolusele, siis ta sooritab l. v. Nordi, kaugenedes N-poolusest ta sooritab l. v. Süüdi. Järelikult — suurendades oma N-laiust või vähendades S-laiust, laev sooritab l. v. N-i, ja vastupidi.

Kui laev liigub Osti, siis sooritab ta p. v. Osti, liikudes Westi sooritab p. v. Westi, ehk teisiti öeldes: suurendades oma O-pikkust või vähendades W-pikkust laev sooritab p. v. Osti, ja vastupidi.



Joonis 3.

Teades lähte- ja sihtpunkti laiust ja pikkust, on kerge määrata laeva sooritatud l. v. ja p. v. ühes nende nimetustega. Selliseid ülesandeid võib lahendada nii jooniste kui märkide abil.

Näidis 1. Laev lähtus punktist $\varphi_1 = 41^0 17'$ N ja $\lambda_1 = 13^0 50'$ Ost ja saabus punkti $\varphi_2 = 42^0 28'$ N ja $\lambda_2 = 14^0 30'$ Ost. Leida sooritatud vahed.

Joonisest 3 näeme, et laev suurendas oma N-laiust ja O-pikkust, järelikult ta sooritas l. v. N-i ja p. v. Ost-i.

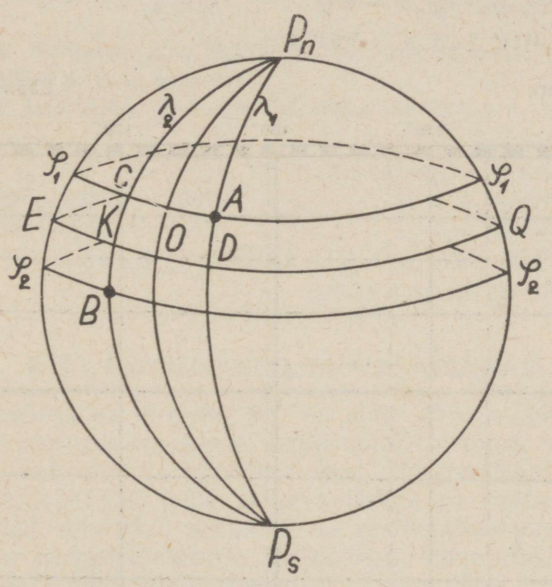
Sooritatud l. v. $= AC$ ja p. v. $= DF$ leiame kui vahed $\varphi_2 - \varphi_1$ ja $\lambda_2 - \lambda_1$, ja nimelt

$\varphi_2 = 42^0 28'$ N	$\lambda_2 = 14^0 30'$ Ost
$\varphi_1 = 41^0 17'$ N	$\lambda_1 = 13^0 50'$ Ost
l. v. $= 1^0 11'$ N	p. v. $= 0^0 40'$ Ost

Näidis 2. Lähtepunkti $\varphi_1 = 10^0 16'$ N, ja $\lambda_1 = 3^0 14'$ Ost, sihtpunkti $\varphi_2 = 1^0 14'$S ja $\lambda_2 = 2^0 50'$ W. Leida sooritatud vahed.

Laev (joon. 4) vähendas oma N-laiust ja O-pikkust, järelikult ta sooritas l. v. S-i ja p. v. W-i; l. v. suurus $= CB$, p. v. suurus $= KD$. Kuna lähte- ja sihtpunkt asuvad eri poolkeradel, siis need suurused esinevad summadena $\varphi_2 + \varphi_1$ ja $\lambda_2 + \lambda_1$, sest $CB = BK + KC$ ja $KD = KO + OD$. Järelikult:

$\varphi_2 = 1^0 14'$ S	$\lambda_2 = 2^0 50'$ W
$\varphi_1 = 10^0 16'$ N	$\lambda_1 = 3^0 14'$ Ost
l. v. $= 11^0 30'$ S	p. v. $= 6^0 04'$ W.



Joonis 4.

Samad ülesanded on kerged lahendada ka märkide abil, lisades N-laiusele ja Ost-pikkusele märgi +, S-laiusele ja W-pikkusele märgi — ja pidades l. v. alati **algebraliseks vaheks** siht- ja lähtepunkti laiuse vahel, p. v. aga **algebraliseks vaheks** siht- ja lähtepunkti pikkuse vahel, s. t. et alati

$$\text{l. v.} = \varphi_2 - \varphi_1, \quad \text{p. v.} = \lambda_2 - \lambda_1.$$

Kui l. v. või p. v. saame märgiga +, siis tähendab see, et l. v. on sooritatud N-i, p. v. aga Ost-i, märgi — puhul aga on l. v. sooritatud S-i, p. v. W-i.

Näidis 3. $\varphi_1 = 39^0 26'$ N ja $\lambda_1 = 28^0 33'$ W, $\varphi_2 = 33^0 40'$ N ja $\lambda_2 = 25^0 40'$ W. Leida l. v. ja p. v.

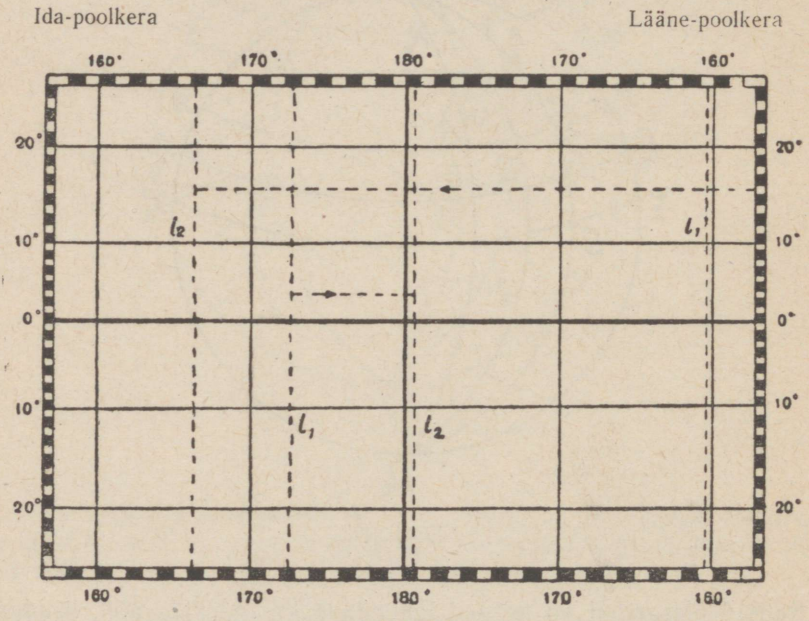
$$\varphi_2 = +\ 33^0 40' \qquad \lambda_2 = -\ 25^0 40'$$
$$\varphi_1 = +\ 39^0 26' \qquad \lambda_1 = -\ 28^0 33'$$
$$\varphi_2 - \varphi_1 = -\ 5^0 46' \qquad \lambda_2 - \lambda_1 = +\ 2^0 53'$$

ehk: l. v. $= 5^0 46'$S, p. v. $= 2^0 53'$ Ost.

Näidis 4. $\varphi_1 = 2^0 21'$ N ja $\lambda_1 = 2^0 42'$ W, $\varphi_2 = 1^0 50'$ S ja $\lambda_2 = 3^0 10'$ Ost. Leida sooritatud l. v. ja p. v.

$$\varphi_2 = -\ 1^0 50' \qquad \lambda_2 = +\ 3^0 10'$$
$$\varphi_1 = +\ 2^0 21' \qquad \lambda_1 = -\ 2^0 42'$$
$$\varphi_2 - \varphi_1 = -\ 4^0 11' \qquad \lambda_2 - \lambda_1 = +\ 5^0 52'$$

ehk: l. v. $= 4^0 11'$ S, p. v. $= 5^0 52'$ Ost.



Joonis 5.

Vahel 180° meridiaani ületamisel juhtub vigu nii sooritatud pikkuse vahe suuruse kui ka nimetuse määramisel.

Siin tuleb meeles pidada, et siirdudes üle 180° meridiaani Ost-poolkerast W-poolele, me suundume Osti ja sooritame järelikult p. v. Osti (joon. 5). Sõites vastupidi me suundume W-i ja sooritame p. v. W-i.

Lahendades sellist ülesannet märkidega saame p. v. üle 180°. Aga et me otsime väiksemat ekvaatori kaartest siht- ja lähtepunkti meridi-

aani vahel ja et me p. v. ei loe üle 180°, siis saades p. v. > 180° tuleb see lahutada 360°-st ja vahetada nimetus vastupidiseks.

Näidis 5. Laev pikkuselt $\lambda_1 = 172°50'$ Ost siirdus pikkusele $\lambda_2 = 179°10'$ W (vt. joon. 5). Millise p. v. ta sooritas?

Laev sõitis Ost-poolkeralt W-poolkerale üle meridiaani 180°, sooritas järelikult p. v. Ost-i. Selle pikkuse vahe suuruse leiame liites kaared siht- ja lähtepunkti meridiaani ja 180°-meridiaani vahel.

$180° - \lambda_1 = 7°10'$
$180° - \lambda_2 = 0°50'$
p. v. $= 8°00'$ Ost.

Arvates märkidega saame:

$\lambda_2 = -179°10'$
$\lambda_1 = +172°50'$
$\lambda_2 - \lambda_1 = -352°00'$ ehk
p. v. $= 352°$ W ehk $8°$ Ost.

Näidis 6. Pikkuselt $\lambda_1 = 160°10'$ W laev tuli pikkusele $\lambda_2 = 166°23'$ Ost. (vt. joon. 6). Millise p. v. ta sooritas?

Pikkuselt W laev siirdus pikkusele Ost, sõites üle 180°, s. t. sooritas p. v. W-i. Saame:

$180° - 160°10' = 19°50'$
$180° - 166°23' = 13°37'$
p. v. $= 33°27'$ W

Lahendades märkidega:

$\lambda_2 = +166°23'$
$\lambda_1 = -160°10'$
$\lambda_2 - \lambda_1 = +326°33'$ ehk
$326°33'$ Ost ehk $33°27'$ W.

§ 7. PÕHIJOONED JA TASAPINNAD.

Kus meresõitja ka ei oleks, tal on alati kättesaadaval üks kindel suund, nimelt raskustungi suund, mida näitab **ristlood**, niidi otsa riputatud raskus. Seda suunda nimetame **lood-** ehk **vertikaaljooneks**. Loodjoone lõikumiskohal kujuteldava taevavõlviga on vaatleja zeniit.

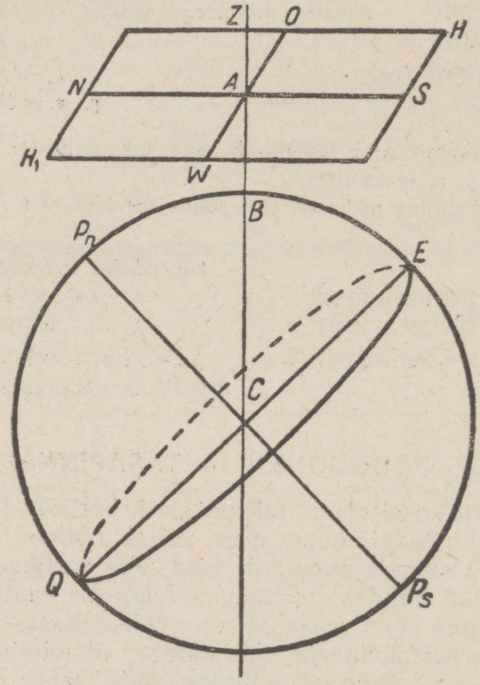
Iga tasapind, mis läbib ristjoont, on **vertikaaltasapind,** ja iga tasapinda, mis on perpendikulaarne ristjoonega, nimetatakse **horisontaalseks tasapinnaks.** Horisontaaltasapinda, mis läbib vaatleja silma, nimetatakse **vaatleja tõeliseks horisondiks.**

Maakera pöörleb oma telje ümber ja sel teljel on oma kindel asend. Punkte, kus see telg lõikub maakera pinnaga, nimetatakse poolusteks: üht **põhja-** ehk **nordi**pooluseks, teist **lõuna-** ehk **süüdi**pooluseks.

Olgu punkt A (joon. 6) vaatleja silm, joon ZAC — selle ristjoon, HH_1 — tõelise horisondi tasapind ja $P_n P_s$ — maakera pöörlemistelg. Lõpmatust vertikaaltasapindade hulgast üks — just joonise tasapind — käib ka läbi maakera pöörlemistelje P_nP_s. Selle tasapinna lõikumine maakera pinnaga annab viimasel suurringi P_nBEP_sQ, mida nim. **koha tõeliseks meridiaaniks** ehk **vaatleja meridiaaniks.**

Järelikult on tõeline meridiaan jälg maakera pinna lõikumisest tasapinnaga, mis läbib ristjoont ja maakera pöördumistelge.

Tõelise meridiaani tasapind lõikub tõelise horisondi tasapinnaga sirgjoont *NS* mööda, mida nim. **tõelise meridiaani jooneks** ehk **tõeliseks nordi- ja süüdi-jooneks.** See tema suund *AN*, mis läheb maa *N*-pooluse P_n poole, osutab meile punkti *N* asendit tõelise horisondi tasapinnas; vastupidine suund näitab meile punkti *S*. Nii võimaldab antud koha tõelise meridiaani joon määrata kahe peamaailmakaare — põhja ja lõuna asendi.



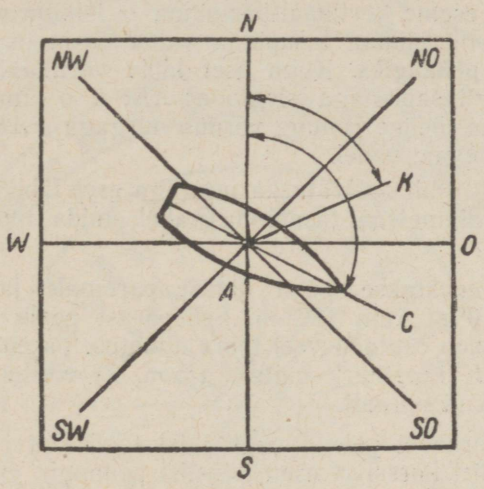
Joonis 6.

Vertikaalset tasapinda, mis on perpendikulaarne tõelise meridiaani tasapinnaga, nim. **esimese vertikaali** tasapinnaks. Esimese vertikaali tasapinna lõikumine tõelise horisondi tasapinnaga annab viimasel joone *OW* — **tõelise Osti- ja Westi**-joone, mis on muidugi perpendikulaarne tõelise *N*- ja *S*-joonega. Nii annab tõelise *O*- ja *W*-joon meile kahe teise maailmakaare — ida ja lääne asendi.

Järelikult, kus ka vaatleja ei asuks, alati võib ta kujutleda oma tõelise horisondi tasapinnas tõelise *N*- ja *S*-joont ning *O*- ja *W*-joont, milledel on igal kohal maakera pinnal oma kindel ja püsiv asend, ja ühtlasi teada tõelise horisondi tasapinnal peamaailmakaarte asukohad.

Seda ei saa teha ainult kahes punktis maakera pinnal — põhja- ja lõunapoolusel. Siin ristjoon ühtub maakera pöörlemisteljega ja tõelise meridiaani asend osutub ebamääraseks. Kuid lahkudes pooluselt kas või üsna väikesele kaugusele ükskõik millises suunas, meridiaani tasapind võtab kohe kindla asendi.

Lõpuks tuleb märkida veel seda, et kus me ka ei asuks, põhja- või lõunapoolkeral, kui kujutella end seisvana tõelise horisondi tasapinnas ja vaatavana Nordi, siis Ost on alati paremal ja West vasakul pool.



Joonis 7.

§ 8. RUMBID, KURSID JA PEILUNGID.

Tõelise *N*-, *S*-, *O*- ja *W*-joone kindel ja püsiv asend ükskõik millisel kohal maakeral võimaldab meresõitjale nende joonte abil määrata igasugused muud suunad.

Joontega *N* — *S* ja *O* — *W* (joon. 7) tõelise horisondi tasapind jagub 4 veerandiks, mida nimetatakse nende horisondi peapunktide järgi, millede vahel nad on, *NO*-, *SO*-, *SW*- ja *NW*-veeranditeks.

Teades tõelist *N* — *S*-suunda, võib kõik teised suunad, näit. oma laeva suunda, laevalt nähtavate kaldaesemete või taevakehade suunda märkida nurkadega, mida moodustavad need suunad tõelise *N* — *S*-joonega.

Nii esemete suundi kui ka nurki nende suundade ja *N* — *S*-joone vahel nimetatakse **rumbideks.** Näit. räägitakse: „laev liigub selles rum-

bis" või „tuletorn on näha selles rumbis". Suundi *N*, *S*, *Ost* ja *W* nimetatakse **pearumbideks.**

Kui vaja on määrata laeva suunda, siis osutame nurka, mille moodustab laeva diametraal-tasapind tõelise meridiaani tasapinnaga. Seda nurka nimetatakse **laeva tõeliseks kursiks.** Kui joon *AC* (joon. 7) on laeva diametraal-tasapinna lõikumisjoon tõelise horisondi tasapinnaga, s. o. nn. kursijoon, siis laeva tõelise kursi määrab nurk *NAC* joone *NS* ja kursijoone vahel.

Selleks et määrata suunda, millel on laevalt näha ese *K*, me tõmbame mõttes läbi selle eseme vertikaal-tasapinna ja leiame nurga selle tasapinna ja tõelise meridiaani tasapinna vahel. Seda nurka nimetatakse eseme **tõeliseks peilungiks.** Kuna eset läbiv vertikaal-tasapind lõikub tõelise horisondi tasapinnaga sirgjoont *AK*, s. o. nn. peilungi-joont mööda, siis eseme tõeline peilung võrdub nurgaga *NAK* tõelise *N* — *S*-joone ja peilungijoone vahel.

Eseme asendit võib määrata ka nurgaga eset läbiva vertikaal-tasapinna ja laeva diametraal-tasapinna vahel, mida nimetatakse **kursinurgaks.**

Kursinurgad arvatakse laeva ninast paremale ja vasakule, kuni eseme suunani, 0°-st kuni 180°-ni. Sellepärast peale kursinurga suuruse kraadides tuleb osutada veel tema nimetus: paremalt või vasakult pardalt. Eseme *K* kursinurk näiteks (joon. 7) võrdub nurgaga *CAK* (kraadides) vasakult pardalt.

Ehkki kursinurkadel pole midagi ühist tõelise meridiaaniga, siiski, teades laeva tõelist kurssi ja eseme tõelist peilungit, ei ole raske arvutada selle eseme kursinurka, või tõelise kursi ja kursinurga järgi arvutada eseme tõelist peilungit.

§ 9. TÕELISE HORISONDI JAGAMINE 32 RUMBIKS.

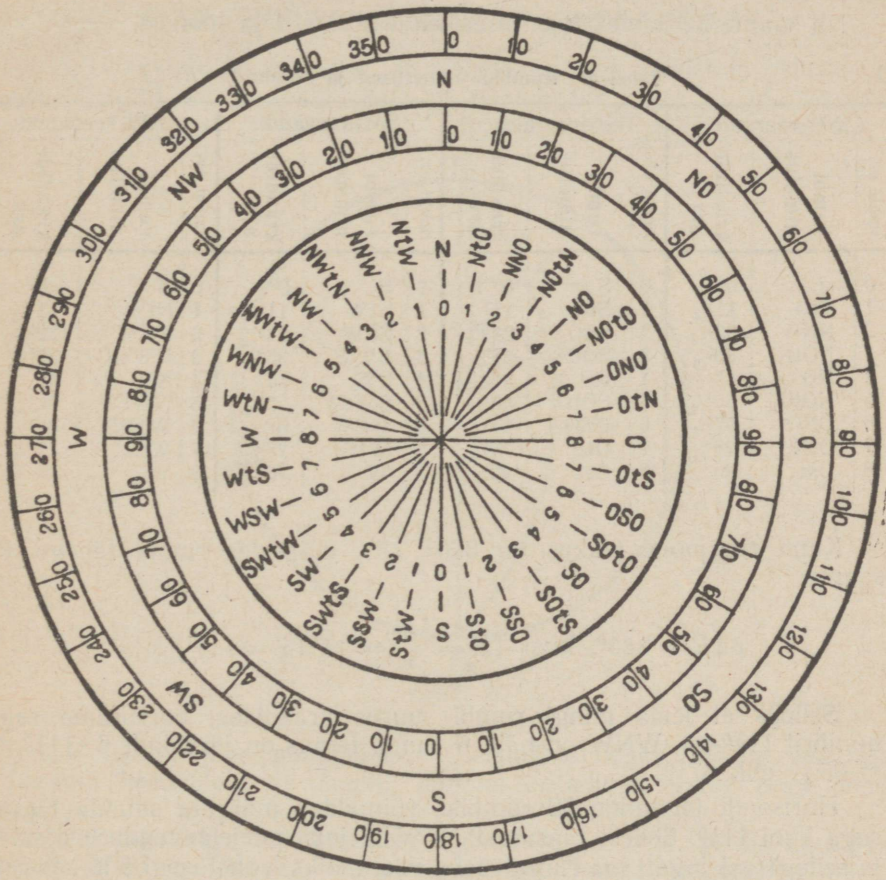
On ilmne, et merepraktikas ei piisa pearumbide teadmisest. Sellepärast juba muinasajal võeti tarvitusele ja nimetati eri nimetustega mõned vahesuunad pearumbide vahel.

Tõelise horisondi tasapind jagub tõeliste *N* — *S*- ja *O* — *W*-joonega 4 veerandiks: *NO*, *SO*, *SW* ja *NW*. Vahesuundade nimetused igas veerandis antakse kindlas süsteemis. Näit. vahesuundade ehk nn. **veerandrumbide** (joon. 8) nimetused moodustatakse nende pearumbide tähtedest, millede vahel on veerandrumb: *NO*, *SO*, *SW*, *NW*.

Vahepealsed suunad pea- ja veerandrumbide vahel, nn. **kolmetähelised rumbid** märgitakse jälle nende rumbide tähtedega, millede vahel on käesolev kolmetäheline rumb, ja nimelt:

vahepealne	N	ja	NO	vahel	on	NNO		
„	„	NO	„	Ost	„	„	ONO	
„	„	Ost	„	SO	„	„	OSO	
„	„	SO	„	S	„	„	SSO	
„	„	S	„	SW	„	„	SSW	
„	„	SW	„	W	„	„	WSW	
„	„	W	„	NW	„	„	NNW	
„	„	NW	„	N	„	„	WNW	

esimesena kirjutatakse pearumb ja tema järele veerandrumb.



Joonis 8.

Selviisil saame 4 pea-, 4 veerand- ja 8 kolmetähelist rumbi, kokku 16 erinimelist suunda.

Iga vahepealne nende 16 rumbi vahel omab veel eri nimetust. See moodustatakse lähemast pea- või veerandrumbi nimetusest, hollandi sõnast „ten" („kõrval") ja maailmakaare nimetusest, kuhupoole käesolev vahepealne rumb kaldub pea- või veerandrumbist.

Näiteks kahel pool N-i asuva kahe suuna — N ja NNO ning N ja NNW vahel — erinimetused moodustame järgmiselt: paremal N-st on NtO, vasakul — NtW. Samuti on kahel pool NO kaks vahepealset suunda — NNO ja NO ning NO ja ONO vahel —, mida nimetame NOtN ja NOtO.

Nii saame 32 rumbi, mis on esitatud tabelis 4 ja joon. 8.

Tabel 4. Rumbide nimetused ja numbrid.

NO-veerand			SO-veerand			SW-veerand			NW-veerand		
rumbi nr.	rumbi nimetus	kraadide arv	rumbi nr.	rumbi nimetus	kraadide arv	rumbi nr.	rumbi nimetus	kraadide arv	rumbi nr.	rumbi nimetus	kraadide arv
0	N	0^0	0	S	0^0	0	S	0^0	0	N	0^0
1	NtO	$11^1/_4$	1	StO	$11^1/_4$	1	StW	$11^1/_4$	1	NtW	$11^1/_4$
2	NNO	$22^1/_2$	2	SSO	$22^1/_2$	2	SSW	$22^1/_2$	2	NNW	$22^1/_2$
3	NOtN	$33^3/_4$	3	SOtS	$33^3/_4$	3	SWtS	$33^3/_4$	3	NWtN	$33^3/_4$
4	NO	45	4	SO	45	4	SW	45	4	NW	45
5	NOtO	$56^1/_4$	5	SOtO	$56^1/_4$	5	SWtW	$56^1/_4$	5	NWtW	$56^1/_4$
6	ONO	$67^1/_2$	6	OSO	$67^1/_2$	6	WSW	$67^1/_2$	6	WNW	$67^1/_2$
7	OtN	$78^3/_4$	7	OtS	$78^3/_4$	7	WtS	$78^3/_4$	7	WtN	$78^3/_4$
8	Ost	90	8	Ost	90	8	W	90	8	W	90

Kuna ringjoone pikkus on 360^0, siis, märkides rumbi tähega R, saame:

$$32R = 360^0, \text{ kust } 1R = \frac{360^0}{32} = 11^0 15' = 11^1/_4{}^0.$$

Selleks et leida mingi rumbi suurus kraadides, korrutame selle numbrit $11\frac{1}{4}^0$-ga. WNW on näit. 6 rumb, temas on järelikult $6 \cdot 11\frac{1}{4}^0 = 66\frac{6}{4}^0$ ehk $67\frac{1}{2}^0$.

Horisondi jagamine 32 rumbiks võimaldab määrata suunda täpsusega kuni $11\frac{1}{4}^0$. Sellest täpsusest oli vähe juba purjelaevanduse ajastul ja sellepärast jagati iga rumb veel 4 veerandiks, vahel isegi 8 kaheksandikuks. Nende murruliste rumbide nimetused moodustatakse lähtudes põhirumbist Ost- ja W-suunas. Nii on murrulised rumbid N ja NtO vahel järgmised: $N\frac{1}{4}O$, $N\frac{1}{2}O$, $N\frac{3}{4}O$, NtO ja loetakse: nord veerand osti, nord pool osti, nord kolmveerand osti, nord ten ost. NtO ja NNO vahel on: $NtO\frac{1}{4}O$, $NtO\frac{1}{2}O$, $NtO\frac{3}{4}O$ jne.

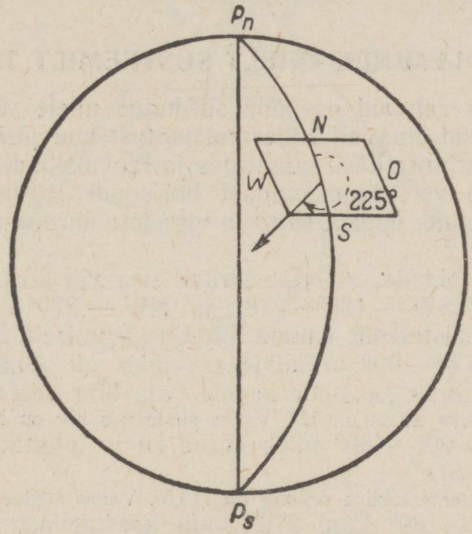
Tuleb aga meeles pidada, et murrud $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ ja $\frac{3}{4}$ tähistavad **vastava rumbi murrulist osa, mitte aga kraade.**

Kui $1R = 11^0 15'$, siis $\frac{1}{2}R = 5^0 37{,}5'$, $\frac{1}{4}R = 2^0 48{,}8'$ ja $\frac{3}{4}R = 8^0 26{,}3'$. Ligikaudsetel arvutustel võetakse tavalisesti: $\frac{1}{2}R = 5\frac{1}{2}^0$, $\frac{1}{4}R = 2\frac{3}{4}^0$ ja $\frac{3}{4}R = 8\frac{1}{2}^0$.

Tõelise horisondi jagamine rumbideks ei ole minetanud oma tähtsust käesoleval ajalgi, sest tuule ja hoovuse suunad antakse veel praegugi alati rumbides („Täiendused", §-id 5 ja 6).

§ 10. HORISONDI JAGAMINE KRAADIDEKS

Aurulaevade ilmumisega, kes vähem sõltusid tuulest ja pidasid täpsemalt oma kurssi, tekkis vajadus nii laevade kursi kui esemete peilungite täpsemaks määramiseks. Täpsus kuni $\frac{1}{4}R = 2\frac{3}{4}^0$ või isgi $\frac{1}{8}R =$



Joonis 9.

$= 1{,}4^0$ osutus juba puudulikuks. Sellepärast hakati tõelist horisonti jagama kraadideks ja andma suunad kraadides, vahel isegi nende osades.

Alul jagati iga horisondi veerand 90^0-ks ja loeti kraade igas veerandis N-ist ja S-ist, mis märgitakse 0^0-ga, Osti ja W-i, mis on märgitud 90^0-ga, s. t. kraadide arvestamine on sama mis rumbidelgi (vt. väljastpoolt 2. ring joon. 8). Suunda osutati kraadide arvu ja horisondi veerandi nimetamisega, näit.: SW 16^0, NW 47^0, SO $12\frac{1}{2}^0$ jne.

Praegusel ajal see süsteem on tunnustatud ebasobivaks, kuna rumbide arvamise suunad on selles muutuvad: NO- ja SW-veerandis on see

kellaosuti järgi, SO- ja NW-veerandis — selle vastu. Peagu kõik rahvad on siirdunud horisondi uuele jagamisele kraadideks (vt. väline ring joon. 8). Nimelt jagatakse terve horisont ilma veerandite eristamiseta 360°-ks, ja neid loetakse N-st, mis on märgitud 0°-ga, üle Ost, S ja W, s.o. **kellaosuti liikumise järgi,** 0°-st 360°-ni. Selles süsteemis pole enam vaja nimetada veerandeid, iga suund määratakse vaid kraadide arvuga selle suuna ja meridiaani põhjapoolse osa vahel. Näit. 225° (joon. 9) on suund, mille moodustab nurk 225° meridiaani N-osaga, arvates N-st **kellaosuti järgi.**

Selle süsteemi paremus on väga suur: siin ei saa olla enam mingit eksimust suuna määramises, sest igal suunal on oma eri nimetus, mis **ei kordu,** kuna vanas süsteemis sageli eksiti N-i ja S-i, Osti ja W-iga. Juhtus, et kirjutati NO 87° asemel SO 87°, või roolimees NO 5° asemel juhtis laeva suunas NW 5° jne.

§ 11. ÜLEMINEK ÜHELT SÜSTEEMILT TEISELE.

Ehkki enamik rahvaid on juba siirdunud uuele süsteemile ja kõik uusimad kompassid omavad kodarikul jaotust uue süsteemi järgi, siiski paljudes laevajuhtimise käsiraamatutes ja taevakehade asimuutide määramisel peetakse veel kinni vanast horisondi jaotusest veerandeiks. Sellepärast on vajalik õppida ruttu ja vigadeta siirduma ühelt süsteemilt teisele.

Tuleb meeles pidada, et NO-veerand sisaldab kõik suunad 0°—90°, SO — 90°—180°, SW — 180°—270° ja NW — 270°—360°. Sellepärast siirdumine **uuelt süsteemilt vanale** toimub järgmiselt:

1. Rumbides 0°—90° kraadide arv jääb nii vanas kui uues süsteemis samaks, ainult kraadide arvule vaja liita veerandi nimetus NO.

Näidis 7. Laeva kurss on 17°. Vanas süsteemis see on NO 17°.

2. Rumbides 90°—180° tuleb antud rumb lahutada 180°-st ja jäägile liita nimetus SO.

Näidis 8. Eseme tõeline peilung on 113,5°. Vanas süsteemis see on SO 66,5°.

3. Suundades 180° kuni 270° vaja käesolevast rumbist lahutada 180° ja jäägile lisada nimetus SW.

Näidis 9. Tõeline kurss on 253°, vanas süsteemis — SW 73°.

Rumbide puhul 270° kuni 360° tuleb antud rumb lahutada 360°-st ja jäägile lisada nimetus NW.

Näidis 10. Eseme tõeline peilung on 301,3°, vanas süsteemis NW 58,7°.

Vastupidistel siiretel, s. o. **vanalt süsteemilt uuele,** peab meeles pidama:

1. Veerandite nimetused kõrvaldatakse;
2. NO-veerandi puhul kraadide arv jääb samaks, SO-veerandi puhul antud rumb lahutatakse 180°-st, SW-veerandi puhul liidetakse 180°-ga ja NW-veerandi puhul lahutatakse 360°-st. Saadud summad või jäägid on rumbid uues süsteemis.

Näidis 11. Kuidas on uues süsteemis rumbid NO 83°, SO 17°, SW 28° ja NW 63°? — Vastused: NO $83^0 = 83^0$, SO $17^0 = 163^0$, SW $28^0 = 208^0$ ja NW $63^0 = 297^0$.

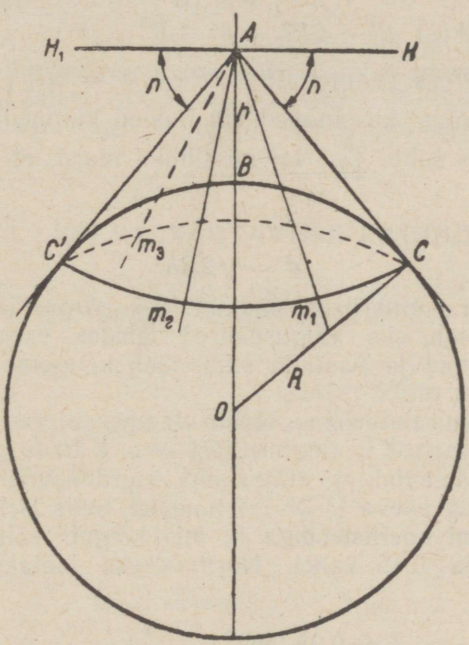
Siirduda rumbide-süsteemilt uuele 360°-süsteemile on kõige parem **järk-järgult, vana horisondi veeranditeks-jagamise teel.**

Näidis 12. Tõeline rumb on NWtW$\frac{3}{4}$W.

Siirame esiteks rumbi NWtW. See on NW-veerandi 5. rumb, temas on $56\frac{1}{4}^0$, ja veel $\frac{3}{4}R$ W-i on $8\frac{1}{2}^0$. Järelikult NWtW$\frac{3}{4}$W = NW $64\frac{3}{4}^0$, uues süsteemis $295\frac{1}{4}^0$.

Näidis 13. Tõeline peilung on SSW$\frac{1}{4}$W.

Rumb SSW on 2. rumb SW-veerandis, temas on $22\frac{1}{2}^0$, lisaks veel $\frac{1}{4}R$ W-i annab $2\frac{3}{4}R$ W-i. Järelikult SSW$\frac{1}{4}$W = SW $25\frac{1}{4}^0$ ehk uues süsteemis $205\frac{1}{4}^0$.



Joonis 10.

§ 12. NÄHTAV HORISONT JA TEMA KAUGUS.

Tõeline horisont, millest oli kõnet eespool, on kujuteldav tasapind, merel nähtavat ringjoont aga, mida mööda meri nagu lõikuks taevavõlviga, nim. vaatleja **nähtavaks horisondiks** ehk **silmapiiriks.**

Kui vaatleja silm on punktis A (joon. 10), $BA = h$ kõrgusel üle merepinna, ja tõmbame punktist A kiirte-koonuse AC, Am_1, Am_2, AC', Am_3 jne., mis puutuvad maapinda, siis selle koonuse puutujatest moodustuv

kõver maakera pinnal on väike ring $Cm_1m_2C'm_3$. See on nn. vaatleja **nähtav horisont,** millel on igal pool ringjoone kuju.

Joon HH_1 on vaatleja tõeline horisont ja nurk $HAC = n$ nähtava horisondi kallakus. Milline on siis nähtava horisondi raadius ehk kui kaugele me näeme merele?

Nähtava horisondi teoreetiliseks kauguseks d (joon. 10) vaatlejale, kelle silm on punktis A, kõrgusel h üle maapinna, nimetatakse sfäärilise raadiuse BC või — kuna maakera raadius R on tohutult suurem silma kõrgusest h — puutuja AC pikkust.

Õigenurksest Δ-st AOC meil on

$$AO^2 = OC^2 + AC^2, \text{ ehk } (R+h)^2 = R^2 + d^2,$$
$$\text{kust } R^2 + 2Rh + h^2 = R^2 + d^2.$$

Koondades R^2-ga saame: $d^2 = 2Rh + h^2 = 2Rh\left(1 + \frac{h}{2R}\right)$.

Kuna h on laeval kas mõned või mõned kümned meetrid, $2R$ aga $12\frac{1}{2}$ tuh. km, siis suhe $\frac{h}{2R}$ on nii tilluke murd, et selle võime jätta arvestamata.

Nii saame, et

$$d = \sqrt{2Rh}.$$

Kuna maakera ümbritseb õhukiht ehk **atmosfäär**, mille tihedus kõrgusega väheneb, siis valgusekiired läbides erisuguse tihedusega õhukihte, murduvad ja vaatleja silm näeb kaugemale, kui sel puhul, kui atmosfääri ei oleks.

Atmosfääri murdmisvõime sõltub temperatuurist, survest, niiskusest, tolmu olemasolust jt. tingimustest — s. t. ta ei saa olla püsiv.

Katsed on näidanud, et atmosfääri murdmisvõime on eriline eri aastaaegadel ning päeva ja öö eri tundidel. Seda iseloomustatakse nn. **maa refraktsiooni koefitsiendiga** k, mis kõigub sõltuvalt atmosfääri seisundist 0,01 ja 0,15 vahel. Normaalseks loetakse koefitsiendi k suurust:

$$k = 0{,}08 \text{ ehk } k = \frac{1}{13},$$

see on siis, kui atmosfääri seisund on peagu tasakaalus.

Kuna refraktsioon suurendab nähtava silmapiiri kaugust, siis tema tõeline kaugus D on suurem teoreetilisest kaugusest d, mida on tõestanud ka katsed, s.t.

$$D = d + kd, \text{ kust } D = (1+k)d.$$

Võttes $k = 1{,}08\ d$, saame

$$D = 1{,}08\ d = 1{,}08\ \sqrt{2Rh}.$$

Kui soovime saada D meremiilides, R ja h aga on meetrites, siis arvutame

$$D = 1{,}08 \sqrt{\frac{2 \cdot 6\,371\,000}{1\,852 \cdot 1\,852}} \sqrt{h_m} = 2{,}08 \sqrt{h_m}. \quad (1)$$

Väljendades R ja h jalgades, saame D meremiilides järgmiselt:

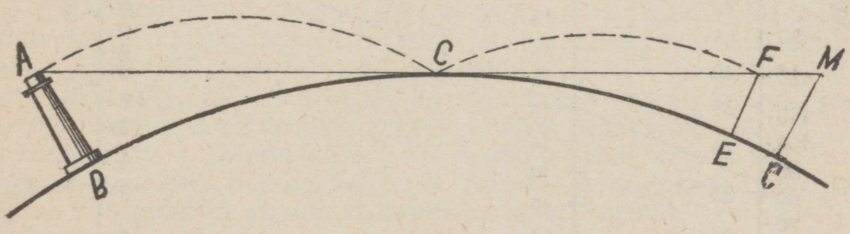
$$D = 1{,}08 \sqrt{\frac{2 \cdot 5\,972{,}15 \cdot 500 \cdot 7}{6\,080 \cdot 6\,080}} \sqrt{h_{jalg}} = 1{,}15 \sqrt{h_{jalg}} \quad (2)$$

Kiireks peastarvutamiseks piisab nähtava horisondi tõelise kauguse ligikaudse valemi meelespidamisest: D meremiilides võrdub ligikaudu **silmakõrguse kahekordse ruutjuurega meetrites** ehk **ruutjuurega silmakõrgusest jalgades**. Nende ligikaudsete arvestuste resultaadid on veidi väiksemad tõelistest.

1933. a. „Meretabelites" leiduvad tabelid 30a ja 30b, kus antakse nähtava horisondi tõelised kaugused meremiilides silma kõrgusele 0 m kuni 5 100 m ja 0 jalast 23 000 jalani. Peale „Meretabelite" annavad horisondi kaugusi veel vene ja inglise tuletornide kirjeldused („Täiendused", § 7).

§ 13. ESEME NÄHTAVUSE KAUGUS.

Igal esemel on oma nähtavuse kaugus, mis vastab tema kõrgusele üle merepinna. Kui meil on käepärast mainitud tabelid ja teame

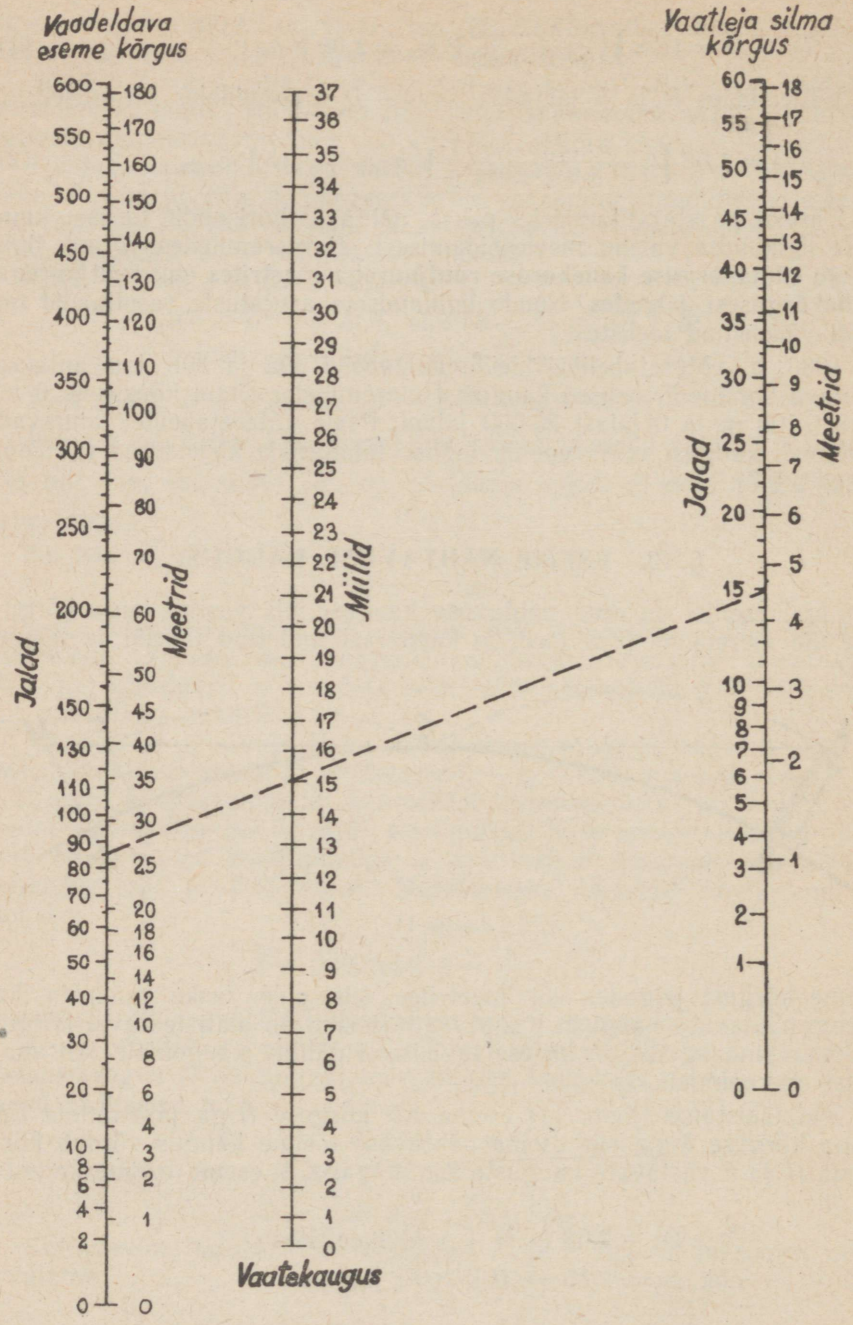


Joonis 11.

eseme kõrgust jalgades või meetrites, siis pole raske määrata ka eseme nähtavuse kaugust. Kuna vaatleja silm on alati teataval kõrgusel merepinnast, siis on ka ese tavalisesti nähtav kaugemalt, kui vaadates merepinnalt.

Kui tähistame (joon. 11) eseme AB kõrguse H-ga ja vaatleja FE silma kõrguse h-ga, siis eseme nähtavuse tõeline kaugus võrdub kõrguste H ja h vastavate kauguste summaga, s. t. eseme tõeline kaugus D on:

$$D_1 = 2{,}08\ (\sqrt{H} + \sqrt{h})\ \text{meetrites}$$
$$\text{ehk } D_1 = 1{,}15\ (\sqrt{H} + \sqrt{h})\ \text{jalgades.}$$


Vaadeldava eseme kõrgus
Jalad
Meetrid
Miilid
Vaatekaugus
Vaatleja silma kõrgus
Jalad
Meetrid

Joonis 12.

Paljudes laevajuhtimise käsiraamatuis — kaartidel, lootsiates — antakse eseme nähtavuse kaugus vastavalt vaatleja silma kõrgusele 5 m. Kui vaatleja silma tõeline kõrgus on teissugune, siis tuleb teha **silma kõrgusele vastav õiendus.**

Olgu näit. silma kõrgus h m, eseme kõrgus H m, käsiraamatus antav nähtavuse kaugus silma kõrgusele 5 m — D ja otsitav kaugus, vastavalt meie silma kõrgusele — D_1. Siis eelöeldu järgi —

$$D = 2{,}08\,(\sqrt{H} + \sqrt{5}) \text{ ja } D_1 = 2{,}08\,(\sqrt{H} + \sqrt{h}),$$

kust $\Delta = D_1 - D = 2{,}08\,(\sqrt{h} - \sqrt{5})$ ehk $D_1 = D + \Delta$.

Vahe

$$\Delta = 2{,}08\,(\sqrt{h} - \sqrt{5})$$

ongi vajalik eseme nähtavuse kauguse õiend.

Kuna

$$2{,}08\,(\sqrt{h} - \sqrt{5}) = 2{,}08\,\sqrt{h} - 2{,}08\,\sqrt{5},$$

siis võib öelda, et otsitav õiend

$$\Delta = 2{,}08\,\sqrt{h} - 2{,}08\,\sqrt{5}$$

on antud silma kõrgusele h ja 5 m kõrgusele vastava nähtava silmapiiri kauguse vahe.

Need kaugused just antaksegi tabelites ja sellepärast on õiendi Δ leidmiseks vaja otsida tabelist nähtava horisondi kaugus antud silma kõrgusele h ja lahutada sellest püsiv suurus $2{,}08\,\sqrt{5} = 4{,}7$ meremiili, s. o. nähtava horisondi kaugus silma kõrgusele 5 m. Leitud õiend Δ jääb kehtivaks nii kauaks, kui püsib vaatleja silma kõrgus üle merepinna. Seda õiendit tuleb kasutada alati laevajuhtimise käsiraamatutes antavate tuletornide, tulede, mägede jm. nähtavuse kauguse õiendamisel.

Õiendusmärk Δ on positiivne, kui $h > 5$ m, negatiivne, kui $h < 5$ m.

Peale 1933. a. „Meretabelite" 30a ja 30b on väga kasulik nähtavuse kauguse leidmiseks hüdrograaf N. N. Struiski nomogramm (joon. 12), mis on koostatud ja arvutatud kasutades sama valemit

$$D = 2{,}08\,(\sqrt{H} + \sqrt{h}),$$

kus H on vaadeldava eseme kõrgus, h — vaatleja silma kõrgus üle merepinna, mõlemad meetrites.

Nii üks kui teine kõrgus, nagu näha jooniselt, antakse nii meetrites kui jalgades, eseme nähtavuse kaugus aga saadakse meremiilides.

Selleks et leida nomogrammi abil eseme nähtavuse kaugus, kui selle kõrgus on teada, vaatleja silma teatava kõrguse tarvis, asetatakse joonlaud nomogrammi parem- ja vasakpoolse joone vastavatele arvudele, mis tähistavad eseme kõrgust ja vaatleja silma kõrgust — siis joonlaua lõikumiskoht nomogrammi keskmise joonega annabki eseme nähtavuse otsitava kauguse.

N. N. Struiski nomogrammi kasutamine on väga lihtne ja selles esinevad esemete ja silma kõrgused on küllaldased tavalise tegeliku vajaduse nõuetele.

Näidis 14. Kaardil on tuletorni nähtavuse kaugus antud 22 miili. Milline on selle tuletorni nähtavuse kaugus silma kõrgusel 17 m?

Tabeli 30b järgi on nähtava silmapiiri kaugus

17 m . . . . . 8,6 miili
5 m . . . . . 4,7 „
Õiend $\Delta = +3{,}9$ miili

Järelikult tuletorni nähtavuse kaugus silma kõrguselt 17 m on:

$$D_1 = 22 + \Delta = 22 + 3{,}9 = 25{,}9 \text{ miili.}$$

Näidis 15. Kaardil antud majaka nähtavuse kaugus on 16 miili. Milliselt kauguselt näeb majakat allveelaev, kus vaatleja silma kõrgus on 10 jalga?

Tabelis 30b on nähtava silmapiiri kaugus

3 m . . . . . 3,6 miili
5 m . . . . . 4,7 „
Õiend $\Delta = -1{,}1$ miili.

Järelikult vaatleja allveelaeval näeb majakat kauguselt

$$D_1 = 16 + \Delta = 16 - 1{,}1 = 14{,}9 \text{ miili.}$$

Näidis 16. Milline on eseme nähtavuse kaugus, mille kõrgus on 86 jalga (26,2 m), silma kõrguselt 15 jalga (4,5 m)?

Kasutame siin N. N. Struiski nomogrammi. Asetame joonlaua vasakul 86 jala, paremal 15 jala kohale ja loeme keskelt vastuse: 15,1 miili.

Selle ülesande lahendus on joon. 12 näidatud punktiirjoonega.

Öösi majakatule nähtavuse kaugus ei sõltu üksi selle kõrgusest üle merepinna, vaid ka valgustusallika jõust ja majakaseadise järgust. Sellepärast on igal majakatulel oma „optiline" kaugus, mida osutataksegi kaartidel[1]). See optiline kaugus võib võrduda tõelise kaugusega, võib olla sellest suurem või väiksem.

Kui tule puhul kõrgusega 75 m on nähtavuse kaugus antud 10 miili, siis on selle majaka tuli nõrk, sest oma kõrguselt ta võiks olla nähtav 18 miili kaugusele. Harilikult majaka seadis ja valgustusallika jõud arvestatakse selliselt, et majaka optiline kaugus vastaks silmapiiri tõelisele kaugusele majakatule kõrguselt.

§ 14. ATMOSFÄÄRILISTE TINGIMUSTE MÕJU.

Kõigis senistes arutlustes nähtava silmapiiri kaugusest ja esemete nähtavusest eeldati, et ilm on selge ja õhk läbipaistev. Kuid merel sageli see ei ole nii ja halva, isegi veidi uduse ilmaga vaatleja silmapiir muutub palju kitsamaks. Silmapiir muutub „lähedamaks", nagu

[1]) Nõukogude kaartidel antakse matemaatiline kaugus, kuid kui optiline kaugus on väiksem matemaatilisest, siis viimase asemel antakse optiline (vt. „Majakate ja majakatulede kirjelduste" eessõna).

öeldakse, ja tema kaugus on palju väiksem tabelis näidatust. Vastavalt väheneb ka esemete nähtavuse kaugus.

Raske on anda mingisuguseid üldreegleid silmapiiri kauguse vähenemise suuruse arvestamiseks halva ilmaga. Siin on tähtsad kogemused, vaist ja hea „meremehe silm". Soovitav on tähelepanelikult jälgida vastutulevaid laevu, kuidas nad nähtavale tulevad: kas on alul näha vaid rangout, või näeme korraga kogu keret; millised rangoudi ja kere üksikosad on nähtavad palja silmaga, millised binokliga jne.

Sõites sombuse ilmaga on soovitav kasutada alati kaugusemõõtjat, mõõtes sellega kiires korras nähtavaletulnud laeva kauguse, millest järeldub ka oma nähtava silmapiiri kaugus.

Märkides loginäidu l_1 vastutuleva laeva ilmumisel ja näidu l_2, kui see laev on meie traaversis, võib nähtava silmapiiri kauguseks võtta

$$D_1 = 2(l_2 - l_1).$$

Selline arvestus annab muidugi vaid „lähedase" silmapiiri ligikaudse kauguse, sest me eeldame, et vastutuleva laeva kiirus on võrdne meie omaga.

Suund vastutulevale laevale määratakse tema **kursinurgaga**, s.o. nurgaga meie laeva diametraaltasapinna ja ilmunud laeva suuna vahel. Kursinurki nimetatakse parema ja vasaku parda järgi ja loetakse ninast ahtri poole, kummaski pardas 0^0 kuni 180^0-ni.

Vahel, erakordselt selge ilmaga ja tasakaalus õhkkonna puhul esemed, eriti majakatuled öösi, ilmuvad nähtavale palju varem, kui seda lubab arvestus. Eriti juhtub seda keerlevate tuledega majakate puhul, mis erakordsetel ilmastikutingimustel on näha poole kaugemale normaalsest. Näit. Arkona majakate tulekuma Läänemeres, Püha Katariina majaka tuli White'i saarel Inglise kanalis, Rachado majaka tuli Malakka väinas jt. on selge ilmaga olnud näha 40—50 miilini, ehkki nende nähtavuse kaugus on kõigest 21—22 miili.

§ 15. HARJUTUSI I PEATÜKILE.

1. Milline on meremiili pikkus meetreis, kui võtta maasferoidi mõõtmeiks Besseli elemendid?

2. Mitu kraadi on rumbis SWtW$\frac{3}{4}$W?

Nimetada rumbid, mis on vastupidised antuile:

3. WNW. 4. SWtS. 5. StO. 6. NOtO$\frac{1}{4}$O. 7. NW$\frac{1}{4}$W. 8. StW$\frac{1}{2}$W. 9. NNW$\frac{1}{2}$W.

Osutada vasakud ja paremad perpendikulaar-rumbid antuile:

10. WtN. 11. SWtW$\frac{1}{2}$W. 12. NNO. 13. WtS. 14. SWtS$\frac{1}{2}$W. 15. SO. 16. S. 17. N. 18. NtO$\frac{1}{2}$O.

Siirda esitatud rumbid arvestusele vana kodariku (0^0—90^0) järgi:

19. StO. 20. SWtW. 21. SSO$\frac{1}{2}$O. 22. WtN$\frac{1}{4}$W. 23. SSW$\frac{1}{2}$W. 24. N$\frac{1}{2}$W. 25. W. 26. SO$\frac{1}{2}$O. 27. OtS$\frac{3}{4}$O. 28. NNW$\frac{1}{4}$W.

Osutada kodarikul 0^0—360^0 rumbid, mis vastavad antuile:

29. SO 63°. 30. SO $12\frac{1}{2}°$. 31. NW 78°. 32. NO $13\frac{1}{2}$. 33. NW 2°. 34. SW $89\frac{1}{2}$. 35. S. 36. SW $55\frac{1}{2}°$. 37. W. 38. NW 41°.

Väljendada esitatud suunad rumbides:

39. 166°. 40. $309\frac{1}{2}°$. 41. $250\frac{1}{4}°$. 42. 78°. 43. 93°. 44. $5\frac{1}{2}°$. 45. $351\frac{1}{2}°$. 46. 253°.

47. Milline on 1000 m kõrguse mäe nähtavuse kaugus, kui vaatleja silm on 17 m üle merepinna?

48. Tuletorn ilmus nähtavale 86 miili kaugusel, kaardil on tema nähtavuse kaugus antud 20 miili. Kui kõrgel on vaatleja silm?

49. Vaatleja silma kõrgusel 15 m majakas tuli nähtavale 22,5 miili kaugusel. Milline on majaka nähtavuse kaugus?

50. Kui kõrge on mägi, kui tema tipp silma kõrgusel 10 m ilmus nähtavale 42 miili kaugusel?

51. Allveelaeva vaatleja, silmakõrgusega 3 m nägi majaka tuld 15 miili kauguselt. Milline on kaardil selle majaka nähtavuse kaugus?

52. Kui palju allveelaeva vaatleja, käigu kiirusel 12 sõlme ja silmakõrgusel 3 m, näeb 21 miili nähtavusekaugusega majakat hiljem kui ristleja vaatleja silmakõrgusega 15 m?

53. Millise laiuste ja pikkuste vahe sooritab ristleja, kui ta siirdub punktist $\varphi_1 = 3°12'S$ ja $\lambda_1 = 178°45'$ Ost punkti $\varphi_2 = 1°42'N$ ja $\lambda_2 = 179°20'$ W?

54. Millise laiuste ja pikkuste vahe sooritas miinilaev, kes tuli punkti $\varphi_2 = 0°17'N$ ja $\lambda_2 = 4°30'$ W punktist $\varphi_1 = 3°41'$ N ja $\lambda_1 = 0°19'$ Ost?

55. Laev tuli punktist $\varphi_1 = 47°40'$ N ja λ_1 175°10'W punkti $\varphi_2 = 48°50'$ N ja $\lambda_2 = 178°16'$ Ost. Millise laiuste ja pikkuste vahe ta sooritas?

56. Punktist $\varphi_1 = 30°12'$ N ja $\lambda_1 = 18°19'$ W laev sõitis 200 miili S-i. Määrata laeva φ_2 ja λ_2.

II peatükk.

SUUNDADE MÄÄRAMINE MEREL.

§ 16. LAEVAJUHTIMINE MUINASAJAL.

Nagu nägime, teades mingi koha tõelist N—S-suunda võib kergesti vastavate rumbidega määrata nii laeva kursid kui esemete peilungid.

Juba vanal muinasajal õppisid inimesed kõige lihtsamatest vaatlustest ja kõige primitiivsemate seadiste abil määrama küllaldase täpsusega tõelise meridiaani suunda kaldal. Nii näit. maa sisse pistetud kepi, nn. **gnoomoni** vari näitab keskpäeval ligikaudselt tõelise N—S-joone suunda.

Merel aga, pealegi liikuval laeval, on võimatu märkida meridiaanijoont, sellepärast toimus meresõit oma algstaadiumil kalda läheduses.

Kuid vaatlustest kaldal muinasaegsed meresõitjad teadsid, et päike on meridiaanil keskpäeval, jälgisid päikest tema liikumise kõrgeima punktini ja pidasid silmapiiri punkti, mis sel hetkel parajasti oli päikese all, tõeliseks S-punktiks, mille järgi sel momendil võidi määrata kõik maailmakaared.

Ööst orienteeruti Põhjanaela järgi, pidades punkti silmapiiril selle tähe all tõeliseks N punktiks.

Jälgides taevakehade tõusu ja loojumist, millede deklinatsioon võrdub 0^0-ga, muinasaja meresõitja võis neil hetkil määrata silmapiiril Ost- ja W-punkti suuna.

Need lihtsad astronoomilised tähelepanekud võimaldasid orienteerumist ka merel, ehkki ainult selge ilmaga. Nende teatmetega riskiti sõita juba ulgumerele.

§ 17. KOMPASSI LEIUTAMINE.

Alles **kompassi** leiutamisega sai meresõitja kindla vahendi orienteerumiseks merel igal hetkel, olgu päeval või ööl, sõltumata ilmastikust.

Vertikaalsel teljel vabalt pöörleva magnetinõela omadust — pidada ükskõik millises kohas maakeral üht ja sama suunda, põhjast lõunasse — teati juba muinasajal. Selline magnetinõel ehk kompass näitab meresõitjale maailmakaared silmapiiril, tema abil võib määrata nii laeva kursi kui laevalt nähtavate esemete peilungid.

On andmeid, et hiinlased tundsid kompassi juba $2\frac{1}{2}$ tuh. a. enne meie ajaarvamise algust ja et seda kasutati teenäitajana suurtes kõrbedes. Alles hiljem, u. 800 a. enne meie ajaarvamist, hakati teda kasutama ka laevades.

Oma esialgsel kujul oli merekompass väike magnetinõel, kinnitatud puu- või korgitükikesele. Kui oli vaja määrata laeva kurssi, siis pandi kork nõelaga veega täidetud nõusse, kus see peale mõningaid võnkumisi jäi püsima meridiaani järgi, näidates, nagu siis arvati, ühe otsaga põhja, teisega lõunasse.

Möödus hulk aastasadu, enne kui hindulaste ja araablaste kaudu kompass sai tuntuks ka Euroopas (XII saj. lõpul), ja sellest ajast, peale hulka täiustusi, ta püsib tänapäevani tähtsaima meresõidu-instrumendina.

Teadet, nagu oleks kompassi leiutanud XIV saj. itaallane Flavio Goia Amalfi linnast, peetakse praegu legendiks. On mõeldav, et Goia tegi merekompassis mingi täiustuse, näit. kas asetas nõela püsivale teljele või kinnitas nõelale kodariku vmss.

§ 18. KAASAEGSED MEREKOMPASSID.

Kaasaegsetel merekompassidel on ühe nõela asemel terve süsteem magnetinõelu 6-, 8- või 12-st **väikemõõdulisest** nõelast, selleks et võiks jätta arvestamata nõela pikkus, võrreldes kompassi kaugusega laeva korpuse lähimaist rauamassidest. Nõelte süsteemi külge on kinnitatud kodarik jaotustega.

Uusimatel kompassidel on kodarik vedelikus — piirituses või petrooleumis, selleks et vähendada võnkumisi laeva õõtsumisel, ja on arvestatud nii, et ta enda võngete aeg oleks palju suurem laeva võngete ajast. Neis süsteemides, kus kodarik asub õhus, katel koosneb kahest katlakesest, mis on üksteise sees ja milledest seesmine, kus on kodarik, ujub vees, mis on valatud välisesse katlasse, sama eesmärgiga — et vähendada kodariku võnkeid õõtsumisel.

Kodariku läbimõõt on 75 kuni 200 või 250 mm. Kompasse nimetatakse nende kodarike diameetri järgi — 75-, 200-millimeetrilisteks jne.

§ 19. MAAKERA MAGNETISM.

Magnetinõela omadus — püüe omada kindlat seisangut tõelise meridiaani suhtes — sõltub maakera magnetilistest tungidest, mis moodustavad **magnetivälja** ja mis mõjutavad iga temas asuvat rauda (magnetiväljaks nim. ruumi, milles on märgata magnetiliste tungide mõju). Nende tungide mõju esineb nii maakera pinnal kui ka sügavates kaevustes ja suurimais saavutatud kõrgustes.

Mis põhjustab magnetivälja, on seni lõplikult selgitamata. Ühed seletavad seda maakera sügavustes ladestuvatest rauamassidest ja magnetilistest kivimitest, mis omandasid oma magnetismi ajastul, millal kujunes maakera koor, ja on säilitanud osa magnetismist käesoleva ajani. Teised seletavad seda elektrivoolude süsteemist, mis kulgevad maakera atmosfääris. Viimasel ajal seletatakse maakera magnetilisi omadusi maa pöörlemisest ümber oma telje.

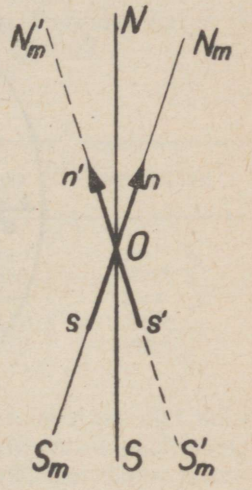
Kas seletada nii või teisiti, magnetivälja me kasutame merekompassi ehitamiseks. Maakera magnetivälja, nagu iga teist välja, iseloomustab igas tema punktis tungi suund ja pinge.

Magnetinõel, mis pöörleb vertikaalsel teljel, asetub antud kohal mõjuva magnetitungi tasapinda. Vertikaalset tasapinda, mis läbib

magnetinõela telge, s.o. kujuteldavat joont, mis ühendab nõela pooluseid, nimetatakse **magnetimeridiaaniks.** Nii asetseb magnetinõel kaldal alati magnetimeridiaani tasapinnas.

Nurka, mille moodustab magnetimeridiaan koha tõelise meridiaaniga, nim. **variatsiooniks.** Kui (joon. 13) joon NS on vaatleja tõeline meridiaan, joon N_mS_m aga magnetimeridiaan, siis nurk NON_m on magnetinõela ns-variatsioon. Kui magnetinõela N-ots kaldub paremale või Osti tõelisest meridiaanist, nimetatakse seda Osti-variatsiooniks ja tähistatakse märgiga +, kui aga ta kaldub vasakule ehk Westi, siis see nõela $n's'$-kalle on Westi-variatsioon ja tähistatakse miinusega (—). Nurka tõelise ja magnetimeridiaani vahel loetakse alati tõelisest N-st magnetilise N_m poole, Osti või Westi, 0^0 kuni 180^0.

Järelikult, kui magnetimeridiaan asetseb tõelise meridiaani NS suhtes asendis $N_m S_m$, siis on variatsioon Ost, kui aga asendis $N'_m S'_m$, siis W. Leningradis on praegu variatsioon u. $3\frac{1}{2}^0$ Ost, Läänemere SW-osas aga u. 9^0 W.



Joonis 13.

Kui võtta magnetinõel, mis pöörleb horisontaalse telje ümber, siis magnetimeridiaanil ta moodustab teatava nurga. Seda nurka horisontaaltasapinna ja magnetinõela telje vahel nim. **kallakuseks** ehk **inklinatsiooniks.** Leningradis on see u. 72^0, kusjuures magnetinõela N-ots kaldub allapoole.

Kõik punktid maakera pinnal, kus kallakus võrdub 0^0-ga, asetsevad **magnetilisel ekvaatoril,** mis on ebakorrapärane ringjoon ega ühtu geograafilise ekvaatoriga, kuid lõikub sellega kahes punktis. Neid kohti maakeral, kus kallakus on 90^0, kus magnetinõel asetub vertikaalselt, nim. **maakera magnetilisteks poolusteks.**

Maakera magnetilise tungi täielikku suurust antud kohas nim. maakera magnetismi **pinevuseks.** Maa magnetilise välja pinevus on suurim polaarmaades, väheneb ekvaatori poole ja ekvaatoril on minimaalne.

Variatsiooni, inklinatsiooni ja pinevust nimetatakse **maakera magnetismi elementideks.**

§ 20. KOMPASSI VARIATSIOON.

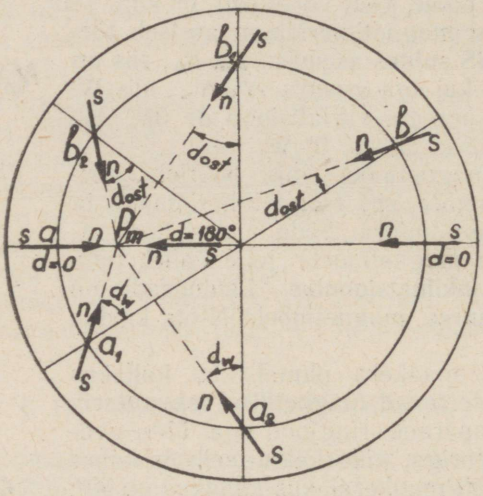
Kõige olulisema tähtsusega meremehele on variatsioon, sest kompassi kasutamisel merel orienteerumiseks tuleb sellega alati arvestada.

Praegusel ajal on variatsioon kindlaks määratud paljudes maakera kohtades ja valmistatud erilised magnetilised kaardid, kus sama variat-

siooni suuruse ja märgiga kohad on ühendatud kõverjoontega. Neid kõveraid nimetatakse **isogoonideks** — võrdsete variatsioonide joonteks.

Isogoonide kaart näitab, et suuremal osal maapinnal — kogu Vaikses ookeanis, peagu kogu Aasias ja osas India ookeanis — on Ost-variatsioon, Atlandi ookeanis, suures osas India ookeanis ja suures ovaalis Jaapani ja Ohhoota mere juures — W-variatsioon.

Ost- ja W-variatsiooni ala eraldavad kõverjooned, milledel igal pool on variatsioon 0^0, s.t. magnetiline meridiaan ühtub tõelisega. Neid kõveraid nimetatakse **agoonideks.** Üks agoone läbib Soome lahte, Musta merd, India ookeani, teine kulgeb mööda Ameerika idakallast, kolmas mööda Aasia rannikut.



Joonis 14.

Kõik isogoonid ühtuvad neljas punktis — kahel magnetilisel ja kahel geograafilisel poolusel. Üks magnetilistest poolustest asub P.-Ameerika arhipelaagis, $\varphi = 70^0$N ja $\lambda = 95^0$W (R. Amundseni määramise järgi 1903.—1905. a.), teine on lõunapoolkeral, Austraaliast Süüdi, Antarktikas, $\varphi = 72^0 25'$S ja $\lambda = 154^0$Ost (Shackletone'i määramise järgi 1907.—1909. a.).

Kuna magnetilised poolused ei ühtu geograafilistega, siis variatsioonil võivad olla igasugused suurused $+180^0$-st kuni -180^0-ni. Kui liigume isogooni mööda, siis on meil alati sama variatsioon; liikudes aga mööda tõelist meridiaani, me läbime erisuguse variatsiooniga punkte.

Kui P (joon. 14) on geograafiline poolus, P_m aga magnetiline, siis vaatleja liikumisel punktist a punktidesse a_1, a_2 ... jne., magnetinõel ns moodustab üha suurema ja suurema nurga tõelise meridiaaniga, s. t.

W-variatsioon lähenedes 180°-le üha kasvab, kuni vaatleja saabub joonele PP_m.

Vastupidi, lähenedes joonele PP_m läänest, on meil Ost-variatsioon punktis b_1 suurem kui punktis b, b_2-s suurem kui b_1-s jne.

Kui meresõitja jõuab lõpuks samale joonele PP_m, võrdub variatsioon jälle 180°-ga.

§ 21. VARIATSIOONI AJALINE MUUTUMINE.

Korduvad vaatlused maakera ühel ja samal kohal on näidanud, et variatsioon, nagu kõik teisedki maamagnetismi elemendid, muudab ajaga oma suurust.

Kõige kauemat aega on vaadeldud variatsiooni Pariisis. Tabel 5 annab Pariisi variatsiooni suurused mitmesuguseilt aastailt.

Tabel 5. Variatsiooni suurus Pariisis.

Aasta	Variatsioon	Aasta	Variatsioon	Aasta	Variatsioon
1541	+ 7°0′ Ost	1680	— 2°45′ W	1848	— 20°41′ W
1578	+ 9°3′ „	1710	— 10°50′ „	1880	— 16°52′ „
1622	+ 6°0′ „	1740	— 15°30′ „	1900	— 14°44′ „
1634	+ 4°16′ „	1770	— 19°50′ „	1917	— 13°30′ „
1664	0°0′ „	1814	— 22°34′ „	1926	— 11°40′ „

Tabelist nähtub, et Ost-variatsioon Pariisis 1541. aastast alul suurenes, s.t. nõela N-ots üha kaugenes Osti tõelise meridiaani tasapinnast, hakates hiljem sellele jälle lähenema. 1664. a. magnetimeridiaan ühtus tõelisega, siis aga nõela N-ots hakkas kalduma tõelisest meridiaanist Westi, saavutas selles maksimumi 1814. a., mille järele hakkas jälle vähenema. Ilmsesti on siin tegu perioodilisusega. Selle perioodi täit pikkust määratakse ligikaudselt 450—550 aastale.

Seoses nende sajanditepikkuste muutustega variatsioonis märgatakse kohamuutmist ka maa magnetilistel poolustel P (joon. 15), mis nähtavasti sama perioodi kestel tõmbavad geograafilise pooluse P_m ümber kõvera $P_m^{I}\ P_m^{II}\ P_m^{III}\ P_m^{IV}$.

Need sajandilised muutused variatsioonis ei toimu igal pool ühe ja sama kiirusega. Variatsiooni aastane muutus kõigub, sõltuvalt koha asendist maakera pinnal, 0′-st kuni ±9′-ni.

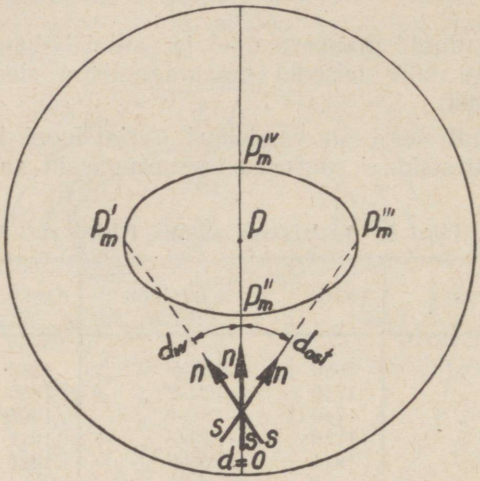
Kui variatsioon ajaga muutub, siis peab meremees peale variatsiooni suuruse ja nimetuse teadma veel aastat, millesse kuulub antav variatsioon, ja selle suurenemise või vähenemise aastasuurust.

Kuna magnetilised kaardid ja laevajuhtimise käsiraamatud annavad andmeid variatsiooni kohta enamasti eelmistest aastatest, siis on vaja see variatsioon, kasutades selle aastase muutuse suurust, kohandada enne merelsõitmise aastaga ja alles siis seda arvestada.

Näidis 17. Variatsicon 13°W kuulub a. 1928; aastane vähenemine on 5'. Kohandada variatsioon laeva sõitmiseaastale 1936.

Ajavahemik 1936—1928 = 8 a.

$8 \times 5' = 40' = \frac{3}{4}^0$. Siit oleks variatsioon a. 1936: $(13^0 - \frac{3}{4}^0)W = 12\frac{1}{4}^0W$.



Joonis 15.

Näidis 18. Kaardil antav variatsioon kuulub a. 1930 ja on 8°Ost. Tema aastane suurenemine on 8'. Kohandada variatsioon a. 1938.

Variatsioon a. 1930 on	8°Ost
Muutus 8 a. kestel: $8 \times 8' = 64'$	1°Ost
Variatsioon a. 1938 on	9°Ost.

Peale sajanditepikkuste variatsiooni muutuste on veel teisigi kõikumisi, näit. ööpäeva kestel, kuid need muutused keskmistes ja väikestes laiustes ei ole navigatsiooniliselt kuigi suure tähtsusega.

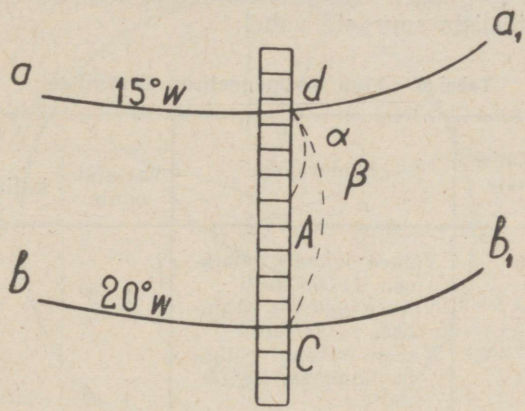
§ 22. MAGNETILISTE KAARTIDE KASUTAMINE.

Laeva edasiliikumisega muutub tavalisesti ka kompassi variatsioon. Selleks et teada, kui ruttu see muutub, tuleb vaadata käesoleva mere isogoonide kaarti ja jälgida laeva kurssi isogoonide suhtes: kui kurss on paralleelne isogoonidega, siis variatsioon ei muutu, on ta aga perpendikulaarne, siis muutub kõige kiiremini.

Selleks et leida isogoonide kaardilt variatsiooni suurus, tuleb millimeetriteks jaotatud joonlaud asetada perpendikulaarselt isogoonidele, millede vahel laev on, ja vaadata, millise osa isogoonide vahemaast moodustab laeva kaugus lähema isogoonini. Kui laeva asukoht A (joon. 16) on näit. isogoonide aa_1 ja bb_1 vahel, variatsiooniga 15°—20°W, siis mõõtes kauguse $Ad = \alpha$ mm ja kogu vahemaa isogoonide vahel $Cd = \beta$ mm, leiame, et koha A variatsioon on:

$$\left[15^0 + 5^0 \frac{\alpha}{\beta}\right] W.$$

Edasi vaja saadud variatsiooni suurus ümber arvutada käesolevale aastale, vastavalt tema aastamuutusele, mille kohta leiame andmed isogoonide kaardile lisatud tabelist või väikeselt eri kaardilt.



Joonis 16.

Variatsiooni leiame mitte ainult isogoonide kaartidelt, vaid kõigi navigatsiooniliste merekaartide vastavatest kohtadest; selle muutuse aastasuurus antakse aga tavalisesti kaardi päistiitli juures.

Variatsioon võetakse kaardilt silma järgi ligikaudselt kuni $\frac{1}{4}^0$, seilelt mere osalt, kus laev sõidab. Vastavalt isogoonide suundadele, mis on leida käesoleval magnetikaardil, tuleb aeg-ajalt muuta kaardilt saadud variatsiooni. Ainult kui laev sõidab isogooni mööda, jääb variatsioon püsivaks ja seda pole vaja muuta.

§ 23. VALITUD VARIATSIOONI USALDATAVUS.

Leidnud otsitava variatsiooni suuruse, ei pea arvama, et see tingimata vastab koha tõelisele variatsioonile. Asi seisneb nimelt selles, et magnetilised elemendid ei ole veel määratud kõigis maakera punktides ja et isogoonid kaardil on vaid ligikaudsed kõverjooned, mis ei kujuta

täpselt variatsiooni olukorda. Enamik magnetilisi kaarte on tehtud vanade vaatluste põhjal, kui magnetilised seadised olid algelisemad ja vaatlusmeetodid vähem täpsed kui käesoleval ajal.

Kui tuleb arvutada variatsiooni muutust pikema aja eest ja ebatäpsed on nii lähteaasta variatsioon kui aastase muutuse suurus, siis seda ebatäpsem on saadud resultaat.

Märgatud erinevused kaardilt-saadavate ja variatsiooni tõeliste suuruste vahel andsid tõuget Carnegie-nimelisele instituudile Ameerikas magnetilise kaardistamise korraldamiseks kõigis ookeanides, erilaevadel, mis olid ehitatud eranditult puust, pronksist ja antimagnetilistest sulamitest. Alates 1905. a. kaks selle instituudi jahti — „Galilei" ja „Carnegie" — on sõitnud mööda kõiki ookeane üle 200 000 miili ja määranud paljudes kohtades maakera magnetismi elemendid. Nende laevade tööst ilmnevad järgmised lahkuminekud magnetiliste elementide kaartidel-antud ja tõeliste suuruste vahel:

Tabel 6. Vigu maamagnetismi elementides.

Laev	Sõitmise aasta	Sõidurajoon	Vead		
			variatsioonis	kallakuses	horis. tungis
„Galilei"	1905	Vaikse ookeani põhjaosa, 11 000 miili . .	1—2°	1°	> 4%
„	1906	Vaikse ookeani põhjaosa, 15 000 miili . .			
„	1907—08	Vaikse ookeani põhja- ja lõunaosa, 35 000 miili	1—5°	kuni 3°	4%
„Carnegie"	1909—10	Atlandi ookeani põhjaosa	u.1°	kuni $1\frac{1}{2}$°	kuni 10%
„	1910—12	Atlandi ookeani põhja- ja lõunaosa, India ookean	—	—	—
„		Vaikse ookeani lõuna- ja põhjaosa, 92 000 miili	$1\frac{1}{2}$°	2°	3—4%

Järelikult, magnetilistelt kaartidelt saadavaid variatsiooni suurusi ei tule pidada absoluutselt täpseiks. Neis tuleb alati oletada teatavat väikest viga, mida võimatu on arvestada.

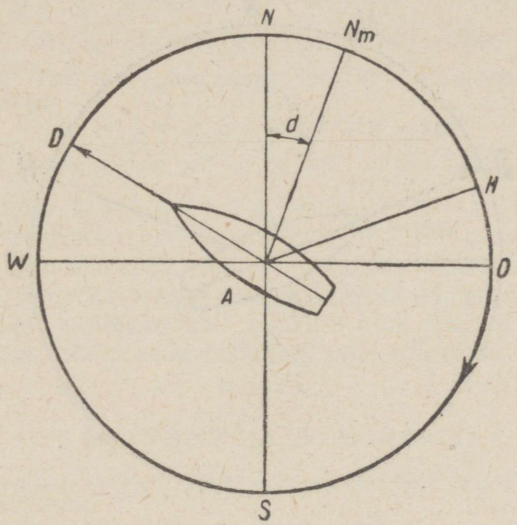
§ 24. MAGNETILISED ANOMAALIAD JA TORMID.

Mõningais meredes leidub kohti, millede magnetiline variatsioon järsult erineb ümbritsevate kohtade omast. Näit. Soome lahes, 5—6 miili Jussarö majakast on variatsioon merel $3\frac{1}{2}$°—4°W, majaka juures ja saarel endal aga variatsioon muutub $109\frac{1}{4}$° W kuni $176\frac{1}{2}$° Ost.

Sellist magnetilise variatsiooni järsku hälvet nimetatakse **magnetiliseks anomaaliaks.** Selliseid anomaaliaid leidub paljudel meredel, näit. Narva lahes, Bornholmi saare juures, Kola lahe suus, Odessa läheduses jm.

Magnetiliste anomaaliate kohad ümbritsetakse kaartidel punktiirjoonega ühes vastava pealkirjaga [1]). Meresõitja peab võimalust mööda vältima selliseid kohti, kuna kompass neis näitab ebaõigelt.

Vahel esineb ka äkilisi ja järske variatsioonimuutusi, mis kestavad mõni tund ja isegi vähem, mida nim. **magnetilisteks tormideks.** Magnetinõel hälbib järsult oma normaalseisangust mõne kraadi võrra ja naaseb mõne aja pärast jälle magnetilisele meridiaanile. See nähtus esineb polaarmaades intensiivsemalt kui ekvaatori läheduses. Sagedam on



Joonis 17.

see nähtus äikese ja virmaliste ajal. Oletatakse, et magnetitormid on seoses päikese elektromagnetilise tegevusega.

Sellepärast, kui on põhjust oletada magnetilise tormi võimalust, tuleb hoolega jälgida kompassi, et õigel ajal märgata kodariku järsku hälvet ja mitte pidada seda kursi muutumiseks.

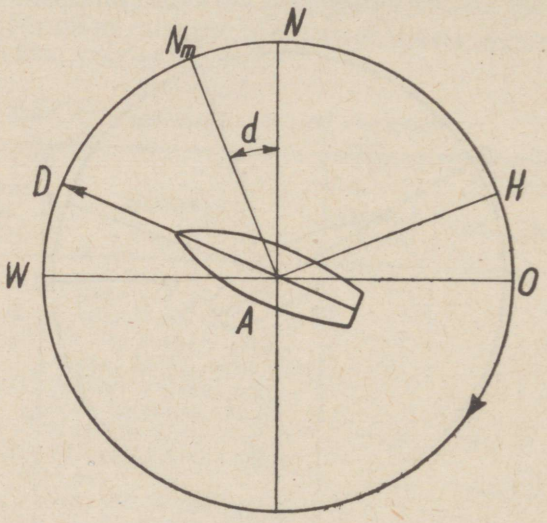
§ 25. MAGNETILISED RUMBID, KURSID JA PEILUNGID.

Kui on teada antud koha variatsioon, siis teame sellega magnetilise N_m seisangut tõelise N seisangu suhtes. Orienteerudes magnetinõela abil, võime määrata ka kõik teised suunad tõelise meridiaani suhtes.

[1]) Uutel kaartidel anomaaliate piir märgitakse pideva joonega.

Iga suunda, mida arvame suhteliselt magnetimeridiaanile, ehk nurka ükskõik millise suuna ja **magnetimeridiaani** vahel, nimetatakse **magnetirumbiks.** Nurka aga magnetilise N-tasapinna ja laeva diametraaltasapinna vahel, arvates N_m-st **paremale kellaosuti liikumise suunas,** nim laeva **magnetikursiks.** Nurka magnetilise N- ja antud eset läbiva vertikaaltasapinna vahel nim. eseme **magnetipeilungiks.**

Näit. (joon. 17), kui $N_m A$ on magnetimeridiaani asend, siis nurk $N_m OSWD$ on laeva magnetikurss, $N_m AK$ aga eseme K magnetipeilung. Olgu NS vaatleja tõeline meridiaan, $NAN_m = d$ aga kompassi variatsioon, käesoleval juhul Ost. Joonisest nähtub, et kui magnetikurss on



Joonis 18.

nurk $N_m OSWD$, siis tõeline kurss $NOSWD$ on nurga $NAN_m = d$ võrra magnetikursist suurem. Järelikult Ost-variatsiooni puhul tõeline kurss = = magnetikurss + variatsioon.

Kui meil on aga W-variatsioon (joon. 18) nurgaga $NAN_m = d$, siis laeva tõeline kurss $NOSWD$ on variatsiooni NAN_m võrra väiksem magnetikursist $N_m OSWD$, s.t. $NOSWD = N_m OSWD - d$.

Selviisil, lisades alati **Ost-variatsioonile märgi** + ja **W-variatsioonile märgi —,** võib öelda, et **Ost-variatsiooni puhul tõeline kurss on alati suurem magnetilisest** ehk on **magnetikursi ja variatsiooni summa, W-variatsiooni puhul aga magnetikursist väiksem** ehk on **magnetikursi ja variatsiooni vahe.**

Järelikult, **magnetikurss on Ost-variatsiooni puhul alati väiksem tõelisest** ehk **on tõelise kursi ja variatsiooni vahe, W-variatsiooni puhul aga tõelisest kursist suurem** ehk **tõelise kursi ja variatsiooni summa.**

Niiviisi, lisades alati **Ost-variatsioonile märgi** + ja **W-variatsioonile märgi** —, võime öelda, et **tõeline kurss on magnetikursi ja variatsiooni algebraline summa,** ja **magnetikurss — tõelise kursi ja variatsiooni algebraline vahe.**

Samale reeglile alluvad, nagu nähtub joon. 18 ja 19, ka eseme K peilungid:

$$\text{tõeline peilung} = \text{magnetipeilung} + d,$$
$$\text{magnetipeilung} = \text{tõeline peilung} - d.$$

Näidis 19. Laeva tõeline kurss (T. K.) = 113°, variatsioon $d = -5°$. Leida magnetikurss (M. K.).

$$\text{M. K.} = \text{T. K.} - d = 113° - (-5°) = 118°.$$

Näidis 20. Eseme magnetipeilung on 338°, variatsioon $d = +8°$. Leida eseme tõeline peilung.

$$\text{T. P.} = \text{M. P.} + d = 338° + 8° = 346°.$$

Näidis 21. Eseme tõeline peilung on 226°, magnetipeilung aga 229°. Leida variatsioon.

Kuna $\text{T. P.} = \text{M. P.} + d$, siis $d = \text{T. P.} - \text{M. P.}$
Järelikult $-d = 226° - 229° = -3° = 3°\text{W}$.

Selviisil võib alati, kas joonise või märkide abil, teades magnetirumbi ja variatsiooni, leida ka tõelise rumbi. Sellepärast, kui on teada variatsioon, võib kaldal kompassi abil määrata kõik suunad vaatleja tõelise meridiaani suhtes, ehkki seda millegagi pole märgitud.

§ 26. VANA KAAREKODARIK.

Vana, veeranditeks jagatud kaarekodariku ajal, olid rumbide ümberarvutused ja õiendused keerulisemad.

Sellel kodarikul vaid NO- ja SW-veerandi jaotused suurenevad kellaosuti suunas, SO- ja NW-veerandil aga vastupidi, ja sellepärast esitatud rumbide ümberarvutamise reegel on vana kodariku puhul rakendatav vaid NO- ja SW-veerandi rumbides. Sellepärast kõikidele NO- ja SW-veerandi rumbidele lisatakse märk +, SO- ja NW-veerandi rumbidele aga vaja lisada märk —, et esitatud reegel oleks kehtiv ka vana kaarekodariku puhul.

Näidis 22. Tõeline kurss on NO 33°, variatsioon $d = +5°$. Leida magnetikurss.

$$\text{M. K.} = \text{T. K.} - d = +33° - 5° = +28° = \text{NO } 28°.$$

Näidis 23. Magnetikurss on SO 41°, variatsioon $d = -8°$. Leida tõeline kurss.

$$\text{T. K.} = \text{M. K.} + d = -41° - 8° = -49° = \text{SO } 49°.$$

Näidis 24. Eseme tõeline peilung on SW 14°, variatsioon $d = -5°$. Leida M. P.

$$\text{M. P.} = \text{T. P.} - d = +14° - (-5°) = +14° + 5° = +19° = \text{SW } 19°.$$

Näidis 25. Eseme magnetipeilung on NW 88°, variatsioon $d = -10°$. Leida T. P.

$$\text{T. P.} = \text{M. P.} + d = -88° + (-10°) = -98° = \text{NW } 98° = \text{SW } 82°.$$

Näidis 26. Eseme tõeline peilung on NO 3°, variatsioon $d = +8°$. Leida M. P.

$$M.\ P. = T.\ P. \ -d = +3° - 8° = -5° = NW\ 5°.$$

Näidis 27. Tõeline peilung on NW 13°, magnetipeilung NW 14°. Milline on variatsioon?

$$d = T.\ P. - M.\ P. = -13° - (-14°) = -13° + 14° = +1° = 1°Ost.$$

Näidis 28. Magnetipeilug on SW 88°, tõeline peilung NW 89°. Leida variatsioon d.

$$d = T.\ P. - M.\ P. = -89° - 88° = -177° = +3° = 3°Ost.$$

Vajadus meeles pidada ja arvestada peale variatsioonimärkide veel kompassiveerandite märke ja võimalus eksida siirdumisel ühelt veerandilt teisele — olidki vana süsteemi peasobimatuseks tema kodariku jaotusel veeranditeks ja põhjustasid tema asendamist lihtsama 360-kraadilise kodarikuga.

§ 27. KOMPASSI DEVIATSIOON.

Suuna määramist merel kompassi abil raskendab veel see asjaolu, et terasest laevas kompassinõel ei asetu mitte magnetimeridiaani, vaid mingisuguse teise, nn. **kompassi-meridiaani** suunas. Seda viimast määrab vertikaaltasapind, mis läbib laeva kompassi magnetinõela telge selle tasakaalu-seisundis. Nurka magneti- ja kompassimeridiaani vahel nim. **kompassi deviatsiooniks.**

Deviatsiooni põhjuseks laeval on selle metallkere raua või terase magnetiline mõju. Maa magnetilised tungid, mis määravad magnetinõela suuna, magnetiseerivad ühtlasi ka laeva teraskeret, nii et see ise muutub otsekui magnetiks ja mõjutab kompassi, viies selle nõela kõrvale magnetimeridiaanist. Seda laevakere halba mõju kompassile, mis on üsna nõrk puulaevades, kus rauda esineb vaid mõnesuguste kinnitiste, kahurite, ankrute jne. kujul, märgati esmakordselt purjelaevanduse ajastul XVIII s. lõpul, kuid järsult ta andis end tunda raudlaevade ilmumisega XIX s. alul.

Paljude raudlaevade hukkumise põhjusi ei saadud teisiti rahuldavalt seletada, kuni ei hakatud arvestama laevakere hälvitavat mõju kompassinõelale. Praegusel ajal on deviatsiooninähtus paljude väljapaistvate teadlaste uurimistööde tulemusena küllaldaselt teoreetiliselt selgitatud ja leitud usaldusväärsed võtted selle pahe võimalikuks vähendamiseks.

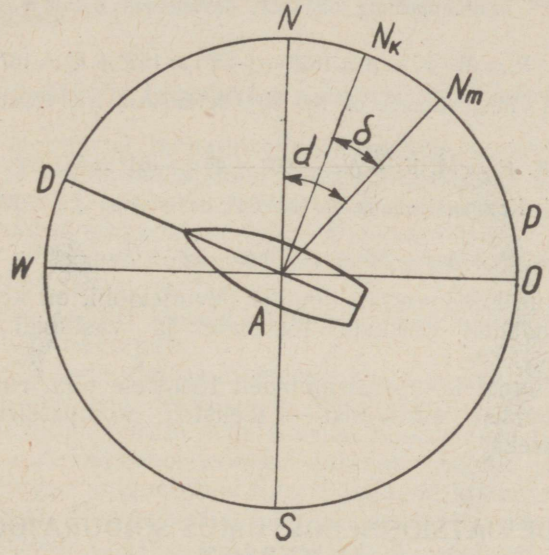
Laevakeres tekkivate magnetiliste tungide teoreetiline uurimine, „deviatsiooni hävitamiseks" kasutatavate vahendite käsitlemine ja selle töö sooritamise meetodid esinevad laevajuhtimise eri osas, mida nimetatakse „kompassi deviatsiooni teooriaks". Käesolevas raamatus piirdutakse osutamisega selle nähtuse iseärasustele, mis on tähtsad tõeliste suundade arvestamisel kompassi järgi, ja lihtsamate võtetega deviatsiooni määramiseks vaatluste alusel.

§ 28. KOMPASSIRUMBID, -KURSID JA -PEILUNGID.

Kui deviatsioon antud kursil on teada, siis on teada ka kompassi N_k asend magnetilise N_m suhtes. Kõik suunad, mida määratakse N_k suhtes, omavad **kompassirumbide** nimetust.

Kui näit. diameeter NS (joon. 19) on vaatleja tõeline meridiaan, siis nurk $NAN_m = d^0$ on variatsioon, käesoleval juhul Ost, nurk N_mAN aga on δ — deviatsioon, ja nimelt W.

Nurk N_kOSWD kompassimeridiaani ja laeva diametraaltasapinna vahel moodustab **laeva kompassikursi.** Nurk N_kAP kompassimeridiaani



Joonis 19.

ja mingisugust eset P läbiva vertikaaltasapinna vahel on eseme P **kompassipeilung.**

Kompassirumbid, -kursid ja -peilungid, nagu tõelised ja magnetilisedki, arvatakse N_k-st üle Ost_k, S_k ja W_k, s. o. kellaosuti järgi 0^0—360^0.

Kui deviatsioon on teada, siis siirdumine kompassirumbilt magnetilisele toimub samuti kui magnetiliselt tõeliselegi. Joonis 19 ja sarnased joonistele 17 ja 18 näitavad, et Ost-deviatsioonil magnetirumbid on suuremad kompassirumbidest s.t.

magnetirumb = kompassirumb + deviatsioon, ja järelikult
kompassirumb = magnetirumb — deviatsioon.

W-deviatsiooni puhul on magnetirumbid väiksemad kompassirumbidest, s.t.

magnetirumb = kompassirumb — deviatsioon,
kompassirumb = magnetirumb + deviatsioon.

Kui seejuures Ost-deviatsioonile lisame alati märgi + ja W-deviatsioonile märgi —, siis teiste sõnadega:

magnetirumb on kompassirumbi ja deviatsiooni algebraline summa, kompassirumb on magnetirumbi ja deviatsiooni algebraline vahe.

Näidis 29. Kompassikurss on 310°, deviatsioon $\delta = +8^{\circ}$. Leida magnetikurss.

$$M.\ K. = K.\ K. + \delta = 310^{\circ} + 8^{\circ} = 318^{\circ}.$$

Näidis 30. Magnetipeilung on 162°, deviatsioon $\delta = 5^{\circ}W$. Leida kompassipeilung.

$$K.\ P. = M.\ P. - \delta = 162^{\circ} - (-5^{\circ}) = 162^{\circ} + 5^{\circ} = 167^{\circ}.$$

Näidis 31. Magnetikurss on SO 60°, deviatsioon $\delta = 4^{\circ}Ost$. Määrata kompassikurss.

$$K.\ K. = M.\ K. - \delta = -60^{\circ} - 4^{\circ} = -64^{\circ} = SO\ 64^{\circ}.$$

Näidis 32. Kompassipeilung on NW 34°, deviatsioon $\delta = 6^{\circ}W$. Leida magnetipeilung.

$$M.\ P. = K.\ P. + \delta = -34^{\circ} + (-6^{\circ}) = -34^{\circ} - 6^{\circ} = -40^{\circ} = NW\ 40^{\circ}.$$

Teades antud koha variatsiooni ja deviatsiooni, on kerge kompassi osutatud suundadelt siirduda tõelistele ja vastupidi (pikemalt vt. § 35—36).

Sellist siirdumist kompassirumbidelt tõelistele nim. **rumbide õiendamiseks,** vastupidist siirdumist — tõelistelt kompassirumbidele nim. **rumbide siirmiseks.**

§ 29. DEVIATSIOONI SÕLTUMUS SÕIDURAJOONIST JA KURSIST.

Kompassi deviatsiooni olemasolu sunnib tõeliste rumbide, peilungite ja kursside leidmiseks peale variatsiooni arvestama ka deviatsiooni. Kuid deviatsioon ei ole alati üks ja sama: ta muutub nii sõidukoha kui ka laevakursi järgi.

Maakera magnetitungi mõjul laevakere ise muutub ka magnetiks. Selle küsimuse üksikasjalikum uurimine on näidanud, et maakera magnetitung magneedib laevakeret omas suunas, s.t. kui magnetitung (mis tegutseb alati magnetimeridiaani suunas) tungib läbi laeva ahtrist ninasse, siis ninaosas tekib põhjapoolkeras N-, ahtriosas S-magnetism. Tähendab, kui laeva ehitati ninaga magnetilise N poole, siis temas tekkis juba ehitamise ajal ninaosas N- ja ahtriosas S-nimeline magnetism. Kui laeva ehitatakse ninaga magnetilise W poole, siis tema paremal pardal tekib N-, vasakul aga S-poolus jne.

Oma järgnevas teenistuses laev osalt kaotab ehitamise ajal saadud magnetismi, osalt omandab uut kohaliku maamagnetismi mõjudest jm. põhjustel. Kuna aga maa magnetitung on maakera eri kohtades erinev nii oma suuruselt (pingelt) kui suunalt (variatsioonilt), siis ka tema mõju laevakerele on neis kohtades erisugune, erisugune on ka kere tekitatav deviatsioon.

Ka samal kohal võib deviatsioon sõltuda kursist, sest muutes kurssi laeva diametraaltasapind moodustab mitmesuguseid nurki koha magnetimeridiaaniga, milletõttu maakera magnetitung, mis mõjutab alati magnetimeridiaani suunas, läbib laeva eri suundades, tekitab laevas erisugust magnetismi paigutust, erisugust mõju laeva kompassile, erisugust deviatsiooni.

§ 30. DEVIATSIOONI HÄVITAMISE MÕISTE.

Kaasaegsetel suurtel lahingulaevadel, millede keredes on tohutud massid terast ja rauda, deviatsioon küünib mõnel juhul kuni 50° ja 60° ja rohkem. Mõnedel eriti ebasoodsatel tingimustel võivad laevakerest lähtuvad häirivad tungid olla suuremad maamagnetismi tungist ja kompass sel puhul ei tegutse üldse. Sellised tingimused võivad tekkida laevade keskpostidel, rooli- ja lahingukambrites. Sellistel juhtudel tuleb magnetikompassi asemel kasutada hoopis teistel alustel tegutsevaid kompasse (näit. girokompass).

Kuna merel suurte deviatsioonidega sõita ei saa, siis tuleb enne väljasõitu nagu öeldakse, deviatsioon „hävitada", s. t. nõrgendada laevakere häirivat mõju, piirata selle suurust minimaalse määrani.

Seda tehakse deviatsiooni teoorias antavate reeglite järgi, mis kõik laevakerest sõltuvad magnetilised tungid jagavad kolmeks: **piki-, põiki- ja vertikaaltungid.** Kompassialusele (majakesele) kinnitatakse mitmesuguseid deviatsiooni „hävitajaid": väljastpoolt — pehmet rauda (gaasitorude lõigud, kangikesed, kuulid, plaadid), seestpoolt — piki-, põiki- ja vertikaalmagneteid. Neid „hävitajaid" tuleb võtta sellisel hulgal ja nad selliselt paigutada, et nende kogumõju kompassile iga kursi puhul oleks võrdne laevakere magnetilise mõjutusega, ainult vastupidises suunas.

On arusaadav, et ilma vastutava tüürimehe loata ei tohi neid „hävitajaid" puudutada ega nende asukohta muuta, sest sellega me häiriks sooritatud „hävitamist" ja muudaks kompassi näidud ebaõigeks.

§ 31. DEVIATSIOONI MÄÄRAMINE.

Deviatsiooni hävitamine, nagu üldse iga inimlik toiming ei saa olla ideaalselt täpne, sellepärast peab pärast „hävitamise" lõpetamist veenduma, kui suur on ülejäänud deviatsioon, ehk nagu öeldakse, tuleb „määrata järelejäänud deviatsioon".

Sõltuvalt kompassi asukohast laevas määratakse deviatsioon kahel viisil. Peakompasside deviatsioon määratakse vahetult, **võrreldes** mingi eseme **kompassipeilungeid** sama eseme **magnetipeilungitega**, mis peavad olema meremehele teatud. Abikompassidel (lahingu-, rooli- jt.), mis on tavalisesti kinnistes ruumides, kust vahetult peilida on võimatu, — määratakse deviatsioon, **võrreldes** nende kompasside näidatavaid kursse peakompassi kurssidega, mille deviatsioon on juba määratud.

Kuna deviatsioon sõltub laevakere magnetilisest seisundist ja on meile vajalik tõeliste suundade arvestamiseks sõidul merel, siis peab deviatsiooni määramise ajal laevakere magnetiline seisund olema seesama, mis merel olleski.

Sellepärast kõik suured rauamassid, mis võivad muuta oma seisundit laeval, nagu: kahuritornid, kahurid, torpeedo-aparaadid, auru- ja mootorkaatrid, teraspaadid, kraanad, poomid jne., peavad deviatsiooni määramise ajal olema **kinnitatud retke-korras.** Peale selle tuleb kontrollida, kas kompassid on õigesti paigutatud, kas raud- ja teras-hävitajad on kindlalt oma kohal, kas ei ole kompassi läheduses mingeid juhuslikult jäänud rauast esemeid jne.

Pea- ja abikompasside kursse nende näitude võrdlemiseks tuleb märkida üheaegselt, milleks kasutatakse helisignalisatsiooni.

Kui laeval on kaks peakompassi — ninas ja ahtris, siis harilikult peaninakompass ühendatakse ninakompasside rühmaga (rooli-, lahingu-, keskvahiposti-), pea-ahtrikompass aga ahtrikompasside rühmaga ahtrisillal, lahingu- ja roolikambris. Näitude võrdlemiseks seatakse kõikide kompasside juurde vaatlejad üheaegselt.

Tüürimees, määranud peilungite järgi peakompassi deviatsiooni, annab lepitud eelsignaali — harilikult rea lühikesi kellasignaale, mille järgi vaatlejad asuvad oma kompasside juurde ja hakkavad tähelepanelikult jälgima laeva kurssi. Edasi tüürimees annab mitu korda (4—5) lepitud signaali — harilikult lühike kõlin — ja üheaegselt helistamisega märgib ja paneb kirja kursi peakompassi järgi.

Iga signaali järgi iga vaatleja abikompassi juures paneb kirja oma kompassi näidud. Kursse märgitakse täpsusega kuni $0{,}1^0$. Rida pikki helisignaale tähendab, et vaatlus käesoleval kursil on lõppenud. On deviatsiooni määramine kõikidel kurssidel lõpetatud ja arvutatud peakompassi järgi magnetikursid signaaliandmise momendil, saadakse ka iga abikompassi kohta igal kursil mitu deviatsiooni suurust, milledest keskmine on kõige tõenäolisem, arvestades vaatleja juhuslikke eksimusi.

Kuna deviatsiooni tavalisesti määratakse 8 kursil, siis töö kiirendamise mõttes see sooritatakse järgmises korras.

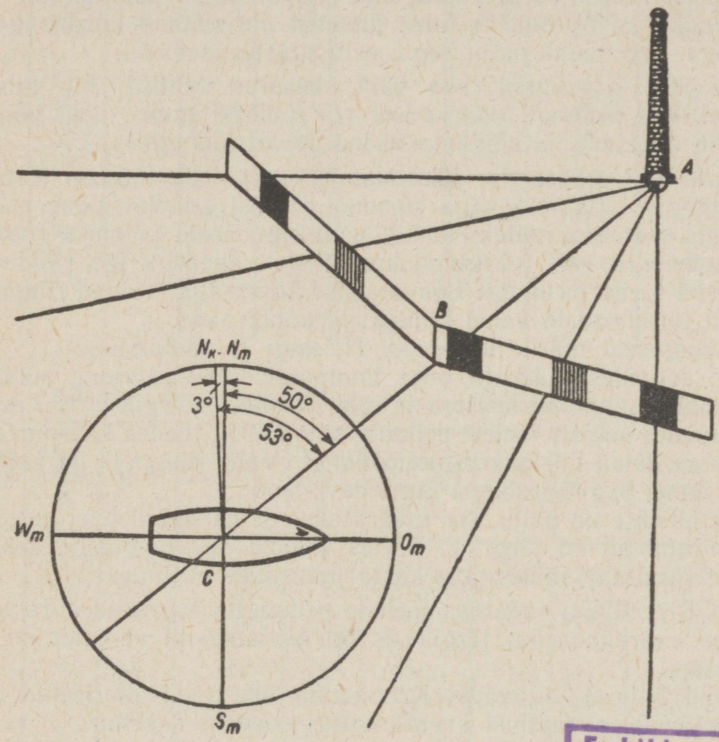
Kõigepealt otsustatakse vastavalt kohatingimustele, millises järjekorras võetakse läbi kompassikursid. Vaja valida selline järjekord, et kursist kursile pööramisele laev kulutaks minimaalselt aega ja et igal

kursil ta püsiks vähemasti 5 minutit. Viimane on tähtis kindluse mõttes, et laevakere magnetiline seisund tõeliselt vastab käesolevale kursile.

Jõudes mingile kursile määratakse alul peakompassi deviatsioon, siis võrreldakse kompasse omavahel; edasi siirdutakse järgmisele kursile, määratakse peakompassi deviatsioon, võrreldakse jne.

§ 32. DEVIATSIOONI MÄÄRAMINE LIITSIHI JÄRGI.

Deviatsiooni võib määrata mitmel viisil, lihtsaim neist on — **liitsihi järgi.** Lõigates oma kursiga läbi mingi kahe eseme liitsihi, märgitakse



Joonis 20.

Ex bibl. univ. Tart.

liitsihiga lõikumisel selle peilung. Teades eseme liitsihi magnetilist suunda ehk tema magnetipeilungit, on kerge leida ka kompassi deviatsioon sel kursil, kui liitsihi M. P. ja K. P. vahe.

Näidis 33. Liitsihi M. P. = 283°, K. P. = 280°. Määrata deviatsioon.

δ = M. P. — K. P. = 283° — 280° = +3° ehk 3°Ost.

Näidis 34. M. P. = 358°, K. P. = 2°. Leida deviatsioon.

$$\delta = \text{M. P.} - \text{K. P.} = 358^0 - 2^0 = 358^0 - 362^0 = -4^0 = 4^0\text{W}.$$

Joonise abil need ülesanded lahendatakse sama lihtsalt. Näit. (joon. 20), kui kahe eseme A ja B liitsuuna magnetiline suund on 50°, tema K. P. aga 53°, siis kompassi N peab magneti N-ist asetsema 3° vasakul, s.t.

$$\delta = N_m CN_k = 50^0 - 53^0 = -3^0 = 3^0\text{W}.$$

Kuna deviatsioon määratakse pärast tema hävitamist, s.t. kui ülejäänud deviatsioon on väike (mitte üle 3°—4°), siis, nagu ütleb deviatsiooni teooria, pole vajalik määrata seda kõigil laeva kurssidel, vaid ainult 8-l üksteisest võrdsel kaugusel seisval kursil, loomulikult — pea- ja veerandkurssidel. Selleks tuleb liitsihist üle sõita 8 korda, iga kord eri kursiga. See nõuab palju aega, eriti suurtel laevadel.

Edasi, kui igal kursil teha vaid üksainus vaatlus, siis juhuslikul eksimusel, kas peilungi määramisel või milleski muus, pole võimalust viga kohe avastada ja sõidame väära deviatsiooniga.

Deviatsiooni määramise kiirendamiseks ja selle täpsuse tõstmiseks on mõningais sadamais välja pandud erilised „deviatsiooni märgid". Kroonlinna sadamas näiteks leidub seintel punaseid ja musti ruute valgete numbritega, mis märgivad kraadiliste vahedega iga ruudu keskkoha liitsihi tõelist peilungit Laevatehase korstnaga; valged ringid mustal foonil täiskraadide vahel tähistavad poolkraade.

Samasuguseid märke leidub ka Helsingi jt. sadamais.

Laev, soovides määrata oma kompasside deviatsiooni, sõidab üle neist liitsihtidest mitme kursiga ja igal ülesõidul märgib liitsihi peilungi. Edasi, lugedes seinalt tõelise peilungi suuruse ja teades käesoleva koha variatsiooni, leiab liitsihi magnetipeilungi. Vahe magneti- ja kompassipeilungi vahel ongi käesoleva kursi deviatsoon.

Kuna liitsihte on palju, siis määratakse deviatsiooni ühel kursil mitu korda, mitme liitsihi järgi, ja võttes saadud deviatsioonide keskmise, saadakse resultaat, milles pole karta juhuslikke eksimusi.

Kuna Kroonlinna sadamas tõeliste peilungite suurused antakse 360-kraadilise kaarekodariku järgi, siis on deviatsiooni arvutamine nende järgi lihtne.

Tabelid 7 ja 8 esitavadki Kroonlinna Ida reidil sooritatud deviatsiooni määramise vaatlusi arvutamiseks soodsas skeemis.

Esimeses lahtris esinevad laeva kompassikursid; teises — vastavate liitsihtide ülesõitmise momendil sadama seintel märgitud Laevatehase korstna tõeliste suundade suurused; neljandas — samal hetkel tähelepandud samade liitsihtide kompassipeilungid. Variatsioon on võetud 3,5°Ost. 3. ja 4. lahtri arvude vahe annabki deviatsiooni δ vastava märgiga.

Kogu deviatsiooni määramise ja hävitamise töö sadama märkide järgi võtab aega suurel laeval 2—3 tundi, väikesel, kiirelt pöörleval laeval 1—1½ tundi. Selle töö sooritamiseks tuleb valida vaikne ilm, tuule ja lainetuseta.

Tabel 7. Deviatsiooni määramine märkide järgi sadamas (kuni 0,1 kraadini).

1 K. kurss	2 T. P.	3 M. P.	4 K. P.	5	1 K. kurss	2 T. P.	3 M. P.	4 K. P.	5
M	179,1°	175,6°	174,6°	+1,0°	S	164,8°	161,3°	162,0°	−0,7°
	179,4	175,9	175,0	+ 0,9		165,5	162,0	162,5	−0,5
	179,4	175,9	175,1	+ 0,8		167,5	164,0	164,8	−0,8
	179,4	175,9	175,0	+ 0,9		169,2	165,7	166,5	−0,8
				+ 0,9°					−0,7°
NO	173,0°	169,5°	169,5°	0,0°	SW	169,0°	165,5°	165,9°	−0,4°
	172,7	169,2	169,3	−0,1		170,0	166,5	167,0	−0,5
	172,5	169,0	169,2	−0,2		170,8	167,3	167,6	−0,3
	172,0	168,5	168,6	−0,1		172,2	168,7	169,0	−0,3
				−0,1°					−0,4
Ost	177,0°	173,5°	173,8°	−0,3°	W	174,8°	171,3°	169,6°	+1,7°
	176,5	173,0	173,4	−0,4		175,5	172,0	170,4	+1,6
	176,0	172,5	173,6	−0,1		176,0	172,5	170,8	+1,7
	175,5	172,0	172,4	−0,4		176,5	173,0	171,5	+1,5°
				−0,3°					+1,6°
SO	165,5°	162,0°	162,8°	−0,8°	NW	170,5°	167,0°	165,7°	+1,3°
	164,8	161,3	162,0	−0,7		171,0	167,5	166,5	+1,0
	164,5	161,0	161,5	−0,5		171,5	168,0	166,8	+1,2
	163,7	160,2	161,0	−0,8		172,0	168,5	167,2	+1,3
				−0,7°					+1,2°

Tabel 8. Roolikompassi deviatsiooni määramine võrdluse teel.

K. kurss peakomp. järgi	Pea-komp. δ	M. K.	K. kurss roolik. järgi	Rooli-komp. δ	K. kurss peakomp. järgi	Pea-komp. δ	M. K.	K. kurss roolik. järgi	Rooli-komp. δ
359°	+1,0°	0,0°	2,5°	−2,5°	180°	−0,7	179,3°	178,5	+0,8°
359,5		0,5	2,5	−2,0	180		179,3	178,0	+1,3
359,0		0,0	2,5	−2,5	180		179,3	178,0	+1,3
				−2,3°					+1,1°
46	0,0	46	46,5	−0,5	224,0	−0,4	223,6	224,0	−0,4
46		46	46,4	−0,4	224,5		224,1	224,0	+0,1
46		46	46,3	−0,3	224,0		223,6	224,0	−0,4
				−0,4°					−0,2°
90	−0,3	89,7	88,5	+1,2	270	+1,6	271,6	274,0	−2,4
90,5		90,2	88,5	+1,7	271		272,6	274,5	−1,9
91,0		90,7	89,0	+1,7	271		272,6	274,0	−1,4
				+1,5°					−1,9
134	−0,7	133,3	131,5	+1,8	316	+1,2	317,2	319,0	−1,8
134		134,3	132,0	+2,3	315		316,2	318,5	−2,3
136		135,3	132,5	+2,8	315		316,2	318,0	−1,8
				+2,3°					−2,0°

1. lahtris on märgitud peakompassi kursid, mille deviatsioon on juba määratud ja näidatud 2. lahtris. Peakompassi juurest antud signaaliga, peakompassiga ühel ajal märgitud roolikompassi kursid esinevad 4. lahtris. Vahe arvutatud magnetikursside (lahter 3) ja roolikompassi kompassikursside (lahter 4) vahel annab viimase deviatsiooni (lahter 5).

Tuleb märkida, et iga liitsihi järgi ei saa määrata deviatsiooni soovitava täpsusega. Liitsiht peab selleks omama küllaldast „tundlikkust".

Kui liitsiht on „tundlik", siis juba vaatleja silma väikese kohamuutuse tõttu vaadeldavad esemed näivad olevat lahus. Kui liitsiht aga on vähetundlik, siis vaatleja silm ei märkagi, et laev juba on lahkunud liitsihi joonelt.

Liitsihi tundlikkus sõltub vahemaast liitsihi märkide vahel, märkide suurusest ja vaatleja kaugusest nende märkideni. Mida suurem on vahemaa märkide vahel ja mida peenemad on märgid ise, seda tundlikum on liitsiht. Siiski liiga peened märgid on nähtavad vaid lähedalt.

Liitsihi tundlikkuse küsimus on suure tähtsusega mitte ainult deviatsiooni määramisel, vaid ka sõitmisel liitsihilises farvaatris, kus vähetundliku sihi puhul laev võib sellest nii palju kõrvale kalduda, et võib juhtuda avarii („Täiendused", § 8).

§ 33. DEVIATSIOONI MÄÄRAMINE KAUGE ESEME PEILUNGI JÄRGI.

Teiseks üsna levinud, kuid vähem täpseks deviatsiooni määramise viisiks on selle määramine kauge eseme peilungi järgi. Võetakse näiteks mõne selgepiiriliselt nähtava kauge eseme — torni, kiriku, vabrikukorstna — K. P.; selle M. P. peab olema teada. Nende vahe annab meile kompassi deviatsiooni käesoleval kursil.

Seda võtet võib kasutada nii ankrul olles kui ka sõidul. Mõnedes sadamates seatakse erilised „deviatsiooni"-poid või -paalid, mille külge kinnitatakse laev, mis soovib määrata oma kompasside deviatsiooni. Seatakse üldse viis poid (joon. 21): üks keskel — *A* ja neli teatavas kauguses tema ümber.

Laev kinnitatakse alul keskmise poi külge ja ühendatakse siis trosside abil kahe välise poiga. Pingutades üht ja lõdvendades teist trossi, võib laeva seada ükskõik millisele kursile.

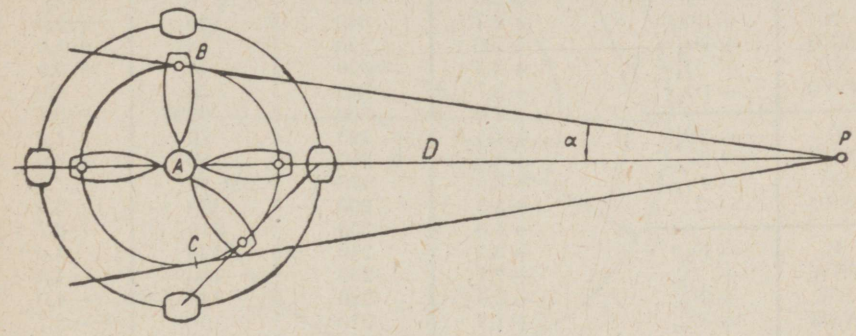
Poide juurest peab olema näha mingi kauge ese *P*, mille magnetipeilung peab olema teada — kas sadama lootsiast, või arvutusest kaardilt võetud tõelise peilungi ja teadaoleva variatsiooni järgi. Vahe selle magnetipeilungi ja mingil kursil võetud kompassipeilungi vahel annabki selle kursi deviatsiooni ühes vastava märgiga.

Selviisil, seades laeva trosside abil järjekorras 4 pea- ja 4 neljandikkursile, saame vaatlustest 8 deviatsiooni, millede järgi võime arvutada nn. „ligikaudsed deviatsiooni koefitsiendid" ja nende järgi deviatsiooni tabeli. Deviatsiooni kursuses antakse nende lihtsate arvutuste sooritamiseks vastavad skeemid.

Selleks et esitatud võte võimaldaks määrata deviatsiooni soovitava täpsusega, vaja peilida niivõrd kauget eset, et kompasside liikumine ühes laevaga poide vahel ei põhjustaks selle eseme peilungi muutumist, ehk täpsemalt öeldes — et need muutused oleksid väiksemad deviatsiooni määramisel vajatavast täpsusest, nii et neid ei tarvitseks arvestada.

Selle meetodi puuduseks on, et deviatsiooni määramine toimub ankrul olles ja puuduvad laevakere magnetilist seisundit mõjutavad peamasinate vibratsioonid, torude, katelde ja masinate kuumenemine jne., milletõttu tulemus võib erineda sellest deviatsioonist, mis laeval on käigul.

Järelikult, see meetod on vähem soovitatav kui ülalkirjeldatud määramine liitsihi järgi, ja seda tuleb kasutada vaid juhul, kui pole olemas sobivat liitsihti.



Joonis 21.

Seda võtet võib mõnikord kasutada ka käigul. Kui ei ole põhjust oletada mingit hoovust ja meri on vaikne, visatakse välja vai ja peilitakse tema liitsihti mingi kauge esemega — saare keskkoht, mäe tipp, neem jne. Keskmine kompassipeilungitest, mis on võetud 8-lt võrdsel kaugusel olevalt kursilt, on, nagu tõestatakse deviatsiooni teoorias, selle liitsihi magnetipeilung, kui jätta tähele panemata alatine deviatsioon, mis peakompassidel ei ületa tavalisesti $0{,}2^0$—$0{,}3^0$ („Täiendused", § 9).

§ 34. DEVIATSIOONI TABEL.

Määranud deviatsiooni 8 kursil, arvutatakse skeemide järgi, mida käsitellakse deviatsiooni teoorias, nn. „deviatsiooni ligikaudsed koefitsiendid", mis iseloomustavad laeva kompassinõela mõjutavaid magnetilisi tunge.

Teades koefitsiendid, arvutatakse nende järgi — jällegi kasutades valmis skeeme — deviatsiooni suurused 8 või 16 kompassikursi tarvis, või kui on tegu 360-kraadilise kodarikuga, siis iga 10°, 15° või 20° kohta. Selliselt arvutatud deviatsioonid on täpsemad vahetult vaadelduist, sest juhuslikud vead vaatlemisel mingil ühel kursil jaguvad arvutamisel kõikide kursside vahel ja nende mõju üldtulemusele on väiksem. Arvutamisel saadud deviatsioonid kantakse eri tabelitele, millede näiteks on järgnevad tabelid 9 ja 10.

Tabel 9. Kompassi deviatsiooni tabel. Pea ninakompass.

Kompassi kursid	Deviatsioon
N	$+2\frac{1}{4}^0$
NNO	$+1\frac{1}{4}$
NO	$+\frac{1}{4}$
ONO	$-1\frac{1}{4}$
O	$-2\frac{3}{4}^0$
OSO	$-3\frac{3}{4}$
SO	$-4\frac{1}{4}$
SSO	-3
S	$-1\frac{3}{4}^0$
SSW	$+\frac{1}{2}$
SW	$+2\frac{1}{2}$
WSW	$+3\frac{3}{4}$
W	$+4\frac{1}{2}^0$
WNW	$+4$
NW	$+3\frac{3}{4}$
NNW	$+3$

Tabel 10. Pea ninakompassi deviatsiooni tabel.

δ	Kompassikursid		δ
$+2{,}3^0$	360^0	N 0^0	$+2{,}3^0$
$+2{,}5$	350	10	$+1{,}7$
$+2{,}7$	340	20	$+1{,}3$
$+3{,}0$	330	30	$+1{,}0$
$+3{,}5$	320	40	$+0{,}5$
$+3{,}7$	310	50	0,0
$+4{,}0$	300	60	$-0{,}7$
$+4{,}3$	290	70	$-1{,}5$
$+4{,}5$	280	80	$-2{,}0$
$+4{,}5$	270^0W	Ost 90	$-2{,}7$
$+4{,}3$	260	100	$-3{,}3$
$+4{,}0$	250	110	$-3{,}7$
$+3{,}5$	240	120	$-4{,}0$
$+2{,}7$	230	130	$-4{,}3$
$+2{,}0$	220	140	$-4{,}0$
$+1{,}3$	210	150	$-3{,}7$
$+0{,}3$	200	160	$-3{,}3$
$-0{,}7$	190	170	$-2{,}5$
$-1{,}7$	180 S	S 180	$-1{,}7$

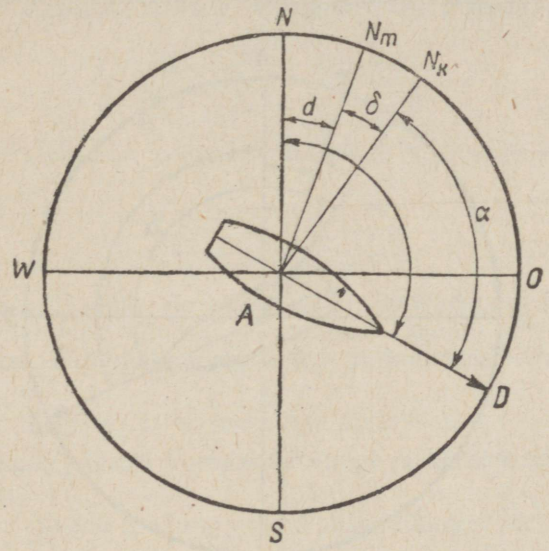
Vanem tüürimees . . . . .

Ookeanisõitudel, kui laev pidevalt muudab oma asukohta, kus maamagnetismi elemendid ja laevakere magnetiline seisund alaliselt muutuvad, kus kaardilt võetav variatsioon on teada vaid ligikaudselt, — deviatsiooni tabeleid ei kasutata, vaid määratakse astronoomilistest vaatlustest, eri tabelite abil, igal kursil vahe mingi taevakeha tõelise peilungi ja samaaegse kompassipeilungi vahel, mida nim. „kompassi õiendamiseks"; seda kasutataksegi käesoleval ursil, kuni kompassi variatsioon jääb endiseks („Täiendused", § 10).

§ 35. RUMBIDE ÕIENDAMINE.

Kui on teada antud koha variatsioon ja antud kursi deviatsioon, siis siirdumine kompassi järgi määratud suundadelt tõelistele ei tekita raskusi. Seda siirdumist nim. „rumbide õiendamiseks" ja seda võib sooritada kahel viisil: joonise ja märkide abil.

Rumbi õiendamisel joonise abil joonistatakse tõeline kaarekodarik, märgitakse sellel punktid N, S, O ja W ning ülesande andmete kohaselt — variatsiooni, deviatsiooni ja kompassikursi järgi, märgitakse



Joonis 22.

joonisel N_m, N_k ja laeva diametraaltasapinna seis. Siis joonis näitab kohe, kas on otsitav kurss, arvates tõelisest N-st, suurem või väiksem kompassikursist, arvates kompassi N-st. Vajaliku **kompassiõienduse** suuruse tõelise kursi saamiseks määrame lihtsalt joonise järgi.

Peab meeles pidama, et kursside, peilungite ja igasuguste suundade arvestust me peame vastava meridiaani N-osast kellaosuti järgi 0^0—360^0.

Oletame, et on antud laeva kompassikurss α^0, variatsioon d^0 Ost ja deviatsioon δ^0 Ost. Määrata laeva tõeline kurss.

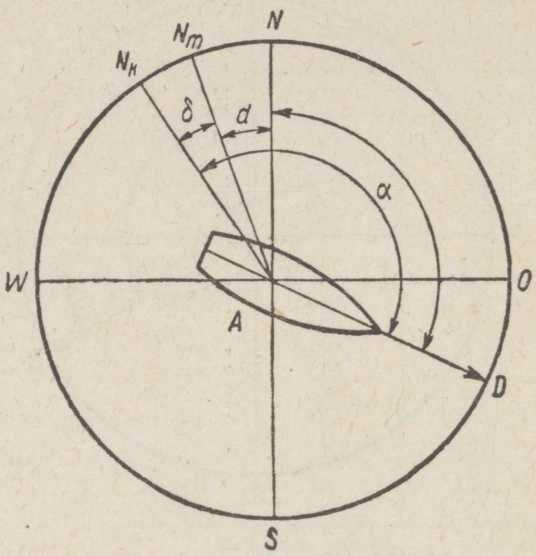
Joonistame tõelise kodariku *NOSW* (joon. 22) ja märgime sellel antud variatsiooni ja deviatsiooni järgi punktid N_m ja N_k. Tõmbame punktist *N* kellaosuti järgi α^0 — laeva kompassikursi — ja leiame

laeva diametraaltasapinna *AD*. Märgime laeva kujuga tema liikumissuuna.

Joonis 22 näitab selgesti, et otsitav tõeline kurss on nurk *NAD* ja et see nurk on suurem antud nurgast α^0 nurkade summa $d^0 + \delta^0$ võrra, s. t. et antud Ost-variatsiooni ja -deviatsiooni korral otsitav ja tõeline kurss võrdub antud kompassikursiga α^0, pluss variatsioon ja deviatsioon, nimelt:

$$\text{T. K.} = \alpha^0 + d^0 + \delta^0.$$

Kui aga kompassikursil α^0 (joon. 23) võtame W-variatsiooni ja -deviatsiooni, siis tehes joonise samadel kaalutlustel näeme, et otsitav



Joonis 23.

tõeline kurss *NAD* on väiksem antud kompassikursist variatsiooni ja deviatsiooni võrra, s.t.

$$\text{T. K.} = \alpha^0 - d^0 - \delta^0.$$

On selge, et kui variatsioon ja deviatsioon on eri nimetustega, siis võime teha joonise neil samul põhimõtteil.

Kui otsustame alati Ost-variatsioonile ja -deviatsioonile lisada märgi +, W korral aga märgi —, siis mõlemad tõelise kursi laused võib koondada üheks: tõelise kursi leidmiseks vaja antud kompassikurss **algebraliselt** liita variatsiooni ja deviatsiooniga, ehk teiste sõnadega — **tõeline kurss on kompassikursi, variatsiooni ja deviatsiooni algebraline summa.**

Tõeline peilung on kompassipeilungi, variatsiooni ja kursile võetud deviatsiooni algebraline summa.

Kuna kompassikursside või -peilungite õiendamisel antud kursi deviatsioon leitakse deviatsiooni tabelist, variatsioon aga võetakse kaardilt, siis neid kaht suurust ei liideta kompassikursi või -peilungiga eraldi, vaid enne moodustades neist algebralise summa, nn. **kompassi õienduse,** mis siis algebraliselt liidetakse kompassikursi või peilungiga. Märkides kompassi õiendi tähega Δ saame

$$\Delta = d + \delta. \qquad (3)$$

Näidis 35. Variatsioon on 12°W, deviatsioon 5°Ost. Määrata kompassi õiendus. Meil on:

$$\begin{array}{l|l} d = -12^0 \text{ ehk } d = 12^0\text{W} \\ \delta = +\ 5^0 \quad\ \delta = \ 5^0\text{Ost} \\ \hline \Delta = -\ 7^0 \quad \Delta = \ 7^0\text{W} \end{array}$$

Näidis 36. Variatsioon on 8°Ost, deviatsioon 3°W. Määrata kompassi õiendus. Meil on:

$$\begin{array}{l|l} d = +8^0 \text{ ehk } d = 8^0\text{Ost} \\ \delta = -3^0 \quad\ \delta = 3^0\text{W} \\ \hline \Delta = +5^0 \quad \Delta = 5^0\text{Ost} \end{array}$$

Arvestamata üksikult variatsiooni d ja deviatsiooni δ ja vaadeldes vaid nende algebralist summat — kompassiõiendit —, võime öelda, et **tõeline kurss võrdub kompassikursi ja kompassiõiendi algebralise summaga,** s.t.

$$\text{tõeline kurss} = \text{kompassikurss} + \Delta; \qquad (4)$$

tõeline peilung võrdub kompassipeilungi ja kompassiõiendi algebralise summaga,

$$\text{tõeline peilung} = \text{kompassipeilung} + \Delta. \qquad (5)$$

Ei tohi unustada, et kompassipeilungi õiendamisel tuleb tabelist valida see deviatsioon, mis vastab **laeva kursile peilungivõtmise momendil,** sest deviatsiooni põhjustab laevakere magnetiline seisund, mis on igal kursil erisugune ja see ei sõltu suunast, milles asetseb peilitav ese.

Valemid (4) ja (5) võimaldavad õiendada rumbe algebraliselt, s.o. märkidega, ilma joonisteta.

Näidis 37. Kompassikurss on 216°, variatsioon $d = 4^0$Ost, deviatsioon $\delta = 2^0$Ost. Leida tõeline kurss. Meil on:

$$\begin{array}{l|l} d = +4^0 & \text{K. K.} = 216^0 \\ \delta = +2^0 & \Delta = +6^0 \\ \hline \Delta = +6^0 & \text{T. K.} = +222^0 \end{array}$$

Näidis 38. Majaka kompassipeilung on 17°, variatsioon $d = 13^0$ W, deviatsioon kursil $\delta = +2^0$. Arvutada majaka tõeline peilung. Arvutus:

$$\begin{array}{l|l} d = -13^0 & \text{K. P.} = 17^0 \\ \delta = +2^0 & \Delta = -11^0 \\ \hline \Delta = -11^0 & \text{T. P.} = 6^0 \end{array}$$

Näidis 39. Kompassikurss on 5°, variatsioon $d = 10°$ W, deviatsioon $\delta = 1°$ Ost. Määrata tõeline kurss. Arvutus:

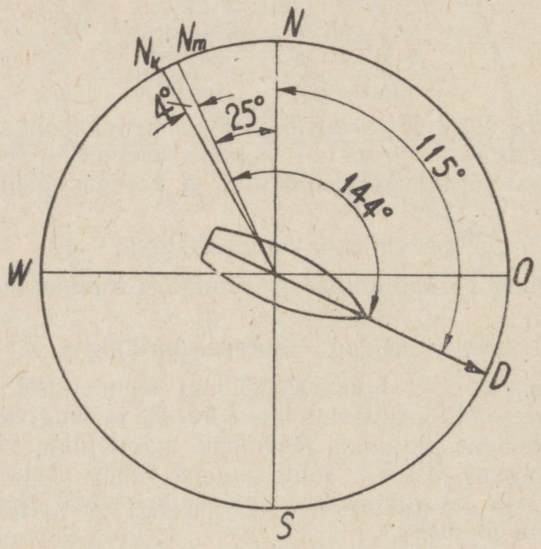
$d = 10°$ W	K. K. $= 5°$ $(= 365°)$
$\delta = 1°$ Ost	$\Delta = 9°$W
$\Delta = 9°$ W	T. K. $= 356°$

Näidis 40. Torni kompassipeilung on 0°, variatsioon $d = 5°$ Ost, deviatsioon $\delta = 2°$ W. Määrata torni tõeline peilung. Arvutus:

$d = +5°$	K. P. $= 0°$
$\delta = -2°$	$\Delta = +3°$
$\Delta = +3°$	T. P. $= 3°$

§ 36. RUMBIDE SIIRMINE.

Praktikas ei vajane üksi kompassi näidatud suundi muuta tõelisteks, vaid ka vastupidi — tõelisi suundi siirda kompassisuundadeks.



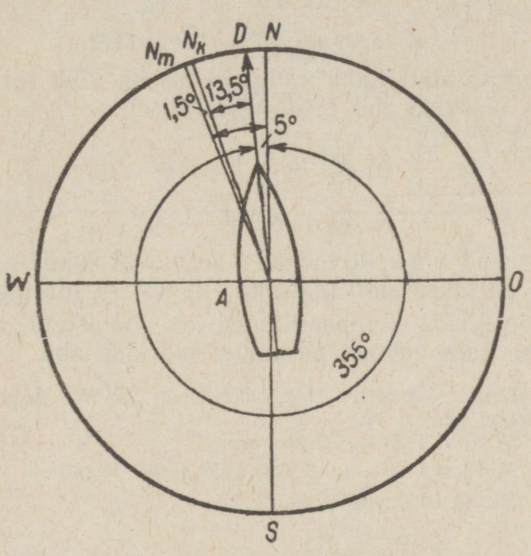
Joonis 24.

Nagu näeme järgmisest peatükist, tuleb laevajuhil valida oma kurss merekaardilt, mis on tehtud tõelise meridiaani järgi ja kus kõik suunad on tõelised. Sellepärast, valinud kaardilt tõelise ning ohutu kursi, peab laevajuht oskama siirda seda kompassikursiks, s.t. arvestada, millist kurssi tuleb sõita kompassi järgi, et laev läheks ettenähtud tõelist kurssi mööda. Sellist eelmisele vastupidist ümberarvutamist nimetame **rumbide siirmiseks.**

Nii rumbide õiendamist kui siirmist võib sooritada kas jooniste või märkide abil täiesti analoogiliselt eelmise § mõttekäikudele.

Vahe on vaid selles, et siirdes tõelist kurssi kompassikursiks me ei saa deviatsiooni võtta otse tabelist, sest tabel annab meile deviatsiooni suuruse **kompassi**kursi kohta, mida me veel **ei tea,** mida me alles **soovime** määrata.

Deviatsiooni teoorias tõestatakse, et väikeste deviatsioonide puhul (mitte üle 4^0—8^0) kompassi- ja magnetikursi deviatsioon on tegelikult üks ja sama. Sellepärast, kui meile on antud tõeline kurss, siis **vaja** see



Joonis 25.

alul variatsiooni abil siirda magnetikursiks, **valida sellele tabelist deviatsioon** ja siis siirda leitud magnetikurss kompassikursiks.

Otsekohe aga antud tõelise kursiga ei saa pöörduda deviatsiooni tabeli poole, sest suure variatsiooni puhul magnetikurss erineb palju tõelisest, ja tõelisele kursile valitud deviatsioon võib osutuda hoopis teiseks, kui on magnetikursil.

N ä i d i s 41. Laeva tõeline kurss on 115^0, variatsioon 25^0 W. Valida deviatsioon tabelist 10 ja määrata laeva kompassikurss.

Lahendame ülesande joonise abil. Joonistame tõelise kodariku NSOW (joon. 24). Märgime sellele variatsiooni järgi koha N_m ja antud kursi järgi laeva diametraaltasapinna seisu AD.

Joonisest nähtub, et laeva magnetikursile vastab nurk N_mAD, s. o. tõelisest kursist 25^0 suurem:

$$\text{M. K.} = 115^0 + 25^0 = 140^0.$$

Sellele magnetikursile valime tabelist 10 deviatsiooni, mis on — 4° ehk 4° W. See tähendab, et kompassimeridiaan hälbib magnetilisest 4° W-i. Märgime punkti N_k ja võtame jooniselt laeva kompassikursi, mis on nurk $N_k A D$, s.o.

$$\angle N_k A D = 140^0 + 4^0 = 144^0.$$

Näidis 42. Laeva tõeline kurss on 355°, variatsioon 20° W. Valida tabelist 10 deviatsioon ja arvutada laeva kompassikurss.

Ülesande lahendab joonis 25. Joon NS on tõeline meridiaan, nurk $NOSWD$ on laeva tõeline kurss, $N_m A$ magnetimeridiaan ja $N_m D$ järelikult laeva magnetikurss, mis võrdub joonise järgi 15°.

Deviatsioon kursile 15° võrdub + 1,5° ehk 1,5° Ost.

Tõmbame kompassimeridiaani $N_k A$ ja näeme jooniselt, et kompassikurss on väiksem magnetilisest 1,5°, s. t.

$$\text{K. K.} = N_k D = 15^0 - 1{,}5^0 = 13{,}5^0.$$

Selleks et mitte alati joonestada jooniseid, võib siirda käesoleval juhul rumbe ka märkide abil, s. o. algebraliselt.

Me nägime § 25, et

$$\text{M. K.} = \text{T. K.} - d$$

ja § 28, et

$$\text{K. K.} = \text{M. K.} - \delta.$$

Need tingimused on kehtivad ka käesoleval juhul: Ost-variatsioon ja -deviatsioon võetakse alati märgiga +, W-i — märgiga —.

See võimaldab leida kompassikurssi ka joonisteta, ainult märkide abil. Lahendame kaks eelmist ülesannet märkide abil.

Näidis 43. Tõeline kurss on 115°, variatsioon 25° W. Arvutada laeva kompassikurss; deviatsioon tabelist 10.

Lahendamine: M. K. = T. K — variatsioon:

$$\text{M. K.} = 115^0 - (-25^0) = 115^0 + 25^0 = 140^0.$$

Valime sellele tabelist 10 deviatsiooni.

$$\delta = 4^0 \text{ W.}$$
$$\text{K. K.} = \text{M. K.} - \delta.$$
$$\text{K. K.} = 140^0 - (-4^0) = 140^0 + 4^0 = 144^0.$$

Näidis 43. Tõeline kurss on 115°, variatsioon 25° W. Arvutada laeva kompassikurss, kasutades deviatsioonitabelit 10.

$$\text{M. K.} = 355^0 - (-20^0) = 355^0 + 20^0 = 15^0.$$
M. K-le = 15° deviatsioon $\delta = + 1{,}5^0$,
$$\text{K. K.} = \text{M. K.} - \text{deviatsioon } \delta = 15^0 - 1{,}5^0 = 13{,}5^0.$$

Kui on vaja eseme tõeline peilung siirda kompassipeilungiks, võib kasutada laeva kursiõiendit, mis tavalisesti on teada, ja siirduda otsekohe tõeliselt peilungilt kompassipeilungile. Siirduda võib jällegi kas joonise või märkide abil.

Näidis 45. Majaka tõeline peilung on 116°, kursiõiend $\Delta = 5^0$ Ost. Arvutada majaka kompassipeilung.

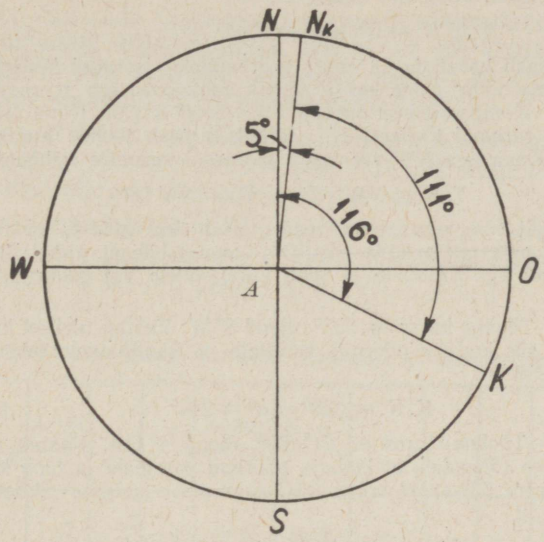
Joonistame tõelise kodariku $NOSW$ ja tõmbame tõelise peilungijoone AK (joon. 26). Kuna üldõiend $\Delta = 5^0$ Ost, siis järelikult märkides joonisel punkti N_k, näeme, et see on tõelisest N-st 5° O-sti ehk paremale. Tõmmates kompassimeridiaani $N_k A$

näeme, et kompassipeilung, mis võrdub nurgaga $N_k AK$, on 5° väiksem tõelisest peilungist, s.t.

$$\text{K. P.} = 116^0 - 5^0 = 111^0.$$

Sama ülesannet on kerge lahendada ka märkidega, pidades meeles, et **kompassipeilung on tõelise peilungi ja antud kursi kompassiõiendi algebraline vahe,** s.t.

$$\text{K. P.} = \text{T. P.} - \Delta.$$



Joonis 26.

Käesoleval juhul

$$\text{T. P.} = 116^0,\ \Delta = +5^0,$$

järelikult

$$\text{K. P.} = 116^0 - 5^0 = 111^0.$$

§ 37. MNEMOONILISI JUHISEID.

Eelpool käsiteldi kaht rumbide siirmise ja õiendamise võtet: märkide ja joonisega. Kumba neist eelistada, oleneb õpilasest endast — kas on tal kalduvust algebralisteks arvutusteks või geomeetrilisteks joonisteks.

Tuleb siiski märkida, et märkide abil võib siirda rumbe ka peast; joonise abil aga on siirmine vaatlikum, ja siin on vähem võimalusi eksimusiks, kuid ta nõuab rohkem aega.

Vahel vigade vältimiseks rumbide siirmisel kasutatakse mnemoonilisi reegleid, mida võib vormistada mitmeti, näiteks:

1. **Ost-õiendi puhul kompassi N_k asetseb paremal tõelisest N-st õiendi suuruse võrra, W-õiendi puhul — temast vasakul.**

Järelikult **Ost-õiendi puhul kõik tõelised suunad on suuremad kompassi suundadest, kõik kompassisuunad — väiksemad tõelistest.**

W-õiendi puhul kõik tõelised suunad on väiksemad kompassisuundadest, kõik kompassisuunad aga suuremad tõelistest.

N ä i d i s 46. Tõeline kurss on 49°, õiend 8° Ost. Kui õiend on Ost, siis tõeline kurss on suurem kompassi omast ehk kompassikurss väiksem tõelisest. Järelikult, kui tõeline on 49°, siis kompassi oma on $49^0 - 8^0 = 41^0$.

N ä i d i s 47. Kompassikurss on 5°, üldõiend 9° W. W-õiendi puhul on tõeline kurss vasakul, väiksem kompassi omast 9°, s.t.

$$T.K. = 5^0 - 9^0 = 356^0.$$

Seda reeglit saab kasutada ka vana, veeranditeks jaotatud kodariku puhul, tuleb ainult meeles pidada, kuhu poole kasvavad või kahanevad iga veerandi jaotused.

N ä i d i s 48. Kompassikurss on NW 73°, õiend 5° Ost. Kuna õiend on Ost, siis kompassi N asub paremal tõelisest N. Järelikult peab tõeline kurss olema suurem kompassi omast. Kuna aga NW-veerandis jaotused paremale vähenevad, siis

$$T.K. = NW\ (73^0 - 5^0) = NW\ 68^0.$$

2. Sama reeglit võib vormistada ka järgmiselt: **kui vaadata kodariku tsentrumist tõelist kurssi või peilingit mööda, siis Ost-kompassiõiendi puhul kodarik pöördub paremale, W- puhul aga vasakule ja toob kursijoonele või peilingaatori niidile vastava jaotuse.**

N ä i d i s 49. Tõeline kurss on 238°, õiend 8° W. Vaatan tõelisel kursil 238°. Kuna üldõiend on 8° W, siis kodarik pöördub vasakule, ja kursijoonele tuleb jaotus, mis on 8° võrra suurem 238°-st.

$$K.K. = 238^0 + 8^0 = 246^0.$$

N ä i d i s 50. Tõeline kurss on SO 63°, õiend 4° Ost. Vaatan rumbis SO 63°, õiend on 4° Ost; see tähendab, et kodarik pöördub paremale ja toob kursijoonele jaotuse, mis on suurem 63°-st 4° võrra (SO-veerandis jaotuste nimetused kasvavad S-st Ost-i. Järelikult

$$K.K. = SO\ (63^0 + 4^0) = SO\ 67^0.$$

Kompassikursside ja peilungite õiendamisel tuleb meeles pidada, et vaadates kompassi rumbi me näeme kodarikku juba pööratuna: Ost-õiendusel paremale, W-õiendusel vasakule, s.t. teda vaja pöörata vastusuunas kompassiõiendi võrra.

N ä i d i s 51. Kompassikurss on 315°, üldõiend 4° Ost. Vaadates kompassikursil 315° ja teades, et Ost-õiendi puhul kodarik on pöördunud 4° paremale, pöörame ta tagasi (s.o. vasakule) 4° võrra, siis kursijoonele tuleb 4° võrra suurem jaotus kui 315°, s.t.

$$T.K. = 315^0 + 4^0 = 319^0.$$

N ä i d i s 52. Kompassikurss on SW 53°, õiend 5° W. Kuna W-õiendi puhul kodarik on pöördunud 5° võrra vasakule, siis pöörame ta 5° võrra paremale, kursijoonele aga tuleb jaotus 5° võrra 53°-st väiksem, s.t.

$$T.K. = SW\ (53^0 - 5^0) = SW\ 48^0.$$

Vaevalt võib väita, et esitatud arutlused, millest ei pääse mööda siirmisel mnemooniliste reeglite abil, oleksid lihtsamad ja näitlikumad siirmisest märkide ja jooniste abil. Siin peab ju meeles pidama reeglit, ja kui teda rakendada ekslikult, siis saame ka eksliku resultaadi, sooritatud arvutuse kontrollimiseks aga pole mingit võimalust, sest kõik toimus pimesi. Igatahes tuleb kindlasti meeles pidada, et **iga õiendi märk osutab alati, mida tuleb teha ebaõige resultaadiga, et saada õige.**

§ 38. KOKKUVÕTTEKS.

Rumbide siirmine ja õiendamine on üks navigatsiooni tähtsamaid ülesandeid, sest nende õige sooritamine tagab laevale ohutu sõidu. Laevahukkude statistika näitab, et palju avariisid on olnud põhjustatud vigadest kursi arvestamisel ja sellepärast peab iga laevajuht rumbide õiendamise küsimusse suhtuma suurima tähelepanuga.

Õiendanud ühel või teisel viisil, ilma ruttamiseta, vajaliku rumbi, peab õiendaja, kui seda tingimused lubavad, võimalikult ruttu kontrollima tehtud õiendust teise võttega, selleks et veenduda oma arvutuste õigsuses. Alul ei tohi rumbide siirmisel kunagi rutata: kiirus selliste ülesannete lahendamisel tuleb pärast iseendastki.

Kõigist siin esitatud rumbide õiendamise viisidest autor ise on alati kasutanud algebralist, s.o. märkide abil, mis viib alati rutem sihile, ega ole kogu oma teenistuse ajal seda kahetsenud.

Kui on vaja korraga õiendada suur hulk rumbe, näit. möödunud aja eest või harjutuste puhul, siis aja kokkuhoiu mõttes on kasulik sooritada arvutused järgneva skeemi järgi (tabel 11).

Tabel 11. Skeem rumbide siirmiseks ja õiendamiseks.

Daatum	Tunnid ja minutid	Logi näit.	δ	d	Komp. õiend	K. K. K. P.	δ	M.K.	d	T. K. T. P.	Triiv α	Sõidutee	Märkusi
1937	10.10	1 ,7	-2^0	-4^0	-6^0	313^0	—	—	—	307^0	—	—	
10.VIII	12.00	4 ,8	—	—	—	255,7	+ 4,3	260	— 5	255^0	—	—	

Kompassirumbide õiendust sooritatakse vasakult paremale, tõeliste rumbide siirmist — paremalt vasakule.

Magnetikurss on vajalik vaid viimasel juhul, selleks et tema järgi leida deviatsioon. Esimesel juhul teda vaja pole, sest K.K-le valitud deviatsioon võimaldab korraga leida nii kompassiõiendi kui ka õiendada selle abil kompassirumbi.

Tabeli kolm esimest ja kaks viimast lahtrit on vajalikud hiljem andmete puhul, mille abil määrame sõidutee (pt. IV).

§ 39. HARJUTUSI II PEATÜKILE.

57. Milline on kompassivariatsioon 1926. a., kui kaardil antud variatsioon $15^030'$ W kuulub a. 1927 ja variatsiooni aastane vähenemine on —6'?

58. Kaardil osutatud variatsioon $0^045'$ W kuulub a. 1925, aastane vähenemine on —5'. Kui suur on variatsioon 1936. a.?

59. Antud kohal oli variatsioon 1928. a. 0^0, selle aastane suurenemine on —5′. Kui suur on variatsioon sel kohal 1936. a.?

Määrata variatsiooni suurus, kui

	tõeline peilung	magnetipeilung
60.	316^0	309^0
61.	273^0	278^0
62.	93^0	107^0
63.	358^0	17^0
64.	$2{,}5^0$	26^0
65.	$2{,}5^0$	349^0
66.	0^0	4^0
67.	NO 17^0	NO 21^0
68.	NW 83^0	SW $82\frac{1}{2}$
69.	SO 14^0	SO 25^0
70.	SW 77^0	W
71.	N	NW 11^0

Määrata magnetikurss või magnetipeilung, kui

	tõeline kurss	variatsioon d
72.	163^0	15^0 Ost
73.	274^0	21^0 W
74.	$7\frac{1}{2}^0$	25^0 Ost
75.	85^0	$29\frac{1}{2}^0$ W
76.	355^0	22^0 W
77.	0^0	15^0 Ost
78.	16^0	29^0 Ost
79.	117^0	19^0 W
80.	NO 21^0	14^0 W
81.	NW 78^0	5^0 Ost
82.	SW 22^0	24^0 Ost
83.	N	4^0 W

Määrata tõeline kurss või tõeline peilung, kui

	magnetikurss	variatsioon d
84.	99^0	5^0 Ost
85.	15^0	24^0 W
86.	173^0	21^0 W
87.	14^0	14^0 W
88.	90^0	24^0 Ost
89.	0^0	4^0 W
90.	184^0	17^0 Ost
91.	350^0	22^0 Ost
92.	SO 4^0	22 Ost
93.	SW 21^0	14^0 W
94.	NW 88^0	18^0 W
95.	NO 10^0	12^0 W

Määrata deviatsioon, kui

	magnetipeilung	kompassipeilung
96.	129°	126°
97.	41,5°	50°
98.	358°	0°
99.	100°	99°
100.	179°	182°
101.	4°	355°
102.	149°	138,5°
103.	0°	358,5°
104.	NW 17°	NW 21°
105.	SW 5°	SO $1\frac{1}{2}$°
106.	NO $2\frac{1}{2}$°	NW$2\frac{1}{2}$°
107.	S	SW2°

Leida tabelist 10 kompassikursside deviatsioonid:
108. 42°. **109.** 139°. **110.** 217°. **111.** 355°.

Määrata tabelist 10 deviatsioon, kui

	tõeline kurss	variatsioon d
112.	310°	25° W
113.	17°	24° W
114.	216°	15° Ost
115.	99°	19° Ost
116.	148°	22° W

Määrata kompassikurss või kompassipeilung, kui

	magnetikurss või -peilung	deviatsioon δ
117.	143°	2° W
118.	38,5°	4° Ost
119.	355,5°	5,5° W
120.	203°	4° Ost
121.	0°	4° Ost
122.	301,5°	2° W
123.	180°	5° W
124.	5°	5° Ost
125.	SO $88\frac{1}{2}$°	4° Ost
126.	N	3° Ost
127.	NW $3\frac{1}{4}$°	$5\frac{1}{2}$° W
128.	NO $89\frac{1}{2}$°	4° W

Määrata magnetikurss või magnetipeilung, kui

	kompassikurss või kompassipeilung	deviatsioon δ
129.	29°	3° Ost
130.	155°	4° W
131.	250°	3° Ost
132.	85,5°	2,8° W
133.	1,5°	3° W
134.	358,5°	3,5° Ost

	kompassikurss või kompassipeilung	deviatsioon δ
135.	0°	5° W
136.	354°	7° W
137. NW	84°	2° Ost
138. NO	$1\frac{1}{2}$°	$2\frac{1}{2}$° W
139.	S	2° Ost
140. SW	$89\frac{1}{2}$°	4° Ost

Määrata kompassikurss, kui

	tõeline kurss	variatsioon d	deviatsioon δ
141.	216°	4° Ost	2° Ost
142.	32,5°	5° W	$2\frac{1}{2}$° Ost
143.	167,5°	4,5° Ost	1° W
144.	359,5°	2° Ost	1° W
145.	143°	17° Ost	1,5° W
146.	355°	23,5° W	2° Ost
147.	40°	4° W	1,5° W
148.	0°	26° W	5° Ost
149. SW	2°	13° Ost	4° W
150. NW	88°	15° Ost	2° W
151. NO	5°	12° W	4° Ost
152. SO	$86\frac{1}{2}$°	28° Ost	5° W

Määrata tõeline kurss, kui

	kompassikurss	variatsioon d	deviatsioon δ
153.	144°	+ 8°	— 3°
154.	27,5°	+ 10°	+ 2°
155.	14°	22° W	3° Ost
156.	0°	3° Ost	2° W
157.	229°	+ 20°	— 2°
158.	355°	25° Ost	4° W
159.	4°	— 18°	+ 1°
160.	14°	16° W	2° Ost
161. SO	1°	12° W	$1\frac{1}{2}$° W
162. NO	89°	+ 18°	— $1\frac{1}{2}$°
163. SW	4°	28° W	$2\frac{1}{2}$° Ost
164.	W	5° Ost	2° W

III peatükk.

MEREKAARDID.

§ 40. KARTOGRAAFILISTEST PROJEKTSIOONIDEST.

Selleks, et leida endale sobiv tee sõitmiseks ühest maakera punktist teise, peab meresõitja tundma maakera mitmesuguste kohtade omavahelist suhtelist asetust, s.t. tal peab olema maakera kujutis, millel esinevad mandrite, ookeanide, merede, saarte, sadamate jne. piirjooned.

Kuna maakera omab enam-vähem korralikku kera kuju, siis tema kõige õigem kujutis oleks **gloobus,** s.o. maakera mudel sellele kantud meridiaanide ja paralleelide võrguga, maa ja mere piiridega ja muude maapinnareljeefidega, linnade paigutusega, ookeanide sügavusega jne. Üksikuile maakera pinna osadele vastavad gloobusel neile sarnased kujutised, samuti säilib gloobusel nende pindalade suuruse omavaheline suhe.

Sellest hoolimata maagloobuseid laevajuhtimispraktika ei kasuta, sest väikesele gloobusele ei saa mahutada kõiki vajalikke teatmeid, suur aga oleks liiga ebamugav käsitamiseks. Kui näit. teha gloobus, kus ühele meremiilile vastaks 1 mm, siis selle raadiuse R saaksime arvutusega —

$$\frac{2\pi R}{360 \cdot 60} = 1 \text{ mm, kust } R = \frac{360 \cdot 60}{2\pi} \text{ mm} = 3{,}44 \text{ m.}$$

On selge, et käsitada gloobust raadiusega 3½ m oleks laeval väga tülikas ja seejuures ei oleks selle täpsus laevajuhtimiseks sugugi küllaldane, sest kaldajoone üksikasjad ja igasugused ohud sissesõiduteedel sadamaisse vajavad täpsust, kus ühele meremiilile vastaksid mõned sentimeetrid.

Sellepärast maakerapinna kujutamisel kõigi laevajuhile vajalike üksikasjadega kasutatakse **kaarte,** kus maakera pind või osa sellest on kujutatud tasapinnal. Siin meil on aga tegu uue raskusega: kerapinda ei saa tasandada tasapinnaks ilma teda moonutamata.

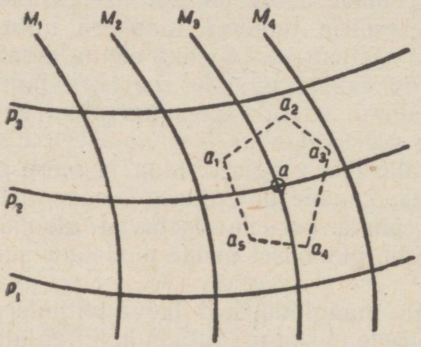
Silindri või koonuse võib lahti lõigata moodustajat mööda ja täpselt laotada tasapinnale. Keraga seda teha ei saa ilma lõhede või volti-

deta. Sellepärast tehaksegi kõik kaardid teatavate tingimuste või mööndustega, vastavalt kaardi ülesandele.

Kuna iga punkti asend maakera pinnal on määratav tema geograafiliste koordinaatidega, laiuse ja pikkusega, siis igas paberilekantud maapinna punktis me võime saada lõikumise mingi kahe sirg- või kõverjoone vahel, mis tingimisi kujutavadki selle punkti meridiaani ja paralleeli.

Kujutleme, et meil on kaks süsteemi selliseid tasapinnalisi kõveraid: M_1, M_2, M_3, M_4, ja P_1, P_2, P_3, P_4 (joon. 27), mis tingimisi kujutavad maakera meridiaane ja paralleele.

Oletame, et punkt A maakera pinnal on määratav laiusega φ ja pikkusega λ. Kui oletame, et kõver P_2 kujutab maa paralleeli φ, kõver M_3 aga meridiaani λ, siis kõverate P_2 ja M_3 lõikumiskohas saame punkti a, s. o. maakerapinna punkti A kujutuse kaardil, tehtud mööndusil.



Joonis 27.

Kui mingisuguse maapinna osa kontuur on määratav punktidega A_1, A_2, A_3, A_4 jne., millede laiused ja pikkused on φ_1 ja λ_1, φ_2 ja λ_2, φ_3 ja λ_3 jne., siis kaardil vastab sellele kontuur a_1, a_2, a_3, a_4, oletusel, et kõverad M_1, M_2, M_3 on maakera meridiaanid, kõverad P_1, P_2, P_3 aga paralleelid.

Nii kõverad M kui kõverad P võivad olla ükskõik millist kuju, vajalik on ainult, et kummaski neis kõverate süsteemis siirdumine ühelt kõveralt teisele toimuks pidevalt ja kindla seaduse järgi, s.t. et kahele lõpmatult lähedasele paralleelile või meridiaanile vastavad kõverad oleksid ka samuti üksteisele lõpmatult lähedased.

Selline vabaltvõetud kõverate või sirgjoonte võrk, mis tingimisi kujutab maakera meridiaane ja paralleele, on nn. **kartograafiline võrk.** Kartograafiline võrk määrab maakera pinna tasapinnal-kujutamise viisi ehk nn. **kartograafilise projektsiooni**. Mingis kartograafilises pro-

jektsioonis puht-tingimisi edasiantud maakerapinna või selle osa kujutist nimetatakse **geograafiliseks kaardiks.**

§ 41. KAARTIDE LIIGITUS.

Kaardil kujutatava maakerapinna osa suuruse järgi jaotatakse kaarte: **planisfäärideks,** kus kujutatakse tervet maakera või poolkera, **üldkaartideks,** mis hõlmavad üksikuid maid, ookeane või meresid, ja **erikaartideks,** mis kujutavad maakerapinna väiksemaid alasid.

Kaardid võivad erineda veel oma otstarbelt: **topograafilised** kaardid annavad edasi maapinna kõik üksikasjad suures mastaabis; **geograafilised** kaardid annavad maapinna üldkuju; **ortograafilised** kaardid annavad mandri reljeefi; **geoloogilised** kaardid — kihtide asetuse ja jaotuse maakera koores; **merekaardid** — ookeanide, merede, lahtede kujutuse kõigi nendes olevate ohtude ja nende tähistamisega, sügavustega ja muude meremehele tähtsate teatmetega; **magnetilised** kaardid annavad kujutluse maamagnetismi elementide paigutusest; **temperatuuride, tuulte** jne. kaardid annavad temperatuuride, valitsevate tuulte jne. kujutuse.

Vastavalt kaardi otstarbele valitakse talle sobivam kartograafiline projektsioon.

Kujutades väikest osa maapinnast võib seda võtta tasapinnana, sest sellest tekkivad vead pindalade suuruses ja äärjoontes on sel puhul liiga tühised. Selliselt tehtud väikese maa-ala kaarti nimetatakse **plaaniks** („Täiendused", § 11).

§ 42. KAARTIDE MASTAABID.

Ükskõik millises projektsioonis me ka ei kujutaks osa maakera pinnast kaardil, ikka tuleb meil tema mõõtmeid vähendada. Selleks et vähendatud kujutus vastaks tõelisele, tuleb teda vähendada igas suunas ühtlaselt. Kuna maakera pind enamasti on ebatasane, siis projitseeritakse ta enne horisontaalsele tasapinnale ja seda projektsiooni alles vähendatakse soovitav arv kordi. Seda vähendamise määra näitab meile suhe kahe pikkuse vahel: kahe punkti vahe kaardil ja vastav vahe kahe punkti vahel maapinnal horisontaalprojektsioonis.

Seda suhet nim. **arvmastaabiks** ehk **-mõõtkavaks** (natural scale); seda väljendatakse murruga, mille lugejaks on üks ja nimetajaks arv, mis näitab, mitu pikkusühikut antud maa-alal horisontaalprojektsioonis vastab ühele ühikule kaardil, näit $\frac{1}{200\,000}$,

kus arvmastaap tähendab, et igale 1 sm kaardil vastab maapinnal horisontaalprojektsioonis 200 000 sm.

Sellised kaugused kui 200 000 sm tuleb suurema näitlikkuse mõttes väljendada suuremates pikkusühikutes ja et mitte teha igakord ümber-

arvutusi, kasutatakse sageli **joonmastaapi** (scale in inches), mis näitab, kui palju kõrgema nimetusega ühikuid on ühes madalama nimetusega ühikus. Öeldakse näiteks: kaart on mastaabis „5 miili 1 sm, 10 km 1 sm" jne.

Muutes näit. 200 000 sm meremiilideks saame

$$\frac{200\,000}{185\,200} = 1{,}08 \text{ meremiili},$$

s.t. arvmastaabi $\frac{1}{200\,000}$ puhul 1 sm-le kaardil vastab looduses 1,08 meremiili ehk arvmastaabile $\frac{1}{200\,000}$ vastab joonmastaap „1,08 meremiili sm". Kui kaart on mastaabis $\frac{1}{350\,000}$, siis selle joonmastaap on umbes 2 miili 1 sm.

Vastupidi, kui on teada kaardi joonmastaap, näit. 5 miili sm, siis on kerge leida tema arvmastaap: on vaja muuta vaid 5 miili sm-teks:

$$5 \cdot 185\,200 = 926\,000.$$

Kaardi arvmastaap oleks järelikult $\frac{1}{926\,000}$.

Joonmastaap võib olla **lihtne** ja **keeruline.** Lihtne joonmastaap on joon, mis on jaotatud tollideks või sm-teks, kus igal või mõnel jaotusel on pealkirjad, mis näitavad vastavaid suurusi maapinnal. Kauguste täpsemaks mõõtmiseks on suurte mastaapidega kaartidel vahel keerulised joonmastaabid, mille teooria on tuttav geomeetriast.

Inglased ja sakslased osutavad joonmastaabi puhul, mitu tolli või sm vastab kaardil 1 meremiilile või 1 kraadile, s.o. 60 meremiilile. Meilgi on siirdutud sellele süsteemile, osutades 1^0 või $1'$ suuruse kas tollides (vanadel kaartidel) või sm-tes.

Näit. vene Läänemere üldkaart nr. 1451 on tehtud mastaabis 18,5 miili tollis ehk $1^0 = 8{,}2$ sm; samasugune inglise kaart nr. 259 on mastaabiga $d = 3{,}5$ (d täh. degree — kraad), s. t. 1 kraadile vastab kaardil 3,5 tolli, ehk meremiilile ligikaudselt 0,06 tolli. Saksa kaart Läänemerest nr. 98 on mastaabis 1 meremiil = 0,14 sm ehk 7,1 meremiili sm-s.

Kuna merekaartide valmistamisel arvestatakse maakera lapergusust, milletõttu meridiaani $1'$ on eri laiustes eri pikkusega, siis on kaardi arvmastaapi kerge leida: vaja sm arv, mis vastab antud kaardil 1 meremiilile, jagada sm arvuga vastava laiuse meridiaani $1'$-s.

Meridiaani $1'$ pikkuse antud laiuses võime valida valmis tabeleist, mis on sarnased tabel 2-le, millede andmed on arvutatud samade maakera mõõtmete alusel, mis on olnud aluseks ka kaardi valmistamisel. Ülalmainitud kaartide arvmastaabid on:

$$\text{vene } \frac{1}{1\,351\,980}, \quad \text{inglise } \frac{1}{1\,250\,000}, \quad \text{saksa } \frac{1}{1\,500\,000}.$$

Kaardi mastaap antakse alati kaardil endal, tema päistiitlis; ta esineb ka kaardikataloogides.

§ 43. MASTAABI ÜLIM TÄPSUS.

Inimese silm ei suuda eristada liiga peeni jaotusi. Ülimaks pikkuseks, mida suudetakse eristada palja silmaga, on 0,1 mm ehk 0,005 tolli.

Sellepärast otsest kaugust maakohal, mis vastab 0,1 mm kaardil, nim. **mastaabi ülimaks täpsuseks;** sellest väiksemat kaugust antud mastaabiga kaardil paljas silm enam eristada ei suuda.

Tabel 12. Mõningate merekaartide mastaabid ja nende ülim täpsus.

Milline kaart	Kaardi nr.	Kaardi nimetus	Joonmastaap		Arv-mastaap	Mastaabi ülim täpsus
			Keskm. laiuse 1′ pikkus	Inglise süst.		
Vene	1839	Must ja Aasovi meri	$1^0 = 8,5$ sm	—	1 : 1 314 852	0,9 kaab.
„	1557	Soome laht	0,3 sm	—	1 : 570 024	0,39 „
„	1439	Gotlandist Suurupini	1,0 sm	—	1 : 190 008	0,13 „
„	1456	Leningradist Seiskarini	1,3 sm	—	1 : 138 852	0,10 „
„	1264	Lavansaaristkuni Šepelevi majakani .	2,5 sm	—	1 : 75 000	0,03 „
„	1028	Odessa sadam . . .	37,0 sm	—	1 : 5 000	0,5 m
Inglise	2683	Pacific Ocean . . .	300 miili = 1 tollis	$d = 0,2$	1 : 16 000 000	1,5 miili
„	2059	North Atlantic Ocean	200 miili = 1 tollis	$d = 0,3$	1 : 11 000 000	1,0 „
„	449	Mediterranean Sea .	50 miili = 1 tollis	$d = 1,2$	1 : 3 460 000	0,25 „
„	2339	North Sea	24 miili = 1 tollis	$d = 2,5$	1 : 1 760 000	0,12 „
„	2191	Gulf of Finland . . .	5 miili = 1 tollis	$m = 0,2$	1 : 460 000	0,25 kaab.
„	2631	Portsmouth Harbour	1 kaab. = 1 tollis	$m = 9,7$	1 : 7 480	3 jalga
„	1698	Dover Harbour . . .	0,7 kaab. = 1 tolllis	$m = 14,9$	1 : 4 900	2,1 jalga

Sõltuvalt mastaabist ülim täpsus võib olla väga mitmesugune. Näit. arvmastaabi $\frac{1}{1\,000\,000}$ ehk vastava joonmastaabi 10 km 1 sm puhul on kaardi ülim täpsus:

$$0{,}01 \cdot 10 \text{ km} = 0{,}1 \text{ km} = 100 \text{ m}.$$

Vanadel kaartidel, arvmastaabiga $\frac{1}{21\,000}$ ehk 250 sülda tollis, saame ülima täpsuse

$$\frac{1}{200} \cdot 250 \text{ sülda} = 1{,}25 \text{ sülda}.$$

Järelikult, esimesel kaardil me ei suuda eristada palja silmaga kaugusi alla 100 m, teisel alla 1,25 sülla.

Tabel 12 annab mõningate tüüpiliste vene ja inglise kaartide mastaabid ja nende ülima täpsuse.

Öeldust on selge, et paberilehe teatava suuruse puhul joonistatava kaardi mastaap valitakse sõltuvalt kaardilt nõutavast üksikasjalikkusest, mis olenebki kaardi ülimast täpsusest.

§ 44. KARTOGRAAFILISTE PROJEKTSIOONIDE LIIGITUS.

Kõik olemasolevad kartograafilised projektsioonid võib liigitada järgmise kahe tunnuse alusel:

a) kaardil saadava **kujutuse omaduse** järgi, mis ongi projektsiooni kõige olulisemaks tunnuseks, ja

b) projektsiooni **valmistamisviisi** järgi.

a) **Kujutuse omaduse** järgi projektsioonid jagunevad:

1. **võrdnurksed** ehk **konformsed;**
2. **võrdsuured** ehk **ekvivalentsed;**
3. **suvalised.**

1. **Konformsed projektsioonid** säilitavad pisimais maastikuosades sarnasuse nende kujutuse projektsioonis. Mingi ümmargune saar looduses esineb konformses projektsioonis ka teatava raadiusega ringina.

Sellise sarnasuse säilitamiseks on vajalik, et nurgad mitmesuguste suundade vahel mingist ühest punktist looduses jääksid muutumatuiks ka vastavate suundade vahel selle punkti kujutamisel projektsioonis; siis jääb järelikult samaks ka kauguste vähenemine antud punkti igasugustes suundades, s.t. mastaap jääb muutumatuks kõigis suundades antud punktist.

Kuna aga sfäärilist tasapinda pole võimalik tasandada tasapinnaks ilma lõhede ja voltideta, siis see mastaabi samasus on võimalik vaid

väga väikeste kauguste puhul. Siirdudes projektsioonis teisele punktile muutub teatava seaduse järgi ka mastaap. Järelikult, kui võtta maakeral kaks lõpmatuväikest ringi eri punktides, siis konformsel kaardil nad esinevad ka ringidena, ainult eri raadiustega.

2. **Ekvivalentsed projektsioonid** säilitavad maa pindalade suhte. Kui mingi pindala suurus on teise omast 2 korda suurem, siis sama suhe säilib ka ekvivalentses projektsioonis.

Kuid selles projektsioonis ei ole kujude sarnasust. Lõpmatuväike ring maapinnal esineb ekvivalentses projektsioonis võrdsuure ellipsina. Mastaap igas punktis eri suundades on erisugune ja nurgad nende suundade vahel projektsioonis ei võrdu nurkadega vastavate suundade vahel looduses.

Öeldust on selge, et ühel ajal ei saa rahuldada konformsuse ja ekvivalentsuse nõuet, sest see tähendaks, et sfäärilise pindala võib tasandada tasapinnaks ilma lõhede ja voltideta.

3. **Suvalised projektsioonid** ei säilita kujude sarnasust ega pindalade võrdsust, kuid neil võivad olla teised väärtuslikud omadused, näit. valmistamise mugavus.

b) **Valmistusviisi järgi** kõik projektsioonid jagunevad:

1. **Perspektiivsed,** mis annavad maakera pinna või selle osa kujutuse perspektiivis. Vaatepunkt — silm — ja pilditasapind, millele projitseeritakse antud maa pindala, võivad olla maakera tsentrumi suhtes eri asetuses. Mingi maakera punkti kujutuse pilditasapinnal saame viimase lõikumisel sirgjoonega, mis ühendab antud punkti vaatepunktiga.

2. **Zeniit-(asimuut-)** projektsioonis maakera pind siirdakse tasapinnale, mis riivab maakera pinda mingis punktis.

3. **Silindrilised,** kus maakera pindala siirdakse ümbriva või lõikuva silindri pinnale ja silinder lõigatakse lahti moodustajat mööda ning laotatakse tasapinnale.

4. **Koonilised** — maakera pind siirdakse riivava või lõikuva koonuse pinnale, mis siis lõigatakse lahti moodustajat mööda ja laotatakse tasapinnale.

5. **Tinglikud,** millede ehitus on seotud keeruliste geomeetriliste võtetega.

Kuna võimalik on leiutada lõpmatult palju võtteid sfäärilise pindala siirmiseks silindri, koonuse pinnale ja pilditasapinnale, siis on ka igasuguste võimalike projektsioonide arv lõpmatu suur. Laevajuhtimise alal on tarvitatavad vaid kaks — **merkaatori** ja **gnomooniline** ehk **tsentraalne** projektsioon.

§ 45. MEREKAARDI VALMISTAMISE TINGIMUSED.

Merekaart peab olema selline, et ta parimini sobiks laevajuhile tema igapäevaste ülesannete lahendamisel. Need ülesanded aga on tavalisesti: laeva tee märkimine kaardile ja nurkade mõõtmine, millede all on laevalt nähtavad mitmesugused kaldaesemed. Järelikult peab merekaart olema selline, et otsekursiga liikuva laeva tee esineks seal sirgjoonena ja et nurgad esemeid tähistavate punktide vahel oleksid samasugused, kui nad on laevalt mõõtes.

Laeva tee **kindlal kursil,** s. t. kui ta kõikide meridiaanidega moodustab ühed ja samad nurgad, on kõverjoon, mida nim. **loksodroomiks** (kreeka k. „kõver jooks").

Loksodroom on kahesuguse kõverusega kõverjoon, mis teeb lõpmatu hulga ringe ümber maakera, püüdes läheneda poolusele, kuid seda kunagi saavutamata. Sõites kursiga 0^0 või 180^0 loksodroom ühtub meridiaaniga, kursil 90^0 või 270^0 — paralleeliga. Iga meridiaaniga loksodroom lõikub lõpmatu arv kordi, iga paralleeliga vaid üksainus kord.

Nii oleks merekaardi võrgu valmistamise esimene tingimus: **loksodroom peab merekaardil esinema sirgjoonena.**

Teine tingimus: **nurkade suurus peab säilima kaardil muutumatuna,** s.t. merekaart peab olema konformne.

Esimene neile tingimusile vastav kartograafiline projektsioon esitati 1569. a. hollandi matemaatiku ja geograafi Gerhard Kremeri poolt, kes on rohkem tuntud oma ladinanimega Mercator, mispärast tema projektsiooni nim. **merkaatori** projektsiooniks.

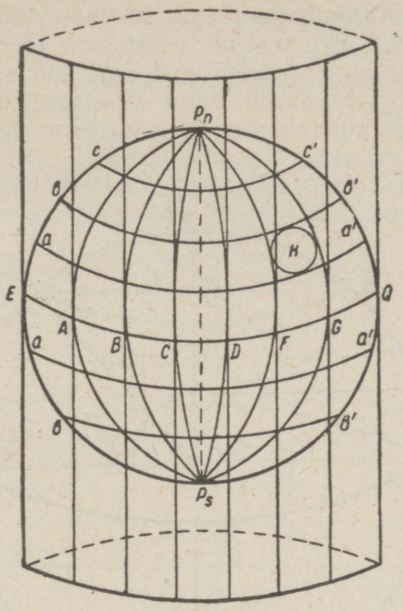
Sellel projektsioonil maa meridiaanid ja paralleelid on kujutatud vastastikku-perpendikulaarsete sirgjoontena. On selge ilma matemaatiliste arvestustetagi, et kui me soovime oma kindlat kurssi sõitva laeva teed näha kaardil sirgjoonena, siis peavad ka meridiaanid kaardil olema sirgjooned ja omavahel paralleelsed, sest kursi muutumatus tähendab, et kursijoon lõikub iga meridiaaniga sama nurga all, ja kui iga kursijoon on sirgjoon, siis sama nurga all ta saab lõikuda vaid omavahel paralleelsete joonte süsteemiga, millised peavadki olema kaardil maa meridiaanid.

Kuna maa paralleelid lõikuvad meridiaanidega õigenurga all, siis nad peavad olema omavahel paralleelsed ja meridiaanidega perpendikulaarsed sirgjooned ka kaardil („Täiendused", §-id 12, 13).

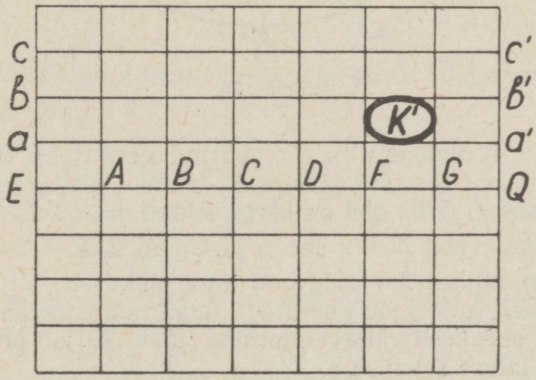
§ 46. MERKAATORI KAARDI ALGTEOORIA.

Kujutleme, et maakera ümber on tõmmatud silinder, mis oma keskkohaga puutub maakera ekvaatorit (joon. 28). Oletame hetkeks, et maakera meridiaanid P_nAP_s, P_nBP_s, P_nCP_s jne. on traadist ja paralleelid aa', bb', cc' — peenest kummist. Võtame edasi iga meridiaani otsad pooluse juurest ja sirgestame ta kuni täieliku ühtumiseni silindri

pinnaga nii, et ta püsiks oma tasapinnas. Meridiaanide pikkus seejuures ei muutu, kuid iga paralleel pikeneb kuni ekvaatori pikkuseni.



Joonis 28.

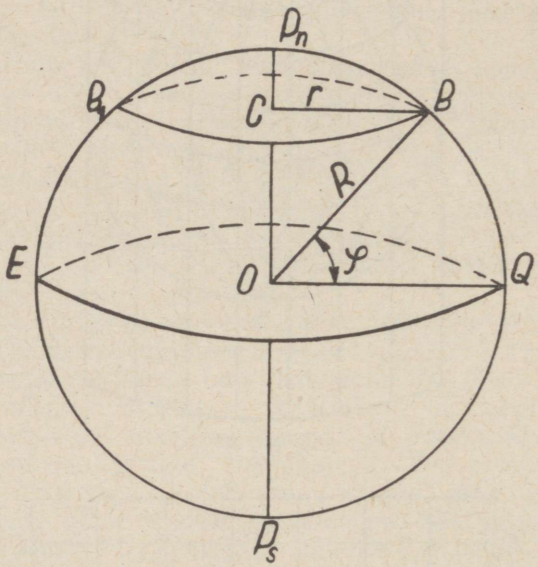


Joonis 29.

Lahkame selle silindri ühe meridiaani järgi ja keerame ta lahti tasapinnaks. Saadud võrgus (joon. 29) on meridiaanid ja paralleelid

omavahel vastastikku-perpendikulaarsed sirgjooned, kuid see ei ole veel merkaatori võrk: ta ei vasta teisele meie seatud nõudele: nurgad looduses ei vasta nurkadele kaardil.

Näit. kui meil on ümmargune saar K (joon. 28), siis sellisel kaardil ta tuleb ovaalne (joon. 29), sest me venitasime pikemaks kõik paralleelid, seejuures ebaühtlaselt, meridiaanid aga jäid endisteks. Sellepärast on kõik maakohad sel kaardil välja venitatud Ost — W suunas ja mandrite, saarte ja muud kontuurid kaardil ei vasta nende tõelistele kontuuridele.



Joonis 30.

Kui oletame, et maakera on korrapärane kera (joon. 30) ja märgime ekvaatori raadiuse $OQ = OB$ tähega R, laiuse φ paralleeli raadiuse CB aga tähega r, siis $\triangle OBC$ abil on kerge leida r ja R suhe, nimelt

$$r = R \cos \varphi \text{ ehk } R = r \sec \varphi, \text{ järelikult } 2\pi R = 2\pi r \sec \varphi,$$

s.t. selleks et paralleeli $2\pi r$ ringjoon oma pikkuselt võrduks ekvaatori ringjoonega $2\pi R$, tuleb teda korrutada tema laiuse sekansiga.

Sellega **iga paralleeli väljavenitamine** (joon. 29) **on proportsionaalne selle paralleeli laiuse sekansiga.**

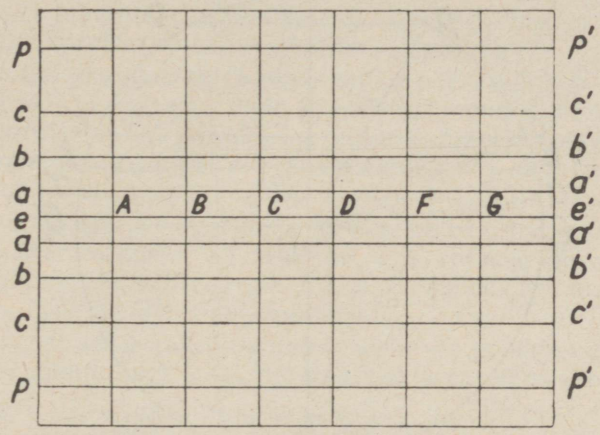
Selleks et säilitada kaardil kontuuride samasust, tuleb välja venitada ka meridiaani igas tema punktis N — S-suunas samas proportsioonis, milles venitasime sama punkti paralleeli, s.o. laiuse sekansi proportsioonis. Sellega saavutamegi, et kõikide maa-alade kontuurid kaardil vastavad nende kontuuridele looduses.

Peale sellist operatsiooni (joon. 31) saadud kaardivõrku nimetatakse **merkaatori** võrguks. Meridiaanide vahed sellel, näit. üle 10^0, jäävad muutumatuks, paralleelide vahed aga üha suurenevad laiusega, s.t. meridiaanid poolusele lähenemisega venivad üha pikemaks.

§ 47. MERIDIAANILISED OSAD.

Leiame nüüd selle kauguse ep (joon. 31), milles mingi laiuse φ paralleel pp' peab seisma ekvaatorist eq merkaatori projektsioonis.

Jagame maapinnal vastava meridiaanikaare Ep (joon. 32) n nii väikesteks osadeks h, et võiks väita ilma olulise veata, et igaüks neist



Joonis 31.

väikestest kaartest h on samas laiuses ja peab kõigis oma punktides olema välja venitatud ühtlaselt. Siis nurgad

$$Eoa = aob = boc = \ldots\ldots = h,$$

kaared

$$Ea = ab = bc = \ldots\ldots = h,$$

meie paralleeli pp' laius φ aga võrdub:

$$\varphi = n \cdot h.$$

Esimene paralleel ekvaatorist arvates, aa', mille laius on h, siirdumisel silindrile pikeneb võrreldes oma esialgse pikkusega keral nii mitu korda, mitu korda tema laiuse sekans on suurem ühest tervest, s.t. pikeneb sec h korda; teine paralleel bb', mille laius on $2h$, pikeneb sec $2h$ korda; kolmas, cc' — sec $3h$ korda jne.

Järelikult, esimene paralleel aa' tuleb projektsioonil (joon. 31) tõmmata ekvaatorist eq kauguses.

$$ea = h \cdot \sec\, h.$$

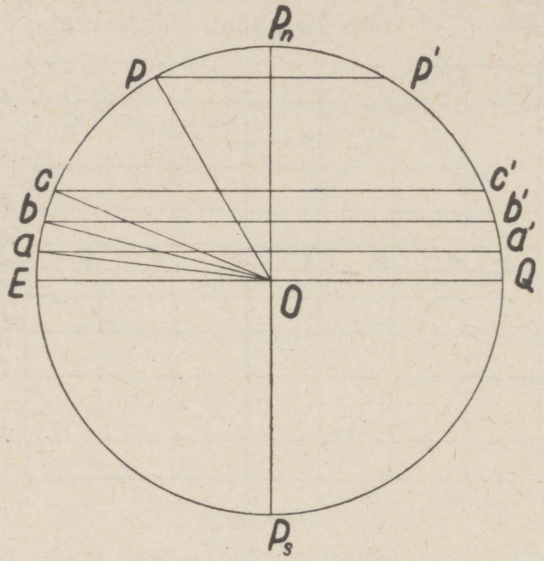
Paralleel bb' tuleb projektsioonil nihutada esimesest paralleelist kaugusele h, suurendatud sec $2h$ korda, s.t.

$$ab = h \cdot \sec 2h.$$

Paralleel cc' peab olema paralleelist bb' kaugusel

$$bc = h \cdot \sec 3h.$$

Kaugus ekvaatorist eq kuni meie paralleelini pp', mis võrdub joon. 31 ep-le, on leitav kui kõigi kauguste summa vahepealsete paralleelide



Joonis 32.

vahel, s. t.

$$ep = ea + ab + bc + \ldots\ldots,$$

kust $$ep = h \cdot \sec h + h \cdot \sec 2h + h \cdot \sec 3h \ldots\ldots + h \cdot \sec nh,$$

ehk $$ep = h(\sec h + \sec 2h + \sec 3h \ldots\ldots + \sec nh).$$

Seda kaugust ep merkaatori projektsioonis meridiaani mööda ekvaatorist kuni antud paralleelini nim. selle paralleeli **meridiaaniliseks osaks.**

Öeldust on selge, et mingi laiuse paralleeli tõmbamiseks merekaardil on vaja enne leida selle paralleeli meridiaaniline osa.

Sõltuvalt sellest, millistes ühikutes on väljendatud kaugus h paralleelide vahel maapinnal, saame ka paralleeli meridiaanilise osa. Kui võtame $h = 1'$ ekvaatoril ehk 1 ekvatoriaalmiili, siis laiuse paralleeli

meridiaaniline osa võrdub sekansite summaga ekvaatorist kuni laiuseni φ, võetud üle 1′, väljendub ekvatoriaalminuteis, s. t.

$$ep = (\sec 1' + \sec 2' + \sec 3' + \ldots + \sec \varphi) \text{ ekv.min.} \qquad (6)$$

Seejuures kui $h = 1'$ ekvaatoril, siis lõigud

$$ea = \sec 1'$$
$$ab = \sec 2'$$
$$bc = \sec 3'$$
$$\ldots\ldots\ldots$$
$$\ldots\ldots\ldots$$

esinevad kaardil minutitena või miilidena, mis üha rohkem pikenevad kaugenedes ekvaatorist, võrreldes ekvatoriaalminutiga.

Kuna minutite arv ekvaatorist kuni antud paralleelini on nii kaardil kui maakeral üks ja seesama, kuid kaardil on minutid pikenenud, siis kaugus ekvaatorist antud paralleelini, väljendatud **ekvatoriaalmiilides,** on **alati suurem** kui minutite arv meridiaanikaares ekvaatorist sama paralleelini maakeral.

Selleks et mitte iga kord arvutada meridiaanilisi osi valemi (6) järgi, on 1933. a. „Meretabeleis" eri tabel 36, kus antakse üle ühe laiuse 1′ iga paralleeli meridiaanilised osad 0° kuni 89°59′ ekvatoriaalminutites, täpsusega kuni minuti ühe kümnendikuni.

Laiuse kraadid selles tabelis antakse ülemises ja alumises horisontaalreas, laiuse minutid aga lehekülje vasakus ja paremas vertikaalreas.

Näidis 53. Leida paralleeli 43°51′ meridiaaniline osa.
Tabelis 36 on laiuse 43°51′ mer. osa = 2 933,3 ekv. minutit ehk miili.
Näidis 54. Leida paralleeli 60°17,5′ meridiaaniline osa.
Tabelis 36 leiame

laiuse 60°17′ mer. osa = 4 561,5
„ 60°18′ „ „ = 4 563,5
järelikult laiuse 60°17,5′ mer. osa = 4 562,5.

Kui muuta 43°51′ ja 60°17,5′ kaareminuteiks, siis saame 2 631′ ja 3 617,5′, mis kinnitab ülalpool tehtud märkust, et paralleeli meridiaanilises osas on alati ekvatoriaalminuteid rohkem kui talle vastavas maakera meridiaanis („Täiendused", § 14).

§ 48. MERIDIAANILINE LAIUSTE VAHE.

Kahe paralleeli vahekaugust meridiaani mööda merkaatori projektsioonis nim. nende paralleelide **meridiaaniliseks laiuste vaheks.**

See võrdub ilmsesti nende kahe paralleeli meridiaaniliste osade algebralise vahega. Leides tabelist 36 iga paralleeli meridiaanilised osad, ei ole raske arvutada nende laiuste meridiaanilist vahet.

Näidis 55. Leida paralleelide $\varphi_1 = 53^{\circ}40'$ N ja $\varphi_2 = 56^{\circ}20'$ N laiuste meridiaaniline vahe.

φ_2 mer. osa . . . 4 109,8
φ_1 „ „ . . . 3 830,7
Laiuste mer. vahe 279,1 ekv.miili.

Näidis 56. Leida paralleelide $\varphi_1 = 3^{\circ}12'$ N ja $\varphi_2 = 4^{\circ}28'$ S laiuste meridiaaniline vahe.

φ_1 mer. osa . . . 268,3
φ_2 „ „ . . . 192,1
Laiuste mer. vahe 460,4 ekv.miili.

Kahe paralleeli laiuste meridiaaniline vahe, mis on teineteisest 1′, annab meile lõigu pikkuse, mis merkaatori projektsioonis kujutab antud laiuse üht ekvatoriaalminutit. Seda laiuste meridiaanilist vahet nim. **merkaatori miiliks** ja ta on meremiili vasteks merkaatori kaardil. Merkaatori miili kasutatakse kui joonmastaabi ühikut laiuste ja kauguste mõõtmiseks merkaatori kaardil.

Ülalöeldust selgub, et meremiil on kindel suurus vaid maakeral, merekaardil aga temale vastavad eri pikkustega lõigud, vastavalt koha laiusele.

Näidis 57. Arvutada merkaatori miili n_1 ja n_2 ligikaudne suurus laiustes 30° ja 60°.

Selleks leiame alul meridiaanilised osad laiustele 29°30′ ja 30°30′.

Mer. osa paralleelil 30°30′ = 1 923,1
„ „ „ 29°30′ = 1 853,8
Laiuste mer. vahe = 69,3 ekv.miili.

Siit leiame merkaatori miili n_1 laiuses 30°

$$n_1 = \frac{69,3}{60} = 1,16 \text{ ekv.miili.}$$

Edasi leiame meridiaanilised osad paralleelidele 59°30′ ja 60°30′.

Mer. osa paralleelil 60°30′ = 4 587,8
„ „ „ 59°30′ = 4 467,8
Laiuste mer. vahe = 120,0 ekv.miili.

Järelikult merkaatori miil n_2 laiuses 60° on

$$n_2 = \frac{120,0}{60} = 2,0 \text{ ekv. miili.}$$

Eelnevast näidisest nähtub, et merkaatori miili pikkuse suhe 60° ja 30° laiuse vahe on

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{2,00}{1,16} = 1,72,$$

s. t. et meremiil 60° laiuses on kaardil 1,72 korda pikem kui 30° laiuses.

Sellepärast mõõtes merekaardil mingit pikkust, tuleb miil või mõned miilid võtta **alati selles samas laiuses, milles on mõõdetav kaugus.**

§ 49. MERKAATORI KAARDI KOOSTAMINE.

Merkaatori kaardi koostamiseks mingile mererajoonile on vaja valitud kohal sooritada mitmesugused hüdrograafilised tööd.

Kõigepealt on vajalik valitud rajooni enamvähem üksikasjalik **mõõtmine,** mis tugeb **maakoha triangulatsioonile,** selleks et kindlaks teha tema üksikute punktide tõelised asendid. Triangulatsioon peab tugema mõne või vähemasti maakoha ühe punkti asendi täpsele teadmisele, mis on määratud **astronoomilistest vaatlustest,** kaldal valitud punktide koordinaatide ja nende vastastikuste asimuutide arvutamiseks.

Mere kaldaäärses osas on vaja **mõõta** mere **sügavust paadist,** selleks et selgeks teha merepõhja reljeef kalda läheduses, millele järgneb **mõõtmine laevalt,** juba kaldast kaugemal. Edasi on vaja koguda teatmeid antud rajooni lootsiaks, korraldada tõusu ja mõõna vaatlusi jne.

Kõik selliste töödega kogutud kartograafiline materjal saadetakse asutisse, kes kirjastab merekaarte, milleks Nõuk. Liidus on TTPA Merejõudude Valitsuse Hüdrograafia Osakond. Seal töödeldakse kogutud materjal, liidetakse üheks tervikuks ja kantakse üle kaardile.

Kõigepealt on vaja arvutada tulevase kaardi võrk, milleks eelnevalt on vajalik leida kaardi paralleelide meridiaanilised osad. Selle arvutamiseks § 47 toodud valem (6), kui mitte küllalt täpne, ei kõlba.

Valemi (6) koostamisel meil oli kaks oletust: 1. et maakera on kera, 2. et maakera meridiaani kaar on jaotatud nii väikesteks osadeks h, et igaüks neist kõigis oma punktides on pikenenud ühtlaselt.

Täpsete merekaartide koostamisel aga sellised oletused pole lubatavad. Siin tuleb arvesse võtta ka maakera lapergusust, võttes teda pöörd-ellipsoidina, ja paralleelide vahekauguste summeerimine väikeste vahede kaupa asendada integreerimisega.

Siis saame tulemusena mingi laiuse φ paralleeli meridiaanilise osa D väljendina:

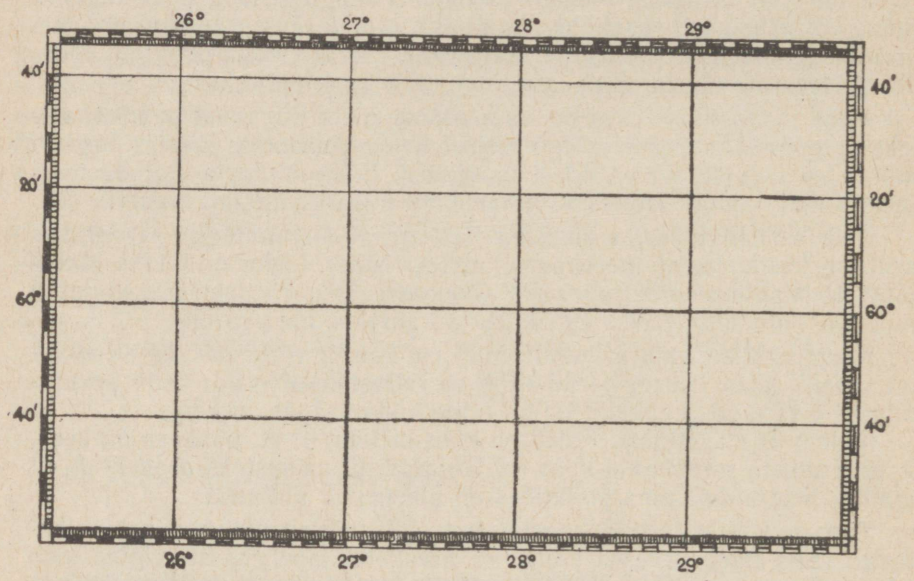
$$D = \frac{a}{M} \log \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right) - ae^2 \sin\varphi - \frac{1}{3} ae^4 \sin^3\varphi , \qquad (7)$$

kus a on maa-ellipsoidi suur pooltelg, M — tavaliste ehk kümnend-logaritmide moodul, e — ekstsentrilisus, mis leitakse väljendist $e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$, ja log — tavaline kümnendlogaritm. Selle valemi järgi, piirdudes tema kolme esitatud liikmega, arvutataksegi merkaatori kaardi võrgu koostamisel iga paralleeli meridiaaniline osa.

Kui kaardivõrk on arvutatud ja kartograafilisele paberile joonestatud kaardi välisraam, siis väljaspoole seda raami (joon. 33) kirjutatakse iga meridiaani ja paralleeli juurde tema arvuline suurus.

Nii pikkus kui laius märgitakse vaid kraadide ja minutitega, ilma nimetusteta, sest neid pole vaja: merekaardid koostatakse alati nii, et ülal on N, all — S, paremal — Ost ja vasakul — W.

Kui laius suureneb kaardil alt üles, siis on ilmsesti N-poolkera, kui pikkus suureneb vasakult paremale, siis Ost-poolkera. S-poolkeras laius suureneb ülalt alla, W-poolkeral pikkus kasvab paremalt vasakule.



Joonis 33.

Raami välispoolne osa jagatakse suurematekś osadeks, näit. üle 5′, 30′, 1°, kusjuures need jaotused tavalisesti üle ühe šateeritakse. Šateeritakse paarisarvulised osad, lugedes meridiaane ja paralleele mööda itta ja põhja.

Kaardi raami sisemine pool jagatakse võimalikult minutiteks. Suurema mastaabiga kaartidel (1—2 miili sm) jagatakse vahel minutid punkti või joonekesega pooleks, mastaapide puhul 2—1 miilini sm minutid jagatakse 5 osaks, mastaabis 1 miil ja suuremad — 10 osaks.

Raami horisontaalsed osad vahepealsete meridiaanide vahel jagatakse võrdseteks oasdeks geomeetrilisel teel.

Vahepealsete paralleelide tõmbamisel arvestatakse, et merkaatori kaardil meridiaan igas oma osas on pikendatud ebaühtlaselt, kuid proportsionaalselt

$$\log \operatorname{tg} (45^0 + \tfrac{\varphi}{2}),$$

kui jätta arvestamata maakera lapergusus.

Sellepärast ei saa raami vertikaalset osa jagada korraga võrdseteks osadeks, vaid enne jagatakse vahepealsete paralleelidega ja siis alles jagatakse nende vahed geomeetriliselt võrdseiks osadeks.

Siit on ka selge, et vahepealsete paralleelide arv peab olema nii suur, et kahe kõrvutise paralleeli jagamine võrdseteks osadeks ei kajastuks liiga tunduvalt pisimate jaotuste suuruses.

Suurtel plaanidel tõmmatakse vahel suuna märkimise soodustamiseks keskmeridiaan ja keskparalleel, kuid enamikus plaanides nad puuduvad. Plaanide raamid on tavalisesti ka jaotamata.

Pärast raami jaotamist kantakse kaardivõrgule kõigepealt geograafiliste koordinaatide järgi tugipunktid — astronoomilised ehk triangulatsioonipunktid.

Kaardi raam, meridiaanid, paralleelid ja nende alajaotused tõmmatakse ümber tušijoonega.

Pinna mõõtmise ja plaanistamise teel saadud planšetid vähendatakse kaardi mastaabini pantograafi või päevapildistuse teel. Siis planšett lõigatakse väikesteks trapetsiteks ja need paigutatakse joonistaja poolt kaardivõrgu vastavatesse ristkülikutesse. Seejuures vajalikud ülemise trapetsiosa venitamised ja alumise osa kokkusurumised teeb joonistaja käe järgi, kusjuures osa üksikasju jäetakse välja ja kontuurid ühtlustatakse.

Kalda kontuur ja iseloom — liivane, kaljune, mägine jne., esemed kaldal — ehitisid, silmatorkavad puud, metsad, mäetipud, tornid, merelt märgatavad esemed, mille järgi võib kalda ära tunda, jne. — kantakse kaardile tingmärkidena, mis leiduvad „Tingmärkide ja lühendite nimestikus" ja selle „Täiendustes". Vanade kaartide tingmärgid leiduvad Hüdrograafia Peavalitsuse poolt 1910. aastal väljaantud „Merekaartide ja plaanide tingmärkide" nimestikes. 1936. a. ilmus veel „Juhatus nõukogude ja inglise kaartide kasutamiseks" TTPL Hüdrogr. Valitsuse kirjastusel, kus antakse nii vanad kui uued märgid.

Kaldariba peab olema nii lai, et sinna satuksid kõik merelt hästi nähtavad esemed, mis on kasulikud nii kalda enda äratundmiseks kui laeva asukoha määramiseks. Sellepärast headel kaartidel kaldariba täidetakse pinnakupildiga kuni 5 km ja rohkem.

Kaldariba vabadele kohtadele paigutatakse vahel mitmesugused kaardi kasutamist hõlbustavad teatmed, näit. majakatornide ja märkide liigid, näpunäited alatiste või tõusu-mõõna-hoovuste kohta, mõnede

punktide rakenduskellaaegade tabelid, erihoiatusmärgid sõiduks antud rajoonis jmss.

Mereosas märgitakse võimalikult kõik mõõtmise teel saadud sügavused, tõmmatakse võrdsete sügavuste jooned — **isobaadid,** kui mõõtmiste täpsus ja rohkus võimaldab neid tõmmata; sellised jooned selgitavad meresõitjale käesoleva mereosa veealust reljeefi.

Kunagi ei tule arvata, eriti kaljuse ranna läheduses, et valged kohad kaardil tähistavad sügavaid kohti. Alati tuleb arvata, et **kaardi valgetel kohtadel on sügavus veel mõõtmata,** seda enam kui selliseid kohti ümbritsevad sügavused ja kalda iseloom panevad kahtlema suurte sügavuste olemasolus.

Peale sügavuste kantakse kaardile kõik leetseljakud, madalikud, augud, veealused ja veepealsed kivid, merepõhja iseloom, majakatulede sektorite piirid, hoiatusmärgid ohtude piiramiseks, liitsihid, mis viivad puhtalt ohtudest läbi, soovitatavad sõiduteed jne.

Mitmes kohas kaardil antakse variatsioon ja selle aastamuutus. Viimased antakse mõnel puhul ka kaardi päistiitlis. Joonistatakse tõelised ja magnetilised kodarikud, et kergem oleks kaardile kanda kursse ja peilungeid ilma mallita.

Igal kaardil ja plaanil on oma pealkiri, mis paigutatakse kaldariba vabasse kohta. Pealkirjas on kaardi või plaani nimetus, koostamise aasta, milliste tööde alusel koostatud, arv- ja vahel ka joonmastaap, peaparalleel, aasta, millest on osutatud variatsioon, mere sügavuste ja mägede kõrguste mõõdud, lühendite tähendused kaardil ja hälbed üldtarvitatavaist tingmärkidest.

Sellepärast peab endale seadma reegliks: **asudes kaarti kasutama tuleb enne hoolega läbi lugeda tema pealkiri ja kõik märkused.**

Raami keskkoha alla kirjutatakse, kelle poolt ja mis aastal kaart on kirjastatud; vasemas nurgas — kes koostas ja korrigeeris kaarti, viimase korrektuuri aasta ja kuu; paremas nurgas — kaardi suure korrektuuri aasta. Vene kaartide numbrid kirjutatakse igasse kaardi nurka, inglise kaartidel — alla paremasse nurka.

Selleks et merekaarti saaks kasutada purgivalt, tuleb osata kaarte **lugeda** s.t. tuleb tunda kõiki tingmärke ja kaartide koostamise reegleid, milleks tuleb tutvuda vastavate teatmikkudega. Tuleb meeles pidada, et kaardi täielik mõistmine on esimene tingimus laeva sõidutee õigeks valikuks. Õpetada lugema merekaarte — on lootsia peaülesandeid („Täiendused", § 15, 16).

§ 50. MERKAATORI KAARTIDE KASUTAMINE.

Kõik tüürimehe-praktika igapäevased ülesanded merkaatori kaardil on lahendatavad sirkli, rööbasjoonlaua ja malli abil.

Tähtsamad kaardil lahendatavad ülesanded on järgmised:

Ülesanne 1. Leida kaardil mingi punkti laius ja pikkus.

Ülesande lihtsaim lahendusviis on järgmine. Asetame sirkli haru antud punkti ja eemaldame teist haru senikaua, kuni see puudutab lähemat kaardile joonestatud paralleeli. Veendumiseks, et see on tõesti lühim vahemaa antud punkti ja paralleeli vahel, tõmbame sirkli vaba haruga kaare ja jälgime, kas ta ei lõiku veel kuski paralleeliga, sest kaugus on ainult sel juhul määratud õigesti, kui tõmmatud kaar puudutab paralleeli vaid ühes kohas.

Saanud selliselt kauguse lähema paralleelini, asetatakse sirkel ettevaatlikult, nii et tema harude vaheline nurk ei muutuks, kaardiraami vasema või parema poole juurde. Üks haru asetatakse paralleelile, milleni leidsime kauguse, teine — raami peeneltjaotatud osale antud punkti suunas ja loetakse raamilt harude vahel olev laius. Kui kaardi mastaap lubab, leitakse laius täpsusega kuni 0,1′, kusjuures minuti kümnendosad määratakse silma järgi.

Samuti määratakse ka punkti pikkus, mõõtes vahemaa lähima meridiaanini ja leides täpse pikkuse raami alumisel või ülemisel äärel.

Ülesanne 2. Leida punkt antud laiuse ja pikkuse järgi.

Asetame rööbasjoonlaua kaardil olevale paralleelile, mis on lähim antud laiusele, ja nihutame ühe joonlaua pooltest antud laiuseni. Edasi võtame raami alt või ülalt sirkli harude vahega vahemaa antud pikkuse ja lähima joonestatud meridiaani vahel; siis asetame sirkli ühe haru samale meridiaanile otse vastu joonlauda, teise haruga aga teeme märgi — ka vastu joonlauda ja antud pikkuse suunas. Tehtud märk ongi otsitav koht.

Selle lahendusviisi puhul peab jälgima, et joonlaud kogemata ei nihkuks kohalt ega muutuks sirkli harude vahemaa.

Ülesannet võib lahendada ka ilma sirklita, ja nimelt: asetame rööbasjoonlaua antud laiuse kohale ja tõmbame seda mööda peene joone. Edasi asetame joonlaua antud pikkusele kõige lähema meridiaani vastu, nihutame joonlaua teist poolt kuni antud pikkuseni ja tõmbame siia teise joone. Joonte lõikumiskoht ongi otsitav punkt.

Ülesanne 3. Mõõta kaardil vahemaa kahe punkti vahel.

Kauguste mõõtmisel kaardil peab alati meeles pidama, et merkaatori kaardil mastaap muutub laiusega ja sellepärast miili suurus tuleb alati võtta vastavalt otsitava vahemaa laiusele (§ 48). Edasi ei tule sirkli harusid eemaldada teineteisest üle õigenurga, sest liiga laiali asetatud harud lõhuvad kaardipaberit.

Asetame sirkli harud mõõdetava joone otstele; siis ettevaatlikult

seame ta kaardi raami vasakule või paremale poolele, võimalikult samas laiuses, kus asetseb mõõdetav kauguski.

Kui mõõdetav joon asetseb mööda paralleeli, siis sirkel seatakse raamile nii, et üks haru oleks sama palju põhja pool mõõdetava joone laiust, kui teine haru lõuna pool seda.

Kui sirkel ei haara korraga kogu joone pikkust, siis tuleb ta mõõta osade kaupa ja võtta igale osale tema laiusele vastav miili pikkus. Võib toimida ka teisel viisil, nimelt: haaratakse sirkliga teatav arv miile, näit. 10, 20, või 1° kaardi raamilt ja nimelt sellest osast, mis on ligikaudu mõõdetava kauguse keskkoha vastas, ja loetakse, mitu korda võetud ühik mahub mõõdetavasse pikkusse.

Ülesanne 4. Tõmmata antud punktist tõeline kurss või tõeline peilung.

Ülesanne lahendatakse malli abil. Asetame malli kaardile kaarega ülespoole nii, et tema keskmine kriips ühtuks mingi kaardil oleva meridiaaniga, kõige parem, kui lähimaga antud punktile, ja pöörame malli paremale või vasakule, kuni seesama meridiaan ühtub malli kaare selle kriipsuga, mis vastab antud kursile või peilungile. Selles malli seisundis tema joonlaua alumine lõige moodustab just otsitava suuna meridiaaniga.

Edasi seame malli joonlaua kõrvale rööbasjoonlaua ja veendunud, et seejuures malli asend ei nihkunud paigast, kõrvaldame malli, nihutame joonlaua laiemale kuni antud punktini ja tõmbame vajalikus suunas sirgjoone.

Malli jaotuste nimetused on tehtud nii, et nad ühtlasi näitavad, millisesse külge tuleb joon tõmmata. Kui antud suunale vastav pealkiri on malli kaare välisküljel, siis tõmmatakse joon ülespoole, s.t. terava nurga all meridiaani N-osaga, kui jaotuse nimetus on kaare siseküljel, siis suund läheb allapoole, nüri nurga all meridiaani N-osaga.

Kartes joonlaua juurdeseadmisel nihutada malli oma kohalt, vahel eelistatakse asetada kohe joonlaud ühes malliga, mis aga pole küllalt sobiv ja viidab rohkem aega. Malli asendi kontrollimine peale joonlaua juurdeasetamist ei ole raske, ja tavalisesti küllaldase tähelepanu puhul malli asend ei muutu.

Kursside puhul, mis on lähedased 0° või 180°, on malli seadmine meridiaanile ebamugav, sest nende kursside puhul on malli keskmine kriips peagu perpendikulaarne kaardi meridiaaniga. Sellepärast on sellistel juhtudel parem seada mall vastu paralleeli, arvestusega, et näit võrduks antud suunaga $\pm 90°$.

Ülesanne 5. Määrata kaardile tõmmatud joone suund.

Seame antud suuna kõrvale rööbasjoonlaua, asetame tema juurde malli ja nihutame viimast mööda joonlauda, kuni tema keskmine kriips

satub ühele kaardi meridiaanidest. Siis malli jaotus, mida läbib seesama meridiaan, näitabki meile tõmmatud joone tõelist suunda.

Malli lugemil saame kaks teineteisest 180° võrra erinevat vastust: kui antud suund moodustab meridiaani N-osaga terava nurga, siis vastuse annab malli ülemine lugem, kui nurk on nüri, siis alumine.

Ülesanne 6. Antud punktist märkida mingis suunas teatav kaugus.

Märgime kaardile antud punkti (ülesanne 1) ja tõmbame temast antud suuna (ülesanne 4), võtame kaardi raamilt antud punkti laiusele vastava kauguse ja asetame selle tõmmatud joonele.

Kui antud suund ühtub meridiaaniga ja kauguse saab võtta ühe sirkli haardega, siis võetakse ta vertikaalselt raamilt, alates kriipsust, mis vastab antud punkti laiusele, ja osutatud suunas.

Kui suund ühtub paralleeliga, siis kaugus võetakse raamilt nii, et üks pool oleks kõrgemal antud punkti laiusest, teine — allpool.

Kui suund on vahepealne meridiaani ja paralleeli vahel, siis kaugus võetakse vertikaalraamilt, alates antud punkti laiusest, antud suuna järgi.

Kui antud suuna kaugust ei saa võtta ühe sirkli haardega, siis võetakse ta osade kaupa, võttes seejuures vertikaalraamilt iga osa vastavalt selle osa laiusele. Või võetakse raamilt silma järgi mingi ümmarguse arv miile tõmmatava kauguse keskkoha vastast ja mõõdetakse sellega antud suunda. Kui kaugus on selliselt mõõdetud, siis kontrollitakse teda, võttes ümmarguse miilide arvu juba täpse sümmeetriaga esialgselt tõmmatud kauguse keskpunkti laiuse suhtes.

Ülesanne 7. Kanda antud punkt ühelt kaardilt teisele.

Võib võtta ühelt kaardilt antud punkti laius ja pikkus ja kanda laiuse ja pikkuse järgi teisele kaardile.

Võib aga ka võtta ühelt kaardilt suuna antud punktile ja kauguse selleni mingist kaardil esinevast punktist — majakast, triangulatsioonipunktist jne., mis on olemas ka teisel kaardil, — ja tõmmatakse teisele kaardile sellest punktist võetud suund, mõõdetakse sellele teise kaardi mõõtkavas mõõdetud kaugus, ja otsitav punkt on käes.

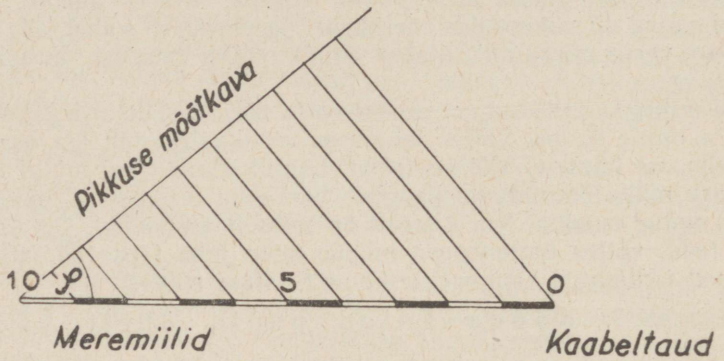
Teine võte on esimesest parem, sest vahel võib juhtuda, et ühe kaardi koostamisel on aluseks võetud mingi vanem põhipunkti laiuse ja pikkuse suurus, teisel kaardil uuem ja veidi erinev esimesest. Sellepärast võib juhtuda, et ühe ja sama punkti koordinaadid kahel eri ilmumisaastaga kaardil võivad veidi erineda ja uuel kaardil vanade koordinaatide järgi määratud asend võib osutuda ekslikuks.

Ülesanne 8. Leida punkti pikkus ja laius plaanil.

Plaanide raame tavalisesti ei jagata kraadideks ega minutiteks, kuid plaani pealkirjas on alati antud täpsed (kuni sekunditeni ja sekundi

sajandik-osadeni) plaani — astronoomilise või triangulatsiooni (plaanil tähistatud) põhipunkti geograafilised koordinaadid. Peale selle antakse laiuste mõõtkava minutites ja nende kümnend-osades (kaabeltaudes) ja pikkuste mõõtkava pikkuse minutites ja nende osades.

Kuna iga plaan koostatakse nagu merekaartki nii, et ülal on N, all — S, paremal — Ost ja vasakul W, siis plaani vertikaalsed raamid on tõelisteks meridiaanideks, horisontaalsed aga — paralleelideks. Sellepärast, soovides määrata plaanil mingi punkti laiuse ja pikkuse, tõmbame läbi selle punkti meridiaani, läbi põhipunkti aga — paralleeli. Mõõtnud minuteis laiuste mõõtkava järgi kauguse antud punktist kuni põhipunkti paralleelini, liidame või lahutame selle põhipunkti laiusest, sõltuvalt poolkerast ja antud punkti asendist põhipunkti suhtes — ja saamegi antud punkti laiuse.



Joonis 34.

Mõõtnud pikkuste mõõtkava järgi kauguse põhipunktist kuni antud punkti meridiaanini, liidetakse või lahutatakse ta põhipunkti pikkusest, jällegi sõltuvalt poolkerast ja antud punkti asendist põhipunkti suhtes — saame antud punkti pikkuse.

Vahel on plaanil vaid üks mõõtkava — kauguste (laiuste) oma. Siis pikkuste mõõtkava saamiseks (joon. 34) on vaja kaardil antud laiuste mõõtkava algpunktist tõmmata abisirgjoon, mis moodustab mõõtkavaga põhipunkti laiusele võrduva nurga. Tõmmates seejärele igast laiuse mõõtkava jaotusest perpendikulaarid, me jaotame selle sirgjoone osadeks, mis on sec φ korda väiksemad laiuste mõõtkava jaotustest, s.t. saame abisirgjoone pikkuse mõõtkava. Kuid pikkust saab määrata plaanil ka palju lihtsamalt.

Nimelt, mõõtnud paralleeli lõigu plaani põhipunkti ja antud punkti meridiaani vahel laiuseminutites, korrutame saadud arvu minuteid sec

φ-ga, kus φ on põhipunkti laius. Korrutada võib kas tavaliste logaritmide abil või kasutades 1933. a. „Meretabelite" tabelit 35 (vt. § 47).

Saadud resultaat ongi põhipunkti ja antud punkti pikkuste vahe.

Sageli plaanidel, mis on koostatud suurtes mõõtkavades ja mis hõlmavad peale veepinna veel tähtsa osa kaldast, näit. sadama või linna territooriumi — antakse peale laiuse- ja pikkuse-mastaabi kaareminuteis veel kauguste mastaap süldades, jardides või meetrites, mõõtmisteks plaani kaldaosades.

§ 51. GNOMOONILISED KAARDID.

Peale merkaatori projektsioonis koostatud kaartide kasutatakse laevajuhtimisel veel kaarte **gnomoonilises** ehk **tsentraalses projektsioonis.**

Neid kasutatakse navigeerimisel 3 juhul: 1. pooluselähedaste maade kaartide koostamisel, mida, nagu nägime, ei saa kujutada merkaatori projektsioonis; 2. suurringide kaarte märkimisel, mis on lühimaks vahemaaks lähte- ja sihtpunkti vahel, kuid esinevad merkaatori kaardil kõverjoontena; tsentraalprojektsioonis aga iga suurringi kaart kujutatakse sirgjoonena; 3. raadiopeilungite märkimiseks, mis on ka suurringi kaarteks ja tsentraalprojektsioonis märgitakse sirgjoontega.

Gnomooniline kaart kujutab osa maakera pinnast sel kujul, nagu ta paistaks silmale, mis asub maakera tsentrumis ja vaatab sealt maakera pinnale. Kujutatav maapinna osa projitseeritakse maakera tsentrumist tasapinnale, mis riivab maakera pinda ükskõik millises punktis. Sõltuvalt riivava tasapinna seisangust saadakse ühe- või teissugune tsentraalne projektsioon. Kui riivamine on pooluse juures, siis on see **polaarne tsentraal-projektsioon;** mingil punktil ekvaatoril saame **ekvatoriaalse tsentraal-projektsiooni;** pooluse ja ekvaatori vahel — **horisontaalse tsentraal-projektsiooni.**

Vaatleja silma kohta nim. **vaatepunktiks,** riivavat tasapinda aga, millele projitseerub antud osa maakera pinda — **pilditasapinnaks.**

Polaarprojektsiooni näiteks on joon. 35. Meridiaanid on siin kõik sirgjooned, mis kiiretaoliselt lähtuvad poolusepunktist, moodustades nurki, mis võrduvad pikkuste vahega keral. Paralleelid esinevad ringidena, millede tsentrumiks on poolus. Nende ringjoonte raadiused kasvavad proportsionaalselt ctg φ.

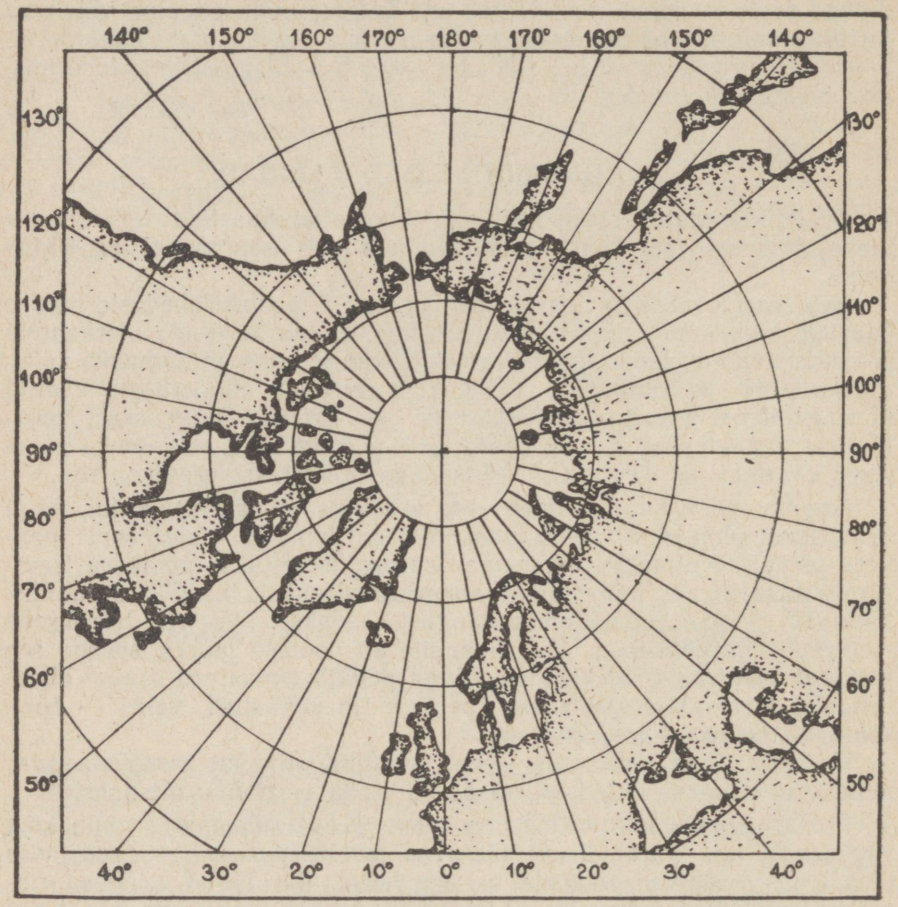
Tsentraalses polaarprojektsioonis on koostatud 12 inglise kaarti D 31—D 42 põhjapoolkera polaarosast mõõtkavas

$$\frac{1}{17\,000\,000}.$$

Need kaardid hõlmavad rajooni poolusest kuni 40°—34° põhja laiuseni ja sisaldavad teatmeid arktiliste jääalade, ujuvate jäämägede jne.

kohta aasta igal kuul. Kõik need kaardid moodustavad atlase „Ice charts of the Northern Hemisphere", ilmunud 1922. a.

Samas projektsioonis on ilmunud ka inglise kaart nr. 1241 — „Ice chart of the Southern Hemisphere" — maa-aladele lõunapoolusest kuni



Joonis 35.

30° lõuna laiuseni, mõõtkavas

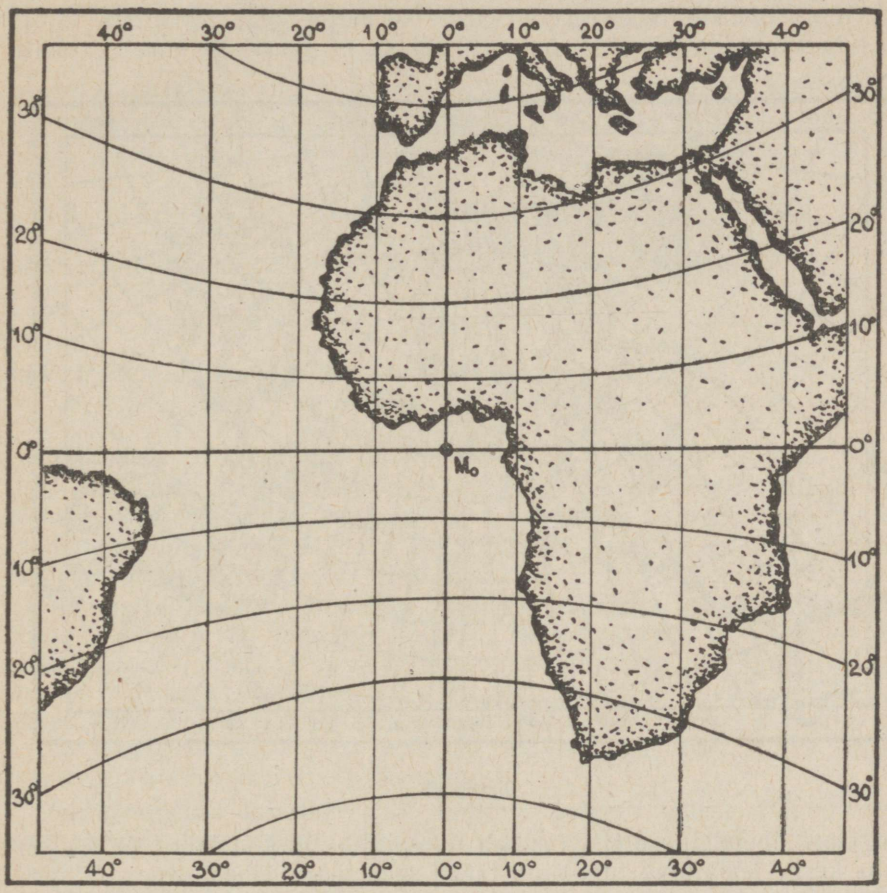
$$\frac{1}{22\,000\,000},$$

mis sisaldab teatmeid antarktiliste alade kohta.

Tsentraalses ekvatoriaalprojektsioonis (joon. 36) maa meridiaanid

esinevad omavahel paralleelsete sirgjoontena, olles ühtlasi paralleelsed kaardi tsentraal-meridiaaniga, mis läbib pilditasapinna puutepunkti M_0.

Iga meridiaani kaugus kaardi tsentraalpunktist on proportsionaalne selle meridiaani pikkuse tangensiga suhteliselt kaardi tsentraalmeridi-



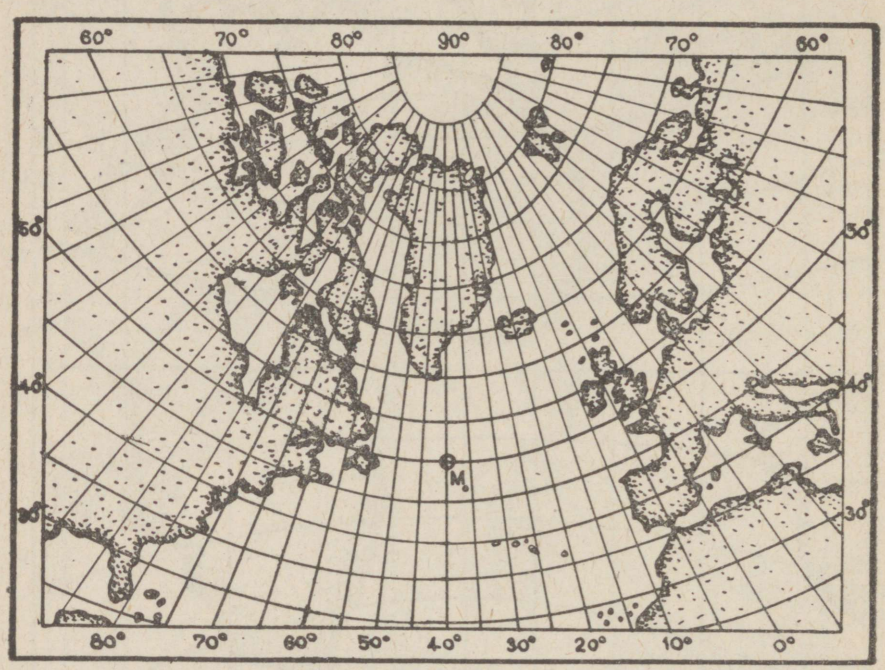
Joonis 36.

aaniga. Järelikult, meridiaanide vahekaugused teatava kraadide arvu järele kasvavad kaugenemisega keskmeridiaanist.

Paralleelid ekvatoriaalsel tsentraalprojektsioonil esinevad hüperboolidena, millede tõeliseks teljeks on kaardi tsentraalmeridiaan, näiliseks aga — sirgjoon *OO*, mis kujutab maa ekvaatorit.

Ekvatoriaalset, samuti kui polaarset tsentraalprojektsiooni kasutatakse tähistaeva kaartide koostamisel. Kujutades kera ümber kuubi, mis riivab kera poolustel ja neljas üksteisest ühekaugusel seisvas punktis ekvaatoril, projitseeritakse neile 6 kuubi küljele kogu tähistaevas ja saadakse tähekaardid 2 polaar- ja 4 ekvatoriaal-tsentraalprojektsioonis.

Gnomooniliste tähekaartide järgi on kerge leida tundmata tähti. Kasutades nende projektsioonide omadust, et suurringi kaar on alati



Joonis 37.

sirgjoon, ühendatakse sirgjoonega mingi kaks tuntud tähte, ja siis on juba kerge leida kõik tundmata tähed selle joone läheduses.

Horisontaalses tsentraalprojektsioonis (joon. 37) kõik meridiaanid esinevad sirgjoontena, mis ei läbi puutepunkti M_0, peale tsentraalmeridiaani 40°. Meridiaanide kaugused (30°, 20°, 10°...) puutepunktist M_0 on proportsionaalsed antud punkti pikkuse tangensiga suhteliselt tsentraalmeridiaaniga.

Selle projektsiooni ekvaator esineb sirgjoonena, paralleelid aga kõveratena, sõltuvalt nende asendist suhteliselt paralleeliga, mis läbib puutepunkti M_0.

Paralleelid, millede laius on

$$\varphi > 90^0 - \varphi_0,$$

kus φ_0 on puutepunkti M_0 laius, esinevad ellipsitena. Kui laius on

$$\varphi < 90^0 - \varphi_0,$$

siis paralleel on hüperbool. Kui aga paralleelil

$$\varphi = 90^0 - \varphi_0,$$

siis on ta parabool.

Horisontaalses tsentraalprojektsioonis on koostatud inglise kaardid nr. 11 ja 18, Atlandi ookeani põhja- ja lõunapool, mõõtkavas

$$\frac{1}{13\,000\,000},$$

kaart nr. 132 India ookeanist ja Lõuna Jäämerest mõõtkavas

$$\frac{1}{32\,000\,000}$$

ja kaardid nr. 42 ja 53, Vaikse ookeani põhja- ja lõunapool, mõõtkavaga

$$\frac{1}{20\,000\,000}.$$

Neid kaarte kasutatakse suurringikaarte märkimiseks, selleks et pikkadel ookeanisõitudel suunata laeva tee mööda suurringi kaart, mis on keral lühim vahemaa kahe punkti vahel, mitte aga mööda loksodroomi, ja võita sellega 200—300 miili.

Samas projektsioonis on koostatud veel 5 inglise kaarti D 26—D 30 Atlandi ookeani ida- ja läänekallastest, Aasori saartest ja Vahemerest, selleks et neil märkida raadiopeilungeid sirgjoontega. Kuid siin tuleb meeles pidada, et nende kaartide kasutamisel raadiojaama või laeva suure kauguse puhul kaardi keskpunktist tuleb vaatlustega määratud raadiopeilungeid parandada nurkade moondumise võrra, mis tekib tsentraalprojektsiooni ebakonformsusest.

Gnomooniliste kaartide suur paremus seisneb selles, et suurringi kaar esineb sirgjoonena, mis kergendab ookeanisõitudel lühima tee valikut.

Nende kaartide puuduseks on mandrite ja ookeanide kontuuride suur moonutamine, mida põhjustab selle projektsiooni nurkade rikkumine. Sellepärast on kauguste vahetu mõõtmine gnomoonilistel kaartidel tülikas ja seda asendatakse tavalisesti suurringi kaare pikkuse arvutamisega sfäärilise trigonomeetria valemite abil.

Sellepärast ei saa ka gnomoonilise kaardi järgi teha tavalist kaarditööd meresõidul. Selline kaart on peamiselt õiendusteks ja suurringi kaare ülekandmiseks merkaatori kaardile („Täiendused", § 17—23).

§ 52. MEREKAARTIDE LIIGITUS.

Oma ülesannete järgi merekaardid jaguvad kolme rühma: **teatmelised, navigatsioonilised** ja **plaanid.**

I. Teatmelised kaardid annavad mitmesuguseid andmeid sõidu ajal. Nendel esineb enam-vähem ulatuslik osa maakera pinnast: üksik meri, ookean, poolkera või terve maakera ilma eriliste peenusteta. Sellised on enamik inglise I sektsiooni kaarte: ülevaate ehk indekskaardid raadiopeilungite märkimiseks, jää asukohtade kaardid Põhja ja Lõuna pooluse ümbrusest, tõusu- ja mõõna-hoovuste kaardid, Lääne-Euroopa meteoroloogilised kaardid, telegraafikaablite, ookeanisügavuste, üksikute ookeanide tuulte ja hoovuste kaardid, magnetilised kaardid jne.

Enamik teatmekaartidest on merkaatori projektsioonis, osa — tsentraalses. Teatmekaardid on tavalisesti väikemastaabilised —

$$\frac{1}{65\,000\,000} \text{ kuni } \frac{1}{18\,000\,000}.$$

Teatmekaartide üksikasjalikke kirjeldusi ja juhatusi nende kasutamiseks leidub lootsiates.

II. Navigatsioonilised kaardid on laeva tee ja asukoha määramiseks. Nad jaguvad omakorda:

1. Üldkaardid, mis kujutavad terveid lahti, meresid, ookeane või nende osi. Üldkaardiks mingi retke tarvis on suurima mõõtkavaga kaart, kus leidub nii lähte- kui sihtsadam.

Üldkaardi järgi määratakse reisi üldplaan, valitakse lootsia abil soodsaimad kursid. Kui pole olemas suurema mõõtkavaga kaarti, siis määratakse sellel ka laeva asukoht.

Sõltuvalt kujutatava ala suurusest valitakse üldkaardi mõõtkava selline, et kogu meri või ookean mahuks ühele lehele. Näiteks inglise Vaikse ookeani üldkaart nr. 2683 on koostatud mõõtkavas

$$\frac{1}{16\,000\,000},$$

inglise Vahemere üldkaart nr. 449 mastaabis

$$\frac{1}{3\,460\,000},$$

vene Musta mere üldkaart nr. 1839 mastaabis —

$$\frac{1}{1\,314\,852},$$

vene Soome lahe üldkaart nr. 1557 mõõtkavas

$$\frac{1}{570\,024} \text{ jne.}$$

2. Erikaardid kujutavad maakera pinna väiksemaid osi. Nad hõlmavad võimalikult teatava osa reisist, kuid samal ajal nende mõõtkava ei saa olla liiga väike, sest erikaardil peavad olema näidatud kõik sõiduks vajalikud peenused, ilma et seejuures kannataks kaardi selgus. Erikaartidele märgitakse laeva sõidutee ja nendel määratakse perioodiliselt laeva asukoht. Sellepärast peab erikaartidele mahtuma osade kaupa kogu meri ja sõidu ajal tuleb järjest siirduda ühelt kaardilt teisele.

Mere suuruse järgi tema erikaardid hõlmavad ka teatava osa rannikust. Ookeaniretkedel, kus puuduvad ohtlikud piirkonnad, kasutatakse üldkaarte, mis on koostatud väiksemas mõõtkavas.

Erikaardid, mis on määratud sõitmiseks kalda läheduses, koostatakse sellepärast suuremas mõõtkavas. Navigatsiooniliselt eriti rasked mereosad, kitsad ja looklevad väinad, sissesõidud sadamasse, ankrukohtadesse jne. vajavad nende kohtade erikaarte suures mastaabis, näit.

$$\frac{1}{25000}.$$

Kui sõidetakse kaldast kaugel, siis võetakse väiksema mõõtkavaga kaart, u. 1 miil 1 sm ehk

$$\frac{1}{150000}.$$

III. **Plaan** on maapinna väikese ala vähendatud kujutis tasapinnal, mis riivab kujutatavat rajooni selle keskpunktis, kusjuures moonutused ei tohi ületada graafiliste ehituste piirilist täpsust.

Plaanid koostatakse ilma projektsioonideta ja nad on plaanistamis- ja mõõtmisplanšettide koopiad.

Plaanidel kujutatakse kõigi üksikasjadega väikesi merelahti, sadamaid, reide, ankrukohti, üksikuid saari jne. Plaani mõõtkava on kindel suurus ja mingi maa-ala kujutis plaanil on sarnane selle tõelise kujuga maapinnal.

Plaanid koostatakse suurtes mõõtkavades:

$\frac{1}{20000}$ ja suuremad.

Plymouthi sadama plaan nr. 2631 on koostatud mõõtkavas

$\frac{1}{7480}$ ehk 1 meremiil umbes 24 sm;

Aleksandria sadama plaani nr. 3119 mõõtkava on

$\frac{1}{9090}$ ehk 1 meremiil umbes 20 sm;

Feodosia sadama plaan on mastaabis

$$\frac{1}{2016}$$ ehk umbes 20 miili 1 sm.

Väliselt erineb plaan kaardist sellega, et tema raam pole jaotatud kraadideks ega minutiteks ja et vahepealseid meridiaane ja paralleele sinna tavalisesti üldse ei tõmmata. Kuid igal plaanil on oma laiusmastaap laiuste leidmiseks ja kauguste mõõtmiseks, sageli aga ka pikkusmastaap pikkuste leidmiseks.

Nende mastaapide kasutamist on käsiteldud §-des 42—43.

Kaartide hoidmise viise ja nende korrigeerimise reegleid, selleks et nad vastaksid kaasaja nõuete tasemele, leiame lootsiast („Täiendused", § 24).

§ 53. KAARDI VÄÄRTUSE HINDAMINE.

Kasutades mingit merekaarti on vaja olla alati selgusel tema usaldatavuse kohta.

Kõigepealt on tähtis aasta, millal toimetati mõõtmised, mis on kaardi koostamise aluseks. Seda osutatakse kaardi päistiitlis. Kui mõõtmised olid juba ammu, siis on karta: 1. et need ei olnud küllalt täpsed, nii mõõtmisinstrumentide kui -meetodite vähema täiuslikkuse tõttu; 2. aja kestusel võivad olla tekkinud suuremad muudatused, eriti liivase või mudase põhjaga vetes: on muutunud farvaater, tekkinud uued liivaseljandikud jne. Üldse ei tohi kunagi olla kindel, et mõõtmistega on leitud kõik ohtlikud kohad, välja arvatud suure laevade liiklemisega sadamad ja juurdepääsuteed.

Sügavuste mõõtmise õigsus ja üksikasjalikkus on üks kaardi väärtuse näitajaid. Kui sügavuste mõõtmised on kaardil laiali pillatud, hõredad ja ebaühtlased, siis on näha, et mõõtmised pole olnud süstemaatilised ja võib oodata igasuguseid üllatusi. Ei tule unustada, et mõõdetud ja kaardil osutatud sügavus märgib seda vaid loodi diameetri laiuse ulatuses, mis on umbes 5 sm, sest olgu mõõdulaeva halss nii suur kui tahes, saadud sügavustejoon näitab ikkagi vaid 5 sm laiuse merepõhja riba laiust.

Valgeid kohti kaardil ei tule mõista mitte kui sügavaid, vaid **kus pole sügavust üldse mõõdetud.** Kui ümberkaudu on suured sügavused, siis võib oletada, et ka valgel kohal on suur sügavus, kui aga ümberkaudu on madal ja esineb karisid või leetseljakuid, siis tuleb valgete kohtadega olla väga ettevaatlik.

Kui kaardil ei ole võrdsügavuse jooni, siis näitab see, et mõõtmine polnud küllalt üksikasjalik nende tõmbamiseks, ja sellised kaardid on vähemusaldatavad.

Üksikuid vähemsügavaid kohti sügavamate vahel tuleb alati vältida, sest me ei tea, kuivõrd üksikasjalikult on see koht uuritud ja kas ei ole seal mõni kivi või veel madalamaid kohti.

Kuna eeskätt korrigeeritakse suurima mastaabiga kaarte, ja neil on suurimate peenustega märgitud kõik ohtlikumad kohad, siis tuleb seada endale reegliks: **kasutada alati käesoleva rajooni suurima mõõtkavaga kaarti.**

§ 54. HARJUTUSI III PEATÜKILE.

165. Milline on vähim kaugus, mida võib eristada palja silmaga Soome lahe kaardil nr. 1393 Seiskarist kuni Gotlandini, mis on mastaabis 0,75 miili 1 sm?

166. Kas võib eristada üht kaabeltaud Ohhoota mere põhjaosa kaardil nr. 1057, koostatud mastaabis 10 miili 1 sm?

167. Millega erineb konformne projektsioon ekvivalentsest?

168. Miks ei saa projektsioon olla ühel ajal võrdnurkne ja võrdpindalane?

169. Kui merkaatori kaardil on jaotatud osadeks nii vertikaal- kui horisontaalraam, kuid puuduvad laius- ja pikkuskraadide nimetused, kas saab määrata kujutatud maa-ala geograafilist laiust?

170. Mitu korda ühe ja sama mõõtkava puhul on merkaatori miili pikkus 55° laiusel suurem kui 25° laiusel?

171. Millised on merekaartide koostamise tingimused?

172. Milline on ekvatoriaalminutites merkaatori miili pikkus $\varphi_1 = 49°16'N$ ja $\varphi_2 = 50°33'N$ vahel?

173. Kuidas hinnata merekaardi väärsust?

174. Millised on merekaartide alaliigid?

175. Millega plaan erineb kaardist?

176. Miks kauguste mõõtmisel merkaatori kaardil võetakse mõõtkava raamilt samas laiuses, milles asub mõõdetav kaugus?

177. Mis on merkaatori miil?

178. Milles on gnomooniliste kaartide tähtsus?

179. Mis on gnomooniliste kaartide puuduseks?

IV peatükk.

LAEVA TEE MÄRKIMINE JA ARVUTAMINE.

§ 55. MÄRKIMINE JA ARVUTAMINE.

Lahkunud ankrukohalt või väljunud sadamast, laev juhindub esialgu sadama plaaniga või ankrulolemiskoha üksikasjalisema kaardiga ja orienteerub silma järgi kõigi ümbritsevate — veealuste ja -pealsete, märgitud ja märkimata ohtude vahel. On vajalik teatav vilumus, hea „meremehe silm", oma laeva tundmine ja oskus teda juhtida, et sooritada see manööver võimalikult kiiresti, lihtsalt ja ohutult.

Jõudnud vabasse vette, võtab laev juba oma sihile vastava kursi. Et ka edasises olla alati kindel oma laeva ohutuses, peab teadma oma laeva asukohta kaardil ja tema asendit igasuguste kaardil osutatud ohtude suhtes. Eriti vajalik on see kalda läheduses väikeste sügavuste tõttu, ulgumerel aga, suurte sügavuste puhul, ei ole valvelolek enam nii vajalik.

Sellepärast on kalda läheduses sõites vajalik pidevalt jälgida laeva edasiliikumist, mida on kõige sobivam teha graafiliselt, s. o. laeva sõidutee kaardile **märkimisega.**

Ulgumerel sõites aga **arvestatakse** laeva asukohta **arvutusvalemite** abil, s. t. leitakse selle punkti laius ja pikkus, kus asub laev.

Sõidutee kaardile märkimine seisneb laeva kõikide tõeliste kursside kaardile kandmises ja läbisõidetud vahemaade pealemärkimises. Seda tehakse malli ja rööbasjoonlaua abil. Sõidetud vahemaa määratakse kas logi või masina tiirude järgi ja märgitakse kursile sirkliga.

Mõõtes viimasele kursile läbitud vahemaa, me saame graafilisel teel kaardil punkti, kus meie laev peab olema käesoleval hetkel, ja kui on vaja, määrame kaardilt laeva asukoha laiuse ja pikkuse.

Kui aga tahame arvutada laeva asukohta tema suuna ja kiiruse järgi, siis leiame laeva asukoha laiuse ja pikkuse lihtsate arvutustega eri tabelite abil ja märgime selle järgi oma asukoha kaardile.

§ 56. SÕIDUTEE KAARDILEMÄRKIMISE KÄIK.

Jõudnud avamerele, peab laev täpselt määrama kaardil oma lähtepunkti, et sellest alata sõidutee märkimist.

Lähtepunkti võib leida mitmel viisil, sõltuvalt kohalikest tingimustest. Näit. väljudes Kroonlinnast läheb laev alul Kroonlinna majakate liitsihi järgi ja läbib Suure reidi sissesõidul olevad poid, mis on kaardil märgitud. Sel läbisõidu momendil on laeva asukoht täpselt määratav: ta on poilt liitsihile perpendikulaarselt tõmmatava joone lõikumispunktis.

Kuna poid kui ujuvad märgid võivad liikuda kohalt, siis on sobivam **määrata** asukoht **liikumatute esemete järgi.**

Liikudes edasi mööda liitsihti läbitakse Tolbuhhini majaka traavers. Märkides liitsihile perpendikulaarse kriipsuga laeva asukoha sel momendil, me saame vajaliku lähtepunkti. Üldse aga tuleb laeva asukoht määrata navigatsioonilisel teel, millest juttu järgnevas peatükis.

Lähtepunkti juurde on vaja märkida ka aeg laevakella järgi ja logi näit. Tegelik meresõit õpetab, et aeg tuleb märkida täpsusega kuni minutini ja logi näit kuni miili kümnendosani.

Logi tuleb välja lasta aegsasti, et lähtepunkti jõudmisel ta töötaks ühtlaselt ja annaks õiged näidud, mida ta alguses kohe ei anna.

Lähtepunkt, mis on täpne, või õigemini, **observeeritud** laeva asukoht, ümbritsetakse väikese ringiga, mille tsentrumiks ongi see koht ise. Selle juurde kirjutatakse murru kujul kellaaeg ja logi näit. Kui laeval on kaks logi, parem ja vasak, siis kirjutatakse enne kellaaeg ja siis murru kujul logide näidud: lugejas — parema, nimetajas — vasaku oma.

Edasisel sõidul kõik **observeeritud** kohad, mis on määratud kaldaesemete vaatlustest ilma mõõtmisteta kaardil, tuleb märkida punktiga ringikeses; kõik **väljaarvutatud** kohad, saadud graafiliselt kompassi ja logi näitudest, märgitakse kursil perpendikulaarse kriipsuga. Kohad, mis on määratud ka kaldaesemete vaatlustest, kuid arvestades sõidetud kaugust, nim. **arvutatud-observeerituiks** ja märgitakse sõiduteel kolmnurgaga, mille keskel on punkt.

Iga koha juurde kirjutatakse tingimata kellaaeg ja logi näit, sest ilma nendeta ei saa seda kohta enam edaspidi kasutada. Sõites esimese kursiga näit. (vt. joon. 38) 10 miili, me märgime selle kursile lähtepunktist *a* ja saame arvutatava koha *b*.

Kui punktist *b* laev võtab uue kursi, siis punktist *b* tõmmatakse uus kurss kuni uue pöördepunktini *c* jne. Tuleb kindlasti meeles pidada, et kaardile märgitakse **vaid tõelised kursid** ja miili pikkus võetakse alati sirkliga **kaardi vertikaalraamilt samast laiusest, kus on mõõdetav kaugus.**

Märkida tuleb kaardile täpselt ja puhtalt, hästiteritatud pliiatsiga; kursside jooned olgu peened, kuid selged. Liiga vali pliiats kratsib paberit, liiga pehme määrib. Kustutamiseks olgu pehme pliiatsikummi.

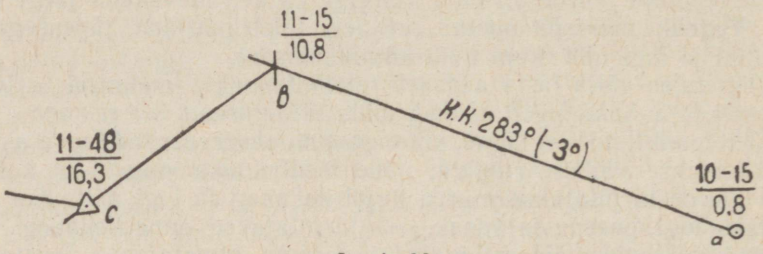
Märkimisel peab kaarti hoidma meeles pidades, et üht ja sama kohta mööda võib tulla sõita paljusid kordi ja et hooletul ja ebatäpsel käsitlemisel võib kaardi muuta varsti kõlbmatuks.

Kõige parem on pidada kaardil töötamiseks eri pliiats, mis on alati kaardil, muud kirjutused aga kirjutada teise pliiatsiga.

Vahel märgitakse tõelise kursi kõrvale ka vastav kompassikurss (joon. 38) ja selle järel sulgudes ka õiendus. Siis oleks sellel kursil võetavate peilungite tarvis juba õiend valmis.

Seda võtet kasutatakse peamiselt kaubalaevastikus, ja ta on hea, kui variatsiooni püsivuse tõttu kursiõiend püsib kauemat aega muutumata. Eriti tähtis see ei ole, sest õiend on kirjutatud ka navigatsioonipäevikusse.

Pikemate kursside puhul, kui variatsioon muutub teatava hulga miilide järele, võib kursi jagada osadeks ja igale osale kirjutada juurde oma kompassikurss.



Joonis 38.

Kaardil töötades võib arvutatava koha leida kerge vaevaga ja igal ajal. Selleks vaja vaid arvutada läbisõidetud maa viimasest observeeritud või arvutatud kohast kuni käesoleva momendini ja kanda see kaardile tõmmatud kursile.

Sõites kalda läheduses tuleb laeva asukoht märkida kaardile igal tunnil, kitsustes, sadamasse sisse sõites, hoovustes jne. võimalikult sagedasti, kusjuures kohad peavad olema observeeritud kaldaesemete järgi.

§ 57. EELMÄRKIMINE.

Kuna laeva sõidutee märkimine kaardile on ohutu sõidu tagamiseks väga tähtis töö, siis tuleb see ka sooritada äärmise hoole ja täpsusega. Sellepärast peab laevajuht juba aegsasti, enne väljasõitu, ankrul olles, rahulikumas ja mugavamas olukorras, uurima kaartide ja lootsiate järgi eelolevat sõiduteed ja valima sobivama, lühima ja ohutuma suuna ning sooritama selle eelmärkimise.

Tuleb otsustada, millises kauguses mööduda majakatest ja neemedest, valida pöörukohad, ja nii, et neid oleks võimalikult vähe, märkida kaardile lootsiate järgi märkkohad, selleks et neid hiljem maastikul üles otsida ja nende järgi oma asukohta määrata.

Pöördude kohad tuleb valida nii, et neid oleks kerge leida, näit. et mingi ese oleks laeva traaversis või teatavas peilungis või et laev saabuks mingisuguste esemete liitsihile.

Kinnistes veekogudes (skäärid, lahed) tuleb tingimata vaadata, kas plaanitav suund ei sihi mingile merelt nähtavale esemele (mägi, torn, saar), ja märkida, kui selliseid on olemas. Kui hiljem sõidul see märgitud ese on näha laeva ees, siis võib laevajuht olla kindel, et seni on kurssi märgitud ja peetud õigesti.

Magnetikaartide järgi on vaja aegsasti tutvuda isogoonide suunaga antud meres, siirda variatsioon sõiduaastale ja kirjutada pliiatsiga piki kogu sõiduteed iga 0,5° järele variatsiooni suurus. Siis ei ole sõidu enda ajal enam vaja sellega aega viita.

Kõik kaardile kantud tõelised kursid tuleb aegsasti õiendada ja kirjutada kõikidele kurssidele juurde kompassikursid parandustega (sulgudes). Tuleb aegsasti leida kaardilt, mitu miili tuleb sõita igal kursil, ja kirjutada need arvud kursijoone peale, kompassikursi lähedusse, ja arvutada kogu sõidu miilide üldarv.

Edasi tuleb, sõltuvalt laeva sõidukiirusest, määrata ankrultlahkumise kellaaeg, valides seejuures kõige raskemateks sõidukohtadeks kõige sobivama kellaaja ja meeles pidades, et igasugused ettenähtamatud asjaolud — udu, torm, masinarike jne. — võivad sõitu pikendada. Teiselt poolt, kui aga laev saabuks ettenähtud kohale enne ettearvutatud aega, võib alati vähendada käiku ja jõuda õigel ajal.

Mereinstrumentide — kompassi ja logi — ebatäiuslikkuse ja peamiselt mitmesuguste väliste tingimuste — tuule, hoovuse — tõttu laev peagu kunagi ei soorita sõitu täpselt eelmärgitud kursi järgi. Alles sõidul endal toimub **tõelise sõidutee märkimine,** mida aeg-ajalt kontrollitakse asukoha määramisega kaldaesemete järgi.

Kuid kõik see ei vähenda eelmärkimise tähtsust ja vajalikkust. See rahulikus olukorras ja ruttamiseta sooritatud töö — väljaarvutatud variatsioon, momendid, kursid ja kaugused — kergendavad palju laevajuhi tööd sõidul. Kui sõidul ka kaldutaksegi kõrvale eelmärgitud teest, võib asukoha määramise alusel jälle tulla tagasi sellele kui lühimale ja ohutuimale.

§ 58. SÕIDUTEE MÄRKIMISE TÄPSUS.

Ka kõige hoolsamal märkimisel ja arvutamisel on teatavad ebatäpsused siiski paratamatud. Seda põhjustavad ühelt poolt mereinstrumentide ebatäiuslikkus, teiselt poolt raskelt arvestatav välistegurite mõju laeva liikumisele.

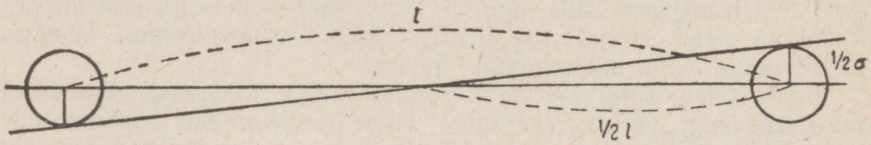
Graafilise kujutuse enda mõju ei ole siin olulise tähtsusega, sest märkides punkti hästi teritatud sirkli teravikuga, me saame tõeliselt ringi, mille diameeter oleks umbes 0,1 mm (0,005 tolli). Tõmmates hästi teritatud pliiatsiga joone joonlaua äärt mööda, me joonestame tõepoolest ristküliku, mille väiksem külg on samuti u. 0,1 mm. Tähendab, et tõmmates kurssi joonlauaga kahe punkti vahel, meil tuleb arvestada veaga, mis sõltub punktide suurusest ja kaugusest punktide vahel.

Kui märgime punkti diameetri tähega σ ja vahemaa punktide vahel l, siis näeme (joon. 39), et võimalik viga x märgitud suunas on leitav võrdusest

$$\sin x = \frac{\frac{1}{2}\sigma}{\frac{1}{2}l} = \frac{\sigma}{l}.$$

Siit, nurga x väiksuse tõttu ja $\sigma = 0{,}1$ mm ja $l = 25$ sm, leiame, et

$$x' = \frac{\sigma}{l \sin 1'} = 3\,438\,\frac{0{,}1}{250} < 1\frac{1'}{2},$$



Joonis 39.

s. t. et viga joonestuse ebatäpsusest kaardil ei oma tegeliku laevajuhtimise seisukohast mingit tähtsust, sest hälve 1 miili võrra tekib alles 2 400 miili sõitmisega.

Suurem on kompassi ja logi ebatäiuslikkuse mõju. Nagu nägime, ei tea me absoluutse täpsusega ei kompassi variatsiooni ega deviatsiooni, nii et kompassi üldõiendis me võime alati oletada teatavat viga $\pm\varepsilon$. Muidugi, kui kompass on korralik ja sõidetakse rajoonis, kus variatsioon on teada küllaldase täpsusega, ei saa viga olla kuigi suur, kõikudes 0,2°—0,3° vahel, halbades tingimustes võides olla ka 1°—1,5°.

Nii siis, kandes kaardile (joon. 40) mingi kursi AM, me peame mõlemale poole sellest tõmbama veel kaks joont AM_1 ja AM_2, mis moodustavad kumbki AM-ga nurga $\pm\varepsilon$.

Jooned AM_1 ja AM_2 piiravad nurka M_1AM_2, mille piirides liigub laev, kui meie kompassiõiendis on viga $\pm\varepsilon$. Kuni see nurk kuulub puhtale merealale, ei ole põhjust karta laeva ohutu sõidu eest. Kui aga selle nurga piirides leidub mingi oht, siis tuleks kurssi nii muuta, et võimaliku vea $\pm\varepsilon$ puhul kogu nurk M_1AM_2 siirduks ohtudest vabale merealale.

Ringi kaar $MM_1 = MM_2$ on arvutatava koha M viga kompassiõiendi vea $\pm \varepsilon$ tõttu, mis on tekkinud laeval pärast vahemaa $AM = AM_1 = AM_2 = d$ sõitmist. Lugedes kaared MM_1 ja MM_2 nende väiksuse tõttu võrdseteks nende kõõludega,

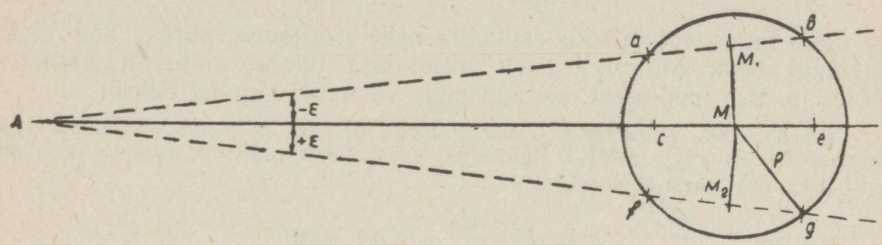
saame $\triangle$-st AMM_1 —

$$MM_1 = AM_1 \sin \varepsilon.$$

Nurga ε väiksuse tõttu võime koha MM_1 vea leida ka väljendist

$$MM_1 = d \sin \varepsilon = d \frac{\varepsilon^0}{57{,}3}.$$

Kui $\varepsilon = \pm 1^0$ puhul hälve MM_1 külge on 1 miil, kusjuures $d = 57{,}3$ miili, siis umbkaudu iga 60 miili sõidumaa kohta võib oodata hälvet u. 1 miil. Kui laev sõitis edasi 300 miili, siis kompassiõiendi vea



Joonis 40.

$\varepsilon = \pm 1^0$ puhul ta võib osutuda oma kursist paremal või vasakul 5 miili võrra.

Ka logi näidud vajavad õiendamist, mis tuleb määrata vaatlustest. Selle õiendi leiame, kui võrdleme tegelikult sõidetud ja kaardi järgi mõõdetud maad kahe observeeritud koha vahel logi näitudega selle vahemaa kohta.

Logi õiend määratakse tavalisesti protsentides. Näit. kui laev sõitis tõeliselt 300 miili ja logi näitas 312, siis logiõiend x tema märgiga protsentides saadakse väljendist

$$x = \frac{300 - 312}{312} \cdot 100 = -\frac{12}{312} \cdot 100 = -3{,}8\%.$$

Ilmsesti edasisel sõitmisel iga logi näidatud kaugus n vajab parandamist õiendiga $n \cdot \frac{x}{100}$, selleks et saada tõelist kaugust meremiilides.

Logi õiend võib aastate jooksul mitmesugustel põhjustel muutuda: loginööri pikenemisest või lühenemisest, lugeja kellamehhanismi kulumisest jne. Nii tuleb ka logiõiendis oletada teatavat viga.

Järelikult, mõõtes arvutatud kohas M ette- ja tahapoole võrdsed lõigud $Mc = Me = \Delta d$, mis võrduvad sõidetud kauguse võimaliku veaga, me saame sel puhul, kui loeme kursi AM õigeks, laeva tõenäolise asukoha kuski punktide c ja e vahel.

Kui niiviisi oletame sõidetud kauguse d kohta viga nii kompassiõiendi suuruses $\pm\varepsilon$ kui loginäidus Δd, siis tuleb punktidest M_1 ja M_2 mõõta kursile edasi ja tagasi lõigud $aM_1 = bM_1 = fM_2 = gM_2 = \Delta d$, ja laeva asukohta tuleb oletada kuski punktide a, b, e, f, g ja c vahel.

Kuna kõik need arveldused on vaid ligikaudsed, siis on lihtsam võtta lõik $\varrho = Mg$ õigenurkse $\triangle MgM_2$ hüpotenuusiks, ja kaatetiks MM_2, mis võrdub asukohamääramise veaga kompassiõiendis, teiseks kaatetiks aga $M_2g = \Delta d$, mis on viga sõidukauguse arvutamises, ja tõmmata arvutatavast kohast M ringjoon raadiusega

$$\varrho = \sqrt{MM_2^2 + M_2g^2}$$

ja näha laeva võimalikku asukohta selle ringjoone piires. See oleks muidugi üksik juhtum; üldiselt võttes aga tuleks, sõltuvalt kaatetite MM_2 ja M_2g pikkusest, oletada piki- või põiki-kujulist ellipsit.

Näidis 58. Laev sõitis teatava kursiga 80 miili ja oletab võimalikku viga kompassiõiendis $\varepsilon = \pm 0{,}5^0$ ja loginäidus $\pm 2\%$. Leida ringjoone raadius, mille piires võiks olla laeva tõeline asukoht.

Meil on:
$$MM_1 = \frac{80 \cdot 0{,}5}{57{,}3} = \pm 0{,}7 \text{ miili},$$

$$\Delta d = \frac{80 \cdot 2}{100} = \pm 1{,}6 \text{ miili}.$$

Järelikult
$$\varrho = \sqrt{(0{,}7)^2 + (1{,}6)^2} = \sqrt{3{,}05} = 1{,}7 \text{ miili}.$$

Näidis 59. Miinilaev sõitis teatava kursiga 210 miili, oletades $\varepsilon = \pm 1{,}5^0$, logiviga $\pm 3{,}5\%$. Leida ringi raadius, milles on laeva tõenäoline asukoht.

$$MM_1 = \frac{210 \cdot 1{,}5}{57{,}3} = \pm 5{,}5 \text{ miili},$$

$$\Delta d = \frac{210 \cdot 3{,}5}{100} = \pm 7{,}4 \text{ miili}.$$

Siis
$$\varrho = \sqrt{(5{,}5)^2 + (7{,}4)^2} = 9{,}2 \text{ miili}.$$

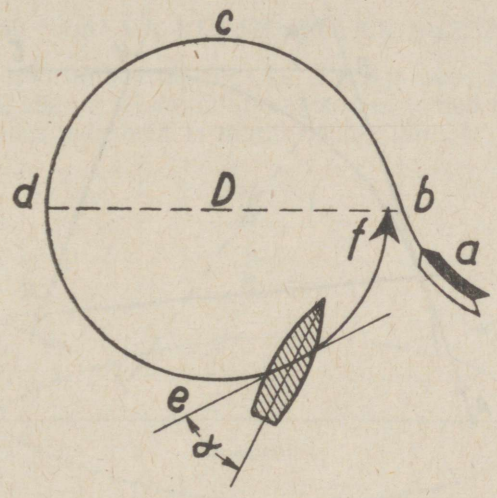
Tõmbame laeva arvutatud asukohast kui keskpunktist raadiusega ϱ ringjoone, ja kui oleme ebakindlad arvutatud kohas, tuleb pöörde korral valida uus kurss sääraselt, et see viiks puhtalt mööda kõigist ohtudest, hoolimata sellest, millises punktis ka laev ei asuks tõmmatud ringjoone piires. Selleks peab uus kursijoon olema paralleelne riivajatega, mis on tõmmatud kahele poole ringjoont ja küllaldases kauguses igasugustest võimalikest ohtudest.

§ 59. LAEVA TSIRKULATSIOONI ARVESTAMINE.

Iga laeva pööre põhjustab teatavat viga sõidutee märkimises, sest ilma eelneva arvestuseta on raske pöörata täpselt kaardil määratud punktis.

Pööratud rooli puhul laev ei liigu enam oma diametraal-tasapinna suunas ega pöördu ka silmapilkselt ühes punktis, vaid moodustab oma raskuskeskmega mingisuguse kõverjoone, mida nim. **tsirkulatsiooniks.**

Alul tsirkulatsioon (joon. 41), osas *abc*, veidi erineb ringjoonest ega oma kindlat raadiust, kuid peale ¼ ringi raadius muutub püsivaks ja **püsimajäänud tsirkulatsioon** *cdef* moodustab juba kindla raadiusega ringjoone. Seejuures, nagu näitavad katsed, laeva diametraal-tasapind



Joonis 41.

ei ühtu tsirkulatsiooni riivajaga, vaid moodustab sellega teatava nurga, mida nim. **triivinurgaks**, kusjuures laeva nina on kogu aeg suunatud tsirkulatsiooni sissepoole.

Ilmsesti peame igal kursi muutmisel arvestama ka laeva tsirkulatsiooni, kui tahame teada, millist sirgjoont mööda liigub laev pärast pöörangut. Selleks peame teadma tsirkulatsiooni esimese poole diameetrit $bd = D$, mis on kaugus vastupidiste kursside vahel 16-rumbilise pöörde puhul, mida nim. tsirkulatsiooni **taktiliseks diameetriks.** Seda on eriti tähtis teada eskaadriga sõitmisel, kus tavalisesti ei tule sooritada pöördeid üle poole tsirkulatsioonist. Nagu nähtub joonisest 41, on taktiline diameeter kõige suurem.

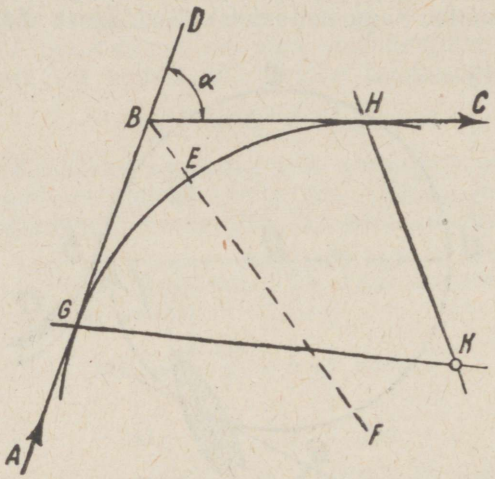
Tsirkulatsiooni diameetri määramise viise käsitellakse „Manööverdamise õpetuses", meie aga, arvestamise lihtsuse mõttes, võtame kogu

tsirkulatsiooni ringjoonena, sest veal sellest oletusest pole tegelikku tähtsust.

Arvestada pöörangu puhul laeva tsirkulatsiooni on kõige lihtsam järgmiselt. Olgu (joon. 42) AD laeva esialgne kursijoon, millelt laev punktis B peab pöörduma uuele kursile BC, s. t. pöörduma nurga DBC võrra paremale. Tõmbame bissektrissi sisenurgale

$$ABC = 180 - \alpha,$$ s. o. sirgjoone BF.

Võtame sirkliga kaardi mastaabilt lõigu, mis võrdub laeva tsirkulatsiooni poole diameetriga. Leiame bissektrissil BF sellise punkti F,



Joonis 42.

et asetades sellesse sirkli ühe haru, teine haru tõmbaks kaare, mis riivaks nii vana kui uut kursijoont. Tsirkulatsiooni ringjoone puutepunkt vana kursijoonega G näitab pöörangu algust, s. t. kus tuleb rool seada paremale; teine puutepunkt uue kursijoonega H näitab pöörangu lõpukohta ja laeva asumist uuele kursile.

Kui kõrval on mingi kaldaese K, siis võib selle peilungite GK ja HK järgi täpselt määrata pöörangu alguse ja lõpu. Tsirkulatsiooni kestel laeva raskuskeskus tõmbab kaare GEH.

See tsirkulatsiooni arvestuse võte näitas Suure Belti läbisõidul liinilaevaga „Pariisi Kommuun" a. 1929 oma täielikku praktilisust, otstarbekust ja lihtsust.

Tuleb meeles pidada, et pöörangul peale külghälbe toimub ka kiiruse vähenemine, sest laev ei liigu edasi mitte eestääviga, vaid küljega, milletõttu vee vastusurve on suurem.

Kiirusekaotus oleneb laeva tüübist ja on tsirkulatsiooni lõpul 25—30%. Seda saab arvestada valemi järgi

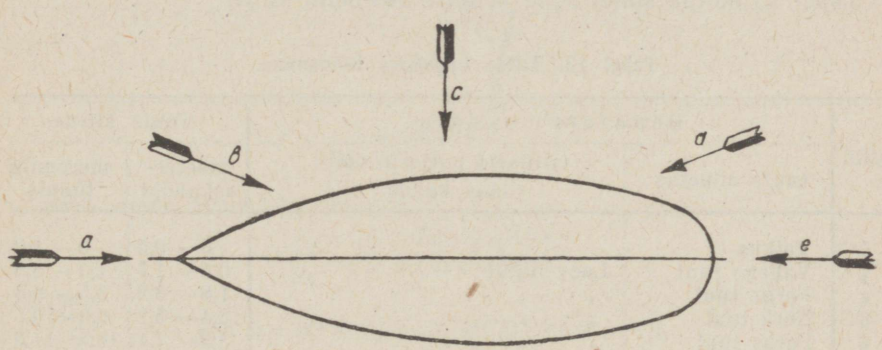
$$W = W_0 (\cos \alpha)^{3}/_{7},$$

kus W_0 on kiirus tsirkulatsiooni alguses, W — selle lõpus, α — roolipöörde nurk.

On ilmne, et eeltoodud näpunäited ei võimalda täpselt arvestada ei laeva külghälvet pöörangu ajal ega kiirusekaotust, nii et hulgalised pöörded, eriti ühte ja samasse külge, lisandavad uusi vigu laeva asukoha arvutamisse. Sellepärast tuleb peale iga pöörangut, kui selleks on võimalust, määrata laeva asukoht, selleks et veenduda, et laev tõepoolest liigub mööda kaardile tõmmatud joont („Täiendused", § 25).

§ 60. LAEVA KURSID TUULE SUHTES.

Kuna laev liigub ühtlasi nii vees kui õhus ja need massid on harva rahulikus olekus, siis nii lained kui hoovused ja tuuled mõjutavad laeva liikumist, hälvitades teda teelt ja muutes sõidu kiirust.



Joonis 43.

Meie aeg ei oma veel seadiseid, mis võimaldaksid täpselt arvestada neid mõjusid, ja ainult kauaaegne praktika ja kogemused võimaldavad meremehele õigesti hinnata tuule või hoovuse mõju.

Nurka tuule suuna ja laeva diametraaltasapinna vahel nimetatakse **laeva kursiks tuule suhtes**. Seda nurka mõõdetakse temale vastava horisondi kaarega ja väljendatakse tavalisesti rumbides (R).

Selle nurga suuruse järgi laeva kursid saavad tuule suhtes erilised nimetused. Kui nurk on 0°, siis on see **vastutuul** (a joon. 43); teravnurga puhul ($4R$—$6R$) tarvitatakse nimetust **tihttuul** ehk **beidevind** (b); 90° ehk $8R$ puhul liigub laev **halfvindis** ehk **pooltuules** (c); nürinurga puhul, üle $8R$ ja alla $16R$ on nimetus **bakstaak** ehk **täistuul** (d). Kui

tuul puhub otse ahtrisse, kui kurss on tuule suhtes 16*R*, siis on **pärituul** ehk **fordevind** (*e*). Mida lähem on tuule suund laeva ninale, seda **teravam on tihttuul,** mida lähem ahtrile, seda **täielikum on täistuul.**

Tuleb meeles pidada, et tuule suunda nimetatakse selle punkti järgi horisondil, **kustpoolt** tuul puhub laevale, hoovuse ja laeva enda liikumissuunda nimetame aga selle punkti järgi horisondil, **kuhupoole** laev või hoovus liigub. Sellepärast öeldakse, et tuul **„puhub kompassisse"**, laev aga või hoovus **„läheb kompassist välja"**.

Kui tuul puhub paremalt pardalt, siis öeldakse, et laev liigub **parema halsiga**, kui vasakult, siis — **vasaku halsiga**. Kui tuule suuna muutumisega väheneb nurk tuule suuna ja laeva diametraaltasapinna vahel, siis öeldakse, et tuul muutub **tihimaks,** kui aga suureneb, siis tuul muutub **täielikumaks**. Kui nurga muutuse põhjuseks on laeva kursi muutus, siis öeldakse esimesel juhul, et laev asub tuulde ehk **luhvab**, teisel juhul aga, et laev **vallab**.

Tuule tugevust määratakse kas Beaufort'i skaala pallides, hinnates seda silma järgi, või otsustatakse tuule kiirust anemomeetri järgi, väljendades seda meetersekundites.

Tabel 13 näitab suhet selle ja teise süsteemi vahel.

Tabel 13. Tuule tugevuse hindamine.

Pallid	Beaufort'i skaala		Tuule kiirus	
	tuule nimetus	milliseid purjesid võib laev kanda	meeter-sekundid	meremiili tunnis
0	Vaikus		0— 0,5	0— 1,0
1	Vähene tuul	Laev liigub	0,6— 1,7	1,0— 3,5
2	Kerge tuul	„ „	1,8— 3,3	3,5— 6,5
3	Nõrk tuul	„ „	3,4— 5,2	6,5—10,5
4	Paras tuul	„ „	5,3— 7,4	10,5—14,5
5	Priske tuul	Poom-praamseilid beidevindis	7,5— 9,8	14,5—19,0
6	Tugev tuul	Praam- ja marss-seilid 1 rihvis	9,9—12,4	19,0—24,0
7	Vali tuul	Marss-seilid 2 rihvis	12,5—15,2	24,0—29,5
8	Väga vali tuul	Marss-seilid 3 rihvis	15,3—18,2	29,5—35,5
9	Torm	Kõvasti rihvitud marss-seilid ja alumised purjed	18,3—21,5	35,5—42,0
10	Tugev torm	Rihvitud krootmarss-seil ja fokk	21,6—25,1	42,0—49,0
11	Väga vali torm	Ainult tormi-staakseilid	25,2—29,0	49,0—56,5
12	Maru	Ei saa olla mingeid purjesid	üle 29	üle 56,5

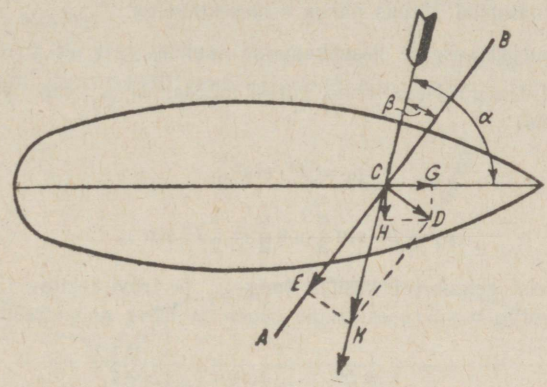
§ 61. TUULE MÕJU PURJEDELE.

Purjelaev saab sõita ainult tuule jõul ja selle jõu oskuslik kasutamine tagab ka laevale suurima võimaliku kiiruse. Oletame, et tuul puhub tugevusega *F* ja laeva diametraaltasapinnaga nurga α all (joon. 44). Surudes purje *AB* punkti *C*, mis on tuule resultanttungi rakenduskeskus, purje tasapinnaga nurgi β, tuul osa-

tungiga CD surub purje tasapinnale, teine osatung CE aga läheb kaduma. Kujutades tuuletungi F lõiguga CK, on kerge leida tema osatungid: 1. perpendikulaarne purje tasapinnaga CD ja 2. sellega samasuunaline CE.

$$CD = CK \cdot \sin\beta = F \cdot \sin\beta,$$
$$CE = CK \cdot \cos\beta = F \cdot \cos\beta.$$

Osatung CE läheb laevale kaduma, kuid tung CD, perpendikulaarne purje tasapinnaga, ei lähe ka täieliselt laeva edasilükkamiseks kurssi mööda. Lahutades selle tungi jälle kaheks osatungiks saame: CG — laeva diametraaltasapinna suunas, mis tõukab laeva tema kursi suunas, ja CH — traaversi suunas, mis tõukab laeva teest kõrvale, tekitades nn. triivimise.



Joonis 44.

Leiame nende osatungide suurused.

$$\varrho_1 = CG = CD \cos GCD,$$
$$\varrho_2 = CH = CD \cos HCD.$$

Kuna

$$GCD = 90^0 - (\alpha - \beta), \quad HCD \text{ aga} = \alpha - \beta,$$

siis

$$\varrho_1 = CD \cdot \cos\,[90^0 - (\alpha - \beta)] = CD \sin(\alpha - \beta),$$
$$\varrho_2 = CD \cdot \cos(\alpha - \beta),$$

ehk

$$\varrho_1 = F \cdot \sin\beta \sin(\alpha - \beta),$$
$$\varrho_2 = F \cdot \sin\beta \cos(\alpha - \beta).$$

Edasitõukavaks jõuks on vaid tung ϱ_1. Leiame, kui suur peab olema nurk β, et see tung oleks maksimaalne.

Selleks tuleb võtta tuletis $\frac{d\varrho}{d\beta}$ ja püüda võrdsustada see nulliga.

$$\frac{d\varrho_1}{d\beta} = F \cos\beta \sin(\alpha - \beta) - F \sin\beta \cos(\alpha - \beta),$$

kust

$$\sin(\alpha - \beta)\cos\beta - \cos(\alpha - \beta)\sin\beta = 0,$$

ehk

$$\sin(\alpha - 2\beta) = 0,$$

s. t.

$$\beta = \frac{\alpha}{2}.$$

Teiste sõnadega, selleks et ratsionaalsemalt kasutada tuule tõukejõudu juhul, kui nurk tuule suuna ja laeva diametraaltasapinna vahel on α, tuleb purjed paigutada nii, et nende tasapind ühtuks nurga α bissektrissiga.

Kui seame purjed sellesse kasulikemasse suunda, s. t. et $\beta = \frac{\alpha}{2}$, siis saame tungidele ϱ_1, mis tõukab laeva tema kurssi mööda, ja ϱ_2, mis põhjustab triivi, järgmised väljendid:

$$\varrho_1 = F \cdot \sin^2\frac{\alpha}{2},$$

$$\varrho_2 = F \cdot \sin\frac{\alpha}{2}\cos\frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2}F \sin\alpha.$$

Neist väljendeist selgub, et kasulik tung ϱ_1 ja triivi tekitav tung ϱ_2 on erinevad, sõltuvalt nurga α suurusest tuule suuna ja laeva diametraaltasapinna vahel. Nimelt kui

$$\alpha = 0^0, \quad \varrho_1 = 0, \quad \varrho_2 = 0,$$
$$\alpha = 90^0, \quad \varrho_1 = \tfrac{1}{2}F, \quad \varrho_2 = \tfrac{1}{2}F,$$
$$\alpha = 180^0, \quad \varrho_1 = F, \quad \varrho_2 = 0.$$

Nii tung ϱ_1 kui tung ϱ_2 püüavad tõugata laeva edasi, kuid mõlemad peavad seejuures ületama vee vastusurve, mis on otseproportsionaalne laeva läbilõike tasapinnaga. Laeva veealuse osa kuju tõttu ta allub kergesti tungile ϱ_1, kuid osutab suurt vastupanu tungile ϱ_2, mis tahab teda tõugata perpendikulaarselt diametraaltasapinnaga. Sellepärast tegelikult tungil ϱ_2 ei ole ülalpool teoreetiliselt oletatud mõju. Praktika näitab, et purjeka suurim triiv esineb tihttuule puhul, väikesel kiirusel ja suurel lainetusel. Pooltuules pole triivi peagu märgata, täistuule puhul pole seda üldse olemas.

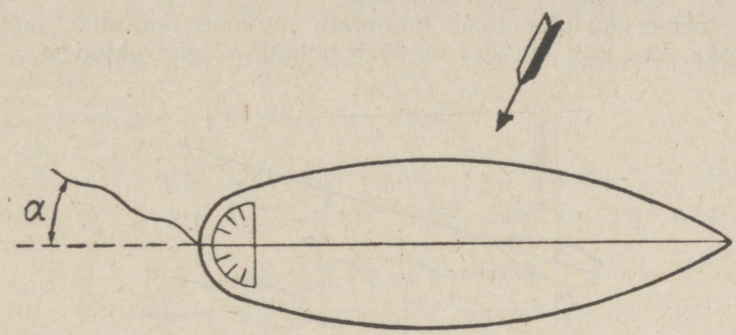
§ 62. TRIIVI SUURUSE MÄÄRAMINE.

Nagu kogemused näitavad, sõltub triivi suurus laeva kursist tuule suhtes, sõidu kiirusest, mere seisundist (suure lainetusega on triiv suurem) ja purjestikust, aurikutel aga — pealvee-parda pindalast, pealisehitusest ja taglasest ning veealuse osa kujust ja navigatsiooniliistest omadustest.

Triivi on kerge avastada veekeerise hälbest ahtri taga, sest see keeris jääb oma kohale, laev aga kaldub sellest alla tuult kõrvale, nii et vee keeris ahtri taga ei moodusta laeva diametraaltasapinna jätku, vaid hälbib sellest mingisuguse nurga α võrra (joon. 45).

Triivi suuruse määramiseks seatakse purjeka ahtri reelingu latile kahele poole lipuvarrast kaks puusektorit. Üks sektori raadius suundub piki diametraaltasapinda, teine temaga perpendikulaarselt. Sektori kaar jagub rumbideks ja rumbiosadeks. Sektori raadius, mis on silma järgi paralleelne veekeerisega, moodustab ilmsesti laeva diametraaltasapinnaga sama nurga mis veekeeriski. Triivi nurga suurus määratakse kaare jaotuste järgi. Vahel kinnitatakse sektori keskusse puujoonlaud märgilaudadega, mis keerleb vertikaalteljel. Täpsemaks triivi määramiseks asetatakse joonlaud paralleelselt keerisele ja loetakse sektori kaarelt triivi suurus.

Aurikutel määratakse triiv tavalisesti kompassi järgi. Asetades ahtrile lähemal kompassil peilingaatori silma järgi paralleelselt keeri-



Joonis 45.

sele, vaadatakse asimuudiringi lugemit ja leitakse selle järgi triivinurk. Kui ahtrikompassil pole peilingaatorit ega asimuudiringi, siis võib lihtsalt vaadata keerisele paralleelset kompassirumbi ja selle järgi leida triivinurk.

Öösi või udus, kui veekeerist pole näha, määratakse triivi suurus loginööri hälbe järgi või lihtsalt mere seisundist, tuule tugevusest, purjestikust ja laeva mereomadustest. Selliseks määramiseks on vaja kogemusi, meremehe silma ja oma laeva tundmist.

Praktika näitab, et muude tingimuste samasusel kõrgepardalistel ja väikese süvisega laevadel on triiv suurem kui madalapardalistel ja suure süvisega laevadel; suurel kiirusel on triiv väiksem kui väikesel; mida teravam ninaosa ja mida pikem laev, seda väiksem on triiv.

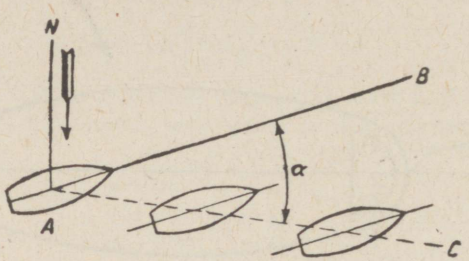
Aurikuil võib triiv ebasoodsail tingimusil — tugeva tuulega, lainetusega, väikese kiirusega, vähese lastiga ja kõrge pealveepardaga — olla $\frac{3}{4}$, isegi kuni 1 rumb.

§ 63. TRIIVI ARVESTAMINE.

Triivi puhul on ilmne, et laev ei liigu oma kaardil-märgitud tõelist kurssi mööda, vaid teatava nurga all sellega, sõltuvalt triivi suurusest. Seda hälbimist tõelisest kursijoonest on vajalik arvestada, selleks et teada, kas see joon, mida mööda laev tõeliselt liigub, kulgeb küllaldaselt kaugelt mööda laevatee läheduses olevaist ohtudest.

Kui nurk NAB (joon. 46) määrab laeva tõelise kursi ja kaardile tõmmatud joon AB on selle kursi joon, tuul aga puhub N-st, siis triivi $\alpha = BAC$ tõttu laev pidades kurssi liigub tõeliselt mööda joont AC, mis moodustab kursijoonega triivinurga α. Joont AC, s. o. laeva tõelist kurssi triivi puhul nimetatakse **kaardikursi jooneks**, nurka aga tõelise meridiaani N-osaga — **kaardikursiks.**

See tõeline sõidutee tuleb tingimata tõmmata kaardile, selleks et kindel olla, kas laev triiviga möödub puhtalt kõigist ohtudest.



Joonis 46.

Kuidas seda teed arvestada? Kuna laev hälbib alati alla tuult, siis sõites **parema halsiga** ta kaldub triivinurga suuruses **vasakule, vasaku halsiga** sõites aga — kursist **paremale.**

Kuna kodarikul, ükskõik millist rumbi me ka ei vaataks, jaotuste nimetused paremale sellest rumbist suurenevad, vasakule aga vähenevad, siis on selge, et **vasaku halsi** triivil, kui laev hälbib kursist paremale ehk kodariku kraadide nimetuste suurenemise poole, siis kraadide arv laeva sõiduteel kaardikursil on suurem kui tõelisel kursil ja nimelt triivinurga võrra; parema halsi triivi puhul on lugu vastupidi.

Sellepärast **vasaku halsi** triivi puhul tõelise kursi parandus tähistatakse **märgiga +, parema halsi** triivi puhul aga **märgiga —.**

Siit saamegi valemi laeva tee määramiseks antud tõelise kursi ja triivi olemasolu korral:

$$\text{kaardikurss} = \text{tõeline kurss} + \text{triiv}, \qquad (8)$$

s. t. et **kaardikurss on tõelise kursi ja triivi algebraline summa**, kusjuures **vasaku halsi triiv võetakse alati märgiga +, parema halsi oma aga — märgiga —.**

Vastupidi, kui meil kaardikurss on teada, vaja aga leida tõeline kurss, mida mööda tuleb juhtida laeva, siis seda on kerge leida eelmisest valemist:

$$\text{tõeline kurss} = \text{kaardikurss} - \text{triiv}, \qquad (9)$$

s. t. **tõeline kurss on kaardikursi ja triivi algebraline vahe.**

Triivi märgid jäävad igal halsil endiseks.

Vana kodariku tarvitamisel ja suundade määramisel rumbides tuleb meeles pidada, et igal kompassiveerandil on oma märk.

Näidis 60. Laev sõidab tõelise kursiga *NNO* ja vasaku halsi triiviga $\frac{1}{2}$ rumbi. Leida laeva kaardikurss.

Kaardikurss = tõeline kurss + triiv = $NNO + \frac{1}{2}R = NNO\frac{1}{2}O$.

Näidis 61. Laeva tõeline kurss on *NWtW*, parema halsi triiv — 1*R*. Leida laeva kaardikurss.

Parema halsi triivil laev hälbib vasakule, s. o. *NW*-veerandi rumbi suurenemise poole, järelikult

kaardikurss = $NWtW + 1R = WNW$

ehk märkidega:

K. K. = — NWtW + (— 1*R*) = — NWtW — 1*R* = — WNW ehk WNW.

Näidis 62. Tõeline kurss on 163°, vasaku halsi triiv $\frac{3}{4}R$. Määrata laeva kaardikurss.

$$\text{K. K.} = 163^0 + 8\tfrac{1}{2}^0 = 171\tfrac{1}{2}^0.$$

Näidis 63. Laeva kaardikurss on 289°, parema halsi triiv 1R. Määrata tõeline kurss.

Tõeline kurss = K. K. — triiv = $289^0 - (-11\frac{1}{4}^0) = 289^0 + 11\frac{1}{4}^0 = 300\frac{1}{4}^0$.

Purjelaevadel, kus triiv on väga suure tähtsusega, tuleb tema suurust hoolega määrata, jälgides tähelepanelikult tuule tugevuse ja suuna muutumist ning mere seisundit ja mitte unustades, et iga suuna muutumisega, purjede arvu suurenemise või vähenemisega võivad muutuda ka triivi suurus ja märk, et neid vaja uuesti hoolega määrata ja päevikusse kirjutada.

Aurikutel, arvestades kompassikurssi oletatava triivi puhul, tehakse oletatavale triivile harilikult vastava kraadide arvu võrra õiend tuule poole ja ühes märgitud tõelise kursiga tõmmatakse ka uus kursijoon, s. o. kaardikurss, selleks et olla veendunud, et mõlemad viivad ohtudest mööda.

See õiend tuule suhtes, sõltuvalt tuule tugevusest, laeva kursist tema suhtes ja sõidu kiirusest, võib tõusta üsna suureks. Meil on tulnud kõrgepardalistel laevadel („Aurora" ja „Komsomolets") priske küljetuule puhul teha õiendeid vastu tuult kuni 3°—5°—8°, mis hiljem osutusid õigeiks, kui laev saabus täpselt ettenähtud kohale.

Kaardile tuleb tõmmata mõlemad jooned, selleks et olla kindel, et isegi liigselt arvestatud triivi puhul laev liiguks mööda ohutut teed.

§ 64. TRIIVIMINE.

Purjelaeval tuleb purjede all seista ühel ja samal kohal paigal, kas oodates lootsi või kaldalesõitnud paadi naasmist. Sellisel juhul laev triivib, s. t. asetab purjed nii, et ühed annavad laevale edasi-, teised tagasikäigu.

Triivimisel laev liigub vähe edasi, kuid kandub palju alla tuult, s. t. omab suurt triivi, mis ulatub vahel 3—4 rumbini. Sealjuures laeva nina vaheldumisi kaldub teatava hulga rumbe alla tuult, siis vastu tuult, siis jälle alla tuult jne.

Triivimise ajal märgitakse nende vastu tuult **tõusude** (luhvamise) ja alla tuult **laskumiste** (vallamise) äärmised rumbid, ja kompassikursiks triivimise ajal võetakse keskmine neist äärmistest rumbidest, s. o. mis on neist ühekaugusel. Selle keskmise kursi järgi, õiendades seda veel deviatsiooniga, variatsiooniga ja triiviga, arvestatakse laeva sõiduteed triivimise ajal.

Näidis 64. Laev triivib vasema halsiga. Laskumise äärmine rumb on ONO, tõusu äärmine rumb — NtW. Deviatsioon K. K. ONO on $3\frac{1}{2}^0$ Ost, K. K. NtW — $2\frac{1}{4}^0$W, variatsioon 5°W, vasaku halsi triiv $3R$. Leida laeva tee kogu triivimisaja eest.

Vallamise kompassirumb	ONO = NO $67\frac{1}{2}^0$
Deviatsioon	$3\frac{1}{2}^0$ Ost
Vallamise magnetirumb	NO 71^0
Luhvamise kompassirumb	NtW = NW $11\frac{1}{4}^0$
Deviatsioon	$2\frac{1}{4}^0$ W
Vallamise magnetirumb	NO 71^0
Luhvamise magnetirumb	NW $13\frac{1}{2}^0$
Keskmine magnetirumb	NO $28\frac{3}{4}^0$
Variatsioon	5^0 W
Tõeline kurss	NO $23\frac{3}{4}^0$
Vasema halsi triiv	$33\frac{3}{4}^0$
Kaardikurss	NO $57\frac{1}{2}^0$

§ 65. HOOVUSE MÕJU.

Hoovus, mille suund ei ühtu laeva kursiga, viib nagu tuulgi laeva tema teest kõrvale, sõltuvalt nurgast hoovuse suuna ja laeva kursi vahel, laeva ja hoovuse kiirusest.

Okeanograafiast teame, et on kolme liiki merehoovusi: püsivad, tõusu-mõõna- ja juhuslikud hoovused.

Püsivad hoovused, mis esinevad meredes ja ookeanides, liiguvad üldiselt peagu ühes ja samas suunas, kas aasta läbi või teataval aasta-

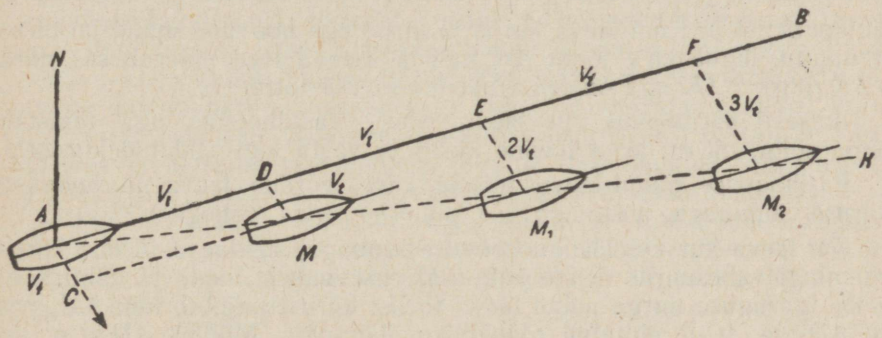
ajal (mussooni-hoovused). Nende kiirus võib olla mitmesugune ja kõigub 8—10-st kuni 100—120 miilini ööpäevas (Golfstream). Järelikult, sõites sellises hoovuses tuleb arvestada selle hälvitavat mõju laevale ja pidada seda silmas kursi valikul.

Tõusu-mõõna hoovused, peale mõne erandi, on väiksemate kiirustega, kuid nende halvim külg on selles, et nende mõju laevale on raske arvestada: nad muudavad mitu korda ööpäevas oma suunda ja kiirust, sõltuvad tuulest, ja on paljudes kohtades veel puudulikult uuritud.

Juhuslikud hoovused on tavalisesti väikesed, kuid ebamäärased, nii suunalt kui kiiruselt, ja sõltuvad väga tuulest, ja mitte ainult sellest, mis puhub praegu, vaid mis puhus selles rajoonis eelmistel päevadel. Vahel põhjustavad juhuslikke hoovusi ka tuuled, mis puhuvad või puhusid varem mere naaberrajoonides, sõltuvalt saarte paigutusest, kaldajoonest jne.

§ 66. SÕITMINE PÜSIVAS HOOVUSES.

Oletame, et püsiva hoovuse suund ja kiirus v_t on meile teada. Sõites sellises hoovuses tuleb meremehel lahendada kaks ülesannet:



Joonis 47.

1) teades laeva kurssi, kiirust logi järgi, hoovuse suunda ja kiirust, määrata laeva kaardikurss ja tõeline kiirus käesolevais tingimusis;

2) soovides sõita ettemääratud teed, kus on hoovus, mille suund ja kiirus on teada, ja on teada ka laeva kiirus logi järgi, — määrata laeva kurss ja tõeline sõidukiirus hoovuses.

Nii ühe kui teise ülesande lahendamisel peame meeles pidama, et laev liigub kursil kiirusega v_l, mis ta saab jõumasinalt, hoovus aga viib teda omas suunas kogu oma kiirusega v_t. On ilmne, et kui laev on kahe tungi mõju all, mis mõjutavad teda eri suundades ja eri kiirustega, siis tulemusena laev liigub nende kahe tungi resultandi suu-

nas. Resultandi suunda näitab tungidele ehitatud rööpküliku diagonaal. Sellise rööpküliku ehitamist vajabki mõlema eeltoodud ülesande lahendamine.

Oletame, et laev (joon. 47) läheb teatavas kursis NAB kiirusega v_e, hoovus aga viib teda suunas AC kiirusega v_t. Mõõtes kursijoonele laeva tunnikiiruse logi järgi $v_l = AD$, me saame punkti, kus laev oleks ilma hoovuseta. Kuna hoovus aga viib laeva omas suunas kiirusega v_t, siis laeva asukoha leidmiseks tunnise sõidu järele tuleb punktist D tõmmata hoovuse suunas lõik $DM = v_t$, samas mastaabis, milles mõõtsime v_l. Punkt M ongi laeva asukoht peale väljumist punktist A.

Selleks et leida laeva asukoht kahe tunni pärast, tuleb mõõta kursijoonele laeva kahe tunni kiirus logi järgi — AE, ja punktist E hoovuse kahe tunni kiirus EM_1. M_1 ongi laeva asukoht 2 t. pärast väljumist punktist A.

On selge, et laeva tõelised asukohad M, M_1, M_2 jne. asetsevad rööpküliku $ADMC$ diagonaali pikendusel. Rööpkülik $ADMC$ on ehitatud kiirustel $v_l = AD$ ja $v_t = AC$, mis on asetatud nende suundadele lähtepunktist A. Kuni laeva kiirus ja kurss ega hoovuse suund ja kiirus ei muutu, liigub laev joont AK mööda. Laeva teed määrab siis nurk NAK, nurk BAK aga on tema hälve hoovuse tõttu.

Ilmsesti pärihoovus viib laeva edasi, vastuhoovus aga takistab tema sõitu, nii et laeva tõeline kiirus ei vasta logi-näidatud kiirusele.

Pärihoovuse puhul laeva tõeline kiirus võrdub laeva ja hoovuse kiiruse summaga, vastuhoovuse puhul — nende vahega.

Kui laeva kurss on längu hoovuse suunaga, siis laeva tõeline kiirus on mingi vahesuurus nende kahe äärmuse vahel. Joon. 47 nähtub, et hälbe igasuguse nurga puhul laeva tõelist kiirust kujutab lõik AM, mis on AD- ja AC-le ehitatud rööpküliku diagonaal. Mõõtes $AD = v_l$ ja $AC = v_t$ meremiilides teatavas mõõtkavas, me võime kergesti sirkliga võtta ka AM, mõõta see ja saada laeva tõeline kiirus samas mõõtkavas. Joon. 47 nähtub, et tõeline kiirus AM on suurem kui kiirus logi järgi, sest hoovus viib laeva veidi edasi.

Teise ülesande lahendamisele, kursi määramisele, asume järgmiselt. Punktist A (joon. 47) mõõdame mingis mõõtkavas hoovuse tunnikiiruse $AC = v_t$ hoovuse suunas. Saadud punktist C raadiusega $CM = v_l$ = laeva kiirusega logi järgi tõmbame kaare üle kaardikursi AK, mida mööda laev peab minema. Ühendades lõikepunkti M punkti C-ga, saame laeva kursi suuna. Joon AB, tõmmatud punktist A paralleelselt CM-le, ongi laeva tõeline kurss, mille võtame kaardilt malli abil. Diagonaal AM on selgi juhul laeva tõeline kiirus.

Selliseid kujutusi võib teha kas kaardil või lihtsal paberilehel ükskõik millises mõõtkavas, kuid ei tohi unustada, et **laeva ja hoovuse kiirus tuleb võtta samas mõõdus ja sama ajavahemiku eest.**

Kergem on joonestada kaardil, kus on juba mõõtkava olemas. Kui laeva ja hoovuse kiirus annavad kaardil liiga lühikesed lõigud, siis tuleb suurema täpsuse saavutamiseks võtta 2—3 tunni kiirus. Kui aga lõigud tulevad liiga pikad, siis võtta ½ jne. tunni kiirus.

Kui kaardil (vt. joon. 47) on joonestatud hoovuse *ADM* △, siis on kerge vastata mõnesugustele meresõidul tekkivatele küsimustele. Sealjuures aga peab alati meeles pidama, et **laev on alati oma põhjakursi joonel, tema diametraaltasapind aga on alati paralleelne tõelise või kaardikursi joonega.**

Näit. mingi eseme traaversi määramiseks jätkub, kui selle eseme kujutusest kaardil tõmmata perpendikulaarjoon **laeva tõelisele kursile,** s. o. et moodustuks õige nurk diametraaltasapinnaga. Selle sirgjoone lõikumine laeva tõelise kursiga annab punkti põhjakursil, kus laev peab asuma traaversi-momendil.

Kui vaja on mõõta traaversi vahemaa, siis vaja sellel kursile perpendikulaarsel suunal võtta eseme kaugus laeva asukohast.

Selleks et arvutada eseme traaversile-jõudmise aega, tuleb laeva asukohast kursijoonel tõmmata traaversi-momendil sirgjoon, paralleelne hoovusega. Selle sirgjoone lõikumiskohal kursijoonega leiame vastava koha kursil. Teades kiirust logi järgi on kerge arvutada teatavasse kursipunkti saabumise aeg. Mõõtnud vahemaa punktist kursil, mis vastab eelnevale observeeritud laeva asukohale, punktini, mis vastab traaversile-saabumise hetkele, jagame selle kauguse logi-kiirusega ja saamegi aja, mis on möödunud eelmisest ajamääramisest.

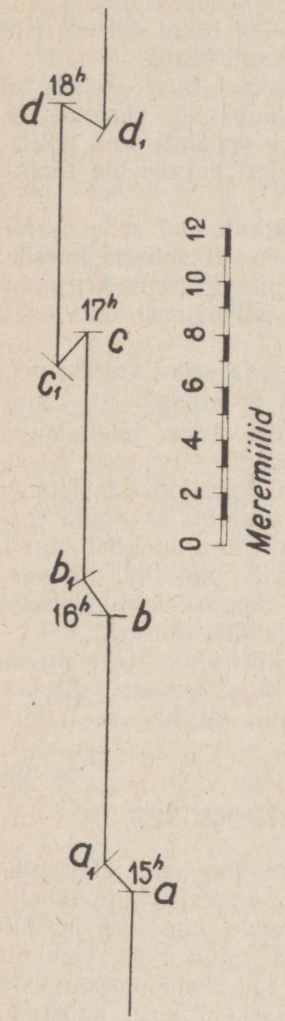
Vajalikud teatmed püsivhoovuste suuna ja kiiruse kohta leiduvad merekaartidel, vastavate merede lootsiates või hoovuste eri atlastes. Neis tarvitatavate tingmärkide tähendused, samuti atlaste kasutamise juhised seletatakse lootsias.

§ 67. SÕITMINE TÕUSU-MÕÕNA-HOOVUSES.

Kui laev vahetpidamata sõidab tõusu-mõõna-hoovuste alal, millede suund ja kiirus on igal tunnil isesugune, siis on vaja väga tähelepanelikult arvestada laeva muutlikku hälvet nende hoovuste mõjul. Kõigepealt on vaja tõusu-mõõna-hoovuste kohta, mida üksikasjalikult kirjeldatakse „Lootsias", või meie „Tõusude ja tõusu-mõõna-hoovuste aastaraamatutes" või kaartidel esinevate tingmärkide järgi koostada endale tõusu-mõõna-hoovuste suundade ja kiiruste tabel iga tunni kohta kogu ajaks, mil laev sõidab hoovuste rajoonis.

Kavatsedes näit. mööduda Gorodetski majakast (Valgesse merre sissesõidul) u. kell 18.00 18. augustil, me valime „Põhja Jäämere tõu-

sude aastaraamatust 1936. a." andmed hoovuste suundade ja kiiruste kohta sellel kohal antud momendil ja koostame järgmise tabeli (tabel 14, lk. 121).



Joonis 48.

Näit. mööndes 18. aug. 1936. a. Gorodetski majakast tõelise kursiga 0°, kiirusega 10 sõlme ja olles arvutatud punktis a (joon. 49) kell 15.00, siirame laeva hoovusega, mis mõjus kell 14—15 keskmise suunaga 331° ja keskmise kiirusega 2,1 sõlme, punkti a_1. Kui kell 15—16 laev liikus endist kurssi ja läbis logi järgi $a_1b = 10$ miili, siis siirame punkti b jälle keskmise hoovuse suunas ja keskmise kiirusega, nagu see oli k. 15—16, punkti b_1 jne.

Sisse sõites selle hoovuse rajooni ja märkides kaardikursi küllalt suure mõõtkavaga kaardil, õiendatakse iga tund arvutatavat laeva asukohta hoovuse mõju võrra, oletades, et ta antud tunnis hälvitab laeva arvutatud keskmises suunas ja oma keskmise kiirusega.

Parandades selliselt iga tund laeva asukohta hoovuse mõju arvel teatava keskmise suuna ja keskmise kiiruse alusel selle tunni kestes, me saame kursijoone, sarnase esitatule joon. 48, mis on koostatud tabeli 14 andmetel.

Kunagi ei saa olla täiesti kindel, et selliselt õiendatud laeva asukohad on küllalt usaldatavad, sest paljudes maakera kohtades pole tõusu-mõõna-hoovuste suunad ega kiirused veel küllaldase üksikasjalikkusega uuritud, ja teiselt poolt — juhusliku tuule või tormi mõjul võib tõusu-mõõna-hoovuste suund ja kiirus avamerel muutuda.

Vastutuul ja -laine takistab hoovuse liikumist, kallutades teda kõrvale, ja laevajuht ei saa olla kunagi kindel, et tema aastaraamatute või hoovuste atlaste andmete alusel tehtud arvestused on absoluutselt õiged.

Sellest hoolimata on need arvutused vägagi vajalikud ja niisama vajalik on iga tund õiendada laeva asukohta hoovuses, kui pole võimalik kasutada kaldaesemeid. Laevajuht on kohustatud kasutama kõiki lootsiate ja atlaste andmeid, selleks et tagada laevale ohu-

Tabel 14. Hoovused Gorodetski majaka juures 18. aug. 1936. a.

Aeg laeva kella järgi	Hoovus		Hoovuse suund 0°—360° kodarikul	Keskmised		
	suund	kiirus		aeg	hoovuse suund	kiirus
kell 14.39	NWtN	2,3 m	326,2°	15	331°	2,2 m
„ 15.39	NNW	2,0 „	337,5	16	343	2,0 „
„ 16.39	NtW	0,8 „	348,8	17	242	1,0 „
„ 17.39	SO	1,3 „	135	18	140	1,5 „
„ 18.39	SOtS	1,8 „	146,2	19	146	2,3 „
„ 19.39	SOtS	2,3 „	146,2	20	146	2,6 „
„ 20.39	SOtS	2,5 „	146,2	21	146	2,2 „
„ 21.39	SOtS	2,0 „	146,2			

tut sõitu ja olla kindel, et kui ta just täpselt ei ole kaardile märgitud punktis, siis vähemasti kuski selle läheduses.

Kui on võimalusi määrata kohta kaldaesemete järgi, siis tuleb seda tõusu-mõõna-hoovuste alal kasutada võimalikult sagedasti — mitte harvemini kui iga ½ tunni takka; kui ilm on kahtlane, kui on karta udu, siis veel sagedamini.

Kui aga sõidutee on kaugel kallastest ja märkimine kaardil toimub väikeses mõõtkavas, siis ei ole vajadust iga tund teada laeva asukohta kaardil. Siis arvutatakse hoovuse mõju pikema ajavahemiku eest **koondarvutamise teel,** millest pikemalt § 73.

§ 68. HOOVUSE MÄÄRAMINE VAATLUSTEST.

Kuna me ei saa pidada aastaraamatute ja atlaste andmeid hoovuste kohta absoluutselt täpseiks, siis tuleb võimaluse korral neid endal vaadelda ja püüda määrata nende elemente.

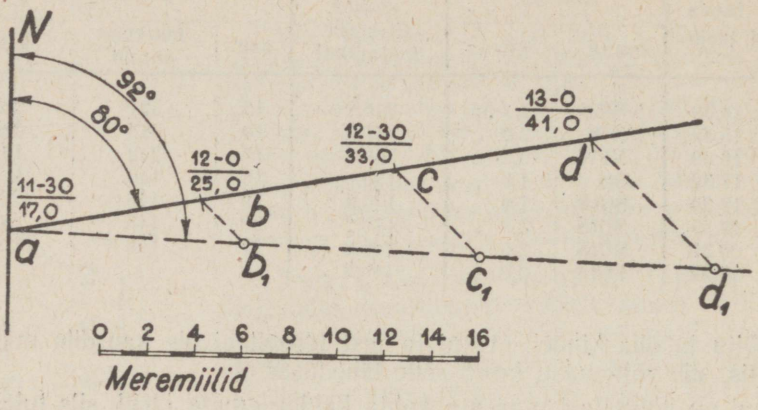
Liikudes selge ilmaga kalda läheduses ja määrates mitu korda järjest laeva asukohta võrdsete ajavahemike järele ja võrreldes siis vaatluste ja arvutuste andmeid, saadaksegi hoovuse suund ja kiirus.

Näit. (joon. 49) laev sõites tõelisel kursil 80°, kiirusega 16 sõlme, leidis observeerimiskoha k. 12.00 punktis b_1, ehkki pidas end arvutuse järgi olevaks punktis b. Võrreldes kohti b_1 ja b selgub, et laev on hälbinud SO-i 2,5 miili.

Edasised vaatlused k. 12.30 ja 13.00 kinnitasid märgatud hälvet, tõestades, et laeva mõjutab püsihoovus kiirusega u. 5 sõlme ja et laeva põhjakurss on 92°, joont $ab_1c_1d_1$ mööda, ega ühtu tõelise kursiga.

Vaadeldavat hälvet saab panna hoovuse arvele vaid sel korral, kui ollakse täiesti kindel kompassiõiendis, s. t. märgitud tõelise kursi õigsuses.

Kui on põhjust arvata, et hoovus on püsiv, siis tuleb teda võtta ka arvesse edasisel sõidul.



Joonis 49.

Hoovuse elemente võib määrata ka ühe eseme puhul. Selleks on vaja sooritada rida vaatlusi kahelt eri kursilt („Täiendused", § 26).

§ 69. LAEVA HOOVUSHÄLBIMISE ARVESTAMINE TABELITE JÄRGI.

Andmete mitteküllaldane usaldatavus hoovuste suuna ja kiiruse kohta tuleb sellest, et laevajuhtimise käsiraamatuis antakse tavalisesti suurim ja vähim vaadeldud kiirustest ja keskmine suund. Kuid tuule ja lainetuse mõjul hoovuse suund ja kiirus sageli hälbivad oma normaalsetest suurustest, milletõttu tegelik hälve erineb oletatavast ja laeva asukoha kontrollimisel vaatlustest osutub, et ta on kõrval ettemärgitud joonest.

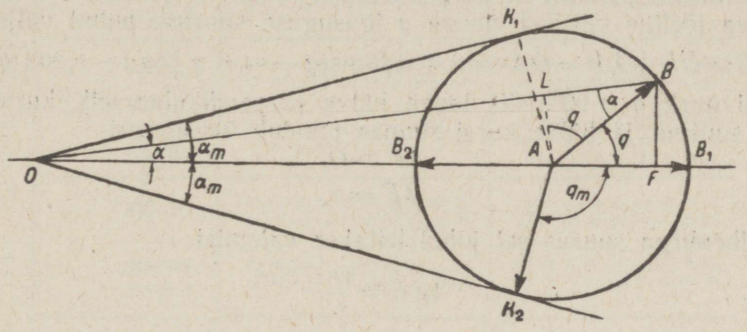
Teades suhet hoovuse elementide, laeva logikiiruse, laeva diametraaltasapinna ja hoovuse suuna vahel, on kerge arvutada laeva hälve nii kursi suunas kui perpendikulaarselt kursi suunale ja arvestada seda kursi märkimisel.

Sõites kitsustes, liivaseljandike vahel jmss. võib siis kiiresti arvestada, milline võib olla käesolevas hoovuses suurim hälve ja millisele kohale ta viiks laeva. Kui kaardile on tõmmatud tõelise kursi joon, siis tuleb sinna iga tund või teatava vaheaja takka teha õiendusi laeva hälbes hoovuse tõttu, nii kurssi mööda kui perpendikulaarselt sellele.

Otsitava sõltumuse määramiseks mõõdame mingile sirgjoonele (joon. 50) lõigu $OA = v_l$, mis tähistab teatavas mõõtkavas laeva logikiirust. Kuna laeva hälve hoovuse tõttu sõltub nurgast kursijoone ja hoovuse suuna vahel, siis pole vajadust suunda OA, mis ühtub kursijoonega, orienteerida meridiaani suhtes, vaid selle võib võtta vabalt.

Punktist A kui tsentrumist tõmbame ringjoone BB_1B_2 raadiusega AB, mis võrdub mõõtkava järgi võetud hoovuse tunnikiirusega. Olenevalt nurgast q hoovuse ja kursisuuna vahel saame ka mitmesuguse hälbe hoovusest antud sõidukiirusel.

Kui hoovus moodustab kursiga nurga $q = BAB_1$, siis hälbenurk hoovuse mõjul on $BOB_1 = \alpha$. Tõmmates punktist B perpendikulaar-



Joonis 50.

joone BF joonele OB_1, näeme et hälbenurga α suurus on leitav lihtsast valemist:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{BF}{OF} = \frac{v_t \sin q}{v_l + v_t \cos q},$$

kusjuures väljendid

$$AF = v_t \cos q \quad \text{ja} \quad BF = v_t \sin q$$

on laeva hälve hoovusest kurssi mööda (AF) ja perpendikulaarselt sellele (BF) 1 tunni sõidu kestes.

Arvates nurki q nagu kursinurkigi laevaninast paremale ja vasakule 0^0—180^0, näeme, et kui $q = 0^0$, siis:

$$\alpha = 0,$$
$$AF = v_t,$$
$$BF = 0;$$

kui $q = 180^0$, siis:

$$\alpha = 0,$$
$$AF = -v_t,$$
$$BF = 0,$$

s. t. et kummalgi juhul hoovus ei hälvita laeva tema sõiduteelt, mõjutab vaid tema kiirust.

Esimesel juhul on laeva tõeline kiirus:

$$v_1 = OB_1 = OA + AB_1 = v_l + v_t,$$

teisel juhul aga:

$$v_2 = OB_2 = OA - AB_2 = v_l - v_t.$$

Tõmmates punktist A perpendikulaarjoone AL joonele OB leiame, et laeva tõeline kiirus v nurga q igasuguse suuruse puhul väljendub:

$$v = OB = OL + LB = OA\cos\alpha + AB\cos(q - \alpha) = v_l\cos\alpha - v_t\cos(q - \alpha).$$

Kui nurk $q = 90^0$, siis laeva hälve perpendikulaarselt kursile on kõige suurem ja hälve kursi suunas puudub üldse, sest:

$$AF = 0,$$
$$BF = v_t$$

Hälbenurga suurus sel juhul leitakse valemist:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{v_t}{v_l}.$$

Laeva suurim hälbenurk antud hoovuses on kergesti määratav kui nurk kursijoone OAB_1 ja riivajate OK_1 ja OK_2 vahel, mis on tõmmatud punktist O ringjoonele BB_1B_2.

$\triangle$-st OK_2A nähtub, et

$$\sin\alpha_m = \frac{AK_2}{OA} = \frac{v_t}{v_l},$$

kust on määratav hälbe suurima nurga α_m suurus antud hoovuse ja sõidukiiruse korral.

Märkides nurga laeva kursi ja hoovuse suuna vahel, mis annab suurima hälbenurga, tähega q_m, me leiame samast $\triangle$-st OAK_2, et

$$q_m = 90^0 + \alpha_m.$$

See valem näitab, et **laeva suurim hälbenurk antud hoovuses esineb siis, kui hoovuse suund on perpendikulaarne laeva põhjakursile, mitte aga tõelisele kursile.**

Edasisel nurga q suurenemisel laeva hälve kursist hakkab vähenema. Laeva hälvete arvutamisel, s. o. korrutiste

$$v_t\cos q \text{ ja } v_t\sin q$$

Tabel 15. Laeva hälve hoovuses kurssi mööda ja kursist kõrvale 1 tunni sõidu kestes
(hälve kursi suunas $= v_t \cos q$; hälve kursist kõrvale $= v_t \sin q$)

Hoovuse kiirus / q	1		2		3		4		5		6		7		8	
	kurssi mööda	kõrvale	kurssi mööda	kõrvale	kurssi mööda	kõrvale	kurssi mööda	kõrvale	kurssi mööda	kõrvale	kurssi mööda	kõrvale	kurssi mööda	kõrvale	kurssi mööda	kõrvale
0	1,0	0,0	2,0	0,0	3,0	0,0	4,0	0,0	5,0	0,0	6,0	0,0	7,0	0,0	8,0	0,0
10	1,0	0,2	2,0	0,3	3,0	0,5	3,9	0,7	4,9	0,9	5,9	1,0	6,9	1,2	7,9	1,4
20	0,9	0,3	1,9	0,7	2,8	1,0	3,8	1,4	4,7	1,7	5,6	2,1	6,6	2,4	7,5	2,7
30	0,9	0,5	1,7	1,0	2,6	1,5	3,5	2,0	4,3	2,5	5,2	3,0	6,1	3,5	6,9	4,0
40	0,8	0,6	1,5	1,3	2,3	1,9	3,1	2,6	3,8	3,2	4,6	3,9	5,4	4,5	6,1	5,1
50	0,6	0,8	1,3	1,5	1,9	2,3	2,6	3,1	3,2	3,8	3,9	4,6	4,5	5,4	5,1	6,1
60	0,5	0,9	1,0	1,7	1,5	2,6	2,0	3,5	2,5	4,3	3,0	5,2	3,5	6,1	4,0	6,9
70	0,3	0,9	0,7	1,9	1,0	2,8	1,4	3,8	1,7	4,7	2,1	5,6	2,4	6,6	2,7	7,5
80	0,2	1,0	0,3	2,0	0,5	3,0	0,7	3,9	0,9	4,9	1,0	5,9	1,2	6,9	1,4	7,9
90	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0	3,0	0,0	4,0	0,0	5,0	0,0	6,0	0,0	7,0	0,0	8,0
100	—0,2	1,0	—0,3	2,0	—0,5	3,0	—0,7	3,9	—0,9	4,9	—1,0	5,9	—1,2	6,9	—1,4	7,9
110	—0,3	0,9	—0,7	1,9	—1,0	2,8	—1,4	3,8	—1,7	4,7	—2,1	5,6	—2,4	6,6	—2,7	7,5
120	—0,5	0,9	—1,0	1,7	—1,5	2,6	—2,0	3,5	—2,5	4,3	—3,0	5,2	—3,5	6,1	—4,0	6,9
130	—0,6	0,8	—1,3	1,5	—1,9	2,3	—2,6	3,1	—3,2	3,8	—3,9	4,6	—4,5	5,4	—5,1	6,1
140	—0,8	0,6	—1,5	1,3	—2,3	1,9	—3,1	2,6	—3,8	3,2	—4,6	3,9	—5,4	4,5	—6,1	5,1
150	—0,9	0,5	—1,7	1,0	—2,6	1,5	—3,5	2,0	—4,3	2,5	—5,2	3,0	—6,1	3,5	—6,9	4,0
160	—0,9	0,3	—1,9	0,7	—2,8	1,0	—3,8	1,4	—4,7	1,7	—5,6	2,1	—6,6	2,4	—7,5	2,7
170	—1,0	0,2	—2,0	0,3	—3,0	0,5	—3,9	0,7	—4,7	0,9	—5,9	1,0	—6,9	1,2	—7,9	1,4
180	—1,0	0,0	—2,0	0,0	—3,0	0,0	—4,0	0,0	—5,0	0,0	—6,0	0,0	—7,0	0,0	—8,0	0,0

q on nurk laeva kursi ja hoovuse suuna vahel, arvates laeva ninast paremale ja vasakule 0^0—180^0; märk miinus (—) tähendab laeva kandumist kurssi mööda tagasi.

leidmiseks võib kasutada 1933. a. „Meretabelite" tabelit 34, võttes hoovuse kiirust v kui sõitmist ja nurka q kui kurssi. Siis tabelist leitav laiuste vahe on hälbe suurus kursi suunas, kõrvalekalle aga hälve kursist kõrvale.

Selliste arvestuste lihtsustamiseks on hea teha tabelist 34 valik, mille näiteks on tabel 15.

Selline tabel, trükitud kartongile, olles komandosillal alati käepärast, hõlbustab laeva hälvete arvestamist hoovuses.

Näidis 65. Laev sõidab 15-sõlmese kiirusega püsihoovuses, mille kiirus on 2 sõlme. Määrata laeva hälbe suurim nurk α_m selles hoovuses.

$$\sin \alpha_m = \frac{v_t}{v_l} = \frac{2}{15} = 0{,}133,$$

mille järgi, kasutades 1933. a. „Meretabeleid" tabelist 5 leiame, et $\alpha_m = 7{,}7^0$.

Selline on hälbenurk, kui nurk kursi ja hoovuse vahel on

$$q_m = 90^0 + \alpha_m = 97{,}7^0.$$

Näidist võib lahendada ka joonise abil. Mingil sirgjoonel mingist lähtepunktist mõõdame teatavas mõõtkavas 15 miili ja saadud punktist kui keskusest tõmbame 2-miilise raadiusega ringjoone samas mõõtkavas. Tõmbame lähtepunktist riivaja sellele ringjoonele ja mõõdame malliga nurga esialgse sirgjoone ja riivaja vahel.

Näidis 66. Laev sõitis 18-sõlmese kiirusega püsihoovuses, mis kandis teda kiirusega 3 sõlme W-i, ja pöördus tõelisele kursile 215°. Leida hoovuse õiend α.

Käesoleval juhul nurk $q = 270^0 - 215^0 = 55^0$. Hälbenurga α arvutamiseks valemi

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_t \sin q}{v_l + v_t \cos q}$$ kohaselt

valime tabelist 15:

$$v_t \cos q = 1{,}7,$$

$$v_t \sin q = 2{,}5.$$

Siis

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2{,}5}{18 + 1{,}7} = \frac{2{,}5}{19{,}7} = 0{,}127,$$

kust tabeli 5 järgi. „Meretabelitest" leiame:

$$\alpha = 7{,}2^0.$$

Võttes hoovuseõiendiks 7,2°, s. o. tõelise kursiga 215° — 7,2° = 207,8°, läheb laev kaardile märgitud tõelist kurssi 215° nii kaua, kuni hoovuse elemendid ja laeva kiirus jäävad samaks.

Näidis 67. Laev, muutmata käiku, sõidab tõelisel kursil 150°. Püsihoovus kannab teda S-i, kiirusega 3 sõlme. Arvutada laeva hälve kurssi mööda ja sellest kõrvale 5 tunni sõidu kestes.

Nurk $q = 180^0 - 150^0 = 30^0$. Oma tabelist leiame hälbe 1 tunni kestes:

kurssi mööda — 2,6 miili, kõrvale — 1,5 miili.

Järelikult 5 tunni kestes see oleks:

kursi suunas . . . . . 2,6 × 5 = 13,0 miili edasi,
kursist kõrvale . . . . . 1,5 × 5 = 7,5 miili paremale.

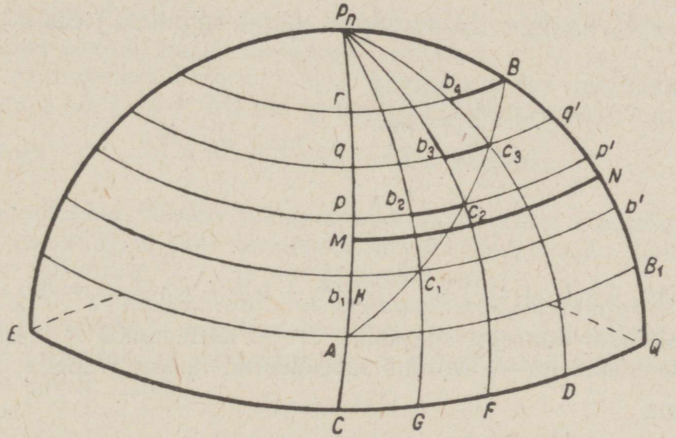
Lähtepunktist mõõdame kursile 13 miili edasi ja saadud punktist tõmbame 7,5-miilise perpendikulaarjoone paremale, ja saamegi laeva asukoha, õiendatud hoovuse hälbega 5 tunni eest.

Viimase kolme näidise taolised arveldused võivad osutuda sõidul väga kasulikeks ja anda rutemini otsitava lahenduse kui graafiline meetod kaardil.

Inglise kapten Hoar on koostanud tabelid laeva hälbe arvestamiseks sõltuvalt kursist ja sõidu kiirusest (G. E. Hoar. Tables of allowance for current when affecting compas course & speed. Fifth ed. 1917, Potter.).

§ 70. ARVUTAMISE PÕHIVALEMID.

Vaatleme nüüd, kuidas arvestada pikkuste ja laiuste vahet mingil laeva längkursil. Oletame, et maa on kera, sest sellest oletusest tek-



Joonis 51.

kiv viga — meie meresõiduinstrumentide ebatäpsuse ja võimatuse tõttu pidada absoluutselt täpset kurssi tuule, lainete ja hoovuste mõjul — ei ole oluline pikkuste ja laiuste vahe arvestamisel.

Oletame, et laev (joon. 51) siirdus punktist A punkti B püsiva kursiga K. Järelikult kaar AB on loksodroomi kaar.

Tähistame punkti A laiuse ja pikkuse tähtedega φ_1 ja λ_1, B omad — φ_2 ja λ_2. Jagame ekvaatori kaare CQ, mis on meridiaanide $P_nC = \lambda_1$ ja $P_nQ = \lambda_2$ vahel, n võrdseks osaks ja tõmbame jaotuspunktidest

G, F, D ... läbi meridiaanid. Viimased lõikavad loksodroomi kaare punktides c_1, c_2, c_3 ... ka n võrdseks osaks. Tõmbame läbi punktide c_1, c_2 c_3 ... neile vastavad paralleelid. Siis saame rea kolmnurki nagu Ab_1c_1, $c_1b_2c_2$, $c_2b_3c_3$ ... jne.

Arvu n me võime võtta niivõrd suure, et saadavad kolmnurgad osutuvad nii väikesiks, et tegelikult vajaliku täpsuse seisukohast neid võib pidada tasapinnalisteks.

Rakendades $\triangle$-dele Ab_1c_1, $c_1b_2c_2$, $c_2b_3c_3$ ... tasapinnalise trigonomeetria valemeid leiame:

$$\left.\begin{aligned} Ab_1 &= Ac_1 \cos k \\ c_1b_2 &= c_1c_2 \cos k \\ c_2b_3 &= c_2c_3 \cos k \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

$$\left.\begin{aligned} b_1c_1 &= Ac_1 \sin k \\ b_2c_2 &= c_1c_2 \sin k \\ b_3c_3 &= c_2c_3 \sin k \end{aligned}\right\} \tag{11}$$

Liites võrrandite (10) vasakud ja paremad pooled saame:

$$Ab_1 + c_1b_2 + c_2b_3 + \ldots = (Ac_1 + c_1c_2 + c_2c_3 + \ldots) \cos k, \tag{12}$$

Kuna

$$\begin{aligned} c_1b_2 &= b_1p, \\ c_2b_3 &= pq, \\ c_3b_4 &= qr, \\ &\ldots\ldots \\ &\ldots\ldots \end{aligned}$$

siis

$$Ab_1 + c_1b_2 + c_2b_3 + \ldots = Ab_1 + b_1p + pq + \ldots = Ar,$$

s. t. meridiaani kaarega sihtpunkti B ja lähtepunkti A laiuse vahel, ehk teiste sõnadega — võrdub läbisõidetud laiuste vahega.

Summa

$$Ac_1 + c_1c_2 + c_2c_3 + \ldots$$

aga on loksodroomi kaare AB pikkus, mille laev läbis punktide A ja B vahel. See on nn. laeva **sõit,** mida tähistame tähega S.

Järelikult, valemi (12) võime kirjutada lihtsamalt:

$$1.\ v. = S \cos k, \tag{13}$$

s. t. **laiuste vahe võrdub sõiduga, korrutatud kursi kosinusega.**

Igaüks lõikudest b_1c_1, b_2c_2, b_3c_3 ... jne. on laeva kaugenemine vastavast meridiaanist paralleeli mööda, sõites vahemaad A—c_1, c_1—c_2, c_2—c_3 jne. ja seda nimetatakse laeva **elementaarseks kaugenemiseks**

meridiaanist. Liites võrrandite (11) vasakud ja paremad pooled saame elementaarsete kaugenemiste summa.

$$b_1c_1 + b_2c_2 + b_3c_3 + \ldots = (Ac_1 + c_1c_2 + c_2c_3 + \ldots) \sin k.$$

Paremal sulgudes olev summa on sama loksodroomi AB pikkus, mis võrdub laeva sõiduga S.

Korrutame ja jagame viimase võrrandi vasema poole n-iga:

$$\frac{(b_1c_1 + b_2c_2 + b_3c_3 + \cdots)\, n}{n} = S \sin k,$$

ehk

$$\frac{n \cdot b_1c_1 + n \cdot b_2c_2 + n \cdot b_3c_3 + \cdots}{n} = S \sin k.$$

Lõik b_1c_1, korrutatud n korda, annab paralleelilõigu b_1b' siht- ja lähtepunkti meridiaani vahel. Korrutis $n \cdot b_2c_2$ annab paralleelilõigu pp', korrutis $n \cdot b_3c_3$ — lõigu qq' jne. Järelikult väljend

$$\frac{n \cdot b_1c_1 + n \cdot b_2c_2 + n \cdot b_3c_3 + \cdots}{n} = \frac{b_1b' + pp' + qq' + \cdots}{n}$$

on aritmeetiline keskmine lähte- ja sihtpunkti meridiaanide ja paralleelide vahel olevate paralleeli-lõikude summast.

Seda aritmeetilist keskmist nim. **kaugenemiseks** meridiaanist, mis laev sooritas sõites A-st bB-sse ja mida tähistatakse harilikult a.

Järelikult

$$\frac{b_1b' + pp' + qq' + \cdots}{n} = a = S \sin k, \qquad (14)$$

s. t. **kaugenemine võrdub sõiduga, korrutatud kursi siinusega.**

Väljendid (13) ja (14) on täpsed arvutamisvalemid. Leiame veel ligikaudse sõltumuse p. v. ja kaugenemise vahel

Me nägime, et kaugenemine on aritmeetiline keskmine siht- ja lähtepunkti meridiaanide ja paralleelide vahel olevate paralleeli-lõikude summast. See tähendab, et kaugenemine on mingi paralleel MN (joon. 51) kuski AB_1 ja rB vahel.

Sest et

$$AB_1 = (\lambda_2 - \lambda_1) \cos \varphi_1,$$
$$rB = (\lambda_2 - \lambda_1) \cos \varphi_2$$

ja on ilmne, et

$$rB < MN < AB_1,$$

s. t.

$$(\lambda_2 - \lambda_1) \cos \varphi_2 < MN < (\lambda_2 - \lambda_1) \cos \varphi_1,$$

siis on selge, et

$$MN = (\lambda_2 - \lambda_1) \cos \varphi_m,$$

kus φ_m on mingi keskmine laius φ_1 ja φ_2 vahel.

Selleks laiuseks võetakse tavalisesti — ja tegelikeks sihtideks küllaltki täpne — laiuste φ_1 ja φ_2 keskmine, ehk teiste sõnadega: **kaugenemiseks nimetatakse eemaldumist lähtepunkti meridiaanist, arvates mööda keskmist paralleeli lähte- ja sihtpunkti paralleeli vahel.**

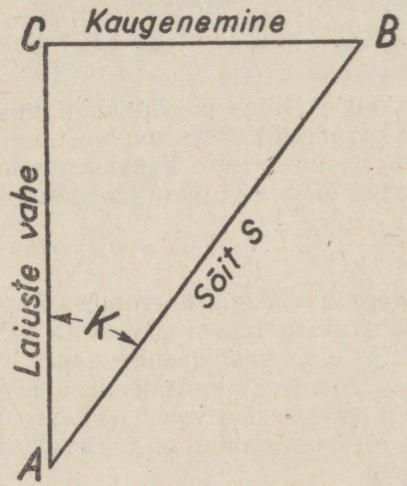
Siis oletades, $$\varphi_m = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2},$$

saame ligikaudse valemi:

$$a = (\lambda_2 - \lambda_1) \cos \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2},$$

kust $$\lambda_2 - \lambda_1 = a \cdot \sec \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2},$$

s. t. **pikkuste vahe võrdub kaugenemisega, korrutatud keskmise laiuse sekansiga.**



Joonis 52.

Selle valemi viga on väikestes laiustes ja lühikestel sõitudel täiesti tühine. Mingisugune tähtsus on tal vaid suurtes laiustes ja pikematel sõitudel.

Näit. kui $S = 250$ miili laiusel $\varphi = 70^0$, siis viga pikkuste vahe arvestamises valemi (15) järgi ei ületa 1 miili. Sellepärast tegelikus meresõidus kasutatakse alati valemit (15), peale erakordsete juhtude — väga suurtes laiustes ja väga pikkadel sõitudel.

Saadud väljendeid (13) — (15) kasutataksegi sihtpunkti laiuse ja pikkuse arvestamisel lähtepunkti pikkuse ja laiuse, kursi ja sõidu järgi.

Kuna sõit, laiuste vahe ja kaugenemine on õigenurkse $\triangle ABC$ (joon. 52) hüpotenuus ja kaatetid, siis on ilmne, et kurssidel $k < 45^0$ on alati 1. v. > kaugenemisest; kui $k > 45^0$, siis vastupidi 1. v. < kaugenemisest.

Kuna $\sin k \leqslant 1$ ja $\cos k \leqslant 1$, siis kõikide längkursside puhul laiuste vahe ja kaugenemine omaette on väiksemad sõidust S. Ainult kui $k = 0^0$, siis 1. v. $= S$ ja kaugenemine $= 0$; kui aga $k = 90^0$, siis 1. v. $=$ $= 0$, kaugenemine aga $= S$.

Ja teiseks, kuna tasapinnalises kolmnurgas kahe külje summa on alati suurem, nende vahe aga väiksem kolmandast küljest, siis

$$\text{l. v.} + \text{kaugenemine} > S,$$
$$\text{l. v.} - \text{kaugenemine} < S.$$

Valem (15) näitab, et pikkuste vahe on alati suurem kaugenemisest. Kui keskmine laius $\varphi_m = 60^0$, siis — sest $\sec 60^0 = 2$ — pikkuste vahe võrdub kahekorse kaugenemisega. Kui $\varphi_m > 60^0$, siis p. v. > kahekordsest kaugenemisest; kui $\varphi_m < 60^0$, siis p. v. < kahek. kaugenemisest („Täiendused", § 27, 28, 29).

§ 71. „1933. a. MERETABELITE" TABELID 34 JA 35.

Esitatud põhivalemid on määratud ülesannete lahendamiseks tasapinnaliste kolmnurkade puhul (joon. 52). Otsitavate suuruste leidmiseks nende järgi on koostatud tabelid 34 ja 35 Hüdrograafia valitsuse poolt 1933. a. kirjastatud „Meretabelites".

Tabelis 34 antakse laiuste vahed ja kaugenemised kõikidele kurssidele 1^0—360^0 ja sõitudel 0—100 miili. Kursid antakse horisontaalses reas, ülemises ja alumises, üle 1^0, kusjuures 1. veerandi kursid on trükitud jämedamalt.

Sõidud antakse püstiridades lehekülje vasemal poolel üle 1 miili. Iga kursi lahtris on kaks püstirida laiuste vaheks ja kaugenemiseks, mis on antud täpsusega kuni 0,01 miili.

Sooritatud laiuste vahe ja kaugenemise nimetuse määrab selle kompassi-veerandi nimetus, milles on laeva kurss. Selle asjaolu meenutamiseks on kasulik järgmine tabelike:

Kursid	Kompassi-veerand	Nimetus	
		Laiuste vahed	Kaugenemised
1^0— 89^0	NO	N	O
91^0—179^0	SO	S	O
181^0—269^0	SW	S	W
271^0—359^0	NW	N	W

Kui igas kompassi-veerandis kurss $k < 45^0$, siis tema pealkiri on lk. ülal, kui $k > 45^0$, siis lk. all. Esimesel juhul käesoleva rea vasem lahter annab laiuste vahe, parem — kaugenemise; teisel juhul — vastupidi.

Leides lahtris „Sõit" vajaliku miilide arvu, saame antud sõidule vastava horisontaalse ja antud kursile vastava püstirea lõikumisel laiuste vahe ja kaugenemise ekvtoriaalminutites täpsusega kuni 0,01'.

Näidis 68. Tõeline kurss on 38°, sõit 82 miili. Leida laiuste vahe ja kaugenemine.

Vastavast lahtrist leiame

l. v. = 64,62 N, kaugenemine = 50,48 Ost.

Näidis 69. Tõeline kurss on 108°, sõit 92 miili. Leida laiuste vahe ja kaugenemine.

Tabelist 34 leiame: l. v. = 28,43 S ja kaugenemine = 87,50 Ost.

Kui sõit on antud kümnendosades või üle 100 miili, siis lahutame ta osadeks, leiame laiuste vahe ja kaugenemise igale osale ja summeerime.

Selline võimalus järgneb kaalutlusest, et sõitu S võime alati kujutella koosnevana kahe osa, S_1 ja S_2 summast. Järelikult

$$S = S_1 + S_2,$$

siis aga

$$\text{l. v.} = S \cos k = (S_1 + S_2) \cos k = S_1 \cos k + S_2 \cos k,$$

kaugenemine $= S \sin k = (S_1 + S_2) \sin k = S_1 \sin k + S_2 \sin k$.

Kui kurss on väljendatud murrulise kraadide arvuga, siis tuleb, nagu tavalisesti, interpoleerida.

Otsides laiuste vahet ja kaugenemist miili murdosale, tuleb leida need 10 korda suuremale miilide arvule ja jagada leitud suurused 10-ga. Kui sõit on üle 100 miili, siis tuleb toimida vastupidiselt.

Näidis 70. Tõeline kurss on 200°, sõit 19,5 miili. Leida laiuste vahe ja kaugenemine.

$k = 200^0$ ja sõidu 19 miili ... l. v. = 17,85, kaug. = 6,50
$k = 200^0$ „ „ 0,5 „ ... „ = 0,47, „ = 0,17

$k = 200^0$ ja sõidu 19,5 miili ... l. v. = 18,32 S, kaug. = 6,67 W.

Näidis 71. Tõeline kurss on $318\frac{1}{2}^0$, sõit 100 miili. Leida laiuste vahe ja kaugenemine.

$k = 318^0$ ja sõidu 100 miili puhul ... l. v. = 74,31, kaug. = 66,91
$k = 319^0$ „ „ 100 „ „ ... „ = 75,47, „ = 65,61

$k = 318\frac{1}{2}^0$ ja sõidu 100 miili puhul ... l. v. = 74,89 N, kaug. = 66,26 W.

Näidis 72. Tõeline kurss on 255°, sõit 247 miili. Leida laiuste vahe ja kaugenemine.

$k = 255^0$ ja sõidu 200 miili korral ... l. v. = 51,8, kaug. = 193,2
$k = 255^0$ „ „ 47 „ „ ... „ = 12,16, „ = 45,40

$k = 255^0$ ja sõidu 247 miili korral ... l. v. = 63,96 S, kaug. = 238,6 W.

Selliste vastuste otsimisel sageli eksitakse: laiuste vahe asemel võetakse ekslikult kaugenemine ja vastupidi. Sellepärast on soovitav saadud arve kontrollida § 70 antud juhendite järgi.

Tabel 35 on pikkuste vahe leidmiseks valemi (15) järgi, oletades, et kaugenemine on juba leitud tabeli 34 abil.

Tabeli 35 kasutamine on ka lihtne. Ülemises horisontaalreas antakse kaugenemised 1—9 ekvatoriaalminutini üle 1′ ja viimane rida 100′-le. Vasakus püstreas antakse keskmine laius 0^0—81^0, kusjuures 0^0—30^0-ni üle 1^0, 30^0—60^0 — üle $0{,}5^0$, 60^0—70^0 — üle $0{,}2^0$, 70^0—81^0— üle $0{,}1^0$.

Vastava leitud keskmise laiuse ja antud kaugenemise rea lõikumisel leiame otsitava pikkuste vahe täpsusega kuni minuti sajandikosadeni.

Kui laeva sooritatud kaugenemist ei ole tabelis, siis lahutatakse ta osadeks, leitakse osadele vastavad pikkuste vahed ja summeeritakse. On ilmne, et 10 k. suurendatud pikkuste vahele vastavad ka kümned minutid kaugenemist ja 10 k. vähendatuile kümnendikminutid.

Näidis 73. Kaugenemine on 9 ekvatoriaalminutit W, keskmine laius $\varphi_m =$ $= 42{,}0^0$N. Leida pikkuste vahe.

kaugenemise 9,0′ puhul $\varphi_m = 42{,}0^0$, p. v. $= 12{,}11 = 12{,}1'$ W.

Näidis 74. Kaugenemine on 20,5′ Ost, keskmine laius $\varphi_m = 50{,}5^0$ S. Leida pikkuste vahe.

Kui $\varphi_m = 50{,}5^0$, kaug. $= 2'$, p. v. $= 3{,}14$
„ $= 5'$, „ „ $= 7{,}86$.

Järelikult

kaugenemisel $= 20'$ p. v. $= 31{,}4'$
„ $= 0{,}5$ „ „ $= 0{,}79$

kaugenemisel $= 20{,}5'$ Ost p. v. $= 32{,}2'$ Ost.

Näidis 75. Keskmine laius $\varphi_m = 61{,}2^0$ N, kaugenemine $= 268{,}5'$ W. Leida pikkuste vahe.

Kui $\varphi_m = 61{,}2^0$,	kaug-l	100,	p. v.	$= 207{,}6$,	järelikult	kaug-l	200	p. v.	$= 415{,}2'$
„ „	„	6	„	$= 12{,}45$	„	„	60	„	$= 124{,}5$
„ „	„	8	„	$= 16{,}61$	„	„	8	„	$= 16{,}61$
„ „	„	5	„	$= 10{,}38$	„	„	0,5	„	$= 1{,}04$
						Järelikult kaugenemisel			$268{,}5'$ p. v. $= 557{,}35$ W

ehk

p. v. $= 9^0 17{,}4'$ W.

Kontrollimise mõttes ei tohi kunagi unustada, et pikkuste vahe p. o. alati suurem kaugenemisest.

§ 72. LIHTARVUTAMINE.

Laeva sooritatud pikkuste ja laiuste vahede arvestamine valemite järgi ja laeva sihtpunkti laiuse ja pikkuse leidmine seisnevad nn. **arvutamises.**

Kui sõit lähte- ja sihtpunkti vahel toimus ühe kursiga, siis on tegu **lihtarvutamisega**, kui mitme kursiga, siis **koondarvutamisega**.

Lihtarvutamine toimub järgmiselt.

Teades laeva tõelist kurssi ja sõitu, valitakse tabelist 34 vastav laiuste vahe ja kaugenemine.

Lähtelaiuse φ_1 ja sooritatud laiuste vahe algebraline summa annab meile sihtpunkti laiuse φ_2.

Leidnud keskmise laiuse φ_m $\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$, valitakse selle ja leitud kaugenemise abil vastav laiuste vahe.

Lähtepunkti λ_1 pikkuse ja sooritatud pikkuste vahe algebraline summa annab meile sihtpunkti λ_2 pikkuse.

Arvutamise käik oleks järelikult järgmine:

1) tõelise kursi ja sõidu S järgi leiame laiuste vahe ja kaugenemise (tab. 34);

2) arvutame $\varphi_2 = \varphi_1 \pm$ l. v.;

3) arvutame $\varphi_m = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$;

4) φ_m ja kaugenemise järgi valime p. v. (tabel 35);

5) arvutame $\lambda_2 = \lambda_1 \pm$ p. v.

Näidis 76. Laev väljus lähtepunktist $\varphi_1 = 49^0 27'$ N ja $\lambda_1 = 78^0 41'$ W ja sõitis 153 miili tõelise kursiga 316^0. Leida sihtpunkti φ_2 ja λ_2.

Tõeline kurss on 316^0, sõit 153 miili.

Tabelis 34 tõelise kursi $= 316^0$ ja sõidu $= 100$ miili l. v. $= 71{,}9'$, kaugen. $= 69{,}5'$
„ „ „ „ „ „ „ „ 53 „ „ $= 38{,}1'$ „ $= 36{,}8'$
sõidul $= 135$ miili l. v. $= 110{,}0'$ N, kaugen. $= 106{,}3'$ W
l. v. $= 1^0 50'$ N

$\varphi_1 = 49^0 27'$ N
l. v. $= 1^0 50'$ N
$\varphi_2 = 51^0 17'$ N

$\varphi_1 = 49^0 27'$ N
$\varphi_2 = 51^0 17'$ N
keskmine $\varphi_m = 50^0 22'$ N

Tabelist 35 keskmise $\varphi_m = 50{,}4^0$, kaugenemise 100 miili, p. v. $= 156{,}2'$
„ „ „ „ „ 6 „ „ $= 9{,}4'$
„ „ „ „ „ 0,3 „ „ $= 0{,}5'$
kaugenemisel 106,3 W p. v. $= 166{,}1$ W $= 2^0 46{,}1'$ W

$\lambda_1 = 78^0 41'$ W
p. v. $= 2^0 46{,}1'$ W
$\lambda_2 = 81^0 27{,}1'$ W

Vastus $\begin{cases} \varphi_2 = 51^0 17' \text{ N} \\ \lambda_2 = 81^0 27{,}1' \text{ W} \end{cases}$

Näidis 77. Lähtelaius $\varphi_1 = 61^0 13'$ S, lähtepikkus $\lambda_1 = 93^0 28'$ Ost. Tõeline kurss on 64^0, sõit 241 miili. Määrata sihtpunkti φ_2 ja λ_2.

Tabeli 34 järgi

tõeline k. $= 64^0$, sõit 200 miili, l. v. $= 87{,}7'$, kaugenemine $= 179{,}8'$
„ „ $= 64^0$, „ 41 „ „ $= 18{,}0'$, „ $= 36{,}9'$

tõeline k. $= 64^0$, sõit 241 miili, l. v. $= 105{,}7'$ N, kaugenemine $= 216{,}7'$ Ost
l. v. $= 1^0 45{,}7'$ N.

$\varphi_1 = 61^0 13'$ S
l. v. $= 1^0 45{,}7'$ N
$\varphi_2 = 59^0 27{,}3'$ S

$\varphi_1 = 61^0 13'$ S
$\varphi_2 = 59^0 27{,}3'$ S
keskmine $\varphi = 60^0 29{,}1'$ S

Tabelist 35

keskmine $\varphi_m = 60{,}3^0$ S, kaugen. 200 miili, p. v. $= 403{,}7'$
„ „ „ „ 10 „ „ $= 20{,}2'$
„ „ „ „ 6 „ „ $= 12{,}1'$
„ „ „ „ 0,7 „ „ $= 1{,}4'$

kaugen. 216,7 miili p. v. $= 437{,}4'$ Ost
p v. $= 7^0 17{,}4'$ Ost.

$\lambda_1 = 93^0 28'$ Ost
p. v. $= 7^0 17{,}4'$ Ost
$\lambda_2 = 100^0 45{,}4'$ Ost

Vastus $\begin{cases} \varphi_2 = 59^0 27{,}3' \text{ S} \\ \lambda_2 = 100^0 45{,}4' \text{ Ost} \end{cases}$

§ 73. KOONDARVUTAMINE.

Kuna meresõitjale pole vaja teada kõigi laeva pöördepunktide laiusi ega pikkusi, siis koondarvutamisel otsitakse laiuste vahesid ja kaugenemisi, mis vastavad igale üksikule kursile ja seda kurssi mööda sooritatud sõidule, ning siis võetakse algebralised summad laiuste vahedest, mis sooritati N-i ja S-i, ja kaugenemistest, mis sooritati O-i ja W-i. Need algebralised summad resulteerivad käesoleva reisi laiuste vahed ja kaugenemised ning nimetatakse sellepärast **laiuste üldvaheks** ja **üldkaugenemiseks.**

Lähtelaiuse ja laiuste üldvahe algebraline summa annab sihtlaiuse φ_2.

Määranud keskmise laiuse $\varphi_m = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$, otsime selle ja sooritatud üldkaugenemise alusel „1933. a. Meretabelite" tabelist 35 **pikkuste üldvahe.** Selle viimase ja lähtepunkti pikkuse algebraline summa annabki meile sihtpunkti pikkuse λ_2.

Kurssi, mis läheb lähtepunktist otse sihtpunkti, nimetatakse üldkursiks ja nende vahet üldkurssi mööda **üldsõiduks.** Teades laiuste üldvahet ja üldkaugenemist, on tabeli 34 järgi kerge leida ka vastav üldkurss ja üdsõit.

Arvutuste hõlbustamiseks ja segiajamiste vältimiseks laiuste vahe ja kaugenemise otsimisel nende märkidega, on vajalik koostada enne skeem, kus laiuste vahe ja kaugenemise lahter tuleb teha kahekordne, selleks et märkida eraldi laiuste vahed N-i ja S-i ning kaugenemised O-i ja W-i. Arvestades sooritatud laiuste vahede ja kaugenemise nimetusi, on kasulik juba enne märkida neis lahtrites kohad, kuhu tuleb kirjutada leitavad pikkuste vahed ja kaugenemised, ja kriipsutada läbi mittevajalikud. Näit. NW-veerandi kursil me kriipsutame läbi S-lahtris vastavad laiuste vaheread ja lahtris Ost kaugenemised jne. Otsides hiljem tabelist 34 laiuste vahesid ja kaugenemisi, meil ei tarvitse enam mõtelda valitavate arvude nimetusele, vaid kirjutame nad juba varem tühjaksjäetud kohtadele.

Koondarvutamiseks vajalikud andmed laeva kursside ja sõitude kohta võetakse navigatsiooni-päevikust, või kaubalaevade laevapäevikust.

Koondarvutamist tuleb alati kasutada purjelaevadel, kes vastutuule korral peavad loovima, s. t. sõitma vahelduvate kurssidega, sõltuvalt tuule suunast.

Kuid koondarvutamist võib vaja tulla ka aurikul, näit. sõites püsihoovuses, kus sobib hoovuse suunas näha laeva lisakurssi, kaugust aga, mille võrra hoovus meid meie arvestuse järgi kõrvale viib teatava ajavahemiku kestes, lugeda sõiduks sellel kursil.

Sõites tõusu-mõõna-hoovuses võib kergesti leida laeva lõpliku hälbe selle hoovuse mõjul, ehkki see on muutlik oma suunas ja kiiruses, koostades koondarvutamise skeemi, kus hoovuse suunad võtame kurssidena, selle kiiruse aga sõiduna.

Riviharjutustel aga, kus sagedastel kursimuutmistel ja lühikestel vahemaadel on võimatu neid täpselt märkida kaardile, me paneme kirja kõik pöördemomendid ja kursid ja alles nende lõpul arvestame igal kursil sõidetud kauguse ja koostades koondarvutamise skeemi, leiame selle järgi punkti laiuse ja pikkuse, kus hargneminė lõppes.

Ookeanisõidul arvutatakse tavalisesti kord päevas, s. o. leitakse laeva asukoha laius ja pikkus keskpäeval.

Andmete väljakirjutamisel navigatsiooni- (laeva-) päevikust tuleb välja kirjutada ka triiv, kui see olemas oli. Ühesugused tõelised kursid võib koondada üheks kursiks, sõit millel kursil võrdub üksikute kursside sõitude summaga samas suunas.

Vahel suurema täpsuse mõttes võetakse lähtepunktiks mingi merelt hästi nähtav kaldapunkt, mille laius ja pikkus on kindlasti määratud ja teada, näit. tuletorn, signaalmast, observatoorium jmss. Võetakse selle eseme peilung, määratakse kaugus selleni, siis aga võetakse võetule vastupidine peilung kursiks ja kaugus — sõiduks.

Alljärgnevais näiteis käsitellakse kõiki koondarvutamise juhtumeid ja näidatakse tehete järjestust sihtlaiuse ja -pikkuse lihtsamaiks arvutamiseks („Täiendused", § 30, 31).

Näidis 78. Laev sõitis ööpäeva jooksul vahelduvate kurssidega järgmised vahemaad: kursiga 331° — 29 miili, kursiga 174° — 59 miili, kursiga 180° — 16 miili, kursiga 54° — 21 miili, kursiga 261° — 64 miili, kursiga 90° — 32 miili. Leida sihtlaius ja pikkus, kui lähtepunkt on laiusega $\varphi_1 = 50°40'$ N ja $\lambda_1 = 42°13'$ W.

Koostame laiuste vahe ja kaugenemise leidmiseks skeemi.

Tõeline k. 0°—360°	Sõit	Laiuste vahe		Kaugenemine	
		N	S	O	W
331°	29	25,4	—	—	14,1
174	59	—	58,7	6,2	—
180	16	—	16,0	—	—
54	21	12,3	—	17,0	—
261	64	—	10,0	—	63,2
90	32	—	—	32,0	—
		37,7	84,7	55,2	77,3
		—	37,7	—	55,2
			47,0′ S	—	21,1′ W = = üldkaugen.

$\varphi_1 = 55°40'$ N
laiuse v. = 47′ S
$\varphi_2 = 54°53'$ N

$\varphi_1 = 55°40'$ N
$\varphi_2 = 54°53'$ N
keskmine $\varphi_m = 55°16'$ N $= 55,3°$

$\varphi_m = 55,3°$ ja kaugen. 20′
$\varphi_m = 55,3°$ „ „ 2′
$\varphi_m = 55,3°$ „ „ 0,1′
üldkaugen. = 22,1′ W

p. v. = 35,1′
„ = 3,5′
„ = 0,2′
p. v. = 38,8′ W

$\lambda_1 = 42°13'$ W
p. üldvahe = 38,8′ W
$\lambda_2 = 42°51,8'$ W

Vastus $\varphi_2 = 54°53'$ N, $\lambda_2 = 42°51,8'$ W
üldkurss = 205°
üldsõit = 52 miili.

Näidis 79. 18. sept. keskpäevast kuni 19. sept. kesköönі 12 tunni kestes laev liikus tabelis osutatud kompassi-kurssidega vahelduvas tuules, triivis muutliku kiirusega ja püsihoovuses.

Kella ajad	Tuul	K. K.	Sõidetud miile	Triiv	Deviatsioon
1	W	348°	8,5	3/4 *R* vas. hals.	+3°
2	D	348	8,5	3/4 *R* „ „	+3
3	D	348	8,0	1/2 *R* „ „	+3
4	NW	236	8,0	1/2 *R* par. hals.	−2
5	N	270	10,0	1/4 *R* „ „	−1
6	SW	300	9,5	1/2 *R* vas. h.	+1
7	D	300	9,5	1/2 *R* „ „	+1
8	D	300	9,0	1/2 *R* „ „	+1
9	D	300	8,5	1/2 *R* „ „	+1
10	S	270	9,0	1/4 *R* „ „	−1
11	SSO	270	9,5	ei ole	−1
12	SO	270	9,0	ei ole	−1

Lähtepunkt on: $\varphi_1 = 47^0 15'$ N
$\lambda_1 = 20^0 43'$ W

Püsihoovus NO suunas on kiirusega 2 sõlme, variatsioon 17°W, deviatsioon on antud tabelis:

K. K.	Deviatsioon	Variatsioon	T. K.	Triiv	Kaardikurss 0−360°	Sõit	L. v. N	L. v. S	Kaugenemine Ost	Kaugenemine W
348°	+ 3°	−17°	334°	+ 8 1/2°	342 1/2°	17,0	16,2	—	—	5,2
348	+3	−17	334	+5 1/2	339 1/2	8,0	7,5	—	—	2,8
236	−2	−17	217	−5 1/2	211 1/2	8,0	—	6,8	—	4,2
270	−1	−17	252	−2 3/4	249 1/4	10,0	—	3,5	—	9,3
300	+1	−17	284	+5 1/2	289 1/2	36,5	12,2	—	—	34,4
270	−1	−17	252	+2 3/4	254 3/4	9,0	—	2,3	—	8,7
270	−1	−17	252	0	252	18,5	—	5,8	—	17,6
					hoovus 45°	24,0	17,0	—	17,0	—
							52,9	18,4	17,0	82,2
							18,4	—	—	17,0
							34,5′ N	—	—	65,2 W = üld-kaug.

Määrata sihtlaius ja -pikkus 19. sept. kesköö1, üldkurss ja üldsõit.

Toodud näites võib kursid 1, 2, 6, 7, 8, 9, 11 ja 12 koondada üheks, sest neil on ühine kompassikurss, triiv ja halss.

Koostame skeemi laiuste vahe ja kaugenemise arvutamiseks (vt. lk. 134).

$\varphi_1 = 47^0 15'$ N
l. üldvahe = 34,5′ N
$\varphi_2 = 47^0 49{,}5'$ N

$\varphi_1 = 47^0 15'$ N
$\varphi_2 = 47^0 49{,}5'$ N
$\varphi_m = 47^0 32{,}2'$ N = 47,5°

keskmine $\varphi_m = 47{,}5^0$ kaugen. 60′ p. v. = 88,8′
„ „ „ „ 5 „ „ = 7,4′
„ „ „ „ 0,2 „ „ = 0,3′
üldkaug. 65,2, pikkuste üldvahe = 96,5′ W
p. üldvahe = 1°36,5′ W

$\lambda_1 = 20^0 43'$ W
p. üldvahe = 1°36,5′ W
$\lambda_2 = 22^0 19{,}5'$ W

Vastus { $\varphi_2 = 47^0 49{,}5$ N; $\lambda_2 = 22^0 19{,}5'$ W
üldkurss = 298°
üldsõit = 74 miili.

Näidis 80. K. 12.30 Naissaare majakast ($\varphi_1 = 59^0 36{,}4'$ N, $\lambda_1 = 23^0 32{,}0'$ Ost) tõelise peilungiga 38° kaugusega 9 miili, algasid rivihar jutused; sõideti seejuures tabelis antud kursid ja miilide arv. Oli püsihoovus NW, kiirusega 1,5 sõlme. Harjutused lõppesid k. 16.45 ja kurss võeti W. Määrata laeva asukoha pikkus ja laius harjutuste lõpumomendil.

Kellaajad	K. K.	Deviatsioon	Sõit
12.30	90°	— 1°	6,0 miili
13.00	135	— 2	3,0
13.15	45	+ 1	4,0
13.35	225	+ 2	7,0
14.10	315	— 1	4,0
14.30	135	— 2	4,0
14.50	270	0	4,0
15.10	0	— 3	7,0
15.45	330	— 2	5,0
16.10	80	— 1	7,0
16.45	270	0	—

Tabelist on näha, et oli 2 kurssi 135°, need võib koondada üheks kursiks sõiduga 7,0 miili.

Majaka tõelise peilungi 38° harjutuste alul võtame esimeseks kursiks ja majaka kauguse 9 miili — esimeseks sõiduks.

Harjutused kestsid 4 t. 15 min. Selle kestel hoovus kannab laeva NW-i 6,4 miili.

Kompassivariatsioon on 3° W.

Koostame skeemi laiuste vahe ja hälvete arvutamiseks.

K. K.	Deviatsioon	Variatsioon	T. K. − 360	Sõit	L. V. N	L. V. S	Kaugenemine O	Kaugenemine W
--	—	—	38⁰	9,0	7,1	—	5,5	—
90⁰	− 10⁰	— 3	86	6,0	0,4	—	6,0	—
135	— 2	— 3	130	7,0	—	4,5	5,4	—
45	+ 1	— 3	43	4,0	2,9	—	2,7	—
225	+ 2	— 3	224	7,0	—	5,0	—	4,9
315	— 1	— 3	311	4,0	2,6	—	—	3,0
270	0	— 3	267	4,0	—	0,2	—	4,0
0	— 3	— 3	354	7,0	7,0	—	—	0,7
330	— 2	— 3	325	5,0	4,1	—	—	2,9
80	— 1	— 3	76	7,0	1,7	—	6,8	—
—	—	—	hoovus	6,4	4.5	—	—	4,5
			—	—	30,3	9,7	26,4	20,0
			—	—	9,7	—	20,0	—
				l. üldvahe =	20,6 N	—	6,4 Ost	= üld-kaug.

$\varphi_1 = 59^0 36{,}4'$ N
l. ü. v. = 20,6′ N
$\varphi_2 = 59^0 57{,}0'$ N

$\varphi_1 = 59^0 36{,}4'$ N
$\varphi_2 = 59^0 57{,}0'$ N
keskm. $\varphi_m = 59^0 46{,}7'$ N

$\varphi_m = 59{,}8^0$ ... kaugen. 6′ p. v. = 11,9′
„ „ „ 0,4 „ „ = 0,8′
p. üldvahe = 12,7′ Ost

$\lambda_1 = 24^0 32{,}0'$ Ost
p. ü. v. = 12,7′ Ost
$\lambda_2 = 24^0 44{,}7'$ Ost

Vastus $\varphi_2 = 59^0 57{,}0'$ N, $\lambda_2 = 24^0 44{,}7'$ Ost
üldkurss = NO $17^0 = 17^0$
üldsõit = 21,5 miili.

Näidis 81. 10. aug. k. 8 kuni 16 laev sõitis tõelise kursiga 255⁰, kiirusega 12 sõlme tõusu-mõõna-hoovuses, mille mõju oli: kella 8—9 rumbis NO kiirusega 2,5 miili; k. 9—10 OtS-i 1,5 miili; k. 10—11 Osti — 1 miil; k. 11—12 SSO-i — 1 miil; k. 12—13 SW-i 1,6 miili; k. 13—14 WSW-i 2 miili; k. 14—15 WNW-i 2,5 miili; k. 15—16 NtW-i 2,0 miili.

Määrata laeva laius ja pikkus k. 16, kui koht k. 8 oli koordinaatides: $\varphi_1 = 48^0 19'$ N ja $\lambda_1 = 4^0 27'$ Ost.

$\varphi_1 = 48^0 19'$ N
l. ü. v. = 23,1′ S
$\varphi_2 = 47^0 55{,}9'$ N

$\varphi_1 = 48^0 19{,}0'$ N
$\varphi_2 = 47^0 55{,}9'$ N
keskmine $\varphi_m = 48^0 7{,}5'$ N

T. K.	T. K. kodarikul Ost — 360°	Sõit	L. V.		Kaugenemine	
			N	S	O	W
255°	255°	96	—	24,8	—	92,7
NO	45	2,5	1,8	—	1,8	—
OtS	101¼	1,5	—	0,3	1,5	—
O	90	1,0	—	—	1,0	—
SSO	157½	1,0	—	0,9	0,4	—
SW	225	1,5	—	1,1	—	1,1
WSW	247½	2,0	—	0,7	—	1,9
WNW	292½	2,5	0,9	—	—	2,3
NtW	348¾	2,0	2,0	—	—	0,4
			4,7	27,8	4,7	98,4
			—	4,7	—	4,7
			l. üldvahe = 23,1 S		93,7 W = = üldkaug.	

keskmine $\varphi_m = 48{,}1°$, kaug. 90′, p. v. = 134,8′
„ „ „ „ 3 „ „ = 0,5′
„ „ „ „ 0,7 „ „ = 1,0′

p. üldvahe = 140,3′ W
ehk 2°20,3′ W

$\lambda_1 = 4°27'$ Ost
p. ü. v. = 2°20,3′ W
$\lambda_2 = 2°6{,}7'$ Ost

Vastus $\varphi_2 = 47°55{,}9'$ N
$\lambda_1 = 2°6{,}7'$ Ost
üldkurss = 256°
üldsõit = 96,5 miili.

§ 74. NAVIGATSIOONI-PÄEVIK.

Eelnevast nähtub, et laevajuht oma laeva liikumise arvestamisel vajab mitmesuguseid andmeid. Kuna kõikide tehtud vaatluste andmeid meeles pidada on võimatu, siis kõik arvutamiseks ja kaarditööks vajalikud andmed kirjutatakse erilisse navigatsiooni-päevikusse.

Kõigil Merejõudude laevadel peetakse selliseid päevikuid selleks kinnitatud vormis ja vastavate juhiste järgi. Päevikusse tuleb kanda kõik andmed, mis puutuvad laevajuhtimisse ja on vajalikud kaarditööks, kõik vaatluste ja arvelduste tulemused, mis vajalikud ohutu sõidu tagamiseks.

Päevikusse märgitavad teatmed peavad olema sedavõrd täielikud, et nende järgi edaspidi võiks jälgida kogu sõidu tingimusi ja taastada päeviku järgi kogu kaarditöö. Kirjutatakse lihtsa pliiatsiga; „maha kaapida, kirjutada joonte vahele ja väljaspoole jooni ning kustutada kirjutatut on kõvasti keelatud" (§ 7). Iga paranduse või vahelejätu kohta tuleb teha vastav märkus (§ 8).

Päeviku iga lehe vasem ja parem pool on eriliselt lahterdatud ja sissekirjutused neisse toimuvad eri juhiste järgi, millest alljärgnevas on antud tähtsamad väljavõtted.

Vasak lehepool.

Momendi		Kurss kompassi järgi	Kompassiõiend	Tuul ja triiv	Hoovus ja kõrvalekandenurk	Masinate tiirude arv	Logi näit.	Sõidetud vahemaa			Sukeldumisstügavus	Koordinaadid		Kaardi nr.
Tunnid	Minutid							Logi järgi	Aja järgi	Kaardi järgi		Laius / Pikkus	Leidmise viis	

Vasaku lehepoole pidamine.

Vasaku lehepoole pidamise kohta käivad „Juhiste" §-id 19—40. Tähtsamad neist on:

Momendid. § 19. Aeg pannakse kirja täpsusega kuni minutini kiirustel kuni 15 sõlme, kiirustel 15 sõlme ja üle selle — kuni poole minutini. Moment vastab kogu reas märgitud andmetele.

§ 20. Kellaaja ümberseadmisel vastav märge tehakse päeviku paremale leheküljele; vasemal, lahtris „Momendid", sellele vastav moment märgitakse murru kujul, mille lugejaks on moment vana vöötme, nimetajaks — uue vöötme järgi. Ülejäänud selle rea lahtrid kriipsustatakse läbi. Edasine sissemärkimine läheb juba uue vöötme järgi.

Kurss. § 21. Lahtri pealkirjas märgitakse lühendatult kompassi nimetus, mille järgi käib kaarditöö. Kui laeval on magnetiline ja giro-kompass, siis nende näidud kirjutatakse murru kujul: lugejaks — kurss magnetikompassi, nimetajaks — girokompassi järgi.

§ 22. Kompassikursid kirjutatakse nende muutumistel, mille moment vastab laeva sellele kursile pöörmise lõpule

Kompassiõiend. § 25. Kompassiõiend oma märgiga (kompassikursilt tõelisele) kirjutatakse iga kursi kohta ja igal õiendi muutumisel.

Tuul ja triiv. § 26. Tuule kiirus ja suund ja sel juhul tekkiv triiv kirjutatakse murru kujul: lugejaks on suund (rumbides) ja tuule kiirus (pallides), nimetajaks aga — tekkiv triiv selle märgiga (tõeliselt kursilt kaardikursile).

Kui tuul on 6 palli ja enam, siis kirjutatakse iga tund, kui alla 6 palli, siis k. 0, 4, 8, 12, 16 ja 20, samuti iga kursi muutuse ja iga tekkiva triivi korral.

Hoovus ja kõrvalekanne.

§ 27. Hoovuse elemendid ja sellest tekkiv laeva kõrvalekandenurk märgitakse vastavasse lahtrisse murru kujul: lugejaks on suund (kraadides) ja kiirus (sõlmedes), nimetajaks — arvatav kõrvalekandenurk (märk tõeliselt kursilt põhjakursile). Kirjutatakse iga kursi algul ja igal hoovuse elementide muutusel. Tõusu-mõõna-hoovuses see lahter täidetakse iga tund.

Masina tiirud.

§ 28. Masinale antud tiirude arv pannakse kirja: a) k. 0, 4, 8, 12, 16 ja 20 ja b) igal antud tiirude arvu muutmisel.

§ 29. Kohamuutustel reidil, rivisseastumisel jt. sellistel juhtudel, kui tiirude arv on muutlik ega oma navigatsioonilist tähtsust, märgitakse see lühendiga „muutl.".

Logi.

§ 30. Logi näidud pannakse kirja: a) iga tund, b) igal asukoha määramisel, c) kursi muutmisel, d) sügavuse mõõtmisel laeva asukoha määramiseks.

§ 31. Kui on kaks logi, siis nende näidud kirjutatakse murru kujul: lugejaks selle logi näidud, mille järgi toimub arvutamine, nimetajaks — teise näidud.

Sõidetud vahemaa.

§ 32. Logi järgi sõidetud vahemaa kirjutatakse kui logi näitude vahe, mis on õiendatud logiõiendiga käesoleva kiiruse kohta.

§ 33. Aja järgi leitakse sõidetud vahemaa kui vahe momentide ja laeva sõidukiiruse vahel, mis vastab masinale antud tiirude arvule.

Märkus. Lahtrid 32 ja 33 täidetakse: a) uuele kursile pöörmise algul ja lõpul, b) igal observatsioonil, c) arvutamise alusel sõites iga tund.

§ 34. Arvutamisel kasutatava kaardi järgi sõidetud vahemaa kirjutatakse vastavasse lahtrisse uuele kursile pöörmise alguse momendil. Kaardi järgi sõidetud vahemaa arvutatakse laeva käesoleval kursil olemise algus- ja lõpumomendi vahe järgi.

§ 35. Pöörangu tee pikkus, s. t. vahemaa, mis laev sõitis tsirkulatsioonil, leitakse tsirkulatsiooni-tabelist.

§ 36. Iga lk. lõpul tehakse kokkuvõte kaardi järgi sõidetud miilide arvust.

Kaardi nr.

§ 40. Vastavasse lahtrisse kirjutatakse sõidutee arvutamiseks kasutatava kaardi hüdrograafiline number. Välismaise kaardi puhul märgitakse see järgmiselt: $\frac{2342}{\text{Ingl.}}$

Parem lehepool.

Tunnid	Minutid	

Parema lehepoole pidamine.

Selle kohta käivad „Juhiste" §-id 41—54. Tähtsamad neist on:

§ 41. Paremale poolele kirjutatakse vabas vormis kõik „Juhiste" §-de 2. ja 3. alusel sissemärgitavad teatmed ja vaatlused, milledele pole määratud erilist kohta vasakul lehepoolel.

Deviatsioon. § 43. Sõidu ajal üksikutel kurssidel määratud deviatsioonid kirjutatakse päeviku teksti ühes määramisviisi osutamisega.

Asukoha määramine. § 47. Asukoha määramisel peilungite järgi pannakse kirja peilitavate esemete nimetused kaardi järgi ja nende kompassi-peilungite arvud ühes kompassi üldõiendiga. Näit. „Oleviste 349°, Ü. Suurupi 80° (Vööri peakompass — 5°)".

§ 48. Astronoomilistel vaatlustel märgitakse määramisviis, näit.: „Asukoht on määratud kolme tähe vaatluse teel" või „Võeti kõrgused sumneri joone tarvis". Vaatluste töötlemine toimub astronoomiliste arvutuste päevikus.

Kaardi vahetus. § 51. Koha ülekandmisel ühelt kaardilt teisele pannakse kirja andmed, millede alusel ülekanne tehakse: peilung, kaugus kalda nähtavuses ja koordinaadid.

Allkirjad. § 54. Päeviku märkmeile kirjutavad alla: a) iga vahi lõpul — vahi tüürimees, b) iga raamatu lõpetamisel — laeva komandör.

Esitatud lühikesest navigatsiooni-päeviku sisu ja pidamise ülevaatest selgub, kui tähtsaks dokumendiks on ta meresõitjale. Õiged, õigeaegsed ja täielikud märkmed selles päevikus mitte ainult et aitavad täpsustada ja kergendavad tüürimehe tööd sõidul, vaid avarii-juhtudel annavad küllaldaselt materjali nende põhjuste selgitamiseks.

Iga nav.-päeviku raamat on köidetud ja sisaldab 100 nummerdatud lehte.

Päeviku algusse paigutatakse:

„Deviatsiooni tabel", kuhu kirjutatakse iga deviatsiooni määramise tulemused ühes määramise ajaga; „Logiõiendite tabel" selle määramise daatumiga ja laeva kiirusega; „Sõidu kiiruse ja masinate tiirude vastavuse tabel", mis peab olema koostatud kogu masinate töö režiimi kohta kõige väiksemast käigust kuni kõige täiemani 1 sõlme järele. Edasi leiduvad: „Tsirkulatsiooni-tabel käigul . . . sõlme", mis sisaldab vahemaa uue kursini mitmesuguste pöördenurkade puhul, pöörde vahepealse kursinurga ja vahepealse sõidu, pöörde sõidutee ja aja ning „Laeva inertsi-tabelid kauguse ja aja järgi".

Kõik need tabelid tuleb korralikult täita hooaja algul ja sõidul hoolega kontrollida juhuslike vaatluste järgi.

Kaubalaevadel peetakse samasugust päevikut, mida nim. **laevapäevikuks,** kuhu peale otseselt laevajuhtimisse kuuluva materjali kantakse ka andmed siseelu ja sõidutingimuste kohta.

Merejõudude laevadel kasutamise hõlpsuse mõttes viimast laadi märkmed kantakse eri **vahipäevikusse.**

§ 75. HARJUTUSI IV PEATÜKILE.

Näidised 180 ja 181 kaarditöödeks ilma asukoha määramiseta on lahendatud vene kaardil nr. 1492, deviatsioon — tabeli 10 järgi.

180. 13. aug. 1935. a. kell 8, olles $\varphi = 60^0 0{,}2'$ N ja $\lambda = 26^0 30{,}0'$ Ost, asuti tõelisele kursile 98^0. Suursaare Lõuna majaka traaversis pööroduti kompassikursile 69^0 ja sõideti sellega 27,7 miili, mille järele pööroduti tõelisele kursile 100^0. Seiskari majaka traaversis pööroduti paremale ja asuti kompassikursile 148^0. Kell 13.44 suunduti tõelisse S-i ja sõitnud sellega 5 miili, võeti kurss Westgrundi toodrile Luuga lahe sissesõidul. 1,5 miili kaugusel enne toodrini jõudmist jäädi ankrusse. Kiirus oli 12 sõlme.

Määrata: 1) kompassikurss kell 8.00; 2) pöörde aeg Suursaare Lõuna majaka traaversis; 3) tõeline kurss peale pööret Suursaare juures; 4) Suur-Sommersi majakast möödumise kaugus; 5) pöörangu aeg Lavansaare madaliku juures; 6) kompassikurss peale pööret Lavansaare madaliku juures; 7) Seiskari majaka peilung tõelisse S-i pöördumise hetkel; 8) kompassikurss Westgrundi toodrile; 9) ankrulolemise koha φ, λ ja sügavus; 10) sõidetud miilide üldarv kella 8.00 alates.

181. 15. juulil 1936 a. kell 12.00, ollès $\varphi = 59^0 30'$ N ja $\lambda = 28^0 0{,}1'$ Ost, lahkuti ankrult ja võeti kurss arvestusega mööduda 0,5 miili vasemalt Kiesholmi kari SW-otsa keraga W-toodrist. Selle toodri paralleelil asuti tõelisele kursile N ja sõitnud sellega 4 miili, muudeti kurss paremale, arvestusega mööduda Hailodi madaliku ja Kurgali kari poi vahelt. Selle poi meridiaanil võeti kompassikurss $90{,}5^0$ ja Demansteini N-toodri traaversis asuti kompassikursile $69{,}5^0$. Kiirus — 15 sõlme, vaatleja silma kõrgus — 6 m.

Määrata: 1) kompassikurss peale ankrult lahkumist; 2) pöörde aeg Kiesholmi kari W-toodri juures; 3) Vigrundi tornist möödumise kaugus; 4) kompassikurss Kurgali kari poi peale; 5) tõeline kurss peale pööret Kurgali kari juures; 6) Seiskari majaka traaversi läbimise aeg; 7) φ ja λ kell 15.00; 8) Seiskari majaka kompassipeilung tema nähtavale ilmumisel (majaka kõrgus 33 m); 9) mis ajast mis ajani oli nähtav sel sõidul Lavansaare torn; 10) sõidetud miilide üldarv kella 12-st kuni Šepelevi majaka traaversini.

182. Laev sõitis ühe kursiga 340 miili. Pidades võimalikuks viga kompassiõiendis $\varepsilon = \pm 0{,}8^0$ ja loginäitudes $\pm 2\%$, leida ringi raadius, milles peab olema laeva tõeline asukoht.

183. Peale 280 miili sõitmist oli arvutatava ja observeeritava koha vahe 27 miili. Kas võib seda vahet panna täielikult hoovuse arvele, kui kompassiõendis on võimalik viga $\varepsilon = \pm 0{,}5$ ja logi viga $= \pm 1{,}5\%$.

Määrata laeva kaardikurss, kui

	tõeline kurss on:	triiv (*R* täh. rumbi):
184.	267^0	$\frac{1}{2}$ *R* par. halsil
185.	111^0	$\frac{1}{4}$ *R* vas. „
186.	21^0	1 *R* par. „
187.	2^0	$\frac{1}{2}$ *R* „ „
188.	355^0	1 *R* vas. „
189.	41^0	$\frac{3}{4}$ *R* par. „
190.	SW 16^0	$1\frac{1}{4}$ *R* vas. „
191.	NW 4^0	$\frac{1}{2}$ *R* „ „
192.	SO 29^0	1 *R* par. „
193.	WNW	$1\frac{1}{4}$ *R* vas. „
194.	StO	$\frac{3}{4}$ *R* par. „
195.	SWtW$\frac{1}{2}$W	$\frac{1}{2}$ *R* vas. „

Määrata laeva tõeline kurss, kui

	kaardikurss on:	triiv (*R* täh. rumbi):
196.	113°	½ *R* vas. halsil
197.	94°	¾ *R* par. „
198.	0°	¼ *R* vas. „
199.	210°	1 *R* „ „
200.	358°	1 *R* par. „
201.	317°	½ *R* vas. „
202.	SO 11°	1 *R* par. „
203.	SW 89°	¾ *R* „ „
204.	NW 34°	½ *R* vas. „
205.	WtS	½ *R* par. „
206.	NWtN	¼ *R* vas. „
207.	S0¼O	1 *R* „ „

Määrata laeva kurss, kui

	kompassikurss,	variatsioon,	deviatsioon,	triiv (*R* täh. rumbi) on:
208.	14°	29° W	3° Ost	½ *R* par. halsil
209.	133°	10° Ost	4° W	1 *R* vas. „
210.	294°	19° W	3° W	¼ *R* par. „
211.	350°	20° Ost	1° W	¼ *R* vas. „
212.	4°	17° W	3° Ost	1 *R* „ „
213.	178°	+12°	—2°	¾ *R* par. „
214.	SW 21°	20° W	4° W	½ *R* „ „
215.	SO 85°	14° Ost	2° W	1 *R* vas. „
216.	NW 18°	5° W	1° Ost	½ *R* par. „
217.	NtW	15° W	3° Ost	½ *R* vas. „
218.	OSO	4° Ost	1° W	¾ *R* par. „
219.	WSW½W	11° W	2½° Ost	¼ *R* vas. „

Määrata laeva kompassikurss, kui:

	kaardikurss,	triiv (*R* täh. rumbi),	variatsioon,	deviatsioon on:
220.	267°	½ *R* par. halsil	+18°	—3°
221.	111°	1 *R* vas. „	—20°	+2°
222.	3°	½ *R* „ „	12° W	3° Ost
223.	354°	¾ *R* par. „	10° Ost	2° Ost
224.	48°	¼ *R* vas. „	12° W	2° W
225.	255°	1 *R* par. „	+ 8°	—1°
226.	SO 29°	½ *R* vas. „	3° W	1° W
227.	NW 88°	½ *R* „ „	8° W	2° Ost
228.	SW 2°	1 *R* „ „	12° Ost	1° W
229.	NNW	½ *R* par. „	15° W	1° Ost
230.	StW	¾ *R* „ „	12½° Ost	1° W
231.	SSO½O	½ *R* vas. „	22° W	2° Ost

232. Millised on laeva põhjakurss ja tõeline kiirus, kui tõeline kurss on 93°, logikiirus 15 sõlme ja püsihoovus NO-i kiirusega 2,5 sõlme?

233. Määrata kompassikurss, mille järgi peab laeva juhtima, kui logikiirus on 12 sõlme, kui sõidetakse püsihoovuses NNW-i kiirusega 1,5 sõlme ja ülesantud

põhjakurss on 241° (variatsioon 15° W, deviatsioon — tabelist 10). Milline on laeva tõeline kiirus?

234. Variatsioon on 20° Ost, deviatsioon tabelist 10. Laev läheb kompassikursiga 167°, logikiirusega 15 sõlme, püsihoovuses WSW-i kiirusega 3 sõlme. Määrata laeva põhjakurss ja tõeline kiirus.

235. Määrata hoovuse kiirus suunaga NO-i, kui laeva tõeline kurss on 88°, logikiirus 10 sõlme ja põhjakurss 79°. Milline on seejuures laeva tõeline kiirus?

236. Laeva põhjakurss on 238°, tõeline kurss 250°, hoovuse suund on SO-i kiirusega 2,5 sõlme. Määrata logikiirus ja tõeline kiirus.

237. Ristleja oli keskpäeval $\varphi_1 = 59°30'$ N ja $\lambda_1 — 22°12'$ Ost ja sõitis tõelise kursiga 210° ja kiirusega 12 sõlme. Määrata laius ja pikkus k. 20.

238. Väljudes punktist $\varphi_1 = 50°22'$ N ja $\lambda_1 = 18°19'$ W, laev saabus $\varphi_2 = 38°41'$ N ja $\lambda_2 = 29°33'$ W. Määrata sooritatud laiuste ja pikkuste vahe.

239. Määrata sihtpunkti laius ja pikkus pärast 12-tunnist sõitu 15-sõlmese kiirusega, kui lähtepunkt oli $\varphi_1 = 2°17'$ N ja $\lambda_1 = 71°29'$ Ost ja tõeline kurss oli 173°.

240. Laev väljus punktist $\varphi_1 = 4°17'$ S ja $\lambda_1 = 179°20'$ W ja sõitis ööpäeva 10-sõlmese kiirusega tõelist kurssi 233°. Määrata sihtpunkti pikkus ja laius.

241. Arvestada, millist kurssi tuleb sõita loksodroomi mööda ja kui suur on vahemaa miilides Tenerifi ($\varphi_1 = 28°28'$ N ja $\lambda_1 = 16°15'$ W) ja Barbadose ($\varphi_2 = 13°6'$ N ja $\lambda_2 = 59°37'$ W) vahel.

242. Määrata loksodroomi kurss ja sõit reisil Hongkongist ($\varphi_1 = 22°16'$ N ja $\lambda_1 = 114°10'$ Ost) Manillasse ($\varphi_2 = 14°36'$ N ja $\lambda_2 = 120°58'$ Ost).

243. Laev oli kesköö $\varphi_1 = 2°12'$ S ja $\lambda_1 = 179°12'$ Ost ja sõitis k. 8-ni hommikul tõelise kursiga 63° ja kiirusega 14 sõlme. Määrata laeva laius ja pikkus hom. k. 8 ja meridiaani 180° ülesõidu hetk.

244. Laevastik tegi harjutusi k. 9—11.30 ja sõitis järgmiste kurssidega: 212° — 8 minutit, 302° — 10 min., 122° — 15 min., 77° — 10 min., 257° — 22 min., 180° — 10 min., 270° — 25 min., 315° — 10 min. Leida arvutatav asukoht k. 11.30. Laevastiku käigukiirus oli 12 sõlme ja k. 9 oli ta asukoht $\varphi_1 = 58°20'$ N ja $\lambda_1 = 19°17'$ Ost.

245. Sõideti k. 10—16 15-sõlmese kiirusega tõelist kurssi 281° tõusu-mõõnahoovuses, mis esines: k. 10 — 11 WNW-i kiirusega 2 sõlme; k. 11 — 12 NtW-i — 1,5 sõlme; k. 12 — 13 N-i — 0,8 sõlme; k. 13 — 14 NO-i — 2 sõlme; k. 14 — 15 ONO-i —3 sõlme ja k. 15—16 NOtO-i — 2 sõlme. Arvutada laeva asukoht k. 16, kui see k. 10 oli $\varphi_1 = 48°10'$ N ja $\lambda_1 = 5°16'$ W.

246. Laev sõitis tõelise kursiga 23° 84 miili, tõelise kursiga 312° — 29,5 miili, tõelise kursiga 135° — 216 miili, tõelise kursiga 90° — 48,5 miili ja tõelise kursiga 231° — 155 miili ja oli selle sõidu kestel püsihoovuse mõju all 6 tundi, mis kandis teda ONO-i, kiirusega 2 sõlme. Arvutada laeva asukoht, kui lähte-laius ja -pikkus olid $\varphi = 59°17'$ N ja $\lambda_1 = 39°34'$ W.

247. Laev sõitis k. 4—12 NW-tuules ja keskmises lainetuses ning püsihoovuses Ost-i, kiirusega 3 sõlme, kusjuures kursid ja miilide arv olid:

Variatsioon	Deviatsioon	Kompassi-kurss	Sõit	Triiv (*R* täh. rumbi)
19° W	Tabelist D 10	20°	8,0	1/2 *R* vas. hals.
19 W	„ „	225	12,5	1/2 *R* par. „
19 W	„ „	192	15,0	1/4 *R* „ „
19 W	„ „	117	20,5	ei olnud
19 W	„ „	15	7,0	3/4 *R* vas. hals.
19 W	„ „	240	5,0	3/4 *R* par. „
19 W	„ „	200	10,0	1/2 *R* „ „

Arvutada laeva laius ja pikkus keskpäeval, kui k. 4 laev oli $\varphi_1 = 49^0 38'$ N ja $\lambda_1 = 17^0 52'$ W.

248. Laev sõitis k. 10—18 tõelise kursiga 63° kiirusega 12 sõlme olles tõusumööna-hoovuse mõju all, mis kandis laeva kõrvale järgmistes suundades ja miilide arvus: k. 10—11 — SW-i 1,5 miili; k. 11—12 — WSW-i 2,0 miili; k. 12—13 — W-i 3 miili; k. 13—14 — SW-i 1,5 miili; k. 14—15 — StO-i 2,0 miili; k. 15—16 — SSO-i 2,0 miili; k. 16—17 — SO-i 1,5 miili; k. 17—18 — OSO-i 1,0 miili. Määrata laeva asukoht k. 18, kui k. 10 tema koordinaadid olid $\varphi_1 = 55^0 28'$ N ja $\lambda_1 = 15^0 47'$ W.

V peatükk.

LAEVA ASUKOHA MÄÄRAMINE.

§ 76. VAATLUSTE VAJALIKKUS.

Eelnevas peatükis me vaatlesime laeva sõidutee märkimist kaardil ning koordinaatide leidmist arvutamisvalemite abil ja nägime, et need ei võimalda küllaldast kindlust asukoha määramise täpsuses. Põhjuseks on ühelt poolt kompassi ja logi ebatäiuslikkus, teiselt poolt võimatus täpselt kinni pidada antud rumbist muutlikkudes tuule, lainetuse ja hoovuse mõjutustes.

Sellepärast ei saa laevajuht kunagi kindel olla oma mõõtmistes ja arvutustes, vaid peab alati kasutama iga võimalust observatsiooni ehk vaatluse teel laeva asukoha kindlaksmääramiseks.

Sõites ookeanil vaadeldakse taevakehasid „Meresõiduastronoomia" reeglite järgi ja leitakse laeva asukoht **astronoomilisel** teel. Kalda läheduses vaadeldakse nähtavaid kaldaesemeid ja määratakse laeva asukoht kaardil **navigatsioonilisel** teel.

§ 77. NAVIGATSIOONILISTE MÄÄRANGUTE OLEMUS.

Kõik kaasaegsed laeva asukoha määramise võtted rajanevad nurkade, peilungite või kauguste mõõtmisel. Iga vaatlus annab **laeva ühe positsioonjoone.**

Määramiseks nurkade järgi peab olema kaldal vähemasti kolm eset. Mõõtnud nurgad, millega need esemed on laevalt näha, me peame otsima kaardilt punkti, millega vaadeldavad esemed moodustavad kaardil samad nurgad. Laeva asukohaks on sellisel juhul ringjooned, mis mahutavad endasse mõõdetud nurgad esemete vahel.

Võttes esemete peilungid, me saame suunad, milledes on laevalt näha peilitavad esemed. Saadud peilungite jooned ongi laeva asukoha jooned. Kui tõmbame kaardil peilitud esemetest jooned **vastupidises** suunas, siis nende lõikumispunkt annabki laeva asukoha.

Kui mõõdame mingi eseme kauguse ja tõmbame kaardile ringjoone, mille raadiuseks on mõõdetud kaugus ja tsentrumiks eseme kujutus kaardil, siis laeva asukoht on kuski sellel ringjoonel. Kui mõõdame seliselt veel teise eseme kauguse ja tõmbame ringjoone, siis nende lõikumine annab laeva asukoha.

§ 78. NAVIGATSIOONILISTE MÄÄRANGUTE TÄPSUS.

Siin on võimalikud vead ühelt poolt inimese meeleorganite, teiselt poolt aga meresõiduinstrumentide ebatäiuslikkusest. Kõik laeva asukoha määramisel tekkivad vead võib liigitada kahte rühma: **juhuslikud** ja **süstemaatilised.**

Juhuslikud vead, mis tekivad meie meeleorganite ebatäiuslikkusest, pole kuigi suured ega oma navigatsioonis kuigi suurt tähtsust. Näit. kaks eset, millede nurgaline vahe on 1′, liituvad inimese silmale üheks esemeks. Sellepärast seades peilingaatori niidi majakatorni peale, me ei saa olla kindlad, kas seadsime ta täpselt majaka torni vertikaalteljele või sellest 1′ vasemale või paremale.

Soodsates vaatlustingimustes on sellised juhuslikud vead tühised, kuid ebasoodsatel juhtudel, nagu suure kauguse, halva nähtavuse, vihma või lume, õõtsumise, tuulte puhul — võivad vead ulatuda $0{,}2^0$—$0{,}5^0$ ja rohkem, ja sooritatud koha määramine osutub ebatäpseks.

Samasugused vead meie silma ebatäiuslikkusest võivad tekkida ka nurkade mõõtmisel sekstandiga ja kauguste mõõtmisel kaugusmõõtjaga.

Kuna juhuslikud vead võivad ühtviisi olla nii positiivsed kui negatiivsed, siis juhuslikke vigu võib vähendada vaatluse kordamisega.

Kui on põhjust arvata, et peilimine sooritati halvasti, siis tuleb peilida mitu korda märkides igakord kellaaja ja loginäidu. Keskmist saadud peilungitest võime lugeda tegelikult õigemaks, kus pole juhuslikke vigu, ja see tuleb arvata vaatlusmomentide keskmisest ajast ja keskmisest loginäidust. Samuti tuleb toimida ka nurkade ja kauguste mõõtmisel.

Alalised ehk **süstemaatilised** vead tekivad kasutatavate meresõiduinstrumentide, peamiselt kompassi ja logi ebatäiuslikkusest.

Siin juba vaatluste kordamine ei aita vea vähendamiseks, sest ebaõige meeter mõõdab ikka ebaõigesti. Sellepärast tuleb **leida oma instrumendi õiend** ja seda arvestada, või korraldada vaatlused nii, et resultaadi õigsus ei sõltuks instrumendi alalisest veast. Sellepärast tuleb meresõiduinstrumente enne sõitu kontrollida, määrata nende vead ja õiendid ja vaatluste puhul nendega alati teha vastavad õiendused.

Sõidu ajalgi, sõltuvalt instrumendist, tuleb aeg-ajalt kontrollida, kas õiend pole muutunud, ja kui on, siis määrata ta vaatlustest uuesti

ja edaspidi juba arvestada uut õiendit. Näit. hävitades enne väljasõitu kompasside deviatsiooni ja määrates selle jäägi, tuleb suurima hoolega jälgida selle muutumist ja niipea kui seda on märgata, kohe toimetada uus täielik hävitamine ja määrata selle jääk.

Kord määratud logiõiend püsib kaua, eriti kui loginõõr on vana, kuid siiski tuleb aeg-ajalt kontrollida logi näidatud kaugusi, selleks et veenduda, et õiend pole muutunud jne.

Sooritades selliselt korduvaid vaatlusi juhuslike eksimuste mõju vähendamiseks ja arvestades meresõiduinstrumentide alatisi vigu, me saame vaatluste tulemusena nn. laeva **observeeritud** asukoha.

Ehkki observeeritud koht on palju täpsem kui arvutuse teel määratud, ei saa ta olla absoluutselt täpne. Põhjus on selles, et instrumentide õiendit pole võimalik määrata absoluutse täpsusega ja väikesest veast sõidu kestel koguneb juba suurem viga.

Kui näit. viga kursis on 1°, siis 60 miili järel laev kaldub kõrvale kursist 1 miili, 300 miili järel 5 miili jne. Kui aga laeva koha määrame peilungist sama kompassiveaga 1°, siis on koha määramine täpsem, sest viga 1° ei ole endast suur ja ta ei kasva suuremaks.

Sellepärast on vaja sõidul perioodiliselt määrata laeva asukohta, mille järele tuleb jätkata sõidutee märkimist ja arvutamist juba observeerimisel saadud kohast.

§ 79. NAVIGATSIOONILISTE MÄÄRANGUTE VIGADE ALLIKAID.

Ükskõik millist kohamääramise viisi me ka ei tarvitaks, ikka tuleb meil märkida kaardile laeva asukohta määravaid jooni, orienteerudes punktidele, mis tähistavad vaadeldud esemeid.

Vahel juhtub, et need esemed on märgitud kaardile ebatäpselt, nii et eseme enda asukoha ebatäpsus kaardil võib põhjustada laeva asukoha ekslikku määramist. Tõmmates näit. peilungijooned kaardile ebaõigelt märgitud punktidest või paigutades mõõdetud nurgad kaardil ebaõigelt märgitud esemete vahele, me ei või saada õiget laeva asukohta.

Merekaartidel leidub kahjuks veel palju ebatäpsusi. Ohhoota meres Kamtšatka rannajoone märkimises leiti viimasel kaardistamisel eksimusi, mis ulatusid mitme miilini.

Selliseid kaardi enda vigu ei saa laevajuht arvestada. On vaid soovitav, et ta **kasutaks alati kõige uuema trüki kaarte, mis on hoolikamalt korrigeeritud** ja kus ebatäpsusi saab olla vähem.

Kui me kohamääramisel kasutame nurkade mõõtmist ja mõõdame neid sekstandiga, siis hea nähtavuse korral ei ole karta olulise tähtsusega vigu.

Näit. sekstant, mis näitab täpsusega 10″ või 0,2′, on navigatsioonilisteks määranguteks liiga täpne, sest joonestades mõõdetud nurki malli abil, me ei saa neid määrata täpsemalt kui 0,1°—0,2°, s. o. 6′—12′, ja

sekstandi suuremast täpsusest ei ole meil kasu. Sellepärast indeksiviga on mõtet arvestada vaid juhul, kui see ulatub $0{,}1^0$—$0{,}2^0$-ni.

Öeldust on selge, et kõige täpsemaks võtteks laeva asukoha navigatsioonilisel määramisel on nurkade mõõtmine kaldaesemete vahel. Seda nurkade mõõtmist ei mõjuta teised elemendid peale kiiruse, millest on pikemalt juttu allpool.

Asukoha määramisel peilungite abil võib esineda 4 liiki vigu:

1) juhuslikud peilimisvead,
2) kompassiõiendi vead,
3) vead laeva käigust,
4) vead peilungijoonte märkimisest merkaatori kaardil sirgjoontega.

Juhuslikud peilimisvead tulevad silma ebatäiuslikkusest ja on tavalisesti üsna tühised, välja arvatud halbadel tingimustel, nagu halb nähtavus, vihm, õõtsumine. Headel vaatlustingimustel, kui ei tehta jämedat viga, on juhuslikud vead tühised ja neid ei arvestata.

Viga kompassiõiendis on alati võimalik ja sellepärast vaja hoolega jälgida magnetikompassi, et viga ei kasvaks suureks. Magnetikompassi viga tekib väikesest eksimusest variatsiooni määramisel, mis ei ole igal pool veel küllalt täpselt teada, ja niisama veast deviatsioonis, mis vastab antud kursile ja mis aja jooksul mitmesuguseil põhjusil muutub. Vurr- ehk girokompassil võib viga tekkida juhuslikust põhjusest, mis takistab teda õigesti töötamast.

Sellepärast, **igal sobival juhul tuleb õiendit kontrollida** — nii magneti- kui girokompassil — kas liitsihtide või taevakehade asimuutide järgi.

Kaubalaevastikus, kui selleks on võimalust, kontrollitakse kompassiõiendit igas vahis.

Sõjalaevastikus hävitatakse deviatsiooni sagedamini ja ta on üsna väike. Pikematel sõitudel määratakse õiendit kaks korda päevas — hommikul ja õhtul.

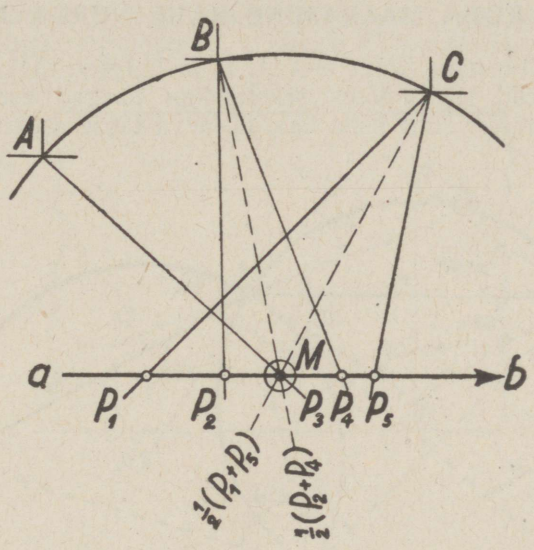
Kui aga, hoolimata täpsest õiendi määramisest, sellesse jääb siiski teatav viga $\pm \varepsilon$, siis see tingimata ilmutab end laeva asukoha määramisel peilungite abil. Pikemalt peatume sellel üksikute kohamääramisviiside käsitlemisel.

Laeva kiire käik mõjutab tingimata koha määramist peilungite abil. Kui laev läheb näit. kiirusega 30 sõlme, siis läbib ta igas minutis 5 kaab. Selleks aga, et võtta kolm peilungit ja panna kirja, vajame aega.

Kui esemed on halvasti näha ja vaatleja vähekogenud, siis peilimine ja kirjutamine kestab kaua ja üksikud peilungid võetakse eri kohtadest ega vasta enam ühele punktile kaardil. 30-sõlmesel käigul, kui võtame kolmanda peilungi minut aega pärast esimest, on nende

peilimispunktide vahe juba 0,5 miili. 12-sõlmese käigu puhul on see kõigest 2 kaab.

Seda laeva käigu mõju peilungite vajalikule üheaegsusele kõrvaldatakse **peilungite taandamisega ühele momendile.** Kolme peilungi asemel võetakse viis: esimese eseme peilung, siis teise ja kolmanda, ja siis veel teise ja esimese. Siis esimese ja teise eseme kahest peilungist võetakse keskmised ja loetakse, et need esimese ja teise eseme peilungid vastavad momendilt kolmanda eseme peilungile. Seda seletab joonis 53: keskmised peilungid $\frac{1}{2}(P_2 + P_4)$ ja $\frac{1}{2}(P_1 + P_5)$ läbivad punkti M, kus peilung P_3 lõikub kursijoonega ab.



Joonis 53.

Samuti võib taandada ühele momendile ka nurkade või kauguste mõõtmisel — **üldse alati, kui vaatlused nõuavad sellist ajakestust, milles laev sõidab läbi suurema vahemaa, kui see on lubatav laeva asukoha määramise veas.**

Vaatleme lõpuks viga, mis tekib peilungijoonte tõmbamisest sirgjoontena.

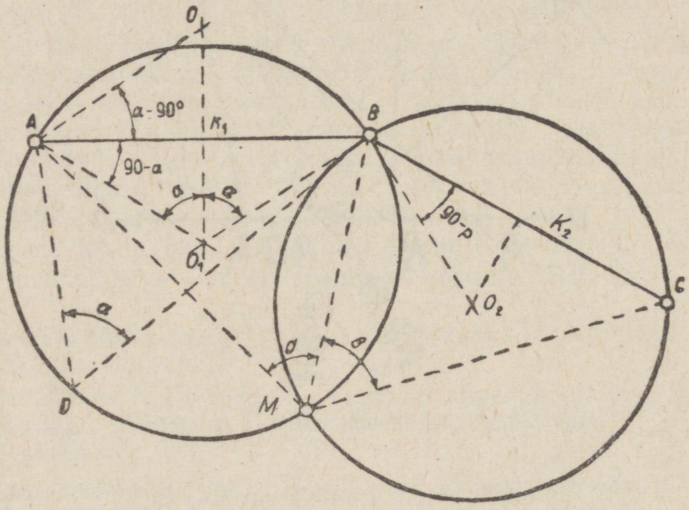
Merkaatori projektsioonis koostatud merekaardil loksodroom on kujutatud sirgjoonena. Eseme peilung aga on nurk meridiaanitasapinna ja eset läbiva vertikaaltasapinna vahel. Viimase lõikumine maakera kumera pinnaga annab suurringi ja järelikult laeva asukohta määrav joon, mis ühendab seda esemega, on suurringi kaar, mis merkaatori kaardil esineb kõverjoonena, mille kumerus on pöördud pooluse poole.

Järelikult suund laevalt esemele ei vasta täpselt suunale esemelt laevale, vaid nad erinevad teatava nurga võrra.

See viga annab end tunda vaid väga pikkade peilungijoonte puhul, s. t. kui peilitavad esemed asuvad suures kauguses või sõidetakse suurtes laiustes. Tavalistes sõidutingimustes aga on see mõju nii väike, et visuaalsetes vaatlustes ta ei kajastu. Kuid viga peilungijoonte märkimisest sirgjoontega on olulise tähtsusega raadiopeilungite märkimisel, sellepärast märkimisel merkaatori kaardile tuleb iga raadiopeilungit parandada Givry' õiendiga („Täiendused", § 32).

§ 80. KOHA MÄÄRAMINE KAHE NURGA JÄRGI.

Kui laevalt on näha kolm eset A, B ja C (joon. 54), mis on märgitud merekaardil, siis mõõtes sekstandiga nurgad esemete A ja B ning B ja C vahel, võime leida kaardil laeva täpse asukoha.



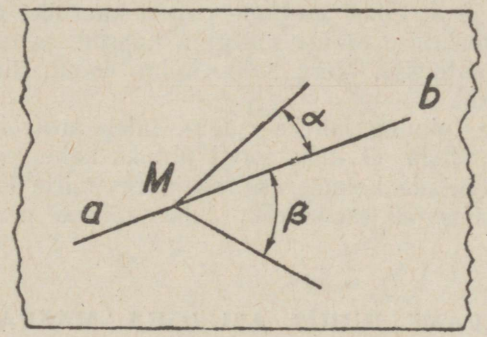
Joonis 54.

Olgu näit. nurk vasema ja keskmise eseme A ja B vahel α, keskmise ja parema vahel β, siis ringjooned, mis mahutavad endas need nurgad, on laeva asukoha joonteks vaatluse momendil. Ringjoone tõmbamiseks, mis sisaldab nurka α, tuleb esemed A ja B ühendada sirgjoonega ja selle keskkohast K_1 tõmmata perpendikulaar K_1O_1 ja punktist A tõmmata sirgjoon AO_1, mis moodustab joone AB-ga nurga $= 90^0 - \alpha$. Punkt O_1, AO_1 ja K_1O_1 lõikumisel ongi nurka α mahutava ringjoone keskkoht.

Geomeetriast teame, et ringi sisse joonestatud nurk, mille tipp asub ringjoonel, võrdub samale kaarele tugeva tsentraalnurga poolega. Järelikult nurk $AO_1B = 2\alpha$ ja iga nurk ADB, mis tugeb kaarele AB, võrdub α-ga. See tähendab, et ringjoone $ABMD$ ükskõik millisest punktist esemed A ja B on näha nurgaga α. Kuna α on laevalt mõõdetud nurk, siis järelikult ka laev mõõtmise momendil oli mingis ringjoone $ABMD$ punktis.

Tõmmates täpselt samuti teise ringjoone, mis mahutab nurka β, s. o. esemete B ja C vahet, me oleme samuti kindlad, et laev asub ühes ringjoone BCM punktis.

Kui aga nurgad α ja β mõõdeti üheaegselt, siis laev peab asuma korraga mõlemal ringjoonel, s. t. nende lõikumiskohas M. Kaks ring-



Joonis 55.

joont lõikuvad alati kahes punktis, aga et teine neist ühtub keskmise esemega, siis ei saa olla kahtlust, kumb lõikejoontest on laeva asukoht.

Mida väiksemad on mõõdetavad nurgad, seda suuremad on neid mahutavate ringide raadiused ja seda kaugemal on järelikult laev esemetest. Mida suuremad on nurgad α ja β, seda lähemal on esemed. Kui nurk α või $\beta = 90^0$, siis mahutava ringjoone tsentrum ühtub punktiga K_1 või K_2. Kui nurk $\alpha > 90^0$, siis mahutava ringi keskpunkt asub teispool joont AB. Selle leidmiseks tuleb moodustada nurk $\alpha - 90^0$ ja mahutava ringjoone keskkoht on sel puhul punktis $0_1'$.

Sellised on teoreetilised alused koha määramiseks kahe nurga abil. Tegelikult me ei kasuta nii aegaviitvaid ehitusi, vaid mõõtnud sekstandiga nurgad α ja β, määrame laeva asukoha kas **protraktori** või lihtsalt läbipaistva paberi abil.

Protraktor on kraadideks jaotatud ring kolme joonlauaga, mis lähtuvad ringi tsentrumist. Keskmine joonlaudadest on liikumatu, äärmisi aga võib seada mõõdetavate nurkade α ja β kohaselt keskmise suhtes.

Seades mõlemad joonlauad mõõdetud nurkade kohaselt, me asetame protraktori kaardile, seame keskmise joonlaua keskmisele esemele kaardil ja nihutame protraktorit senikaua, kuni äärmised joonlauad läbivad äärmiste esemete kohad. Siis nurkade α ja β ühine tipp, ja ühtlasi protraktori keskpunkt näitab laeva asukohta. Protraktori keskmes on auguke, mille läbi võib märkida laeva asukoha pliiatsiga kaardile.

Kuna protraktor oskamatul käsitlemisel vahel rikub ja määrib kaarti ja oma ringi ning joonlaudadega katab osa kaardist, siis nurkade abil koha määramisel nõutava väikese täpsuse (kuni 0,2°) mõttes on lihtsam võtta leht läbipaistvat paberit ehk kalkat (joon. 55), tõmmata sellel vabalt sirgjoon ab ja selle külge moodustada mingist punktist M nurgad α ja β. Edasi asetame paberi kaardile, nii et keskmine joon ab ühtuks keskmise eseme märgiga kaardil, ja nihutame paberit samuti kui protraktoritki, kuni kõik kolm joont ühtuvad esemete kujutustega kaardil.

Selleks et see toiming läheks rutem, tuleb protraktor või kalka asetada kaardile nõnda, et kaks joont ühtuks kahe esemega ja siis nihutamisega saavutada kolmas ese, seejuures mitte lastes kaht joonlauda lahkuda esimestelt esemetelt. Juba vähese praktika järele on see üsna kerge.

§ 81. EBAMÄÄRANE JUHUS ASUKOHA MÄÄRAMISEL KAHE NURGA ABIL.

Eelkirjeldatud võte laeva asukoha määramiseks on navigatsioonilistest võtetest kõige täpsem, välja arvatud üks juhus, kus laeva asukoht jääb ebamääraseks.

Teatavasti võib läbi kolme punkti, mis ei asu ühel sirgjoonel, tõmmata ringjoone. Kui aga laev nurkade mõõtmise momendil on just selsamal ringjoonel, siis tema asukohta käesoleva võttega määrata ei saa.

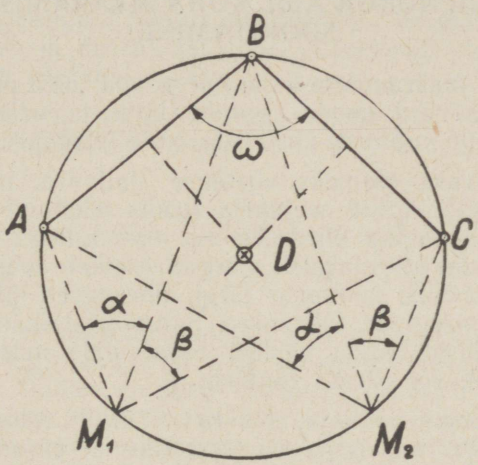
Oletame (joon. 56), et $ABCM_2M_1$ on ringjoon, mis läbib kolme eset A, B ja C, millede vahel me mõõtsime nurgad α ja β, siis selle ringjoone igast punktist need esemed on nähtavad samade nurkadega, sest tuntud geomeetria teoreemi järgi iga ringi sisse joonestatud nurk, mille tipp on ükskõik millises ringjoone punktis ja mis tugeb kaarele AB, võrdub α-ga ja iga BC-le tugev nurk võrdub β-ga. Sellepärast võib laeva asukoht olla M_1-s, M_2-s ja ükskõik millises teises ringjoone punktis.

Paneme tähele, et sellisel juhul kolm eset ja laev moodustavad ringjoone sisse joonestatud nelinurga $ABCM_1$. Selle vastuseisvate nur-

kade summa peab võrduma 180^0. Tõmmates jooned AB ja BC, võime malliga mõõta nurga $ABC = \omega$ ja liites selle mõõdetud nurkade summaga $\alpha + \beta$ vaatleme, millega võrdub see üldsumma.

Kui $\omega + \alpha + \beta = 180^0$, siis laev on ühel ja samal ringjoonel kolme esemega ja koha määramine on võimatu. Kui see summa on üsna lähedane 180^0-le, siis on halb kohta määrata, sest laev asub lähedal ringile $ABCM_2M_1$.

Tegelikult tuleb toimida järgmiselt. Saanud kätte laevakoha protraktori või läbipaistva paberi abil, tuleb veenduda, kas kõik jooned läbivad esemeid vaid nende ühes asendis. Kui leidub veel teine samasugune võimalus, siis on tegu ebamäärase juhuga.



Joonis 56.

Laeva lähedust ringjoonele $ABCM_2M_1$ on kerge avastada. Leidnud kätte koha, nihutame ühe protraktori joonlaudadest vähe kõrvale vastavast esemest: kui protraktori kese seejuures läheb palju kõrvale äsja leitud punktist, siis on koht määratud halvasti ja laev on lähedal ringile $ABCM_2M_1$. Kui aga protraktori kese väikese nihke puhul vaid vähe hälbib märgitud punktist, siis on koha määrang kindel.

Kui ilmneb, et laev tõepoolest asub ringjoonel, mis läbib kõiki kolme eset, siis tuleb kas oodata, kuni laev lahkub sellelt, või määrata koht mingil teisel viisil.

Kuid hea nähtavuse korral ja kui on tegu mitme kaardil hästi märgitud esemega, võib juba enne määramist valida neist kolm selliselt, et sattumist ühisele ringjoonele ei ole karta.

Näiteks kui kõik esemed asuvad ühel sirgjoonel või moodustavad kolmnurga, mille sees on laev, või kui keskmine ese asub laevale lähemal kui äärmised — ei saa ebamäärast juhtumit olla. Kui kaks eset on liitsihis, s. o. kui nurk nende vahel võrdub 0^0-ga, või kui laeva kaugus kõikidest esemetest on ühesuurune, ei saa ka ebamäärast juhtu olla.

Ilmsesti on vaja kogemusi esemete valikuks koha määramisel kahe nurga abil, kuid sellele valikule aitab kaasa ka arvutatav laeva asukoht, sest juba selle järgi võime otsustada, kas teatavate esemete asend on sobiv nurgamõõtmisteks või ei.

§ 82. KAHE NURGA ABIL KOHA MÄÄRAMISE TEGELIK SOORITAMINE.

Asudes koha määramisele kahe nurga abil tuleb peale eelöeldu veel panna tähele, kuivõrd nende esemete kuju ja valgustus soodustab ühe eseme otsest kujutust ühendada teise vastupeegeldusega.

Otsevaadeldavaks esemeks võetakse alati see, mis on halvemini valgustatud, isegi siis, kui seejuures tuleks sekstanti hoida peeglitega allapoole. Kui vaatlejaid on kaks, siis nad asuvad tihedasti õlg õla kõrvale ja mõõdavad esialgselt nurgad esemete vahel: üks vasema, teine parema, ja siis, komando järgi, üheaegselt ja täpselt koondavad esemed ja märgivad tulemused. Samal ajal märgitakse ka kellaaeg ja mehaaniliste logide näidud. Sekstantide indeksite vead määratakse kas enne või pärast vaatlust.

Kui on üksainus vaatleja, siis ta määrab eelnevalt ligikaudsed tulemused vasaku ja parema nurga kohta, et pärast rutemini toime saada teise nurgaga, ja määrab instrumendi indeksi vea. Siis mõõdab ta näiteks vasema nurga ja paneb kirja tulemuse, edasi seab sekstandi parema nurga ligikaudsele suurusele, õiendab selle täpseks ja paneb ka kirja. Viimaks märgib kellaaja ja mehaaniliste logide näidud.

Kui vaatleja on vähekogenud, mõõdab ja kirjutab aegamööda, laev aga läheb täie käiguga, siis tuleb laeva sõidu mõju kõrvaldamiseks kohe peale teise nurga mõõtmist märkida aeg ja loginäit; siis mõõta uuesti esimene nurk ja leida keskmine tema esimese ja teise suuruse vahel.

Kui näit. esimesel mõõtmisel esimese nurga suurus oli α ja teise — β ning esimese nurga jälle α_2, siis üheaegse mõõtmise resultaadi tulemusena tuleks märkida:

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \text{ ja } \beta.$$

Sellist taandamist samale momendile tuleb sooritada juhul, kui laev vaatluse ajal jõuab sõita vahemaa, mis ületab kohamääramiseks soovitava täpsuse.

Oletame näiteks, et soovime määrata kohta täpsusega kuni 0,5 miili. Kui laev liigub kiirusega 12 sõlme ja vaatlejal kulub nurkade mõõtmiseks 1½ minutit, siis laev liigub selle ajaga edasi 3 kaab. Siin pole vajadust taandamiseks. Kui aga kiirus on 30 sõlme, siis laev jõuab 1½ minutiga edasi 7,5 kaab., mis nõuab mõõtmise taandamist samale momendile.

Mõõdetud nurgad tuleb õiendada indeksiveaga, kui see on olulise tähtsusega. Ei tule unustada, et me pärast kanname mõõdetud nurgad malli abil paberile ega ole põhjust taotleda eriti suurt täpsust indeksivea õiendamisega. Navigatsioonilisteks eesmärkideks jätkub täpsusest $0{,}1^0$—$0{,}2^0$ ja sellepärast tuleb indeksiviga arvestada vaid siis, kui see ületab osutatud määra.

Nurkade mõõtmiseks asukoha määramisel on olemas erilised „nurgamõõtmise" sekstandid (angle sextant), mis mõõdavad täpsusega kuni $0{,}2^0$.

Koha määramine kahe nurga järgi on kõige täpsem navigatsioonilistest võtetest, sest mõõtmine sekstandi abil on suurema täpsusega, kui seda vajab navigatsioon, ja seda võtet ei mõjuta teised meresõidu elemendid.

Vahel nurkade mõõtmist sekstandi abil asendatakse kolme valitud eseme peilimisega kompassi abil, kusjuures kompassiõiend võib olla ka teadmata, millele järgneb otsitavate nurkade arveldus esemete vahel. Võetakse nimelt kiires korras kolm üksteisele järgnevat peilungit kolmest esemest, märgitakse kellaaeg ja mehaaniliste logide näidud. Edasi võetakse peilungite vahed ja saadakse nurkade suurus esemete vahel.

Olgu näit. vasema eseme peilung 117^0, keskmise — 179^0, parema — 248^0. Siit leiame nurga vasema ja keskmise eseme vahel

$$\alpha = 179^0 - 117^0 = 62^0,$$

keskmise ja parema vahel

$$\beta = 248^0 - 179^0 = 69^0.$$

Seejuures on täiesti ükskõik, kas on need tõelised või kompassipeilungid, sest nurgad on samad nii õigete kui ebaõigete peilungite vahel, kuna vigased on nad kõik ühe ja sama suuruse — antud kursi õiendi võrra.

Peilungid tuleb aga alati võtta kompassi kodariku, mitte asimuudiringi järgi, sest viimasel juhul roolimehe iga hälve kursist läheb tervelt võetud peilungi veaks.

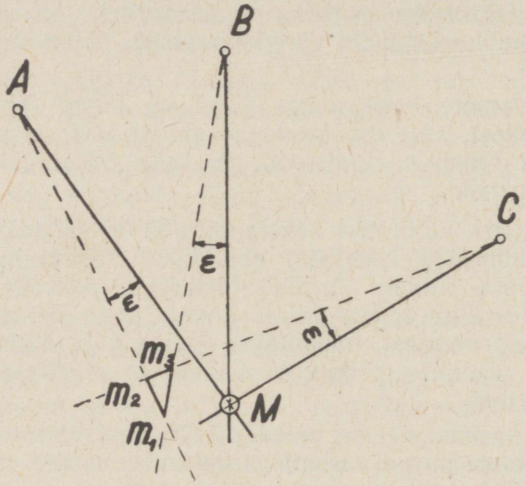
Edasi peab olema kindel, et kompassi deviatsioon ei ole suur ja et roolimehe väike hälve kursist ei põhjusta suuremat deviatsiooni muutumist, ja seda siis ka peilitud nurkades.

Kuna määramine kahe nurga abil on kõige täpsem kohamääramise viisidest, siis seda kasutatakse alati, kui laeva asukohta on vaja määrata eriti täpselt: sõites kitsustes, hoovuses, uue madaliku määramisel, hoiatusmärkide asetamisel, sügavuste mõõtmisel jne.

Selleks et õppida ruttu ja täpselt mõõtma nurki sekstandi abil, tuleb vajaliku harjumuse saamiseks selles end võimalikult sagedasti harjutada.

§ 83. ASUKOHA MÄÄRAMINE KOLME PEILUNGI JÄRGI.

See kohamääramisvõte seisneb selles, et vaatleja kiires korras võtab ja paneb kirja kolme laevalt hästi nähtava ja kaardil märgitud eseme kompassipeilungid. Märkides kohe pärast peilimist kella-



Joonis 57.

aja ja mehaaniliste logide näidud, parandatakse võetud peilungeid kursiõiendiga.

Siis tõmmatakse punktidest A, B, C (joon. 57), mis kujutavad kaardil peilitavaid esemeid, tõelised peilungid AM, BM ja CM vastupidiselt, s. t. 180^0 võrra erinevalt vaadelduist. Need vastupeilungite jooned ongi laeva asukoha jooned vaatluse momendil.

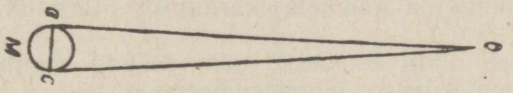
Nende joonte lõikumisel saame punkti M — tõelise laeva asukoha — või väikese kolmnurga, nn. **vea-** ehk **väärkolmnurga**. Kui peilungid jooksevad kokku ühte punkti — välja arvatud ebamäärane

juhus, millest juttu on allpool — siis on see tõestuseks, et mõõtmine on sooritatud täpselt, et kompassiõiend oli õige.

Kui aga kaardile tõmmatud peilungid Am_1, Bm_3 ja Cm_2 moodustavad $\triangle m_1m_2m_3$, siis on selleks mingisugused põhjused. Need võivad olla:

1. Peilimise **juhuslikud vead.** Headel tingimustel on neid tavalisesti vähe. Vaja vaid korrata vaatlust, et veenduda, kas pole 15° asemele kirjutatud 5° või mss.

2. Laeva **käigu mõju.** Kui peilimine ja kirjapanemine toimub aeglaselt, laev aga liigub kiirelt, siis tuleb peilungid taandada ühele momendile, s. t: võtta esimese eseme peilung p_1, siis teise oma p_2, ja kolmanda — p_3 ning märkida kellaaeg ja logide näidud, siis teise eseme korduv peilung p_4 ja lõpuks esimese eseme korduv peilung p_5. Üheaegseks loeme siis esimese eseme peilungi $\frac{p_1+p_5}{2}$, teise eseme $\frac{p_2+p_4}{2}$ ja kolmanda p_3 kirjapandud kellaaja ja logide näitudega. Sellist taandamist tuleb teha siis, kui laev sõidab peilimise ajal pikema vahemaa, kui on kohamääramisel lubatav viga.



Joonis 58.

3. **Esemete ebatäpne asetus kaardil.** Kui kaart on ebatäpne, siis on viga paratamatu. Kui võimalik, tuleb kasutada määramiseks teisi esemeid.

Sõites näit. Soome lahes vanade kaartide järgi on parem määrata asukohta mingi ühe — kas põhja- või lõunakalda majakate järgi, sest Soome lahe trianguleerimise ja kaardistamise korral ei olnud põhjakallas seotud lõunakaldaga, nii et kui määrata korraga põhja- ja lõunakalda majakate järgi, siis saadakse väike kolmnurk.

4. **Viga võetud magnetikompassi õiendis.** Ebatäpselt teadaolevast variatsioonist ja deviatsioonist võib alati oodata teatavat viga $\pm\varepsilon$ magnetikompassi õiendis, mille tõttu ka peilungid ei jookse kokku ühte punkti.

Näit. tõmmates esemeilt A, B ja C (joon. 57) tõelised peilungid AM, BM ja CM, me saame nende lõikumisel punkti M — laeva tõelise asukoha. Kui aga tõmmata kõik peilungid vääralt, ühe ja sama nurga ε võrra kõrvale, siis nende lõikumine annab $\triangle m_1m_2m_3$. Kui kolmnurk on väike, siis laeva asukoht märgitakse ta keskmes. Kui aga kolmnurk on suur, siis seda teha ei saa, vaid tuleb kas muuta kompassiõiendit või määrata koht mingil teisel teel.

Väikeseks peame kolmnurka, mis on lähedane võrdkülgsele, küljepikkusega alla 0,5 miili, suurema külgede pikkuse puhul on kolmnurk juba suur.

Muidugi, kui kolmnurk on *abc*-kujuline (joon. 58), siis ehkki ta küljed *ab* ja *bc* on pikemad kui 0,5 miili, tuleb ta pidada väikeseks liiga terava nurga tõttu *ab* ja *bc* vahel, kusjuures laeva tõeliseks asukohaks tuleks lugeda punkt *M* punktide *a* ja *c* vahel, mille määrab peilungite *ab* ja *ac* või *bc* ja *ac* ristumine, s. t. koht *M* oleks määratud kahe peilungi abil.

Kui saame suure väärkolmnurga, siis tuleb korrata vaatlusi, selleks et veenduda, et neis pole vigu, ja kui neid ei ole, siis määrata asukoht mingil teisel viisil, näit. kahe nurga abil („Täiendused", § 33).

§ 84. KOLME PEILUNGI ABIL KOHAMÄÄRAMISE TEGELIK SOORITAMINE.

Asudes määramisele tuleb kõigepealt selgusele jõuda, kas valitud esemeid ei varja mingi ese, korsten, paadid jne., kas peilingaator on korras, tema prisma ja katlakese kate puhtad, nii et miski ei takistaks kiiret peilimist ja andmete märkimist. Märkmik ja pliiats olgu käepärast.

Peilimist tuleb alata esemest, mille peilung muutub aeglasemalt, s.t. mis on lähemal laeva diametraaltasapinnale, ja peilides siirduda järjekorras ühelt esemelt teisele, kas mööda või vastu päikest — on täiesti ükskõik, et ei rikutaks vaid peilimise järjekorda ega raisataks aega, sest mida rutem toimub peilimine, seda vähem ta on mõjutatav laeva käigust.

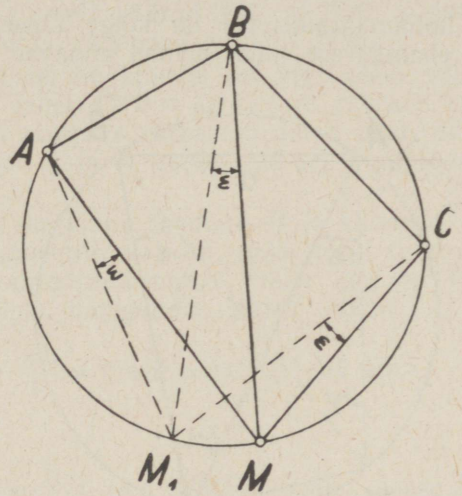
Sellepärast, otsustanud peilimise järjekorra, me kirjutame juba aegsasti märkmikku esemete nimetused ettenähtud järjes.

Võtame siis esimese peilungi ja kirjutame vastavale kohale, siis teise ja kolmanda. Kohe märgime kellaaja täpsusega kuni 1 min. ja mehaaniliste logide näidud kuni 0,1 miili. Edasi parandame võetud peilungid antud kursi õiendiga ja tõmbame kaardile tõelised peilungid.

Tuleb kindlasti pidada reeglit: **alati panna kirja vaid see, mida vaatleme, ilma mingisuguste peastarvutusteta.** Sellepärast tuleb märkmikku kirjutada, vastavalt meie peilingaatori ehitusele, kompassipeilungid, mis erinevad pärispeilungitest 180° võrra (Thomsoni peilingaatori järgi — peilungid ise). Punktidest kaardil, mis kujutavad peilitud esemeid, tuleb tõmmata tõelised peilungid, s. o. vastupidised võetuile. Kuna meie laevastikus tarvitatav mall omab kahekordseid pealkirju, mis erinevad 180° võrra, siis tõeliste suundade märkimisel kaardile tuleb esemeist tõmmata lihtsalt suunad, mis vastavad parandatud peilungitele, tegemata mingeid ümberarvutusi.

Tõmmanud kaardile esemete tõelised peilungid, saame nende lõikumispunktis laeva tõelise asukoha, millele kui observeeritud kohale tõmbame ringi ümber ja kirjutame juurde kellaaja ja logide näidud. Kui leitud koht osutub kõrval kursist, siis edasist sõidutee märkimist tuleb teha observeerimisel saadud kohast, mis on laeva täpne asukoht. Väikese väärkolmnurga puhul loetakse tõeliseks asukohaks selle kese. Suure kolmnurga puhul tuleb vaatlust korrata, veendumiseks, kas polnud mingit eksitust, ja kui saame jälle suure kolmnurga, siis kasutame mingit teist määramisviisi.

Saanud selviisil laeva tõelise asukoha, me märgime kaardile peilitud esemete tõelised suunad ja võrreldes neid kompassisuundadega,



Joonis 59.

leiame kolm kompassiõiendit. Võttes nende keskmise ja arvestades variatsiooni, saame selle kursi deviatsiooni.

Selline deviatsiooni määramine sõidu olukorras, laeva kiirel käigul, on täitsa korralik, eriti kui kontrolliks veel kord määrata asukoht kolme peilungi järgi ja veenduda, et arveldused olid õiged.

Ainult ühel juhul ei ole peilungite lõikumine ühes punktis tagatiseks, et kohamääramine oli õige. See on samal juhul, mis määramisel kahe nurga abilgi, s. o. kui laev on määramise momendil samal ringjoonel, mis läbib peilitavaid esemeid.

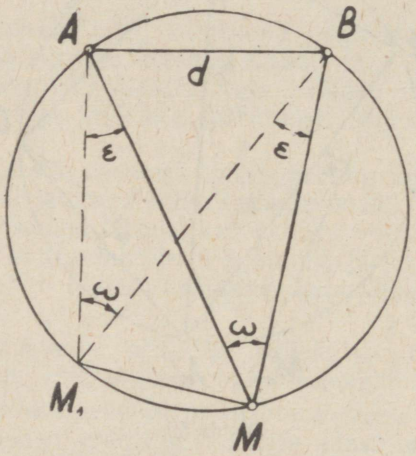
Sel juhul (joon. 59) õiged peilungid AM, BM ja CM jooksevad kokku ühte punkti M, samuti aga ka ebaõiged AM_1, BM_1 ja CM_1 — punkti M_1, sest vastavad nurgad nende vahel on võrdsed ja peilun-

gid erinevad üksteisest ühe ja sama nurga ε võrra. Nii punkt M kui M_1 asuvad ringjoonel $ABCMM_1$, mis mahutab kõik nurgad võetud peilungite vahel. Sellepärast juhul, kui pole kindlust kompassiõiendis, jääb laeva asukoht ebamääraseks. Kui aga õiend on täpne, siis tõeline asukoht on M.

Kuna määramisel kolme peilungi abil asukoha saame peilungijoonte lõikumisel, siis tuleb jälgida, et nurgad peilungite vahel ei oleks liiga teravad, s. t. liiga lähedased 0^0 või 180^0. Kõige parem on, kui nurgad on 60^0 lähedal, siis on koha määramine kõige soodsam.

§ 85. KOHAMÄÄRAMINE KAHE PEILUNGI JÄRGI.

Kaks eelmist kohamääramisviisi on kõige täpsemad ja usaldusväärsemad, peale ebamäärase juhu: nemad annavad laevajuhile kind-



Joonis 60.

luse, et laev on tõesti kohal, mille saime kaardil, ja kuski mujal ei või olla.

Kuid nende võtete kasutamiseks peab meil olema laevalt näha kolm sobivalt asetatud eset. Tegelikult ei ole see alati võimalik ja siis tuleb kasutada võtteid, mis on vähem täpsed, kuid võimaldavad siiski leida observeeritud koha ja õiendada sõidutee märkimist.

Sagedaim sellistest võtetest on kohamääramine kahe laevalt nähtava ja kaardil märgitud eseme järgi.

Sel juhul võetakse võimalikult ruttu üksteise järel kahe eseme A ja B (joon. 60) kompassipeilungid, märgitakse kellaaeg ja logide näi-

dud. Parandanud võetud kompassipeilungid ja tõmmanud kaardile laeva asetuse jooned, s.o. tõelised peilungid, saame viimaste lõikumiskohas punkti M, mille võtamegi laeva observeeritud kohaks.

Nagu näeme, on see vaid kolme peilungi abil määramise lihtsustatud võte selle puudusega, et pole kolmandat kontrollpeilungit, mille abil saaks otsustada saadud asukoha usaldatavuse üle.

Tõepoolest, rääkimata juhuslikest vigadest, nagu käigu kiiruse mõju või esemete ebatäpne asetus kaardil, on alati võimalik võetud kompassiõiendi viga $\pm\varepsilon$, mis ongi tavalisesti ebatäpse kohamääramise põhjuseks. Kui selline viga ε on olemas kompassiõiendis, millega me parandame peilungeid, siis me tõmbame kaardile õigete peilungite AM ja BM asemele väärad AM_1 ja BM_1 ja saame koha M asemel M_1. Vea suurus väljendub sirgega MM_1.

Vaatame, millistel tingimustel see viga oleks väiksem. Kuna nurk õigete peilungite vahel $AMB = \omega$, samuti väärade vahel, mis on väärad ühe ja sama nurga ε võrra, on sama suur, siis peavad punktid M, M_1 ja esemed A ja B asuma samal ringjoonel, mis mahutab nurka ω.

Kui märgime ringjoone raadiuse R ja kauguse AB tähega d, siis kasutades trigonomeetria valemit, mille järgi ringi kõõlu suhe raadiusega on sissejoonestatud nurga, mille tipp on ringjoonel ja mis tugeb antud kõõlule, kahekordne siinus, saame

$$\frac{AB}{R} = 2 \sin\omega \text{ ja } \frac{MM_1}{R} = 2 \sin\varepsilon.$$

Siit

$$\frac{MM_1}{AB} = \frac{\sin\varepsilon}{\sin\omega} \text{ ehk } MM_1 = d \cdot \sin\varepsilon \cdot \operatorname{cosec}\omega. \qquad (16)$$

Valemist (16) nähtub, et viga MM_1 kohamääramises on väiksem, kui kaugus d esemete vahel, samuti kompassiõiend ja cosec ω on võimalikult väikesed.

Kui esemeid võib valida, siis valime kaks neist, millede vahekaugus on väiksem. Kuid liiga suur lähedus esemete vahel antud kauguse puhul teeb nurga peilungite vahel liiga teravaks, cosec ω aga on kõige väiksem, kui ta võrdub 1-ga või kui $\omega = 90^0$, s. o. kui peilungid ristuvad õigenurgana.

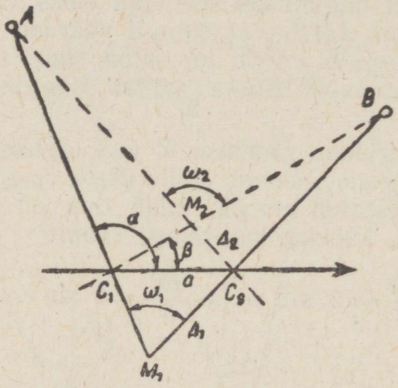
On ilmne, et mõlemaid eelmainitud tingimusi saab täita vaid juhul, kui laev on esemete läheduses. Nii järeldub valemist (16), et **laevale lähemate esemete järgi on kohta määrata parem kui kaugete järgi.**

Tegelikkuses neid tingimusi pole alati võimalik täita. Kui on näha vaid kaks eset, siis ei saa valida nende vahekaugust ega nurga suurust peilungite vahel. Tuleb meeles pidada, et kui nurk peilungite

vahel $\omega < 30^0$, siis saadav kohamäärang pole küllalt usaldatav. Kui aga paremaid võimalusi ei ole, tuleb vahel kohta määrata ka veel teravama nurgaga, kuid seda tuleb esimesel võimalusel asendada soodsama määrangu tulemustega.

Kohamääramise täpsust võib mõjutada ka peilimise kord. Kuna kahe peilimise vahel laev liigub teatava maa edasi, siis teoreetiliselt võttes me peilime kahest eri kohast, mille vahekaugus võrdub laeva sel vaheajal sõidetud kaugusega.

Oletame, et laev sõidab mingi kursiga xy (joon. 61) ja esimese peilungi võtab punktist C_1, teise aga punktist C_2. Kui ese A on peilitud punktist C_1 ja ese B punktist C_2, siis observeeritud koht, asetuse joonte lõikumine saadakse punktis M_1. Kui aga peilime vastupidiselt,



Joonis 61.

siis punktis M_2. Esimesel juhul on viga lõik $C_2M_1 = \Delta_1$, teisel lõik $C_2M_2 = \Delta_2$.

Tähistame nurgad, mis peilungid AC_1 ja BC_1 moodustavad laeva kursijoonega, α ja β, vahemaa C_1C_2, mis laev sõidab peilimise ajal — a. Siis $\triangle$-st $C_1M_1C_2$ leiame, et

$$\frac{\Delta_1}{a} = \frac{\sin \alpha}{\sin \omega_1}, \tag{17}$$

$\triangle$-st $C_1M_2C_2$ aga, et

$$\frac{\Delta_2}{a} = \frac{\sin \beta}{\omega_2}, \tag{18}$$

kus ω_1 on nurk peilungite vahel punktis M_1, ω_2 aga samasugune nurk punktis M_2. Tegelikult võib võtta $\sin \omega_1 = \sin \omega_2$, sest nurgad

ω_1 ja ω_2 erinevad vähe teineteisest. Siis saadud väljenditest leiame, et

$$\frac{\Delta_1}{\Delta_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

Siit on selge, et kui

$$\sin \alpha > \sin \beta, \text{ või kui } \alpha > \beta,$$

siis ka

$$\Delta_1 > \Delta_2,$$

s. t. selleks et viga kohamääramises oleks väiksem, tuleb esimesena peilida eset, mis on laeva diametraaltasapinnale lähem, s. o. meie näites eset B, seda enam et pidada end olevaks punktis M_2, s. o. kaldale lähemal, on ettevaatlikum oletus kui punktis M_1 olemine.

Valemist (17) on näha, et

$$\Delta_1 = a \sin \alpha \operatorname{cosec} \omega_1,$$

s. t. et muude tingimuste samasuse korral viga kohas on seda väiksem, mida väiksem on sin α, s. t. mida väiksem on nurk α laeva diametraaltasapinna ja eseme suuna vahel, s. t. mida lähemal on ese laeva diametraaltasapinnale.

See on arusaadav ka asjaolust, et diametraaltasapinnale lähemate esemete peilungid muutuvad aeglasemalt kui traaversile lähemate omad. Sellepärast tuleb seada reegliks **esimesena peilida ese, mis on lähemal laeva diametraaltasapinnale.**

Muidugi, kui me öösi peilime kaht majakat, milledest ühe tuli on vilkuv ja teise pidev, siis me loomulikult ei arvesta majakate asetust diametraaltasapinna suhtes, vaid peilime esimesena vilkuvat majakat, sest vastasel korral me kaotaks asjata aega vilkuva majaka vilkumist oodates.

Vea vältimiseks laeva käigust tuleb kiire käigu puhul taandada peilungid ühele momendile, kuna aeglase käigu puhul pole see vajalik, sest sellest tekkiv viga on liiga tühine.

§ 86. KAHE PEILUNGI JÄRGI KOHAMÄÄRAMISE TEGELIK SOORITAMINE.

Valinud välja peilitavad esemed, millede vahel nurk on võimalikult lähedal 90^0-le, kirjutame nende nimetused märkmikku selles järjekorras, milles kavatseme peilida. Veendunud, et peilingaator on korras ja kompassi kate puhas (vahel sinna satub mustust korstnaist või koguneb vihmatilku, mis takistavad lugemast näitu peilingaatori prismas), võtame esimese eseme peilungi ning paneme kirja, siis võimalikult ruttu teise eseme peilungi, paneme ka kirja ja märgime kellaaja kuni 1 min. ja logide näidud kuni 0,1 miili.

Parandanud võetud peilungid käesoleva kursi üldõiendiga, tõmbame kaardile saadud laeva asetuse jooned, s. o. tõelised peilungid, ja nende lõikumispunktis saame laeva observeeritud asukoha. Selle koha lähedusse kirjutame kellaaja ja logide näidud.

Hea lõikenurga puhul (mitte alla 30°) ja kindel olles kompassiõiendis ning soodsate ilmastikuolude puhul võib saadud kohta pidada täpseks. Soovitav on 15 või 20 minuti pärast, sõltuvalt käigust, korrata määramist. Kui teise koha saame esimeselt observeeritud kohalt tõmmatud kursijoonel, siis võib arvata, et kohamääramine oli õige. Ei ole halb määrata veel kolmaski kord ja saada kolm punkti kursil. Kui tekivad kahtlused kompassiõiendi õigsuses, ja on selleks võimalust, siis tuleb kasutada täpsemat või käesolevais tingimusis usaldatavamat kohamääramise viisi.

§ 87. KOHA MÄÄRAMINE PEILUNGI JA HORISONTAALNURGA JÄRGI.

Seda võtet kasutatakse vahel kui eelmise varianti, kui millegipärast pole võimalik võtta teise eseme peilungit kompassi abil.

Kui teist eset varjab mingi laeva osa, nii et teda kompassiga peilida ei saa, siis peilitakse üht eset, ja samal hetkel mõõdetakse sekstandiga nurk esemete vahel. Vaatluste samaaegsuse tagamiseks peab olema kaks vaatlejat, kelledest nurga mõõtja peab seisma võimalikult lähedal kompassile, nii et mõõdetava nurga tipp oleks võimalikult lähedal kompassi keskmele.

Kui vaatleja on üksi, võtab ta alul peilungi, siis mõõdab nurga, sellejärele peilib uuesti, selleks et taandada peilung nurgamõõtmise momendile. Kahe vaatleja korral märgitakse kellaaeg ja logide näidud kohe peale vaatlust, ühe vaatleja korral aga on sobivam teha seda keset vaatlusi — kohe pärast nurga mõõtmist.

Parandanud peilungi kursi üldõiendiga ja nurga, kui vaja, indeksiveaga, liidetakse või lahutatakse see nurk parandatud tõelisest peilungist ja saadakse teise eseme tõeline peilung.

Näidis 82. Ühe eseme tõeline peilung on 167° ja nurk esemete vahel 62° vasemale peilungist.
Teise eseme tõeline peilung on: $167^0 - 62^0 = 105^0$.

Näidis 83. Esimese eseme tõeline peilung on 228° ja nurk esemete vahel 57° paremale peilungist.
Teise eseme tõeline peilung on: $228^0 + 57^0 = 285^0$.

Näidis 84. Eseme tõeline peilung on 15°, nurk esemete vahel 60° vasemale peilungist.
Teise eseme tõeline peilung on: $15^0 - 60^0 = 315^0$.

Laeva asetusjoonteks on sel puhul: võetud peilungi parandatud joon ja teise eseme arvutatud tõeline peilung. Tõmmates mõlemad

jooned kaardile, saame lõikumispunktis laeva asukoha. Selle määramise täpsus on sama, mis kahe peilungi abil määramiselgi, mõnel puhul isegi suurem, sest hea nähtavuse korral mõõdame nurga sekstandiga suurema täpsusega kui peilungi kompassiga ja sellepärast juhuslikud vead mõjutavad teise eseme peilungit vähem.

Seda võtet kasutatakse sageli laevadel, kus komandosilla tiibadel on peilimiseks seatud erilised **taksimeetrid.**

Taksimeeter on tavaline asimuudiring peilingaatoriga kardaani rõngal. Sellepärast selle seadise kasutamisel tuleb tähele panna, et nurga mõõtmise ajal taksimeetri asimutaalringi tasapind oleks täpselt horisontaalne, et tema 0°—180°-joon oleks täpselt paralleelne laeva diametraaltasapinnaga ja järelikult ka peakompassi diametraaltasapinnaga ja et roolimees peaks laeva täpselt kursil.

Nende tingimuste täitmisel võib nurga mõõtmise sekstandiga asendada teise eseme kursinurga mõõtmisega taksimeetri abil esimese eseme peilimise ajal peakompassi abil. Selle järele on juba kerge arvutada teise eseme tõeline peilung.

Kui taksimeetri kodarik on seatud laeva kompassikursi järgi, siis on võimalik taksimeetriga võtta eseme kompassipeilung, enne hoiatades roolimeest, et ta peilimise hetkel peaks laeva täpselt „rumbil".

Seda võtet ei tule kasutada laeva õõtsumisel, sest siis võib kergesti taksimeetriga määratavas nurgas tekkida viga 2°—3°.

§ 88. KOHA MÄÄRAMINE KAHE KAUGUSE JÄRGI.

Kui laeval pole peakompasse (nad võivad olla purustatud lahingus) või on nende õiend täiesti teadmata (sõit vähetuntud kohas, magnetianomaalia puhul jm.), kuid on võimalus mõõta kaugust kahe nähtava ja kaardil märgitud esemeni A ja B (joon. 62), siis on kerge leida laeva asukoht kahe ringjoone lõikumisest, mis tähistavad laeva asetusjooni.

Tõmbame nimelt punktidest, mis tähistavad kaardil esemeid A ja B, raadiustega d_1 ja d_2, mis võrduvad mõõdetud kaugustega, ringjooned mMm_1 ja nMn_1, millede lõikumispunkt M annabki laeva observeeritud asukoha.

Ehkki kaardile joonestatud ringjooned lõikuvad kahes kohas, näitab meile arvutatud koht, kummas laev tõeliselt on. Kui aga mõlemad lõikumispunktid on teineteisele liiga lähedal, siis mõõdame kauguse veel mingi kolmanda esemeni ja tõmbame kolmanda ringjoone, mis juba annab kindlasti laeva tõelise asukoha.

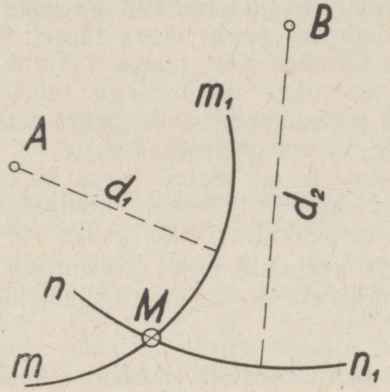
Vaatluste sooritamine ei ole keeruline. Kaks vaatlejat, seistes teineteise kõrval, ühel ja samal hetkel komando järgi mõõdavad kaugused esemeteni ja märgivad ka kohe kellaaja ja logide näidud. Kui vaatlejaid on üks, siis mõõdab ta enne kauguse A-ni, siis B-ni, märgib

kellaaja ning logide näidud ja siis mõõdab uuesti eseme A kauguse. Keskmine kaugustest esemeni A vastab selle kaugusele eseme B kauguse mõõtmise hetkel.

Joonestades kaardile vastavaist punktidest raadiustega d_1 ja d_2 ringjooned, saame lõikepunkti M, mis on laeva tõeline asukoht.

See kohamääramise viis on väga lihtne ja sobiv, kuid tema usaldatavus sõltub sellest, kuivõrd täpselt osatakse määrata esemete kaugust.

Praegusel ajal on võimalik määrata esemete kaugust kas otseselt kaugusemõõtjaga või arvutades vertikaalnurga järgi, millega



Joonis 62.

ese on teatavast kõrgusest laevalt näha. See nurk mõõdetakse sekstandiga.

Kohamääramise täpsus sõltub siin esemete kauguse määramise täpsusest ja ringjoonte lõikumise nurgast.

§ 89. KAUGUSE MÄÄRAMINE KAUGUSEMÕÕTJAGA.

Laevastikus käesoleval ajal kasutatavad kaugusemõõtjad on määratud peamiselt laeva artilleeria tarveteks, navigatsioonilisteks otstarveteks aga vaid muuseas. Kaasaegsete kaugusemõõtjate täpsus on nii suur, et neid võib soovitada kasutamiseks ka laevajuhtimise praktikas.

Katsed on näidanud, et 2,74-m (9 jalga) Barr'i ja Strud'i kaugusemõõtja, horisontaalse baasiga, mis on hästi reguleeritud, annab vilunud mõõtja käes 20 kaab. peale vea $< 1\%$, 50 kaab. puhul — u. $2\frac{1}{2}\%$, 60 kaab. — u. 3% ja 100 kaab. — u. 5%. 1,37-m (4,5 jalga) kauguse-

mõõtja annab muidugi väiksema täpsuse, kuid siiski tema viga headel tingimustel 50 kaab. korral ei ületa 4½%. Selle kaugusemõõtja puuduseks on, et ta ruttu kaotab oma täpsuse ja vajab sagedat reguleerimist.

Zeiss'i 5-m (16,40 jalga) kaugusemõõtja, ehkki omab suuremat baasi ja peaks andma suurema täpsusega kauguse kui eelmised, annab tõeliselt 2 korda suurema täpsuse kui Barr'i ja Strud'i oma vaid katsetamisel tehase tingimusis. Laeval aga, ebasoodsas olukorras, on ta täpsus umbes sama.

Kuna navigatsioonilistel mõõtmistel me piirdume täpsusega kuni 0,5 miili ehk 5 kaab., siis eelöeldu põhjal võime kaugusemõõtjaid kasutada kuni 10-miililiste kaugusteni. Kui arvata veel 25—30% riista seisukorra, mõõtja vilumatuse, ilmastikutingimuste ja vaadeldava eseme väliskuju arvele, siis 7,5—7 miili kauguseni eelmainitud kaugusemõõtjad omavad küllaldast navigatsioonilist täpsust.

Väiksemate kauguste puhul, näit. ankrukohale lähenedes, sissesõidul reidile, majakatest möödumisel 3—5 miili kauguselt, on korralik kaugusemõõtja väga sobivaks meresõiduinstrumendiks, mis võimaldab ruttu ja kindlalt määrata laeva asukoha.

Varustatult astigmaatori ehk transformaatoriga, kaugusemõõtja võimaldab määrata kauguse majakani tema tule järgi ja kasutada seda ka öösi. Õistel vaatlustel, kui on kas või väike õõtsumine, peab seadist käsitsema vilunud mõõtja.

Kaugusemõõtja kasutamist mõjutavad palju eseme äärjooned ja muidugi ka õhkkonna seisund. Kui ese on kõrge, pikergune, järskude äärjoontega, siis võib määrata täpsemini kui madalat, laia, ähmaste äärjoontega eset.

Eriti takistavad kauguste mõõtmist kaugusemõõtja läheduses asuvaist ventilaatoreist väljuvad sooja õhu voolud. Viimaste olemasolu teeb vahel kaugusemõõtja kasutamise võimatuks, sest liikuvas õhus eseme kuju alatasa võbiseb ega võimalda saavutada kujude ühtelangemist.

§ 90. KAUGUSE MÄÄRAMINE VERTIKAALNURGA JÄRGI.

Kui nähtavuses on mingi ese, mille kõrgus on teada, siis mõõtes sekstandiga nurga, millega ese on nähtav laevalt, võib kergesti arvutada ka eseme kauguse.

Olgu eseme AB kõrgus (joon. 63) H, sekstandiga mõõdetud nurk $BCA = \alpha$ (juba parandatud indeksiveaga) ja otsitav kaugus $AC = d$. Siis $\triangle$-st ABC saame sõltumuse:

$$d = H \operatorname{ctg} \alpha. \qquad (19)$$

Tavalistes meresõidu tingimustes tuleb mõõta majakate, mäetippude, järskude kaljude jt. sarnaste esemete nurkkõrgust, kusjuures nende

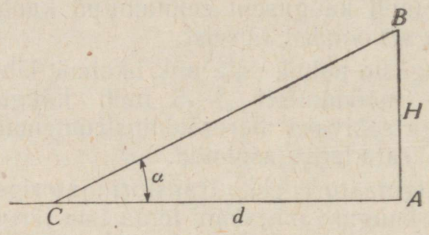
kõrgus üle merepinna kõigub mõnest meetrist sadade meetriteni. 6—8 miili kauguselt aga need esemed paistavad laevale väga väikeste ($< 5^0$) nurkadega.

Sellepärast valemis (19) võib väljendada:

$$\operatorname{tg} \alpha = \alpha' \cdot \operatorname{tg} 1' = \frac{\alpha}{3438}.$$

Järelikult

$$d = 3\,438 \frac{H}{\alpha'}.$$



Joonis 63.

Kui kaartidel esemete kõrgused antakse meetrites, kaugused nendeni aga peame teadma meremiilides, siis väljendades H meetrites saame d tarvis meremiilides järgmise väljendi:

$$d = \frac{13}{7} \cdot \frac{H_m}{\alpha'} \text{ meremiili.}$$

Kui aga kõrgus H on antud jalgades (vanadel kaartidel) ja kaugus d endiselt meremiilides, siis valem võtab kuju:

$$d = \frac{3438}{6080} \cdot \frac{H_j}{\alpha'} \text{ meremiili,}$$

ehk ligikaudselt

$$d = \frac{4}{7} \cdot \frac{H_j}{\alpha'} \text{ meremiili.} \qquad (20)$$

N ä i d i s 85. Kalju kõrgus $H = 840$ m, nurk $\alpha = 2^0 36'$. Sekstandi indeksiviga on 0,0′. Määrata kaugus d kaljuni.

Vastus: $d = \frac{13}{7} \cdot \frac{840}{156} = 10{,}0$ meremiili.

Näidis 86. Majaka kõrgus H on 300 jalga, nurk, millega ta on näha laevalt, $\alpha = 1^0 20'$, sekstandi indeksiviga on 0,0′. Määrata kaugus d kuni esemeni.

Vastus: $d = \frac{4}{7} \cdot \frac{300}{80} 2{,}14$ meremiili.

Selleks et mitte alati arvutada neid lihtsaid valemeid, on kapten Lecky koostanud tabeli „The Danger Angles and of Shore Distance Tables" mille paremal poolel kõrgustele 50 kuni 11 000 jalga on antud kaugused üle 0,1 miili kuni 5 miilini, sõltuvalt mõõdetud nurgast. Viimane antakse tabelites kuni sekunditeni. Kuna tabelid on koostatud üle 0,1 miili, siis langeb ära igasugune interpolatsioon. Mõõdetud nurka parandame vaid indeksiveaga.

„1933. a. Meretabelite" tabelid 33a ja 33b annavad kauguse esemeni miilides mõõdetud vertikaalnurga järgi, kusjuures esemete kõrgus antakse meetrites (tabel 33b) üle 10 m 10—100 m või jalgades (tabel 33a) üle 10 jala 10—100 jalani. Mõõdetud vertikaalnurga piirid 1′—5⁰ antakse ebaühtlaste vahedega: 1′—10′ üle 1′, 10′—22′ üle 2′, 30′—1⁰,0 üle 10′ ja 1⁰,0—5⁰0 üle 1⁰.

Saksa „Meretabelites" tabel 4 annab kaugused meremiilides, esemete kõrguse andes meetrites 2—100 m, sõltuvalt mõõdetud nurgast, mis on väljendatud kraadides ja minutites, viimaste kümnendosadeni. Kaugused on arvutatud üle 0,5 miili 0,5—10,0 miilini.

Veel tuleb meeles pidada, et inglise kaartidel kõrgused on antud suurima kallutuse veepinna tasemelt ja vajaduse korral tuleb see taandada vee tasapinnani vaatluse momendil.

Määrates kaugust eseme vertikaalnurga abil, mis on mõõdetud laevalt sekstandiga, ühendatakse eseme tipu kujutus tema alusega või merepinnaga, kui kõrgus on antud viimasest, ja mõõdetakse see sekstandiga.

Kuna eseme alus ei ole laevalt alati selgelt ja täpselt näha, siis võib nurga arvutamises tekkida viga, mis kajastub ka kauguse arvutamises.

Selle vea mõju otsitavale kaugusele on seda väiksem, mida kõrgem on ese ja mida suurem on mõõdetav nurk, ehk teiste sõnadega: ligema eseme kaugust on kergem määrata kui kaugema eseme kaugust („Täiendused", § 34—37).

§ 91. KOHAMÄÄRAMINE PEILUNGI JA KAUGUSE JÄRGI.

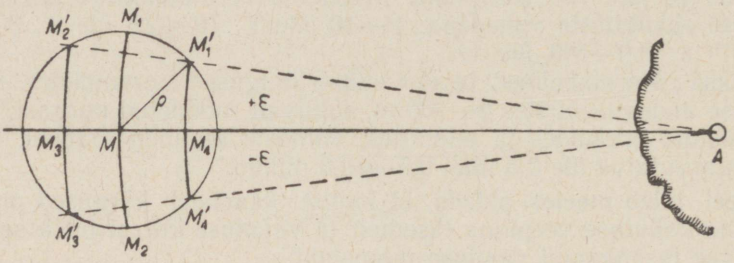
Kui laevalt on näha vaid üks ese, siis oma asukoha määramise võimalus selle järgi sõltub eseme nähtavusest, selle kaugusest ja äärjoontest.

Kui ese on näha selgesti, äärjooned hästi eraldatavad ja ese pole laevast väga kaugel, siis selle eseme peilimisega saame laeva ühe positsioonjoone. Määrates eseme kauguse kaugusemõõtjaga või vertikaalnurga abil, saame otsekohe kaardil laeva asukoha.

Sellise määramise usaldatavus sõltub täiel määral peilimise ja vahemaa mõõtmise täpsusest ning vaatluste üheaegsusest. Viimasest tingimusest saame üle taandades vaatlused samale momendile, milleks eset peilitakse kaks korda, enne ja pärast kauguse mõõtmist, ja võetakse siis keskmine saadud peilungeist, mis olekski eseme peilungiks kauguse mõõtmise ajal.

Vead on võimalikud ka kompassiõiendis, mis kajastuvad saadud koha täpsuses nii eseme parandatud peilungi kui mõõdetud kauguse kaudu.

Näit. parandades võetud kompassipeilungit kursiõiendiga ja tõmmates punktist A, mis kujutab antud eset kaardil, laeva asetusjoone, s. o. vastupidise tõelise peilungi joonele AM, asetame sellele eseme mõõdetud kauguse $AM = D$, ja saamegi punkti M — laeva observeeritud koha (joon. 64).



Joonis 64.

Kui õige see on? Kui kompassiõiendis on võimalik viga $\pm \varepsilon$, siis tõelise peilungi joon võib minna kas suunas AM_1 või AM_2.

Järelikult, kui kaugus D on õige, siis viga kohas kompassiõiendi ebaõigsuse tõttu oleks:

$$MM_1 = MM_2 = AM \sin \varepsilon = D \sin \varepsilon,$$

kusjuures me nurga väiksuse tõttu asendasime kaare MM_1 kõõluga. Samal põhjusel võime ka $\sin \varepsilon$ asendada $\varepsilon^0 \sin 1^0$-ga ja kirjutada, et

$$MM_1 = MM_2 = D \cdot \frac{\varepsilon^0}{57{,}3}.$$

Kui ka kauguses D on võimalik viga $\pm d = MM_3 = MM_4$, siis laeva asukoht kompassiõiendi õigsuse korral asub kuski joonel AM, punktide M_3 ja M_4 vahel. Kui aga kompassiõiend on ebaõige $\pm \varepsilon$ võrra, siis kuski punktide M'_1, M'_2, M'_3 ja M'_4 vahel.

Lihtsuse mõttes võib punktist M tõmmata ringjoone raadiusega

$$\varrho = MM'_1 = \sqrt{d^2 + MM_1^2}.$$

ja arvata, et võimalike vigade puhul — $\pm \varepsilon$ peilungis ja d kauguses — laeva asukoht peab olema kuski selle ringjoone sees.

Nii võime äsjakäsitatud kohamääramise võtet kasutades alati selgusel olla, kuivõrd saadud kohamäärang on usaldatav. Arvutused sel puhul on analoogilised § 59 näidatud arvutustele.

Selle võtte tegelik sooritamine on lihtne. Kui ese on juba nii hästi näha, et võib teatava kindlusega peilida ja kaugust mõõta, siis seatakse korda kaugusemõõtja ja peilingaator, peilitakse, mõõdetakse kaugus ja peilitakse jälle.

Kauguse mõõtmise ajal pannakse kirja kellaaeg ja logi näit. Saanud keskmise peilungi, parandatakse teda kursiõiendiga, kantakse kaardile ja asetades sellele esemest alates mõõdetud kauguse, saame observeeritud koha.

Kui vaatlejaid on kaks, siis üks asub kompassi, teine kaugusemõõtja juurde ja komando järgi sooritavad üheaegselt mõõtmised ja panevad kirja.

On laeva asukoht käes, arvutatakse, kui vaja on, selle võimalik viga.

Esitatud kohamääramisviis kõlbab vaid siis, kui ese on võrdlemisi lähedal, nii et võimalik on määrata kaugus vajaliku täpsusega. Suurema kauguse korral saame vaid ligikaudse laeva asukoha. Seda võtet tuleb kasutada sageli lähenedes kaldale pärast pikemat sõitu, kus on tähtis teada saada kas või ligikaudset asukohta.

Eriti sagedasti kasutatakse seda võtet eseme nähtavaleilmumise momendil, s. o. juhul, kui eseme kaugus on teada, sest ilmumise momendil eseme kaugus on — vaatleja horisondi kaugus + eseme nähtavuse kaugus (§ 12—14), s. t. on teada ilma mõõtmisetagi. Sellepärast, võttes eseme peilungi kohe selle ilmumise momendil, saame otsekohe laeva ligikaudse asukoha.

Muidugi pole kerge võtta peilungit otse eseme ilmumisel: kuni vaatled seda tähelepanelikult ja tunned lõpuks ära, on möödunud teatav aeg, ja ese laeva lähenemise tõttu jõuab juba veidi tõusta vaatleja horisondi kohal, nii et tema kaugus on vähem vaatleja horisondi ja eseme nähtavuse summast. Sel juhul võib soovitada järgmist võtet.

Oletame, et majakas tuli nähtavale öösi. Veendunud, et see on tõesti majaka tuli, tuleb võtta kohe selle peilung ja siis laskudes sillalt märkida koht, kus tuli kaob silmapiiri taha. Siis silmapiiri kaugus, mis vastab selle koha kõrgusele üle merepinna, ja majaka tule nähtavuse kaugus annavad summas majaka kauguse peilimise momendil.

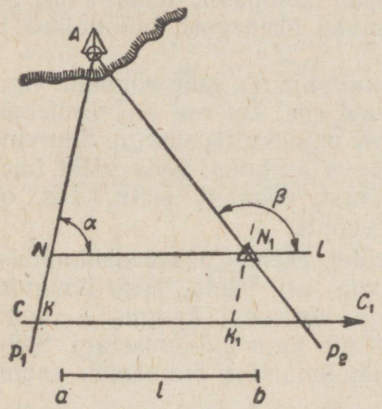
Vahel, kui pole võimalust kaugust täpselt määrata, tehakse seda **silma järgi,** mis ühes peilungiga aitab määrata ligikaudselt laeva asukohta. Kasulik on ka, kui see võimalik, mõõta mere sügavust.

Ehkki suurema praktika korral silmamõõt mitte väga suurte kauguste puhul võib anda rahuldavaid tulemusi, tuleb seda kasutada vaid juhul, kui pole võimalust täpsemaks määramiseks.

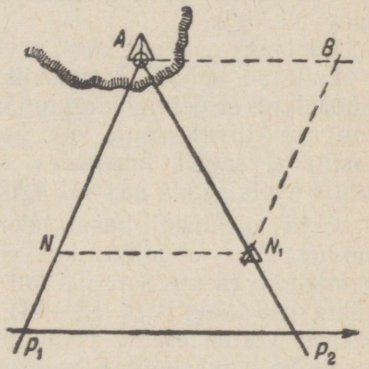
§ 92. KOHAMÄÄRAMINE RISTPEILUNGI JÄRGI.

Kui pole võimalik määrata kaugust, siis me ei saa ühe eseme järgi otsekohe määrata laeva asukohta. Sel puhul võetakse samalt esemelt teatava vaheaja järele kaks peilungit, arvestades laeva kohamuutmist kahe peilimise vahel, ja graafilisel teel saadakse kaardil laeva asukoht. Seda võtet nimetatakse **ristpeilimiseks.**

Ristpeilimise peaerinevus eelmistest võtetest on selles, et määramine ei sõltu üksi kaldaeseme kahekordsest peilimisest, vaid ka laeva tõelisest kursist ja peilimiste vahel sõidetud vahemaast. Tema aluseks ei ole üksi vaatlused, vaid ka laeva tee arvutamine, millepärast seda võtet nim. **arvutus-observeerimisvõtteks** ja märgitakse kaardile kolmnurgaga, punkt keskel.



Joonis 65.



Joonis 66.

Ristpeilimine toimub järgmiselt. Kui laevalt on näha mingi kaardil märgitud ese, võetakse selle peilung, märgitakse kellaaeg ja logi näit. Teatava aja pärast peilitakse uuesti, märgitakse kellaaeg ja logi näit. Peilimiste vaheajal jälgitakse hoolega laeva kurssi ja logi töötamist. Edasi ühel allkirjeldatud viisidest saadaksegi laeva asukoht.

Märgime kaardil eseme asukoha tähega A (joon. 65), laeva tõelise kursi CC_1, esimese tõelise peilungi — AP_1, teise tõelise peilungi — AP_2. Peilimiste vaheajal laev sõitis kursil CC_1 kauguse $ab = l$.

Kuna esimese peilungi ajal laev oli kuski joonel AP_1, teise peilungi ajal joonel AP_2 ja nende vaheajal sõitis kursil CC_1 vahemaa l, siis koha leidmise ülesanne seisneb selles, et paigutada lõik l kuhugi asetustmääravate joonte AP_1 ja AP_2 vahele paralleelselt joonele CC_1. Seda paigutamist võib sooritada kolmel viisil:

1. Võib võtta sirkliga lõigu $ab = l$ ja hoides seda joont silma järgi paralleelselt kursijoonega CC_1, otsida sirklile selline asend, kus sirkli üks haru asetub punktis N joonel AP_1 ja teine punktis N_1 joonel AP_2. Siis punkt N on laeva asukoht esimese ja punkt N_1 teise peilungi ajal.

See võte ei ole kuigi täpne, sest lõiku ab on silma järgi raske asetada täpselt paralleelselt kursile, eriti kui nurk peilungite vahel on suur.

2. Ükskõik millisest esimese peilungi joone punktist asetame meie kursile sõidetud vahemaaga võrduva lõigu ja saadud punktist tõmbame paralleeljoone esimese peilungi joonele. Selle joone lõikumiskohas teise peilungi joonega ongi otsitav laeva asukoht. Kuna kaardil alati on olemas tõelise kursi joon CC_1, siis et mitte joonestada tarbetuid jooni, on kõige lihtsam asetada sõidetud vahemaa kursijoonele punktist K — kursijoone lõikumispunktist esimese peilungi joonega. Punktist K tõmbame paralleeljoone esimese peilungi joonele AP_1. Joone K_1N_1 lõikumine teise peilungi joonega AP_2 annab meile punkti N_1 — laeva tõelise asukoha.

3. Esemest A (joon. 66) võib tõmmata laeva liikumise suunas joone AB, mis on paralleelne kursiga. Asetades sellele peilungite vaheajal sõidetud kauguse $AB = l$, tõmbame punktist B sirgjoone paralleelselt esimese peilungi joonele. Joone BN_1 lõikumisel teise peilungi joonega AP_2 saame laeva asukoha N_1 teise peilungi võtmise ajal.

Kuna teise ja kolmanda võtte puhul me joonestame rööpküliku KK_1N_1N või ABN_1N, siis nende õigsus on silmanähtav, nimelt et joon NN_1 peilungite vahel paralleelselt kursile tõeliselt võrdub laeva sõidetud vahemaaga $ab = l$.

4. Asukoha võib leida ka ilma ülalkirjeldatud joonisteta, arvutades kauguse esemeni teise peilimise ajal.

Märgime nurga ANN_1 kursi ja esimese peilungi vahel (joon. 65) tähega α, nurga AN_1L kursi ja teise peilungijoone vahel β. Nüüd võime arvutada otsitava kauguse $AN_1 = x$ $\triangle$-st ANN_1. Nimelt:

$$\frac{AN_1}{NN_1} = \frac{\sin ANN_1}{\sin NAN_1} \text{ ehk } \frac{x}{l} = \frac{\sin \alpha}{\sin \omega},$$

kus

$$\omega = NAN_1 = \beta - \alpha$$

on nurk võetud peilungite vahel. Sellest

$$x = l \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{cosec} \omega. \qquad (21)$$

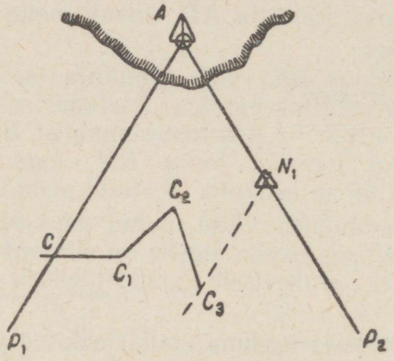
Kuna suurused valemi (21) paremal poolel on tuntud, siis leiame kergesti ka kauguse x. Edasi asetame kaardile peilitavalt esemelt teise peilungi joone ja mõõdame sellele esemelt alates arvutatud vahemaa $x = AN_1$, ja saamegi laeva asukoha N_1.

Selleks et mitte alati arvutada valemit (21), on „1933. a. Meretabelites" eri tabel 38. Selle vasakul vertikaalses lahtris antakse nurgad

kursi ja teise peilungi vahel 40° kuni 160° üle 2°. Tabeli ülemises reas on osutatud nurgad kursi ja esimese peilungi vahel 16° — 134° ka üle 2°.

Kasutades seda tabelit argumentidega α ja β, leiame vastava vertikaallahtri ja horisontaalrea ristumisel, tähega x tähistatud lahtris, eseme kauguse teise peilimise ajal sõidu pikkusel 1 miil. Kui sõit oli üle miili, siis korrutame tabeli arvu kahe peilimise vahel sõidetud vahemaa miilide arvuga, ja saamegi kauguse teise peilimise ajal.

Selle tabeli kasutamisel ja nurkade α ja β arvestamisel on vaja laeva kurssi õiendada vaid triiviga, kui see on olemas. Variatsiooni- ja deviatsiooni-õiendus, nii kursis kui peilungeis, ei ole vajalik, sest nurgad tõeliste suundade vahel on samasugused kui kompassisuundade vahelgi.



Joonis 67.

Näidis 87. Sõites kompassikursiga 264° võeti majaka esimene peilung (K. P. 6°) ja pärast 9,5 miili sõitmist sama majaka teine peilung (K. P. 36°). Variatsioon on 11,5° Ost, deviatsioon 5,5 Ost. Määrata majaka kaugus teise peilungi ajal.

Nurk esimese peilungi ja kursi vahel $\alpha = 6^0 - 264^0 = 102^0$.
Nurk teise peilungi ja kursi vahel $\beta = 36^0 - 264^0 = 132^0$.

Pöördume tabelisse 38. Lahtrist x 102°-le, reas, mis vastab 132°-le, leiame arvu 1,96. Järelikult eseme kaugus on:

$$x = 1{,}96 \times 9{,}5 = 18{,}6 \text{ miili.}$$

Parandades teise peilungi üldõiendiga 17° Ost, tõmbame majakast peilungi, vastupidise parandatud teisele peilungile 53°, s. o. 233°.

Asetades suunas 233° majakast 18,6 miili, saame ristpeilungiga observeeritud laeva asukoha.

Samasugused tabelid leiduvad ka inglise meretabeleis Inman's „Nautical Tables" ja ameerika N. Bowditch'i „Useful Tables from the American Practical Navigator".

Esitatud neljast ristpeilimise võttest tuleb eelistada teist, mis ei vaja liigsete joonte joonestamist. Esimene võte on ebatäpne, kolmas nõuab tarbetu joone — kurss majakast, tõmbamist, neljas ehkki ei vaja joonestamist kaardil, kulutab rohkem aega ja on vähem ülevaatlik kui eelmised.

Viimane võte on sobiv vaid mõnel eri juhul, millest on juttu allpool.

Kui peilimiste vahel laev ei sõitnud ühe, vaid sõitis mitme kursiga, näit. CC_1, C_1C_2, C_2C_3 . . .(joon. 67), siis laeva asukoha leidmiseks teise peilungi ajal vaja ükskõik millisest esimese peilungi joone punktist C tõmmata järjekorras kõik kursid ja sõidud nendel ja punktist C_3 — arvutatavast laeva asukohast teisel peilimisel — tõmmata joon C_3N_1, paralleelselt esimesele peilungile. Selle joone C_3N_1 lõikumine teise peilungi joonega AP_2 annabki laeva arvutatud-observeeritud koha N_1 teise peilimise ajal.

Sellisel määramisel „pöördega ristpeilimise" teel mõned eelistavad väikese mõõtkavaga kaartidel kõik kursid ja sõidud nendel tõmmata järjekorras esemest A alates laeva liikumise suunas, s. t. kasutada kolmat kohamääramise võtet ristpeilimisel. Siis kursid ja sõidud märgitakse kaardi puhtale osale ega ole karta mingit segadust.

§ 93. RISTPEILIMISMEETODI TÄPSUS.

Ristpeilimisel saadava laeva asukoha usaldatavus sõltub:

1) juhuslikest peilimise vigadest,
2) vigadest sõidetud vahemaa määramisel,
3) vigadest kompassiõiendis,
4) hoovuse mõjust laevale.

Juhusliku peilimise vead, nagu nägime, on väikesed ja soodsatel ilmastikutingimustel — hea nähtavus, õõtsumise puudumine — ei oma tegelikku tähtsust.

Viga sõidetud vahemaa määramises lühikese ajavahemiku tõttu peilimiste vahel — $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ tundi, 1 tund — ei saa olla ka suur ja selle mõju kohamääramise täpsusele on tühine. Olulise tähtsusega on kaks viimast vigade allikat.

Oletame (joon. 68), et A on ese, AC — tõeline kurss võetud kompassiõiendi korral, AB — sõidetud vahemaa, AP_1 ja AP_2 asetusjooned ehk tõelised peilungid. Sooritanud ehituse, saame laeva asukoha punktis M.

Kui kompassiõiendis on mingi viga $\pm\varepsilon$, siis me peaksime tõmbama kõik suunad punktiirjoontega, mis on vastavatest pidevatest joontest kõrval suuruse ε võrra, s. t. tõeline kurss mööda joont AC', peilungid mööda jooni AP'_1 ja AP'_2. Laeva tõeline asukoht oleks siis punktis M'.

Kuna sõidetud vahemaa $AB = AB'$ ja nurgad ühtede ja samade õigete ja ebaõigete suundade vahel on võrdsed, siis $\triangle$-d ABM ja $AB'M'$

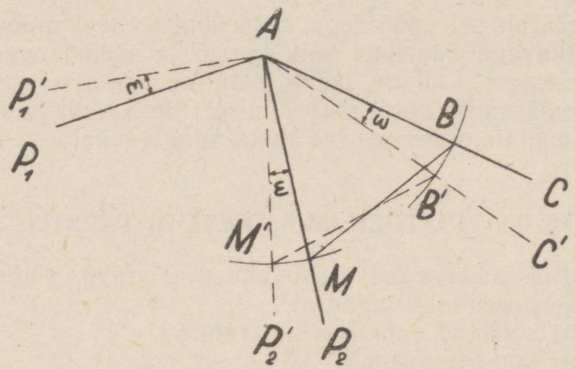
on võrdsed külje $AB = AB'$ ja kahe külgneva nurgaga. Siit järgneb, et $AM = AM'$, s.t. et õige ja ebaõige koht on samal ringjoonel; see aga on tõmmatav punktist A raadiusega, mis võrdub kaugusega kuni esemeni teise peilimise ajal.

Järelikult, viga kohamääramises MM', mis tekkinud meie võetud kompassiõiendi ebaõigsusest suuruse ε võrra, võrdub kaare MM' kõõluga ja on nurga väiksuse tõttu määratav võrdusest:

$$MM' = AM \cdot \sin \varepsilon.$$

Või märkides eseme kauguse teise peilimise ajal $AM = AM'$ D-ga ja asendades $\sin \varepsilon$ väljendiga $\varepsilon^0 \sin 1^0$, saame, et

$$MM' = D \cdot \varepsilon^0 \cdot \sin 1^0 = D \frac{\varepsilon^0}{57{,}3}.$$



Joonis 68.

Saadud väljend näitab, et antud ε suurusel kohaviga on seda väiksem, mida väiksem on D. Selleks aga, et kaugus teisel peilimisel käesoleva kursi korral oleks väiksem, on vaja, et teine peilung oleks võimalikult traaversi lähedane, sest traaversi-kaugus esemeni on kõige väiksem.

Sellest järeldub: koha määramisel ristpeilungite teel kohavea vähendamiseks ebaõigest kompassi üldõiendist tuleb **teine peilung võtta võimalikult lähedalt traaversile.**

Hoovuse mõju ristpeilungile saab arvestada järgmiselt.

Oletame (joon. 69), et A on ese, AP_1 ja AP_2 — esimese ja teise peilungi jooned, mis on võetud momentidel t_1 ja t_2, ja KK_1 — tõelise kursi joon, kusjuures lõik KK_1 võrdub peilimisaegade $t_2 - t_1$ vahel sõidetud maaga.

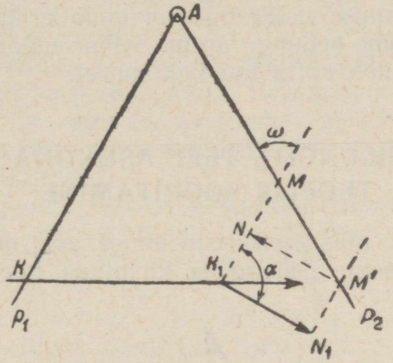
Kui me ei arvestaks hoovusega, siis saaksime laeva asukoha tavalise võttega punktis M. Kui aga laeva mõjutab hoovus suunas K_1N_1

kiirusega v_t sõlme, siis peilungite vaheajal $t_2 - t_1$ ta kannab laeva omas suunas kaugusele

$$K_1N_1 = v_t\,(t_2 - t_1).$$

Järelikult, ajavahemiku $t_2 - t_1$ järel laeva arvutatav koht ei ole mitte punktis K_1, vaid punktis N_1 ja just sellest punktist me peame tõmbama joone, paralleelse esimese peilungiga. Tõmmates joone $N_1M' \parallel AP_1$, saame lõikumisel teise peilungi joonega AP_2 laeva õige asukoha ristpeilimise teel, ühes hoovuse mõju arvestusega.

Lõik MM' ongi viga arvestamata jäetud hoovuse mõjust, ja seda viga on kerge määrata. Tõmbame abisirgjoone $NM' \parallel K_1N_1$, siis on



Joonis 69.

meil $\triangle$-st MNM'

$$\frac{MM'}{NM'} = \frac{\sin\alpha}{\sin\omega},$$

kus α on nurk hoovuse suuna ja esimese peilungi vahel, ω aga nurk peilungite vahel. Kuna

$$NM' = K_1N_1 = v_t(t_2 - t_1),$$

siis

$$MM' = v_t(t_2 - t_1)\,\sin\alpha\,\operatorname{cosec}\omega. \qquad (22)$$

Saadud väljend näitab, et kohamääramise viga hoovuse mõjul MM' on seda väiksem, mida väiksem on hoovuse kiirus v_t, mida väiksem on vaheaeg peilungite vahel $(t_2 - t_1)$, mida väiksem on nurk α hoovuse suuna ja esimese peilungi suuna vahel ja mida väiksem on cosec ω, s. t. mida lähem on nurk ω peilungite vahel 90^0-le.

Kui esimene peilung võtta hoovuse suunas, s. o. $\alpha = 0^0$ või $\alpha = 180^0$, siis hoovus üldse ei mõjuta kohamääramist ristpeilungite abil.

Nõue, et nurk $\omega = 90^0$, on vastupidine tingimusele, et ajavahemik $(t_2 - t_1)$ oleks võimalikult väike. Sest kui oodata, kuni võetud peilung muutub 90^0 võrra, siis tuleb oodata kaua, $t_2 - t_1$ on suurem ja pikema ajaga jõuab hoovus laeva rohkem kõrvale kanda.

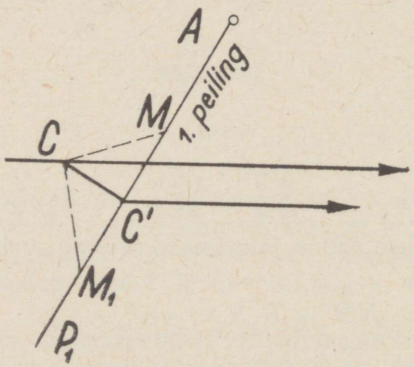
Sellepärast tegelikult ei oodata kunagi, kuni peilung muutub 90^0 võrra, vaid võetakse peilung, kui nurk on muutunud vähemasti 30^0. Väiksema nurga puhul koha määramine on raskem.

Siit selgub ka küsimus, kui kaua aja pärast tuleb võtta teine peilung — mitte enne kui esimene peilung on muutunud vähemasti 30^0 võrra. Kui peilung muutub ruttu, siis on seda parem, mida suurem on nurk peilungite vahel.

Kui laeval pole kaua olnud võimalust kohta määrata, siis soovides saada kas või ligikaudse määrangu, ei oodata, kuni peilung muutub 30^0, vaid võetakse teine peilung varem. Selline määramine ei ole küllalt usaldatav ja seda tuleb võtta kui ligikaudset.

§ 94. RISTPEILUNGITE TEEL ASUKOHA MÄÄRAMISE TEGELIK SOORITAMINE.

Asudes asukohta määrama ristpeilungi abil on kasulik eelnevalt korda 2—3 võtta eseme peilung ja kirjutada tulemused märkmikku,



Joonis 70.

selleks et määrata eseme ligikaudne peilung ja veenduda, et päris peilimisel ei teki mingisuguseid vigu.

Siis võetakse esimene peilung, kirjutatakse üles, märgitakse kohe kellaaeg ja loginäit ning hoiatatakse roolimeest, et ta hästi peaks kurssi.

Parandanud esimese peilungi kursiõiendiga, tuleb ta otsekohe tõmmata kaardile peilitud esemest, selleks et saada kätte oma asetusjoon ja kontrollida oma arvutatud asukohta.

Kui arvutatud koht langeb esimese peilungi joonele, siis võib arvata, et märkimine kaardil on õige. Kui aga arvutatav koht on peilungijoonest ees- või tagapool, siis on kaardil arvutatud ekslikult. Sel juhul tuleb (joon. 70) arvutatud kohast C tõmmata perpendikulaar CC' esimese peilungi joonele AP_1 ja siirda arvutatav koht punkti C'. Kus ka laeva tõeline asukoht ei oleks joonel AP_1 esimese peilimise ajal, kas punktis M või M_1, punkt C' on sellele alati lähemal kui punkt C, sest alati

$$C'M < CM \text{ ja } C'M_1 < CM_1.$$

Niiviisi juba esimese peilungi järele on meil võimalus veidi parandada oma arvutatud asukohta.

Kui võetud esimene peilung muutub ütleme 30° võrra, võetakse teine, märgitakse kellaaeg ja loginäit. Parandanud teise peilungi kursiõiendiga, kantakse ta kaardile, arvutades loginäitude järgi peilimiste vahel sõidetud maa ja paigutades selle peilungite joonte vahele ühel § 93 kirjeldatud viisidest.

Teise peilungi joonel saadud arvutatud-observeeritud koht märgitakse kolmnurgaga, punkt keskel, kirjutatakse juurde teise peilungi kellaaeg ja loginäit ja edasine laevatee märkimine jätkub juba sellest punktist.

Ebasoodsa ilmastiku korral, kui on karta, et sombususe tõttu ese kaob varem, kui peilung jõuab muutuda 30° võrra, tuleb võtta mitu peilungit, kas või 5° või 10° järele, ja paigutada esimese ja iga järgneva peilungi vahele kaugus, mis on sõidetud esimesest peilungist iga järgmiseni. Selviisil saame rea asukohti, mis asuvad ligikaudselt ühel, kursile paralleelsel sirgjoonel, kusjuures nende kohtade täpsus aegamööda kasvab, nurga suurenemise järgi esimese ja järgnevate peilungite vahel.

§ 95. RISTPEILUNGITE ERIJUHUD.

Kui kohamääramisel ristpeilimise teel võtta esimene peilung teatava kindla nurga all kursiga, siis sel eri juhul on meil kerge määrata eseme kaugus teisel peilimisel ja saada laeva asukoht neljanda võtte järgi § 93.

Ristpeilimise erijuhtudest käsitleme siin vaid kaht: **traaverskauguse võte** ja **kahekordse nurga võte.**

1. Traaverskauguse võte. Kui esimene peilung AM_1 (joon. 71) moodustab kursiga M_1M_2 nurga α, teine peilung aga võetakse momendil, mil ese A on laeva traaversis, s. t. kui joon AM_2 on perpendikulaarne kursiga, siis $\triangle$-st AM_1M_2, mis on õigenurkne punktis M_2, näeme, et

$$AM_2 = M_1M_2 \operatorname{tg} \alpha.$$

Kuna M_1M_2 on vahemaa, mis laev sõitis kahe peilimise vahel, siis märkides loginäidu esimese peilungi ajal l_1, teise ajal l_2, saame, et $M_1M_2 = l_2 - l_1$.

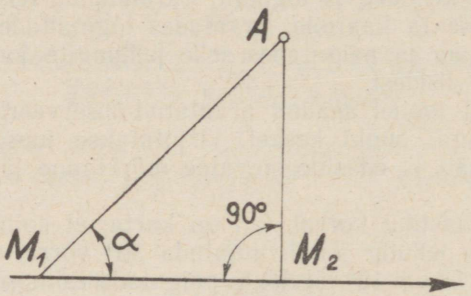
Järelikult

$$AM_2 = (l_2 - l_1) \operatorname{tg} \alpha.$$

Tähendab, et leidnud kauguse AM_2, tõmmanud kaardil esemelt perpendikulaarjoone kursile ja mõõtnud selle kauguse AM_2, saame punktist M_2 laeva asukoha.

Kui esimese peilungi võtame teatava nurgaga α, siis pole vaja mingeid arvutusi, sest

$$\operatorname{tg} 45^0 = 1,$$
$$\operatorname{tg} 63{,}5^0 = 2,$$
$$\operatorname{tg} 76^0 = 4,$$



Joonis 71.

siis võttes esimese peilungi nurgi 45^0 kursiga, saame $AM_2 = l_2 - l_1$, võttes nurgi $63{,}5^0$ kursiga, saame $AM_2 = 2(l_2 - l_1)$, kui $\alpha = 76^0$, siis $AM_2 = 4(l_2 - l_1)$.

Nagu näeme, neil erijuhtudel tuleb joonele, mis on perpendikulaarne kursijoonega, mõõta esemelt kaugus $(l_2 - l_1)$, mis on sõidetud logi järgi peilimiste vaheajal, või $2(l_2 - l_1)$ või $4(l_2 - l_1)$.

Siinjuures tuleb märkida, et nurk α tuleb arvestada kodariku, mitte asimuudiringi järgi, sest roolimise mõju kursil läheb täiel määral veana vaadeldava nurga suurusse.

Sellepärast, soovides peilida eset mingi nurga α all kursiga, peab enne arvestama eseme kompassipeilungi suurust tol momendil. Seda on kõige lihtsam teha joonise abil, mis näitab, et kurssidel $< 180^0$ tuleb antud kursile liita 180^0 ja saadud summale lisada nurk α, kui ese on paremal pardal, ja lahutada summast (kurss $+ 180^0$) nurk α, kui ese on vasakul pardal. Kurssidel $> 180^0$ tuleb kursist lahutada 180^0 ja saadud

vahele lisada või sellest lahutada nurk α, sõltuvalt sellest, kas ese on vasemal või paremal laevast, s. t.

$$\left.\begin{array}{l} \text{K. P.} = (\text{K. K.} \pm 180^0) + \alpha, \text{ kui ese on paremal pardal,} \\ \text{K. P.} = (\text{K. K.} \pm 180^0) - \alpha, \text{ kui ese on vasakul pardal.} \end{array}\right\} \quad (23)$$

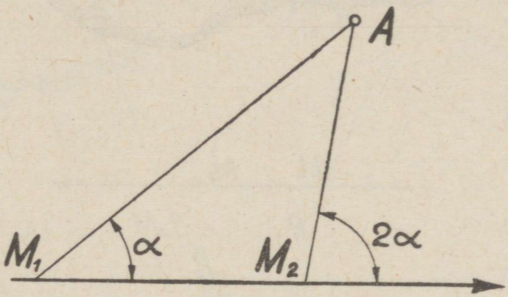
Märk + võetakse kurssidel < 180, märk — kursidel $> 180^0$.

Näidis 88. Laeva kompassikurss on 133^0. Leida eseme kompassipeilungite suurus, kui tema peilungid moodustavad kursiga nurgad 45^0 ja 90^0. Ese on laeva paremal pardal.

Vastus: 1) $\text{K. P.} = 133^0 + 180^0 + 45^0 = 358^0$
2) $\text{K. P.} = 133^0 + 180^0 + 90^0 = 403^0$.

Näidis 89. Laeva kompassikurss on 310^0. Leida eseme kompassipeilungite suurused, kui tema peilungid moodustavad kursiga nurgad $63\frac{1}{2}^0$ ja 90^0. Ese on laeva vasakul pardal.

Vastus: 1) $\text{K. P.} = 310^0 - 180^0 - 63{,}5^0 = 66{,}5^0$.
2) $\text{K.P.} = 133^0 + 180^0 + 90^0 = 403^0$.



Joonis 72.

Arvutanud valemi (23) järgi eseme kompassipeilungid, tuleb sihtida peilingaator esemele ja jälgida viimase peilungi muutumist. Kui eseme peilung on lähedal arvutatule, tuleb peilingaator seada sellele arvutatud suurusele ja oodata, kuni ese ise ilmub sihitamisniidile. See moment tuleb fikseerida kellaaja järgi ja märkida loginäit. Samuti toimitakse teise peilimise puhul.

Kui vaatlusi tuleb sooritada kompassi asimuutringi või taksimeetri järgi, siis tuleb hoiatada roolimeest, et ta peaks kindlalt kurssi, ja eseme lähenemisel peilingaatori niidile küsida roolimehelt, kas laev on kursil.

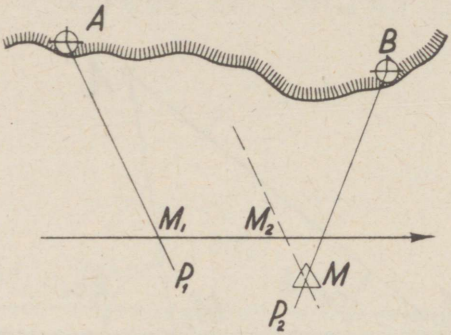
2. Kahekordse nurga võte. Võtame esimese peilungi (joon. 72) AM_1 nurgi α kursiga, teise peilungi AM_2 aga siis, kui nurk kursiga on 2α. Kuna $\triangle AM_1M_2$ on sel puhul võrdhaarne, siis ilmsesti $AM_2 = M_1M_2$, s. t. et eseme kaugus teise peilimise momendil võrdub peilimiste vaheajal sõidetud maaga, ehk teiste sõnadega — teise ja esimese peilungi loginäidu vahega.

Toiminud selliselt vaatlused, märgitakse kaardile eseme teise peilungi parandatud joon ning mõõdetakse sellel loginäitude vahe ja saadakse laeva asukoht. Kompassipeilungite suuruse arvestus on sama, mis eelmise võtte puhul.

Ristpeilimise erijuhuks on ka kohamääramine **eri aegadel võetud kahe eseme peilungi järgi,** kuna sel puhul arvestatakse samuti kahe peilimise vahel sõidetud kaugust.

Sageli juhtub, et üks ese A (joon. 73) kaob juba silmist ja varsti pärast seda ilmub teine ese B. Sel juhul võib leida laeva asukoha eseme A peilungi AP_1 järgi, mis võeti veidi enne tema kadumist, ja eseme B peilungi BP_2 järgi, mis võeti kohe peale tema ilmumist.

Oletame, et enne eseme A kadumist me võtsime peilungi AP_1, märkisime kellaaja t_1 ja loginäidu l_1. Kohe peale eseme B ilmumist me



Joonis 73.

võtsime peilungi BP_2 ja märkisime samuti t_2 ja l_2. Edasi märgime kaardile punktidest A ja B mõlemad parandatud peilungid ja paigutame nende vahele ajavahemikus $t_2 - t_1$ sõidetud maa, mis võrdub $l_2 - l_1$.

Paigutamist on lihtsam sooritada järgmiselt. Esimese peilungijoone lõikumispunktist kursijoonega M_1M_2 märgime laeva liikumise suunas lõigu $M_1M_2 = l_2 - l_1$. Saadud punktist M_2 tõmbame joone $M_2M \parallel AP_1$ ja selle joone lõikumisel teise peilungijoonega BP_2 saame laeva asukoha.

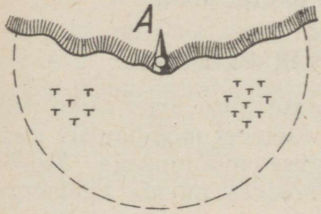
Selle võtte täpsus on veidi väiksem määramisest „kahe peilungi järgi". Siin on veel üks vigade allikas — peilimiste vahel sõidetud kaugus. Kui ajavahe $t_2 - t_1$ on väike ja nurk peilungite vahel on lähedane õigenurgale, siis see võte on kaunis hea, muidugi kui hoovust ei ole („Täiendused", § 38).

§ 96. OHUNURGAD.

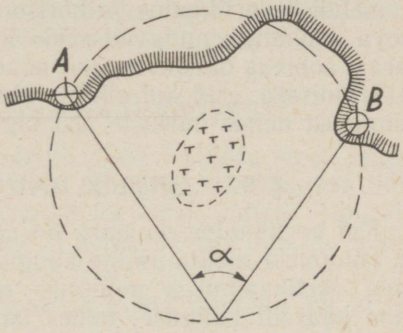
Mõnikord on võimatu määrata täpselt laeva asukohta — kas pole kindlust kompassiõiendis või puuduvad kaldal vaatlemiseks sobivad ja kaardil märgitud esemed või pole kaugusemõõtjat jms. Sõidetakse aga ohtlikkude kohtade läheduses, siis on tähtis omada mingisugust tagatist, et laev sõidab neist puhtalt mööda. Sel puhul võib toimida järgmiselt.

Kui kaldal on mingi kõrge ja hästi nähtav ese — torn, majakas, kirik, veski, vabrikukorsten, järsk kalju —, mille kõrgus teada, siis seda eset võib kasutada ohutu möödasõidu tagamiseks.

Punktist *A* (joon. 74), mis tähistab eseme kohta kaardil, tõmbame ringjoone raadiusega, mis võrdub kaugusega, mida me peame ohutuks



Joonis 74.



Joonis 75.

esemest möödumiseks. Siis kõik ohud, mida me soovime vältida, ja isegi osa vaba vett, jääb selle ringi sisse.

Selle ringjoone raadiuse ϱ ja eseme kõrguse H järgi on kerge valemite (19) ja (20) abil või Lecky tabelite järgi arvutada nurga α suurus, millega on ese näha kaugusel ϱ.

Leidnud nurga suuruse, tuleb antud kursiga valitud esemest möödumisel mõõta sekstandiga vertikaalnurka, millega see ese on näha laevalt: kuni see laevalt mõõdetav nurk, parandatud muidugi indeksiveaga, on väiksem arvutatud nurgast α, seni võib olla kindel, et laev möödub esemest kaugemalt, kui on ohtlik koht.

Kui aga nurk laeval muutub võrdseks või isegi suuremaks kui α, siis tähendab see, et oleme jõudnud joonestatud ringjoone piirile või isegi ületanud selle ja järelikult tuleb viivitamata muuta kurssi sedavõrd, et ese asuks traaversisse.

Selviisil varem arvutatud **vertikaalne ohunurk** tagab laevale ohutuse ja osutab momendi, mil vaja ohu vältimiseks kurssi muuta.

Kui kaldal aga on kaks eset (joon. 75), A ja B, siis toimitakse järgmiselt. Märkides kaardil punkti C mis küllalt kaugel kaldalähedastest ohtudest, ühendatakse ta sirgjoontega A- ja B-ga ning mõõdetakse malliga nurga $ABC = \alpha$ suurus.

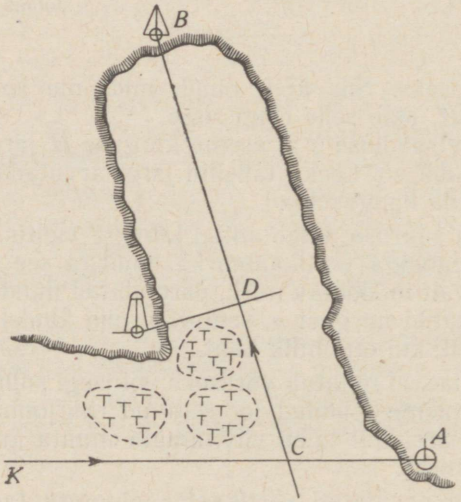
Tõmmates siis läbi punktide A, B ja C ringjoone, mis mahutab endas nurga α, võime olla veendunud, et kõik kaldalähedased ohud jäid selle sisse.

Järgneval möödumisel ohtlikust kohast me mõõdame pidevalt **horisontaalnurka** esemete A ja B vahel. Kuni see laevalt mõõdetav nurk (parandatud muidugi indeksiveaga) esemete vahel jääb väiksemaks **horisontaalsest** ohunurgast, võime olla kindlad, et laev on väljaspool ohu piire. Kui aga see nurk hakkab lähenema suurusele α, tuleb kohe muuta kurssi, arvestusega kaugeneda kaldast.

Selviisil vertikaalne ja horisontaalne ohunurk, ehkki ei anna täpset laeva asukohta, annavad siiski kindluse valitud kursi ohutuses. Sellepärast sobivas olukorras, kui puuduvad võimalused asukoha täpsemaks määramiseks, eriti kui ollakse ebakindel oma asukohas, ei tule hüljata võimalust nende nurkade abil tagada endale ohutut sõitu.

§ 97. OHTLIK KAUGUS, OHTLIK PEILUNG.

Kui vertikaalne ohunurk on eseme madaluse tõttu liiga väike, kuid on võimalust mõõta eseme kaugus, siis võib esemest möödumisel asendada vertikaalnurga mõõtmise eseme kauguse mõõtmisega. Mõõtes enne kaardilt kauguse, milles laev puhtalt sõidaks mööda kaldaohtu-



Joonis 76.

dest, võib sõitu pidada ohutuks, kuni mõõdetav kaugus on suurem kaardilt mõõdetud „ohtlikust kaugusest". Kui aga mõõdetav kaugus hakkab võrduma ohtlikuga, tuleb kohe pöörduda, nii et vaadeldav ese asuks traaversisse.

Sageli kasutatakse ohu vältimiseks nn. „ohtlikku peilungit".

Sõites sisse näiteks lahte (joon. 76) ja kartes selle sissekäigul olevaid ohte, tuleb enne sõita kursiga *KC* ja pöörduda lahte sisse alles siis, kui eseme *B* peilung muutub võrdseks *BC*-ga. Sõites lahte sisse kursiga *CB*, ei tule majakale läheneda enne, kui selle peilung muutub võrdseks *AD*-ga jne.

Kui kompassiõiend on õige, siis sellised „ohtlikud peilungid", varem arvutatud ja sooritatud küllaldases kauguses ohtudest, tagavad kindlasti laeva ohutust. Kõigil pöörangutel tuleb võimalust mööda jälgida neid peilungeid ja pöörata vaid siis, kui mingi ese tuleb määratud peilungile, mis hoiab laeva eemale talle lähedastest ohtudest.

§ 98. ÜLDMÄRKMEID KOHAMÄÄRAMISEST.

Peale eelmisis paragraafes käsiteldute võib esineda veel teisigi sarnaseid asukohamääramise võtteid, näit. ristnurga, ristkauguse võte jt. Tegelikkuses rakendatakse aga peamiselt loeteldud võtteid, olgu siis kui mingisugused erakordsed tingimused ei sunni otsima uusi ja ebatavalisi määramisviise.

Mitmesuguste määramisvõtete täpsuse võrdlev hinnang on antud tab. 16.

Kõige täpsem vaadeldud võtetest on määramine kahe nurga ja kolme peilungi järgi, mida tuleb alati kasutada, kui laevalt on näha kolm sobivalt asetatud eset ja laeva asukohta on vaja teada suure täpsusega.

Teatav aja ja vaeva kulu täpsete meetodite kasutamisel tasub end kindlusega kohamääramise usaldatavuses ja sõidu ohutuses.

Kõige levinumaiks võteteks on määramine kahe peilungi ja ristpeilungi teel. Nende rakendamisel ei tule aga unustada, et esimene neist on hea vaid juhul, kui ollakse täiesti kindel kompassiõiendis, ja teine vajab veel hoovusepuudumist, küllalt suurt nurka peilungite vahel ja täiesti korralikku logi. Kuid määramise lihtsus kahe peilungi järgi ja võimalus ristpeilungi teel saada asukoht kätte üheainsa eseme abil — teevad need võtted kõige kasutatavamaiks.

Sageli kasutatakse määramist ka peilungi ja kauguse abil, eriti eseme nähtavaleilmumise momendil. Sel juhul, kui on raske määrata eseme kaugust, võib soovitada tõmmata arvutatud asukohast perpendikulaar võetud ja märgitud peilungijoonele ja siirda arvutatud koht nende lõikumispunkti, s. o. kasutada võtet, mis on käsiteldud § 95 (joon. 69). See uus arvutatud asukoht on igal juhul lähem tõelisele kui endine.

Tabel 16. Kohamääramisvõtete täpsuse hinnang.

Järje nr.	Võtte nimetus	Täpsuse aste	Rakendamisjuhud
		Kolme eseme järgi	
1	Kahe nurga järgi.	Kõrge	Kui on vajalik eriline täpsus ja pole kindlust kompassiõiendis.
2	Kolme peilungi järgi.	Kõrge	Alati, kui vajatakse täpset määramist ja kui kompassiõiend on õige.
		Kahe eseme järgi.	
3	Kahe peilungi järgi.	Hea	Alati, kui ollakse kindel kompassiõiendis.
4	Peilungi ja horisontaalnurga järgi.	Hea	Kui üht eset pole näha kompassi juurest.
5	Kahe kauguse järgi.	Hea	Kui kauguse mõõtmine on võimalik, kompassiõiend aga kaheldav.
		Ühe eseme järgi.	
6	Peilungi ja kauguse järgi.	Rahuldav	Kui kompassiõiend on õige ja kaugusemõõtja korras.
7	Ristpeilungi järgi.	Rahuldav	Kui kompassiõiend on õige, pole hoovust ja logi on korras.
8	Ristkauguse järgi.	Rahuldav	Harva, kui pole kompasse.
9	Ilmuva eseme järgi.	Rahuldav	Kui kompassiõiend on õige, ilm selge ja kaua aega pole olnud määramisi.
		Udus.	
10	Veealuste signaalide järgi.	Hea	Kui on veealused vastuvõtjad, sombuse ilmaga, hämaruses ja udus.
11	Raadio järgi.	Hea	Kui esemete asetus võimaldab häid raadiopeilungeid, päeval, udus.
12	Raadio ja veealuse signaali järgi.	Hea	Seesama.
13	Kursi ja sügavuste järgi.	Hea	Kui sügavused muutuvad pidevalt ja ühtlaselt, udus, sombuse ilmaga.

Tuleb märkida, et sageli suure sombususe puhul on raske täpselt peilida väga kauget ja halvasti nähtavat eset. Sel puhul on parem märkida mingi teine punkt, päeval näiteks pilv, öösi — täht, mis on parajasti eseme kohal ja mitte kõrgel, ja peilida seda eseme asemel. Teatava vilumuse korral ei tule selline peilung sugugi halvem kui esemest endastki.

Üldse aga kõigi nende määramisvõtete rakendamisel tuleks juba varem kursside eelmärkimisel välja otsida kaardilt ja ära märkida need

kaldaesemed, millede järgi võiks sõidul asukohta määrata, ja seada oma kursid võimaluse järgi nii, et sõidul kõik majakad ja märgatavad esemed oleksid kasutatavad laeva asukoha määramiseks.

§ 99. SÕIDUTEEMÄRKIMISE ÜLESANDEID.

Alljärgnevad ülesanded on IV peatükis käsiteldud sõiduteemärkimisvõtete omandamiseks, kuidas seda teha mitmesugustes olukordades ja rakendada seejuures käesolevas peatükis seletatud kohamääramismeetodeid.

Kõik ülesanded on lahendatud vene kaardil nr. 1492 ja on antud kasvava raskuse järjekorras. Neli esimest ülesannet eeldavad, et hoovust ei ole, teistes arvestatakse ka püsihoovust, mille suund ja kiirus on teada.

Variatsioon saadakse kaardilt, deviatsioon — tabelist 10. Rumbide siirmist ja õiendamist on soovitav teha tabeli 11 skeemi järgi.

Ülesanne 249. 20. sept. 1938. a., sõites kompassikursiga 270°, kell 8.00 (logi 17,8) määrati asukoht kahe peilungi järgi, mille kompassinäidud olid: Seivästö t./t. 216°, Seiskari t./t. 75°, ja märgiti kurss arvestusega mööduda 2 miili kauguselt paremalt Lavansaare madaliku valgustatud poist. Kiirus — 12 sõlme. Möödunud Narvi t./t-st, määrati asukoht nurkade järgi: Sommersi t./t. — 119°, Narvi — 122° — Lavansaare torn, ja saadud määrangust võeti kurss Suur-Tütarsaare majakale. Määranud asukoha S.-Tütarsaare t./t. (K. P. 40,2°) ja Vigrundi torni (K. P. 312,2°) järgi, võeti T. K. S-i ja sõitnud sellega 20 miili, asuti kursile Narva t./t. peale, millele lähenedes jäädi kursil ankrusse 1,5 miili kaugusel majakast.

Määrata: 1) K. K. peale k. 8.00; 2) pöördemoment Narvi t./t. juures; 3) K. K. ja sõidetud miilide arv nurkade järgi määratud koha ja pöörangupunkti T. K. S-i vahel; 4) K. K. Narvi t./t-le; 5) Lavansaare torni K. P. kell 10.40; 6) koha φ ja λ, kus kadus S.-Tütarsaare t./t. (silmakõrgus 5 m); 7) ankrulejäämise aeg; 8) kõikide pöörete ajad; 9) φ ja λ keskpäeval; 10) sõidetud miilide arv kella 8.00 kuni ankrulejäämiseni.

Ülesanne 250. 10. mail 1937. a. kell 11.45 (logi 18,0), olles Suursaarest W-i pool, määrati asukoht peilungite järgi. K. P. olid: Suursaare Ülem t./t. — 268,5°, Suursaare Lõuna t./t.—293,5°, Ruuskeri t./t.—351,5°, ja märgiti kurss arvestusega mööduda 1,5 miili kauguselt Suursaare Lõuna t./t-st. Kell 12.49 (logi 30,8) määrati asukoht kolme peilungi järgi K. P.: Suursaare Lõuna t./t.—184°, Põhja-Virgini tooder — 66° ja Ruuskeri t./t. — 90° ja võeti K. K. 66°. Ühe tunni 26 min. pärast (logi 48,1) määrati jälle asukoht kolme peilungi järgi: Lavansaare torn (K. P. 291,2°), Narvi t./t. (K. P. 235,2°) ja S.-Sommersi t./t. (K. P. 209,8°). Lavansaare poi traaversis asuti T. K. 105°. Kui Seiskari t./t. K. P. võrdus 331,5°, pööruti paremale ja asuti K. K. 125,5°. 2. t. 12. min. peale viimast pöörangut jäädi ankrusse, sügavusel 5 sülda. Kiirus oli 12 sõlme, silma kõrgus 5 m.

Määrata: 1) K. K. pärast k. 11.45; 2) laeva hälve k. 12.49; 3) S.-Tütarsaare t./t. traaversi läbimise aeg; 4) pöördemoment T. K. 105°; 5) K. K. peale pööramist T. K-le 105°; 6) koha φ ja λ, kui kadus Suursaare Lõuna t./t.; 7) ankrukoha φ ja λ; 8) läbisõidetud miilide arv kella 11.45 alates; 9) traaversi kaugus Seiskari t./t-ni; 10) aeg, millal hakkas paistma Seiskari majakas.

Ülesanne 251. Kiirus 12 sõlme, silma kõrgus — 7 m. 5. juulil 1935. a. kell 10.30 (logi 18,0), olles Vaindlo t./t-st 4 miili kaugusel suunaga 60°, asuti K. K-le 129,5°. Kell 11.59 (logi 35,6) määrati asukoht kolme peilungi järgi: P.-Uhti t./t. K. P. — 92,8°, Vaindlo t./t. — 118,8° ja V.-Tütarsaare SO-äär — 186,2°. Kell 12.00 (logi 36,0) muudeti kurss vasakule, sihiga mööduda 1,5 miili vasemalt S.-Tütarsaare t./t-st. Viimase majaka meridiaani ületamisel määrati asukoht kahe peilungi järgi: S.-Tütarsaare t./t. (K. P. 314°) ja V.-Tütarsaare NW-tipp (K. P. 61,2°) ja sõitnud 0,5

miili, pöörduti kompassi järgi 35° paremale. Lavansaare torni traaversis asuti T. K-le Ost ja Penisaare NW-tipu ning Suisaare SO-tipu liitsihil pöörduti paremale, võttes K. K. 165,8°. Kontrollides oma asukohta peilungitega Seiskari t./t. (K. P. 226,5°) ja Lavansaare torn (K. P. 123,8°) ja lähenedes Lipova külale Luuga lahes, asuti ankrule 18 m. sügavusel kordonist Osti pocl.

Määrata: 1) kaugus, milles mööduti Barabanovi madalikust; 2) K. K. pärast pööret S.-Tütarsaare t./t. peale; 3) kellaaeg, millal nähti Lavansaare torni; 4) kellaaeg, millal kadus S.-Tütarsaare t./t; 5) φ ja λ keskpäeval; 6) Seiskari t./t. K. P. kell 15.30; 7) K. K. pärast pööret T. K-le Ost; 8) läbisõidetud miilide üldarv kella 11.30-st; 9) kõigi pöörete kellaajad ja ankrulejäämise moment; 10) ankrukoha φ ja λ.

Ülesanne 252. Kiirus — 15 sõlme, silma-kõrgus — 14,6 m. 19. aug. 1936. a. kell 10.00 (logi 0,0), olles $\varphi = 59°48'$ N ja $\lambda = 26°34'$ Ost, asuti K. K. 38,8°. Kell 11.02 (logi 15,5) määrati asukoht nurkade järgi: Ruuskeri t./t. — 120°, Suursaare Ülem t./t. — 51,8°, Suursaare Lõuna t./t. (indeksiviga 0,0), ja kell 11.05 (logi 16,3) asuti K. K-le 100°. Kell 11.53 (logi 28,3) määrati asukoht kolme peilungiga: Suursaare Lõuna t./t. (K. P. 108,8°), P.-Virgini tooder (K. P. 83,2°) ja S.-Tütarsaare t./t. (K. P. 23,5°) ja kell 12.00 (logi 30,0) võeti kurss Vigrundi tornile. Kell 12.11 (logi 32,8) võeti esimene peilung S.-Tütarsaare t./t-st (K. P. 52,2°), kell 12.31 (logi 37,8) teine peilung S.-Tütarsaare t./t-st (K. P. 89,8°) ja, määranud koha ristpeilungi järgi, pöörduti kohe K. K. 193°. Kell 13.03 (logi 45,8) määrati asukoht Vigrundi torni (K. P. 253°) ja S.-Tütarsaare t./t. (K. P. 132°) järgi ja k. 13.07 (logi 46,8) võeti kurss Narva majakale. Läheneti sellele ja asuti kursil ankrusse majakast 3 miili kaugusel.

Määrata: 1) T. K. peale kella 11.05; 2) K. K. peale k. 12.00; 3) K. P. ja Vigrundi torni kaugus traaversimomendil K. K. 193°; 4) K. K. Narva majakale; 5) ankruleasumise aeg; 6) ankrukoha φ ja λ; 7) läbisõidetud miilide arv kella 10-st; 8) φ ja λ keskpäeval; 9) laeva kõrvalekandenurk hoovuse tõttu peale kella 12.00; 10) aeg, millal hakkas paistma Narva majakas.

Ülesanne 253. 15. aug. 1937. a. kell 12.00 (logi 20,5), asudes $\varphi = 59°45'$ N ja $\lambda = 26°40'$ Ost, asuti K. K. 340°, kiirusega 10 sõlme ja püsihoovuses NO-i, kiirusega 2 sõlme. Kell 13.24 (logi 34,5) pöörduti paremale ja võeti kurss arvestusega mööduda Suursaare Lõuna t./t-st 1,5 miili kauguselt, endise hoovusega.

Määrata: 1) laeva tee pärast kella 12.00; 2) laeva tõeline kiirus pärast k. 12.00; 3) K. K. peale pööret; 4) traaversikaugus P.-Virgini toodrist teisel kursil; 5) Suursaare Lõuna t./t. K. P. kell 14.00.

Ülesanne 254. Sõit Narva lahest Kroonlinna 1935. a. augustis. Nähtava silmapiiri kaugus — 6 miili. Püsihoovus NO-i 2 sõlme, logikiirus 12 sõlme. Laeva asukoht: $\varphi = 59°51'$ N ja $\lambda = 27°56{,}0'$ Ost.

Kell 8.00 (logi 0,0) lahkuti ankrult ja võeti kurss S.-Tütarsaare t./t-le. Kell 9.40 (logi 20,0) määrati asukoht, peilides S.-Tütarsaare t./t. (K. P. 131,2°) ja Vigrundi torni (K. P. 240,2°). Kell 9.45 (logi 21,0) pöörduti K. K. 247°. Kell 10.23 (logi 28,6) vähendati udu tõttu kiirus 6 sõlmeni. 1½ tunni pärast udu kadus. K. 11.35 (logi 36,8) määrati asukoht Suur-Tütarsaare t./t. (K. P. 32,5°), Suursaare Lõuna t./t. (K. P. 81°) ja Lavansaare torni (K. P. 262,8°) järgi ja k. 12.00 (logi 37,8) pöörduti paremale, märkides tee arvestusega mööduda 2,5 miili Narvi t./t. vasakult, ja suurendati kiirus 15 sõlmeni.

Määrata: 1) K. K. peale kella 8.00; 2) Vigrundi torni kaugus traaversimomendil teisel kursil; 3) K. K. ja laeva põhjakiirus pärast k. 12.00; 4) K. P. hetkel, millal kadus S.-Tütarsaare t./t.; 5) φ ja λ kell 12.00.

Ülesanne 255. Sõit Tallinnast Kroonlinna 1936. a. septembris. Kiirus logi järgi 12 sõlme, püsihoovus NW-i kiirusega 3 sõlme.

Kell 9.10 (logi 23,7), sõites K. K. 6°, peiliti Ruuskeri t./t. (K. P. 268°). Kell 9.30 (logi 27,7) võeti sama majaka teine peilung (K. P. 312,5°) ja saadi asukoht ristpeilimise

teel. Kell 9.36 (logi 28,9) pöörduti K. K. 108°. Kell 10.35 (logi 40,7) määrati asukoht majakate järgi: Ruuskeri (K. P. 82,5°), Suursaare Lõuna (K. P. 236°) ja S.-Tütarsaare (K. P. 318°). Kell 10.48 (logi 43,3), Suursaare L. t./t. meridiaanil, pöörduti vasemale ja määrati kurss arvestusega mööduda 2 miili vasemalt Lavansaare madaliku poist. Selle poi traaversis pöörduti paremale ja võeti kurss 100°.

Määrata: 1) laeva põhjakurss ja põhjakiirus peale kella 9.36; 2) P.-Virgini toodri kaugus, kui see oli traaversis; 3) K. K. ja laeva põhjakiirus peale k. 10.48; 4) φ ja λ kell 12.00; 5) paremalepöörde aeg Lavansaare madaliku poi juures.

Ülesanne 256. Aeg — 1938. a. august. Püsihoovus SO, kiirusega 3 sõlme. Logikiirus 15 sõlme. Nähtava silmapiiri kaugus 7 miili.

Kell 10.00 (logi 12,0), asudes $\varphi = 59°36{,}0'$ N ja $\lambda = 26°50{,}0'$ Ost, määrati kurss arvestusega mööduda 2,7 miili paremalt Neugrundi madaliku N-toodrist. Kell 11.09 (logi 29,3) määrati asukoht järgmiste peilungite järgi: S.-Tütarsaare t./t. (K. P. 143,5°), Vigrundi torn (K. P. 242°) ja kell 11.12 (logi 30,1) võeti K. K. 345,8°. Kell 11.42 (logi 37,6) vähendati udu tõttu kiirust 8 sõlmeni. Kell 14.40 udu kadus ja k. 14.45 (logi 62,0) määrati asukoht Suur-Sommersi t./t. (K. P. 191,2°), Narvi t./t. (K. P. 224,8°) ja Lavansaare torni (K. P. 275°) järgi. Määrati hoovuse tõeline kiirus ja võeti arvesse edasisel sõidul. K. 14.50 (logi 62,7) suurendati kiirust 20 sõlmeni ja k. 15.00 (logi 66,0) pöörduti arvestusega mööduda Lavansaare madaliku valgustatud poist 1,5 miili kauguselt.

Määrata: 1) K. K. ja põhjakiirus pärast kella 10.00; 2) φ ja λ keskpäeval; 3) põhjakurss kell 11.42 kuni 14.45; 4) Suur-Sommersi majaka traaverskaugus; 5) K. K. Lavansaare poi peale ja põhjakiirus.

Ülesanne 257. Sõidu aeg 1937. a. juuli. Püsihoovus NNO-i kiirusega 2 sõlme.

Kell 10.30 (logi 28,7), sõites K. K. 87° kiirusega 10 sõlme, määrati asukoht majakate järgi: Suursaare Ülem (K.P. 247°), Suursaare Lõuna (K. P. 275,5°) ja Ruuskeri (K. P. 345,2°). Kell 10.37 (logi 29,9) pöörduti paremale, märkides tee arvestusega mööduda 1,5 miili kauguselt Suursaare Lõuna majakast. Viimase merdiaanil (logi 40,1) võeti K. P. 60°. Kell 12.30 (logi 48,8) suurendati kiirust 15 sõlmeni. Kell 12.45 pöörduti 8 rumbi paremale, kell 13 pöörduti 8 rumbi vasemale ja võeti endine kurss. Kell 13.20 (logi 61,3) määrati asukoht majakate järgi: Narvi (K. P. 229,5°), Suur-Sommers (K. P. 181°) ja Lavansaare torn (K. P. 306,2°). Lavansaare poi traaversis pöörduti paremale ja võeti kurss 99°.

Määrata: 1) K. K. ja põhjakiirus pärast kella 10.37; 2) pöörde moment Suursaare Lõuna t./t. juures; 3) põhjakurss ja põhjakiirus pärast kella 13.00; 4) pöörde moment Lavansaare poi juures ja poi kaugus pöördemomendil; 5) K. K. ja põhjakiirus pärast pööret Lavansaare poi juures.

Ülesanne 258. Sõidu aeg — 1936. a. mai. Püsihoovus WNW kiirusega 3 sõlme. Logikiirus 12 sõlme. Laeva asukoht — $\varphi = 59°33'$ N ja $\lambda = 26°45'$ Ost.

Kell 8.15 (logi 0,0) lahkuti ankrult ja märgiti tee arvestusega mööduda 1 miili kauguselt paremalt poolt Neugrundi leetseljaku N-toodrit. Kell 10.40 (logi 29,1) määrati asukoht S.-Tütarsaare t./t. (K. P. 135°) ja Vigrundi torni (K. P. 248,5°) järgi ja kell 10.45 (logi 30,1) asuti K. K. 8,8°. Kell 11.55 (logi 44,1) pandi masin rikke tõttu seisma. Kell 12.35 (logi 44,3) rike parandatud, jätkati endist kurssi. Kell 13.00 (logi 49,3) pöörduti paremale, märkides suuna Narvi majakale. Kell 13.41 (logi 57,5) määrati asukoht Suur-Sommersi t./t. (K. P. 207°) ja tema kaugusemõõtjaga määratud kauguse — 45 kaab. — järgi. Kell 13.44 (logi 58,1) pöörduti paremale, märkides tee arvestusega mööduda 1 miil paremalt Lavansaare poist. Selle poi traaversis tõsteti kiirust 18 sõlmeni.

Määrata: 1) K. K. ja põhjakiirus pärast k. 8.15; 2) K. P. ja Suur-Tütarsaare t./t. kaugus traaversimomendil teisel kursil; 3) K. K. ja põhjakiirus pärast k. 13.00; 4) φ, λ ja loginäit keskpäeval; 5) pöörde aeg ja loginäit Lavansaare poi traaversis.

Ülesanne 259. Hoovus — WSW 2 miili tunnis. Nähtava silmapiiri kaugus — 5,5 miili. Sõidu aeg — 1935. a. august.

Kell 3.35 (logi 87,1), sõites K. K. 120°, võeti Vaindlo t./t. peilung — 358,2°. Kell 4.10 (logi 94,1) võeti sama majaka teine peilung (K. P. 80,5°). Kell 5.15 (logi 7,2) asuti K. K. 98°. Kell 6,41 (logi 24,4), kui Neugrundi N-tooder tuli traaverssi, muudeti kurssi arvestusega mööduda 4 miili kauguses Lavansaare poist.

Kell 8.05 (logi 41,2), jätkates sama kurssi, määrati asukoht peilungite järgi — S.-Tütarsaare t./t. ja Vigrundi torn (K. P. 77,2° ja 308°). Kell 8.13 (logi 42,8) vähendati udu tõttu kiirust. Kell 11.43 (logi 63,8) udu hajus. Kell 11.45 (logi 64,2) määrati asukoht kolme peilungiga: Suur-Sommersi t./t. (K. P. 162,8°), Narvi t./t. (K. P. 239°) ja Lavansaare torn (K. P. 324,5°). Kell 11.50 (logi 64,7) asuti K. K. 94°, suurendades käiku 18 sõlmeni.

Määrata: 1) asukoha φ ja λ kell 6.41; 2) K. K. ja põhjakiirus pärast k. 6.41; 3) lühim kaugus, milles möödus laev Lavansaare tornist udu ajal; 4) Narvi t./t. K. P. ja kellaaeg tema kadumise momendil; 5) Seivästö t./t. K. P. ja kaugus tema traaversi momendil.

Ülesanne 260. Narva-Jõesuust Kroonlinna. Aeg — 1936. a. juuli. Logiõiend — 0. Nähtava silmapiiri kaugus — 7,0 miili. Indeksiviga — 1°12′.

Arvestades hoovusega NNO, kiirusega 1 miil tunnis ja logikiirusega 9 miili, kell 8.00 (logi 20,1) lahkuti ankrult ($\varphi = 59°29{,}5'$ N ja $\lambda = 28°01{,}5'$ Ost) ja sõideti merele, võttes põhjakursi otse Suur-Tütarsaare majakale. Kell 10.00 (logi 38,2) määrati asukoht Vigrundi torni ja Suur-Tütarsaare t./t. järgi (K. P. 232,2° ja 148°). Leidnud tõelise kaugenemise ja võtnud selle arvesse kui hoovuse mõju edasiseks sõiduks, kell 10.08 (logi 39,4) muudeti kurssi arvestusega mööduda 4,5 miili kauguses vasemalt Lavansaare tornist.

Varsti tuli udu, milletõttu k. 11.04 (logi 47,8) vähendati kiirust 6 sõlmeni. Kell 12.35 (logi 56,9) peatuti masinarikke tõttu; kell 14.06 aga, rike parandatud, jätkati endist kurssi 6-sõlmese kiirusega. Kell 15.36 (logi 66,2), kui udu hajus, võeti Lavansaare torni peilung (K. P. 266,2°) ja mõõdeti sekstandiga nurk (69,2°) selle torni ja Suur-Sommersi t./t. vahel. Kell 15.40 (logi 66,6) asuti K. K. 53,2°, suurendades logikiiruse 15 sõlmeni.

Määrata: 1) K.K. pärast k. 8.00; 2) Vigrundi torni K. P. ja tema kaugus momendil, kui ta oli traaversis esimesel kursil; 3) K. K. ja põhjakiirus pärast k. 10.08; 4) Seiskari t./t. nähtavaleilmumise aeg; 5) koha φ ja λ k. 16.00.

Ülesanne 261. 15. mail 1937. a. kell 10.15 sõites K. K. 294°, parema halsi tihttuules, N-tuule ja kerge sombususega, triiviga ¾ rumbi, logikiirusega 8 sõlme ja hoovusega S-i, kiirusega 1,5 sõlme, — peiliti Narvi t./t. (K. P. 131,8°). Kell 10.51, kui Narvi t./t. tuli traaverssi, võeti selle teine peilung (K. P. 204°) ja määrati asukoht ristpeilungi teel. Kell 10.57 pööratud vasakule ja asuti kursile 250°, eeldusega, et triivi ei ole, et hoovus ja logikiirus on endised.

Kell 11.15, kui ilm selgines, mõõdeti sekstandiga (indeksiviga 0,0°) nurgad Narvi ja Suur-Sommersi t./t. — 119,2° — ning Suur-Sommersi ja Lavansaare torni vahel — 112°. Kell 11.20 jätkati sõitu arvestusega mööduda 2,5 miili kauguselt Suursaare Lõuna t./t-st, eeldusega, et triivi ei ole, et laeva kiirus on 10 sõlme ja hoovus endine.

Suursaare Lõuna t./t. traaversis, tuule muutudes StW-sse, asuti K. K. 267° arvestades vasema halsi triiviga ½ R, käigu kiirusega 7 sõlme ja S-i hoovuse lõppemisega.

Määrata: 1) traaversikaugus Narvi t./t-ni; 2) Suursaare Lõuna t./t. K. P. k. 12.30; 3) K. K. ja laeva põhjakiirus pärast kella 11.20; 4) aeg, millal Suursaare Lõuna t./t. tuli traaverssi; 5) φ ja λ kell 14.00.

Ülesanne 262. 1936. a. septembris, sõites K. K. 71,5°, kiirusega 9 sõlme WSW-tuules, triivita, kuid püsihoovuses O-i 2 miili tunnis, kell 10.15 arvati end olevat $\varphi = 59°56{,}0'$ N ja $\lambda = 26°23{,}7'$ Ost.

Kell 10.47 pööräuti paremale ja asuti K. K. 162,2°, arvestades parema halsi triiviga ¼ rumbi, kiirusega 8 sõlme ja endise hoovusega. Kell 11.45 määrati asukoht t./t. järgi: Vaindlo (K. P. 86,8°), Ruuskeri (K. P. 171,2°) ja P.-Virgini tooder (K. P. 212,8°) ja 45 min. pärast, SSW-i muutunud tuule tõttu, pööräuti vasakule ja asuti K. K-le 137,5°, arvestades parema halsi triiviga ½ rumbi, kiirusega 8 sõlme, ja endise hoovusega.

Kell 12.45 peiliti S.-Tütarsaare t./t. (K. P. 228°). Kell 13.30 võeti sama t./t. teine peilung (K. P. 199°) ja määranud koha ristpeilungi teel, kell 13.32 pööräuti vasemale, määrates põhjakursi Narvi t./t-le ja arvestades endise triivi, logikiiruse ja hoovusega.

Määrata: 1) Ruuskeri t./t. kaugus esimese pöörde momendil; 2) Väike-Tütarsaarest möödumise kaugus; 3) laeva põhjakiirus k. 12.30; 4) K. K. Narvi t./t-le ja laeva põhjakiirus; 5) φ ja λ kell 15.00.

Ülesanne 263. 3. aug. 1933. a. miinilaevade divisjon seisab ankrul $\varphi = 59°49{,}5'$ N ja $\lambda = 28°44{,}2'$ Ost sõiduvalmiduses nr. 3.

Flagmani signaali järgi kell 14.30 miinilaevad hiivasid ankrud ja asusid K. K. 339,2°, järgnedes lipulaevale selle kiilvees kiirusega 12 sõlme. Kell 15.32 määrati asukoht kahe peilungi järgi: Seiskari t./t. (K. P. 92,2°) ja Soikino kirik (K. P. 4,8°). Kell 15.35 flagman andis signaaliga kursi 85°. Signaali täitmine järgnes kell 15.41. Kell 15.46 suurendati kiirust 16 sõlmele.

Kell 15.51 miinilaev nr. 2 eraldus flagmani signaali järgi ja sõitis lähtepunkti, mis oli Demansteini madaliku märgist tõelise peilungi 20° järgi 70 kaab. kaugusel. Saabunud lähtepunkti, miinilaev nr. 2 asus vasaku parda kursinurgaga 60° märklaua poole ja alustas laskmist kahuritest. 15 min. pärast ta lõpetas laskmise ja suurendas kiiruse 20 sõlmeni, võttis kursi arvestusega mööduda 1 miili kauguses S-i poolt Garkalamatala N-toodrist.

Garkalamatala N-toodri traaversis miinilaev nr. 2 võttis kursi valgustatud poile Kurgali karist N-is, möödus sellest N poolt, vähendas käigu 12 sõlmeni ja võttis tõelise kursi 216°. Sõitnud selle kursiga 7,7 miili, miinilaev pöördus paremale ja suundus Suursaare Lõuna t./t. peale, tõstes kiiruse uuesti 16 sõlmeni.

Kell 18.51 võeti S.-Tütarsaare t./t-lt esimene peilung (K. P. 67,5°) ja pärast 5 miili sõitmist sama t./t. teine peilung (44,8°). Määranud asukoha ristpeilungi järgi ja jätkates sõitu endise kursiga, miinilaev nr. 2 kell 19.15 avastas tõelise peilungi 40° järgi 100 kaab. kauguses teised oma divisjoni miinilaevad, kes liikusid kursiga 250°. Oletades nende kiirust 16 sõlme, miinilaev nr. 2 suurendas oma kiiruse 20 sõlmeni ja asus lipulaeva vahetusse lähedusse.

Määrata: 1) miinilaeva asukoha laius ja pikkus kell 15.32; 2) miinilaeva K. K. pärast kella 15.51; 3) märkilaskmise alguse ja lõpu moment; 4) peilung ja märklaua kaugus laskmise lõpetamisel; 5) Garkalamatala N-toodri traaversi moment; 6) K. K. peale pööret Suursaare Lõuna t./t-le; 7) miinilaeva asukoht kell 19.10; 8) tõeline kurss k. 19.15 liitumiseks lipulaevaga ja liitumise moment.

Ülesanne 264. 19. aug. 1933. a. kell 3.20 miinilaev nr. 4, sõites tõelise kursiga 5°, asub $\varphi = 59°35{,}2'$ N ja $\lambda = 27°25{,}0'$ Ost. Kiirus — 12 sõlme.

Kell 4.08 võeti S.-Tütarsaare t./t. esimene peilung (K. P. 128,5°) ja pärast 4,8 miili sõitmist teine (K. P. 101,5°).Määranud koha, miinilaev nr. 4 kell 4.40 pöördus vasakule ja märkis kursi divisjoni ülema määratud kohtamispunktile, mis asus $\varphi = 60°01{,}0'$ N ja $\lambda = 27°12{,}3'$ Ost. Kell 5.00, sõites selle kursiga, miinilaev nr. 4 märkas vasakul K. P. 302°, 15 kaab. kauguses rohelist ja valget topituld ja samal ajal K. P. 98° punast ja kaht valget topituld. 25 min. pärast seda, arvates end olevat Suursaare Lõuna t./t-st 8,2 miili kaugusel tõelise peilungi 109° järgi, miinilaev nr. 4 märkas koidu taustal endast N-is oma divisjoni laevu ja näitas oma kutse-signaalid.

Kell 15.30, kui tõeline peilung divisjonile oli 16° ja kaugus juhtlaevani 50 kaab., miinilaev nr. 4, flagmani signaali järgi, suurendas kiiruse 20 sõlmeni ja suundus ühinemisele lipulaevaga. Täiesti lähenenud lipulaevale, miinilaev nr. 4 asus selle kiilvette ja vähendas kiiruse eskaadri käiguni — 12 sõlmeni.

Kell 6.30 miinilaev nr. 4 määras oma asukoha peilungite järgi: Lavansaare torn (K. P. 260,8°) ja S.-Sommersi t./t. (K. P. 9,8°). Kell 6.50, lipulaeva signaali järgi, ta suurendas käigu 24 sõlmeni ja asus nõutavale kursile, selleks et jõuda flagmani paremale traaversile 5 miili kauguses, ja lõpetanud manöövri, vähendas uuesti käigu eskaadri omani ja asus kursile paralleelselt lipulaevaga.

Kell 7.15, varem antud juhise kohaselt, miinilaev nr. 4 algas õppeharjutusega ja asus Sommersi majaka pidevale vasaku parda kursinurgale 40°. Olnud sellel kursinurgal 20 min., miinilaev nr. 4 lõpetas harjutuse, võttis kursi tõelise Ost ja suurendas kiirust 15 sõlmeni. Kell 8.15 ta ühines uuesti lipulaevaga Lavansaare madaliku valgustatud poi traaversis ja vähendas käigu 12 sõlmeni.

Kell 8.32 miinilaev nr. 4 määras oma koha nurkade järgi: Narvi t./t. — Sommersi t./t. — 73°60′ ja Sommersi t./t. — Lavansaare torn — 69°30′. Kell 8.40 miinilaevad, järgnedes lipulaevale, muutsid kursi paremale, arvestusega mööduda 1 miil lääne poolt Kisselevi madaliku Ost-toodrist. Kell 10.00 lipulaev asus tõeliselе kursile 180°. Kell 10.30 anti keskmine käik ja 7 minuti pärast — väike. Kell 10.47 jäädi signaali järgi ankrusse.

Määrata: 1) miinilaeva nr. 4 asukoht kell 4.42; 2) K. K. pärast k. 4.40; 3) miinilaeva nr. 4 tõeline kurss kell 5.30 ja tema ühinemise aeg divisjoniga; 4) miinilaeva nr. 4 asukoha laius ja pikkus kell 6.30; 5) tõeline kurss k. 6.50 ja harjutuse kestel; 6) tõeline peilung ja kaugus S.-Sommersi majakast ning harjutuse lõpetamise moment pideval kursinurgal; 7) miinilaeva nr. 4 asukoht k. 8.42; 8) ankrukoha laius ja pikkus.

§ 100. HARJUTUSI V PEATÜKILE.

265. Miks ei ole küllalt ainult laevatee märkimisest või arvutamisest?

266. Miks ei saa alati kindel olla observeeritud kohas?

267. Mida on vaja teada, et määrata laeva asukoht sõites kalda nähtavuses?

268. Kas määramine kahe nurga järgi annab alati laeva täpse asukoha?

269. Kas saab määrata asukohta nurkade järgi ilma sekstandita, kui on vaid kompass, mille deviatsioon on teadmata?

270. Missugustes tingimustes võib loota, et ei tule suurt veakolmnurka kohamääramisel kolme peilungi järgi?

271. Kas kolme eseme peilungid annavad alati laeva täpse asukoha?

272. Millistel juhtudel, kui kompassiõiend on antud, kohamääramine kahe peilungi järgi on soodsam?

273. Kas peilimise järjekorral on mõju saadud koha täpsusele määramisel kahe peilungi järgi?

274. Kui öösi on näha kaks majakat: vööri lähedal seisev ja traaversis vilkuv — millises järjes tuleb neid peilida?

275. Määrata eseme kaugus, kui tema kõrgus $H = 122$ m, nurk α aga, millega ta näha on laevalt, võrdub 1°42′.

276. Millise nurgaga on laevalt näha mägi kõrgusega 1830 m, kui laev on temast 6,5 miili kaugusel?

277. Kui suur on laeva kaugus mäest, mille kõrgus on 137 m, kui vertikaalnurk, millega nähtav mäe tipp, on 3°20′, silma kõrguse puhul 12 m?

278. Millest sõltub kauguse määramise täpsus vertikaalnurga järgi?

279. Kas võib usaldada ühe eseme järgi määratud asukohta?

280. Kuidas arvestada hoovuse mõju kohamääramisel ristpeilungi abil?

281. Kuidas määrata asukoht ristpeilungi abil, kui laev peilungite vahel muutis kurssi?

282. Milles on ristpeilungi erijuhtude paremus üldjuhu kõrval?

283. Miks ristpeilungi erijuhtude kasutamisel nurgad laeva kursi ja vajalike peilungite vahel määratakse kodariku, mitte aga asimuutringi järgi?

284. Mis mõte on ohunurkade kasutamisel, kui nad ei anna laeva asukohta?

Märkus. Kõik ülesannetes antud K. P. on K. P. lugemid.

VI peatükk.

SÕITMINE JA KOHAMÄÄRAMINE ERI OLUKORDADES.

§ 101. SÕITMINE UDUS.

Udu nimetatakse täie õigusega meremehe kõige kurjemaks vaenlaseks. Udu katab kinni kaldad ja kõik seal märgatavad esemed, kõik ujuvad mere hoiatusmärgid ja sunnib tahes või tahtmata piirduma märgitud või arvutatud sõiduteega, mis aga ei suuda tagada laevale küllaldaselt ohutut sõitu.

Mittearvestatavad kompassi ja logi vead, laeva hälbimine tundmata ja muutliku hoovuse tõttu ning võimatus udus kontrollida laeva asukohta observatsiooni teel asetavad laevajuhi sageli väga ohtlikku olukorda ja saavad vahel laevahuku põhjuseks. Sellepärast juba ammustest aegadest on püütud leida vahendeid võitluseks uduga, kuid kaua aega need püüded ei andnud tulemusi.

Kõige võimsamate tuletornide optiline jõud ei suuda läbi tungida udukattest.

Eriliste heliliste udusignaalide seadmine mõningatel kalda- ja tulelaevadel, kaugele merre ulatuvail neemedel, sadamate sissekäikudel jne. ei suuda ka alati olla kindlaks abivahendiks. Sellepärast endistel aegadel oli udussõitmisel kõige kindlamaks juhiks **lood.** Sõites aeglaselt ja ettevaatlikult ning pidevalt mõõtes mere sügavust loega, muudeti kurssi saadavate sügavusemõõdete järgi ja kui meri muutus madalaks, jäädi otsekohe ankrusse, et oodata udu hajumist.

Alles viimastel aegadel, seoses elektrotehnika arenemisega, on ilmunud uued navigatsioonilised vahendid laeva ohutuse tagamiseks udus ja uued elektromehaanilised navigatsioonilised seadised.

Allvee-signalisatsioon, raadiopeilimine, juhtivad elektrikaablid — kõik need uusima tehnika saavutused on üsna tõhusaks vahendiks võitluses udu vastu.

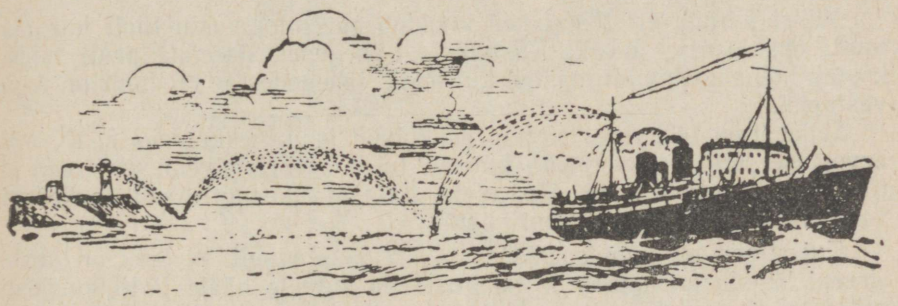
Ehkki need seadised praegusel kujul ei anna veel laevale täielikku tagatist ohutuks sõiduks udus, kuid juba need teravmeelsed teaduslikud

ideed, millele on rajatud nende ehitus, õigustavad meid lootma nende edasist täiustamist ja uskuma nende abil täielikult võita uduoht tulevikus.

Kuna uute elektromehaaniliste seadiste kasutamiseks peavad olema ka kaldal erilised seadmed, mida aga leidub veel väga vähestes punktides maakeral, siis tuleb meil tutvuda ka vanade vahenditega, mis pole oma tähtsust veel kaotanud.

§ 102. VANAD UDUSIGNAALID ÕHU KAUDU.

Merelsõitjate hoiatamiseks läheneva ohu eest on paljudes t./t. ja t./l. nii kaldalolevais kui ujuvais, kohtades, mis eriti tähtsad meresõidus, seatud erilised auru- või pneumaatilised sireenid või antakse muid



Joonis 77.

helisignaale — kahuripaugud, kellahelin jne. Udu, tormi, tuisu või sombususe puhul need vahendid annavad üksteisest erinevaid signaale, mida lähemalt tutvustavad vastavad lootsiad või majakate kirjeldused.

Kellasignaale antakse kahekordse löögi kujul vaheaegadega kuni 3 minutit. Kahelöögiline helistamine on seatud eristamiseks kirikukelladest ja meenutab laeva klassikella helinat. Udukella heli ei kuuldu kuigi kaugele ja ta hoiatab laeva alles siis, kui see on juba üsna ohu lähedal.

Kahuripauke ei saa anda pidevalt, sellepärast signaallaske ei anta sagedamini kui 15 minuti takka, peamiselt vastates laevalt antavaile viledele või paukudele.

Kõige tõhusamateks udusignaalideks on sireenide signaalid, mis töötavad kas auruga või suruõhuga ja on kuulda kümnete miilide kaugusele. Kuid nemadki võivad aidata vaid osaliselt.

Katsed on näidanud, et sellises ebaühtlases keskkonnas, kui seda on udu, hääl levib ebakorrapäraselt ja mittesirgjooneliselt, hälbides nii vertikaalses kui horisontaalses suunas (joon. 77). Nii juhtub, et kalda lähedal on hääl kuulda, siis kaugenedes merele aegamööda nõrgeneb ja

kaob hoopis, edasi aga, veel kaugenedes ta on jälle kuulda, siis jälle kaob, mis võib kaldast kaugenedes korduda mitu korda.

Sellest järgneb, et **sireeni heli järgi ei saa milgi kombel otsustada tema kaugust.** Katsed on näidanud, et ühe ja sama vaikse ja selge ilmaga sireeni kuuldavus kõigub 2,5 kuni 16,5 miilini.

Kui hääle levimise teel on takistusi, kaljude, neemede, saarte jne. kujul, siis sireeni hääl nõrgeneb. Mäed ja kaljud sireeni taga samuti mõjutavad hääle kajastumise ja levimise korrapärasust.

Ka ei saa suunda sireenile määrata selle rumbiga, millega hääl meile näib saabuvat, sest siin võivad tekkida vead mitu rumbi. On tähele pandud, et õhkkonna teatava seisundi korral udusignaalidega kaasub vastukaja, mille suund ei ühtu sireeni tõelise rumbiga. Eriti sageli võib seda märgata tiheda udu puhul, kõrgete kallaste, jäämägede, isegi suurte purjekate läheduses.

Vahel juhtub, et sireeni heli kuuldub paremini vastu tuult kui alla tuult, ehkki meie arvaks vastupidi. Lähenedes sireenile pealt tuule, kostab heli sagedamini mastist kui tekilt, lähenedes vastu tuult on lugu vastupidi.

Sellepärast lähenedes sireeni asukohale ja mitte kuuldes häält, mis arvestuse järgi peaks olema kuulda, tuleb arvata pigem, et sireen ei tööta, ja kasutada loodi. Hea oleks ka saata kedagi masti ja kedagi veejoonele — püüdma sireeni häält.

Kui sireen on kuulda, siis saab järeldada ainult, et laev on kuski sireeni läheduses, kuid selle kaugust ega suunda hääle järgi kindlasti määrata ei saa. Nii ei suuda helisignalisatsioon tagada ohutut sõitu udus. Ta vaid hoiatab ohu lähedusest.

Sõites kõrgete mägiste kallaste läheduses laev vahel annab vile, ja vastukaja tagasijõudmise aja järgi otsustab kalda kauguse. Kui mäed lähenevad kallasteni ahelikkudena, millede vahel on sügavad orud, siis vile vastukaja tunnistab, et laeva traaversis on mägi, kui vastukaja ei tule, siis on org.

Sellised võtted ei ole kuigi täpsed, annavad vaid mingisuguse ebamäärase viite laeva asukoha määramiseks.

§ 103. UUSIMAID ÕHU-HELISAATJAID.

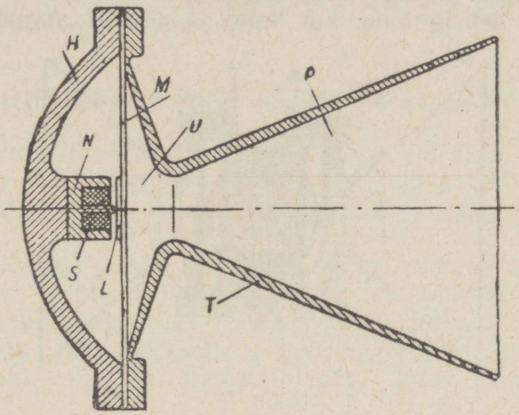
Uusimate õhu-helilähetajate hulka kuuluvad kõigepealt **nautofoonid,** mida leidub praegu paljudes kaldapunktides ja tulelaevadel, kus nad täiel määral vastavad nendele pandud lootustele.

Oma ehituselt nautofoonid jaguvad elektromagnetilisteks ja elektrodünaamilisteks.

Elektromagnetiline nautofoon (joon. 78) on kerasegmendikujuline metallkarp *H*, mille külge on kinnitatud membraan *M* ja ruupor *T*, mis oma painuga moodustab kaks õhukambrit *U* ja *P*. Karbi *H* sees on

elektromagnet, mis koosneb südamikust *N* ja kahest rullist. Elektromagneti ankur *L* kinnitub membraani *M* külge.

Alalisvoolu läbilaskmisel ühest rullist südamik *N* magnetiseerub, vahelduvvoolu läbilaskmisel teisest tekib magnetiväli, mille pinge perioodiliselt muutub, sõltuvalt vahelduvvoolu sagedusest. Elektromagneti ankru vahelduvad külgetõmbed ja tagasilasked panevad ankruga ühendatud membraani võnkuma ja andma helilaineid, mis antakse õhku edasi ruupori *T* kaudu. Tooni kõrgus ja hääle jõud sõltub voolu sagedusest ja võngete tugevusest. Hääle intensiivsus on suurim, kui membraani resonanss ühtib vahelduvvoolu sagedusega ja kui membraani võnked ei siirdu välisõhku otseselt, vaid õhukambri *U*



Joonis 78.

kaudu. Nautofooni helivõngete sagedus võrdub 525 perioodiga sekundis, hääle võimsus — 100—300 vatti. Elektrodünaamiline nautofoon (joon. 79) annab tugevama hääle, sest tema helivõimsus on 500—1000 vatti. Neil nautofoonidel on üks või kaks membraani, mis on asetatud diametraal-vastupidiselt teineteisele.

Vasksilinder *a* on tugevas magnetiväljas *b*. Vahelduvvool läbides ankru *c* mähist indutseerib silindris *a* Foucault' voolud. Koos magnetivooluga, mida tekitab mähises alaline vool, Foucault' voolud põhjustavad võimsaid võnkeid silindris *a* ja ühes sellega ka ketastes *d* ja membraanis *e*. Membraani võnked kanduvad edasi õhku ja põhjustavad tugevaid helisid, mis väljuvad õhukambrite ja ruupori *f* kaudu.

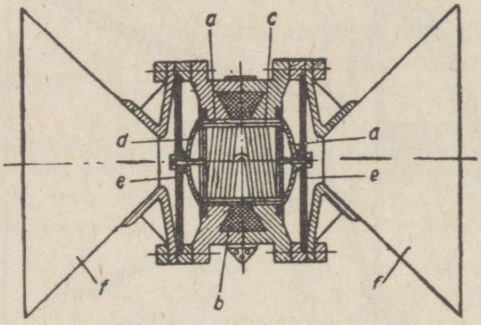
Rühmalisel paigutusel nautofooni heli ei levi mitte sfääride järgi, vaid horisontaalkihina, mis tõstab tema heli võimsust.

Nautofooni tegevuse ulatus sõltub õhkkonna seisundist ja tema seadistuse kohalikest tingimusist. Soodsail tingimustel nautofooni signaalid on kuulda 6—10 miilini.

Nautofooni ülesseadmiseks on vajalik erilist elektromehaanilise seadeldise olemasolu (umformer elektrivõrgu voolu alaldamiseks ühefaasiliseks kõrge sagedusega — 525 perioodi sekundis — vahelduvvooluks jm.).

Nautofooni kasutatakse veel peale kaldajaamade tulelaevadel ja laevadel udusignaalide andmiseks. Tulelaevadel nautofooni signaalid kombineeritakse veealuste helisignaalide ja raadiosignaalidega, moodustades nn. „udusignaalide kolmekordse seadistuse".

Teiseks seadiseks moodsa udusignalisatsiooni alal on **diafoon,** mis töötab suruõhuga. Tema peaosaks on kolb, mis liigub silindris üles ja alla lühikeste ja kiirete võngetega oma telje suunas. Kolvi ja silindri pinnal on väikesed ümmargused augud. Suruõhu läbimisel neist aukudest tekib rida helisignaale, kui kolvi ja silindri augud satuvad üks-



Joonis 79.

teise vastu. Kolvi paneb liikuma osa sellest suruõhust, mis läheb signaalide tekitamiseks.

Helisignaalide kestus on eri tüüpi diafoonidel erinev ja kõigub 2—15 sekundi piirides. Kolvi diameeter on väikestel diafoonidel 3,8—5,7 sm, suurtel 22—25 sm. Diafoonidel nagu nautofoonidelgi on üks või kaks ruuporit, millede teljed on kas horisontaalselt või vertikaalselt. Viimasel juhul on diafooni ruuporil reflektor heli horisontaalseks suunamiseks.

Ka diafoon vajab töötamiseks vastavat seadistust: kellamehhanism, mis reguleerib helisignaalide „iseloomu", õhukompressorid, seadis õhu kokkusurumiseks, suruõhu säilitamiseks, torustikud jne.

Diafooni kuuldekaugus erineb seadise suuruse järgi. USA-s toimitud uurimiste tulemusi:

Diafooni tüüp	Kolvi diameeter	Maksimaalne kuuldekaugus
C	7,6 sm	7 miili
F	12,7 „	20—28 „
G	16,0 „	24—35 „
K	22.0 „	40 „

Neid andmeid tuleb aga võtta suure ettevaatlikkusega, sest nad kõiguvad tugevasti õhkkonna seisundi järgi.

Sellest hoolimata on diafoon väärtuslikuks õhu-helisignalisatsiooni seadiseks, mille levimist tuleb tervitada.

Eelmisega sarnaneb rootsi signaalaparaat **tüfoon,** mis töötab ka suruõhu või auruga. Tüfooni tööd reguleerib kang. Kui keerata kang kõrvale, siis suruõhu juga tõukab membraani, mis asetseb ruuporiga varustatud metallkarbis, ja paneb selle võnkuma. Võnked tekitavad tugeva puhta tooni. Seadised on vastavalt oma eesmärgile erisugused. Membraani diameeter kõigub 75—425 mm, kuuldavus ulatub 8—10 miili, vahel ka 16—25 meremiili. Seadist kasutatakse nii tuletornides kui tulelaevades, laevades vile või sireeni asemel, allveelaevadel, aga ka trammidel, mootorpaatidel jm.

§ 104. KOHAMÄÄRAMINE KURSI JA SÜGAVUSE JÄRGI.

Kuna õhu-heli-udusignaalid ei võimalda määrata asukohta, laev aga, kes sattus kalda läheduses uttu, vajab hädasti mingisugust kohamääramise võimalust, siis kasutatakse igas laevas olevat kindlat vahendit — **loodi.**

Hoolikas sügavuste mõõtmine kindlate ja korrapäraste vaheaegade järele võimaldab sageli üsna hästi kontrollida oma asukohta ja jõuda õnnelikult oma sihtkohale. See võte on eriti hea ranniku läheduses, kus sügavus muutub korrapäraselt ja võrdsügavuste jooned kulgevad paralleelselt omavahel ja kaldaga, näit. Jüüti ranniku läheduses Põhjameres.

Kohamääramine loe abil seisneb järgmises. Arvestades, kui palju aega kulub laeva käesoleva kiirusega vahemaa sõitmiseks arvude vahel, mis kaardil kursi läheduses tähistavad sügavusi, hakatakse vastavate vaheaegade järele loodima, millega määratakse sügavus ja saadakse mingi tunnus mere põhjast. Igal mõõtmisel märgitakse ka kellaaeg ja loginäit.

Kui on saadud terve sari (10—12) sügavusi, tõmmatakse läbipaistvale paberile meridiaan, paralleel ning laeva kurss ja märgitakse viimasele kaardi mastaabis punktid, mis laev läbib kahe üksteisele järgneva sügavusemõõtmise vahel. Iga punkti juurde kirjutatakse kellaaeg, mõõdetud sügavus ja merepõhja iseloom.

Siis asetatakse see paber kaardile, laeva arvutatud asukohale ja liigutatakse seda (säilitades paberi ja kaardi meridiaani paralleelsust) kas edasi-tagasi kurssi mööda või üles-alla, kuni paberile märgitud sügavused ühtivad kaardil-antuiga.

Näit. uduga sõideti sisse Soome lahte, kell 10.00-st liiguti vähendatud 9-sõlmese käiguga, loodides iga poole tunni järele, sest selles lahe osas, antud kursiga 90°, sügavused esinevad kaardil (kaart

on vana ja sügavused on süldades) umbes 4,5 miili järele. Saanud kella 10.00 kuni 15.30 11 sügavust, kanti need läbipaistvale paberile, asetati see kaardile ja leiti küllalt tõenäoline laevatee selle ajavahemiku eest.

Tõepoolest, kaart näitab, et põhja pool sellest joonest on sügavused mõõdetuist väiksemad, lõuna pool — suuremad. Sellepärast k. 15.30 võib laev üsna kindlasti pidada oma asukohaks 289° Pakri tuletornist 11,5 miili kaugusel.

Vahel võib juhtuda, et kaardil leidub koht, kus kõik sügavused erinevad mõõdetuist ühe ja sama suuruse võrra. Selle põhjuseks võib olla merepinna kõrguse muutumine tugevast tuulest, tõusust või mõõnast. Sellepärast kohtades, kus esineb tõus ja mõõn, tuleb taandada mõõdetud sügavused enne sellele tasemele, milles on antud sügavused käesoleval kaardil: inglise kaartidel — vähima kallutuse keskmisele tasemele, vene ja prantsuse kaartidel — käesoleval kohal üldse tähelepandud madalaimale tasemele.

Sel teel leiame kaardil need sügavused, mida mööda laev liikus mõõtmise ajal, viimane punkt annab laeva asukoha viimasel mõõtmisel.

See võte ei võimalda suurt täpsust, kuid kohtades, kus mere põhi tõuseb ühtlaselt, ta annab suurepäraseid tulemusi. Vana vene laevastiku praktikast on teada juhtumeid, kus laev udus sõitis läbi Põhjamere, Skagerraki ja Kategati üksi vaid loe abil, või Läänemere lõunaosast sõitis sisse Soome lahte ja liikus siin vaid loe abil.

Vahel seoses loe kasutamisega, kui seda lubavad kohalikud tingimused, valitakse selline kurss, mis viiks välja kaardil märgitud esemele: tuletornile, neemele, tornile jne. Sel juhul, sõites väikese käiguga ning loodides võib udust hoolimata jõuda eseme nähtavuseni ja sellega ligikaudselt kontrollida oma asukohta.

Kuid selle võtte kasutamine vajab suurt ettevaatust ja hoolsat kaardi uurimist. Esemele lähenemisel peavad sügavused vähenema aegamööda, nende mõõtmine peab olema küllalt üksikasjalik ja valitud kursil eseme lähedal ei tohi olla laevale mingisuguseid ohte.

Selle kohakontrollimisvõtte rakendamine andis sõitmisel liinilaeval „Pariisi Kommuun" hilissügisel üsna häid tulemusi Läänemeres Hoborgi ja Arkona t./t., ning Biskaya lahes Oleroni saare t./t. ja Villano neeme juures.

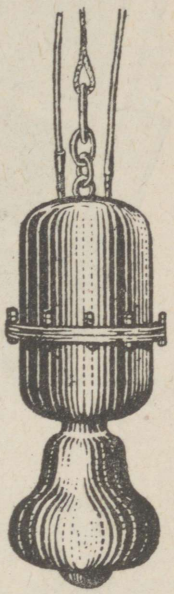
Üldse peab lood sõitmise ajal olema alati kasutamisvalmis. Järsku saabunud udu või sombuga võimaldab hoolikas ja korrapärane sügavuse mõõtmine jälgida laeva liikumist ja õigeaegselt vältida ohte. Ei ole põlatav ka James'i hoiatav lood, kui see on laevas olemas. See on kena seadis, mis hoiatab laeva väikestele sügavustele lähenemisel.

Praegu tarvituselevõetavad kajaloed lihtsustavad ja kiirendavad palju sügavustemõõtmist ja nende abil võib alati pidevalt teada mere sügavust laeva kiilu all.

§ 105. KOHAMÄÄRAMINE VEEALUSE KELLA ABIL.

Vesi on õhuga võrreldes palju sobivamaks keskkonnaks helisignaalide edasiandmiseks. Vee omadused on igas suunas peagu samad ja heli levimist vees ei mõjuta ilmastik, tuul ega lainetus ja peale selle on heli levimiskiirus vees peagu 4 korda suurem kui õhus. Sellepärast on veealused helisignaalid meremehele väga väärtuslikuks vahendiks laevajuhtimise ohutuse tagamisel.

Peale selle, et veealused signaalid ulatuvad kaugemale kui õhusignaalid, nad võimaldavad määrata ka laeva asukohta. Nende puhul võib kõnet olla peilimisest, mida ei saa öelda õhusignaalide kohta.



Joonis 80.

Veealune signaliseerimine vajab oma erilist seadistust, nii kaldal — signaalide tekitamiseks, kui laeval — nende vastuvõtmiseks.

Lihtsaimaks helienergia lähetajaks on erikujuline veealune kell (joon. 80), kaaluga u. 250 kg, mille peagu kogu raskus on koondatud tema äärtesse, mis, nagu on näidanud rohkearvulised katsed, takistab kella võngete vaibumist. Selline kell riputatakse kettide otsa tulelaeva põhja alla või seatakse kolmjalale mere põhja sadamate sissesõidukohtadel.

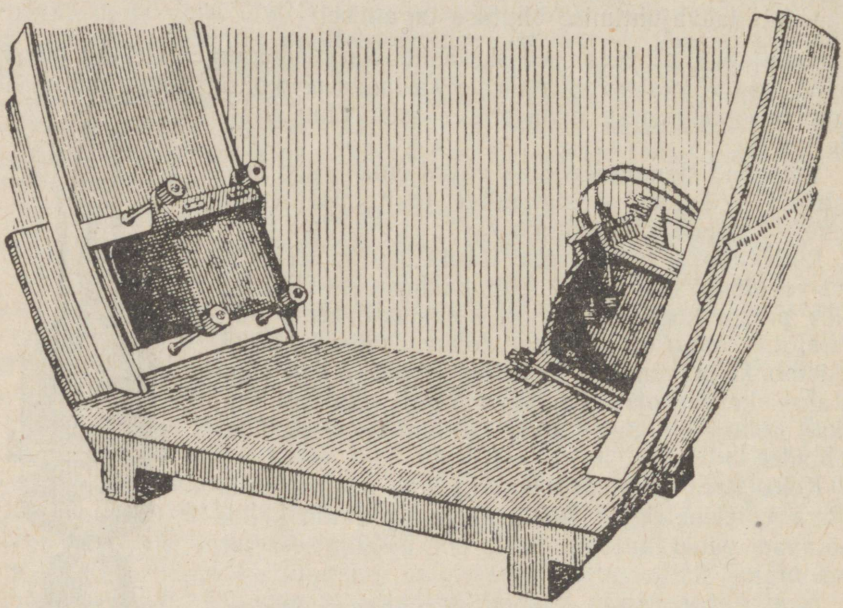
Kella kara pannakse liikuma kas käega, suruõhuga või elektriga. Poide külge riputatud kellad töötavad vahel automaatselt, poi õõtsumisest lainete mõjul.

Igale kellale, tema eristamiseks naaberkelladest, on omistatud oma eriline signaal — üks, kaks või mitu lööki mitmesuguste vaheaegadega. Majakate kirjeldustes antakse iga veealuse kella iseloomustus.

Vastuvõtja laevas koosneb kahest mikrofonist laeva veealuses osas, paremal ja vasakul pardal erilistes veega täidetud kambreis *a* ja *b* (joon. 81). Mikrofon *c* on väike karp, täidetud söepulbriga ja kaetud membraaniga. Helilained muunduvad mikrofonis vastavaiks elektrivoolu võnkeiks, mis lähevad juhtmeid mööda vastuvõtja telefoniaparaati laevasillal (joon. 82).

On olemas veel teine, suuremamõõtmeline, nn. äärikvastuvõtja tüüp. Dokis viibimisel lõigatakse laeva pardasse ümmargune auk, mille ääred kindlustatakse äärikuga. Viimasesse kruvitakse kamber (joon. 83) vastuvõtjaga *G*, mille välispinnaks on vaskmembraan *M*, läbimõõduga 130 mm. Seestpoolt on membraanile kinnitatud mikrofon *F*.

Sellises seadises võtab membraan veealuselt kellalt tuleva heli vastu vahetult, mitte läbi laeva parda kogu paksuse, nagu on lugu esimest tüüpi vastuvõtjas. Kuid selle eest mõjutavad teda igasugused muud veekohinad, mis tekivad laeva liikumisel, nii et tegelikult selle seadise vastuvõetavate signaalide jõud ja kaugus pole tõeliselt suuremad kui vanadel vastuvõtjailgi.



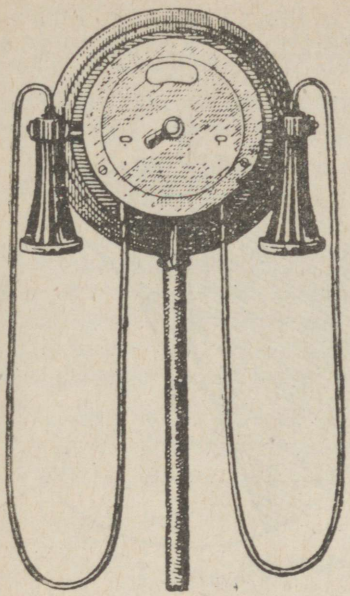
Joonis 81.

Vastuvõtjad seatakse laeva veealusesse ossa mõlemale pardale, vähemasti 5,5 m (18 jalga) alla veeliini ja mitte lähemale kui 20 m (66 jalga) laeva ninast.

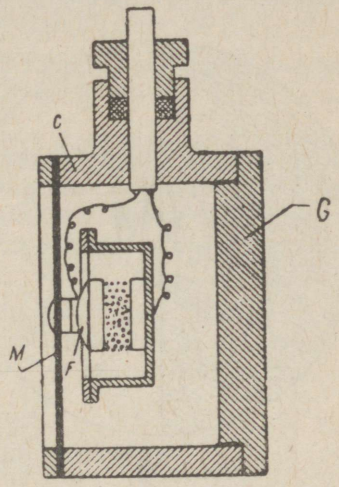
Kuuldeaparaat sillal (joon. 82) on kahe kuuldetoruga *a* parema ja vasaku parda vastuvõtja jaoks, ja eriline ümberlülitaja *b* võimaldab soovi järgi kuulata kas selle või teise parda mikrofoni.

Kui kella tekitatud helilaine jõuab laeva pardani, paneb ta mikrofoni membraani võnkuma ja selle parda vastuvõtu-telefonis, mis on pöördud kella poole, on kuulda heli.

Ameerikas sooritatud katsed on näidanud, et veealuse kella signaal ulatub keskmiselt kuni 23 miilini.



Joonis 82.



Joonis 83.

§ 106. VEEALUSE KELLA JÄRGI KOHAMÄÄRAMISE TEGELIK SOORITAMINE.

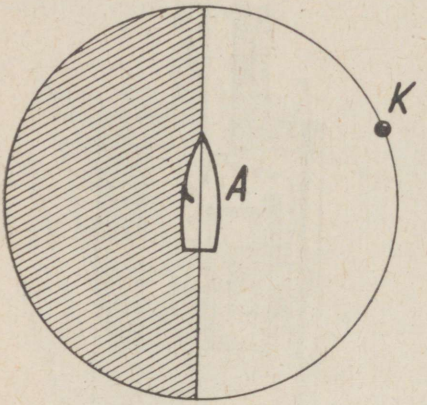
Kuna laeva keret, mis on mõlema parda vastuvõtjate vahel, võib vaadelda kui keha, mis annab „häälevarju", siis seisundis *A* (joon. 84) kella *K* heli saab kuulda olla vaid paremal poolel, vasakul aga pole seda üldse kuulda, või kuuldub nõrgalt. Katsetest on selgunud, et kõige paremini kostab heli, kui veealune kell on laeva traaversis või kaks rumbi sellest eespool.

Heli pole mikrofonis peagu üldse kuuldav, kui ta saabub laeva ninast 4^0 nurgi laeva diametraaltasapinnaga või umbes 6 rumbi traaversist tahapoole, sõltuvalt laeva tüübist.

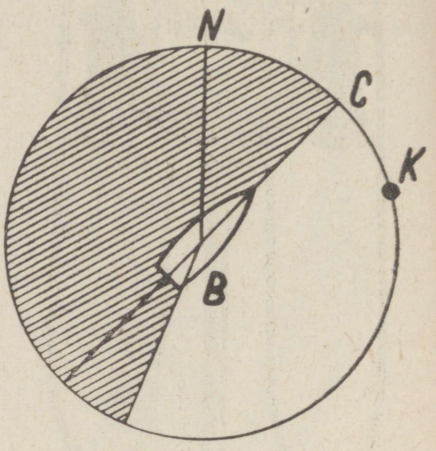
Siit järeldub ka lihtne kohamääramisvõte veealuse kella abil.

Kui arvatakse end olevat veealuse kella tegevuse piires, hakatakse järgemööda kuulatlema mõlema parda mikrofone. Kui kuuldakse lõpuks, ütleme, heli paremalt pardalt, siis pöördakse rool paremale, aegamööda suunates laeva kella poole. Heli hakkab aegamööda nõrgenema, kaob hoopis, ja hakkab viimaks kuulduma vasemalt pardalt. Märgitakse (joon. 85) kompassikurss *NBC*, milles heli kadus ühe parda

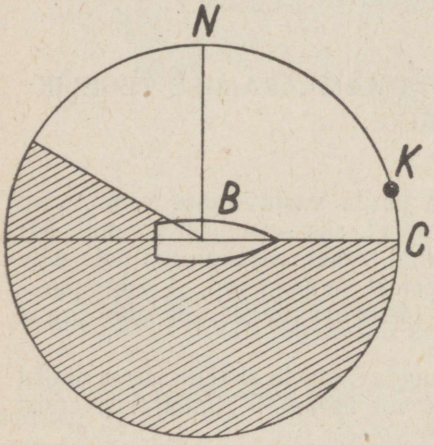
telefonis ja K. K. NBC_1 (joon. 86), milles ta ilmus vastasparda telefonis. Keskmine kurss (joon. 87) *NBK* kahe märgitud K. K. vahel ongi veealuse kella kompassipeilung.



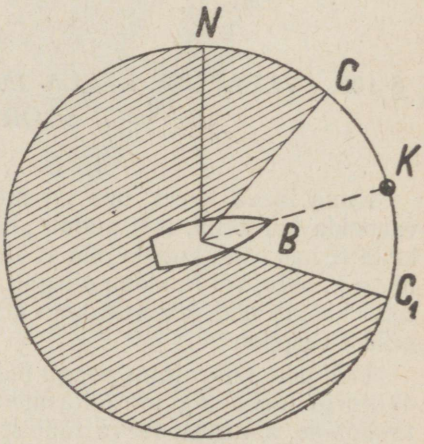
Joonis 84.



Joonis 85.



Joonis 86.



Joonis 87.

Kui heli üldse täiesti ei kao, siis veealuse kella peilung võrdub selle kompassikursiga, milles heli tugevus mõlema parda telefonides on ühesugune.

Kontrollimiseks tehakse tsirkulatsioon vastusuunas ja võetakse teiskordselt veealuse kella peilung.

Sõidetakse mõni aeg oma kursiga edasi ja võetakse teine helipeilung ning määratakse asukoht ristpeilimise teel. Kontrolli mõttes oleks hea, kui see osutub võimalikuks, mööta mere sügavust.

Võib toimida ka teisiti: määranud kella suuna, võib võtta kursi sellele ja sõita tasase käiguga, kuni tulelaev tuleb nähtavale.

Akustilise kohamääramise täpsus küünib kuni 1°, mis veealuse kella võrdlemisi väikese kauguse tõttu (10—15 miili) annab küllaldase kohamääramise täpsuse.

Veealune helisignalisatsioon on tõhus vahend laeva ohutuse tagamiseks udu puhul. Vastavate seadistuste arvu kasvamine nii kaldal kui laevadel tõestab selle uue vahendi praktilisust ja usaldatavust. Praegusel ajal peagu kõik kaugesõidulaevad omavad vastuvõtjaid veealuse kella signaalide püüdmiseks.

Tuleb märkida, et veealuse kella signaale võib laeva veealuses osas kuulda ka inimkõrvaga, ilma eriliste vastuvõtjateta, palju suuremates kaugustes kui õhusignaale, ainult peilungit ei saa vastuvõtjata võtta.

§ 107. MEMBRAAN-OSTSILLAATORID.

Veealused kellad asenduvad aegamööda membraan-ostsillaatoritega, mis on palju võimsamad helienergia lähetajad. Üks esimesi seda laadi lähetajaid on Fessendeni ostsillaator. Tema vasksilinder, mis on ühendatud diafragmaga, asub tugevas magnetiväljas, mille moodustab kõrgsageduse vahelduvvool. Silindri võnked põhjustavad diafragma võnkumist, millest tekib teatavat tooni heli.

Diafragma asub allpool veeliini.

Ostsillaatoriga võib signaale anda ja vastu võtta. Signaale antakse Morse tähestiku järgi ja võetakse vastu kuulamisega telefoni teel.

Vastuvõtu-ostsillaatorid paigutatakse mõlemale pardale umbes 4 m allapoole veeliini ja akustilist peilungit võetakse nagu vanade vastuvõtjategagi.

Kõige moodsamad on firma Pinch membraan-ostsillaatorid.

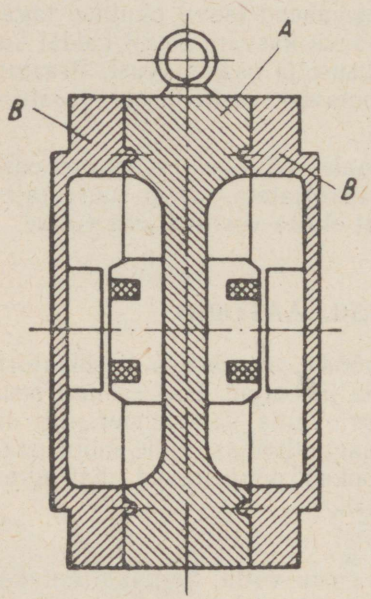
Joonisel 88 on esitatud selle firma kahe membraaniga ostsillaator. Täht *A* tähistab seadise keret, täht *B* — diafragmat, paksusega u. 10 mm ja valmistatud eriliiki terasest. Membraanidele kinnituvad ankrud, millede vastas kere küljes asuvad elektromagnetid, millede rullidesse lastakse vahelduvvoolu.

Joon. 89 kujutab seda ostsillaatorit tema proovimisel veega täidetud kastis.

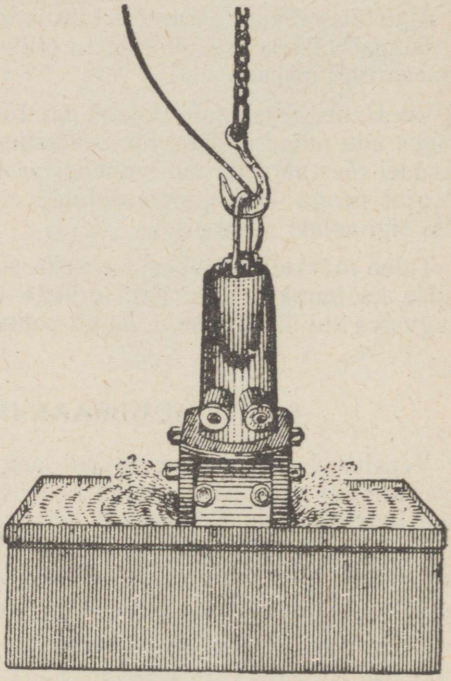
Ostsillaatoreid on rühmalisi ja suunatud tegevusega.

Seadistamisviisi järgi eristatakse neid:

1) mis lastakse vette läbi laevas selleks eriliselt ehitatud kaevu;
2) mis lastakse vette vintsiga, näit. kas või paaditalalt;
3) mis on paigutatud laeva põhja;
4) mis on riputatud kolmjala külge ja lastud mere põhja.



Joonis 88.



Joonis 89.

§ 108. KOHAMÄÄRAMINE RAADIO JÄRGI.

Orienteeritud raadiotelegrafeerimine on uueks ja paljutõotavaks vahendiks kohamääramisel udu ajal.

Praegusel ajal on võimalik leida asukoht raadio järgi neljal viisil:

1. Olemasolevad **kalda raadiopeilingaatorijaamad** määravad laeva soovil tema asukoha ja tavalise raadioteatega annavad edasi laeva laiuse ja pikkuse.

2. Laev, mis on varustatud **raadiopeilingaatoriga,** võib võtta ise raadiopeilungi ükskõik milliselt kalda-raadiojaamalt, mille asukoht on kaardil täpselt märgitud. Saanud kahe jaama raadiopeilungid ja asetanud need kaardile, saadaksegi asukoht kahe raadiopeilungi järgi.

Eriliselt ehitatud **raadiomajakad** — kaldajaamad, mis udu ajal pidevalt lähetavad raadio teel teatavaid tingsignaale — võimaldavad kasutada neid kui tavalisi t./t., s. t. kahe t./t. puhul määrata asukoht kahe peilungi järgi, ühe puhul — ristpeilungi teel.

Kui t./t. ühtaegu raadiosignaaliga lähetab ka helisignaale — kas allvee- või õhu- — siis teades hääle levimiskiirust, ajavahemiku järgi raadio- ja helisignaali vastuvõtu vahel arvestatakse laeva kaugus jaamast ning saadakse asukoht peilungi ja kauguse järgi.

3. On olemas veel erilisi kalda-raadioseadmeid, nn. **raadioprožektorid,** mis kiirgavad elektromagnetilisi laineid vaid ühe kitsa sektori piires, nagu seda teeb tavaline t./t. oma valgustussektoriga. Sellise sektori nurga harude vahe võib olla 10^0—15^0.

Avastanud oma **tavalise** laeva-vastuvõtjaga (**orienteerimata**) raadioprožektori tingsignaali, laev saab teada, et ta on selle raadioprožektori nurga piires.

4. **Pöörlevad raadiomajakad,** millede kiirgamisjõud on eri suunas erisugune, võimaldavad vaatlejale määrata raadiopeilungi ilma mingisuguste arvutusteta, kasutades vaid sekundimõõtjat skaalaga kraadides.

Raadio kasutamine navigatsiooniliste sihtidega üha kasvab, samuti kasvab eriseadistuste arv nii kaldal kui laevadel. „Admiralty List of Wireless Signals" (v. 1 — 1935) on antud olemasolevate kalda-raadiopeilingaatorijaamade ja raadiomajakate arv. 1. jaan. 1935. a. (vt. tabel 17).

Tabel 17. Navigatsiooniliste raadioseadistuste paigutus.

	Inglismaa	Saksamaa	Hollandi	Taani	Hispaania	Itaalia	Norra	USA	Prantsusmaa	Rootsi	Muud	Euroopa	Aafrika	Aasia	Austraalia	Ameerika		Üldse	
																Idarannik	Läänerannik		
Kalda-raadiopeilimisjaamu	29	4	—	—	4	4	4	38	7	4	30	42	4	18	—	41	19	124	359
Raadiomajakaid	46	13	3	20	6	5	3	68	25	9	37	113	3	23	1	66	29	235	

§ 109. RAADIOPEILIMISSEADMETE EHITUSE ALUSED.

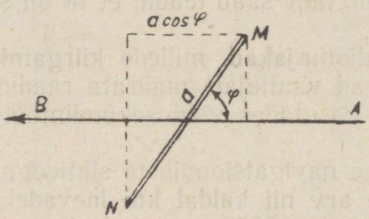
Praegusel ajal leidub raadiopeilimisseadmeid järgmist tüüpi:
1) tavalised pöörderaamid,
2) kahekordsed pöörderaamid,

3) raadiogoniomeetrid (Bellini ja Tosi),
4) raadioprožektor,
5) pöörlevad raadiomajakad.

Laskumata iga tüübi ehituse tehnilistesse detailidesse, anname siin vaid lühikese käsituse nende töötamise põhimõtteist.

1. **Tavaline raam** on puust, kas ruudu, paljunurga või ringi kujuline, millele on mähitud mitu keerdu juhet.

Kui elektromognetiline laine (joon. 90) jõuab raamini MN, mille külg $MN = a$, suunas AB, mis moodustab raami tasapinnaga nurga φ, siis ta alul saavutab lähetajale lähema juhtme M ja mõne aja pärast, mis laine vajab kauguse $a.\cos\varphi$ läbimiseks, ka kaugeima osa N. Selletõttu raami eelmises ja tagumises vertikaalosas tekivad erisugused elektromotoorsed jõud, mille tulemusena raamis ilmub elektrivool.



Joonis 90.

Raamis indutseeruv sisemine elektromotoorne jõud E omab väljendit:

$$E = E_0\, 2\pi \frac{a^2}{\lambda} \cos\varphi,$$

kus suurus E_0 iseloomustab läbiva laine elektrilise välja pinget, λ aga laine pikkust.

See väljend näitab, et E sõltub φ-st; nurga $\varphi = 0^0$ puhul E on maksimaalne ja raamiga ühenduses olevas telefonis heli jõud on kõige suurem; kui $\varphi = 90^0$, siis $E = O$ ja heli telefonis kaob.

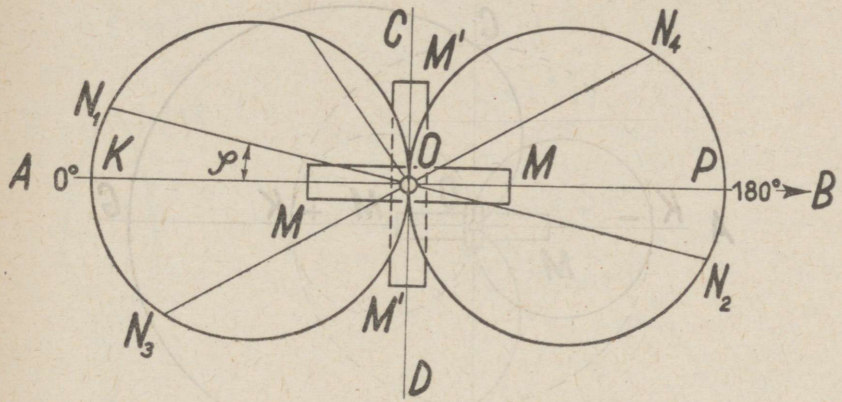
Kui ehitada heli kuuldavuse iseloomustus telefonis (joon. 91) nurga φ mitmesuguste suuruste järgi, siis ta moodustab kõvera $KN_1ON_4PN_2ON_3K$. Raami tasapind on MM, OK on suurim kuuldavus nurga puhul $\varphi = 0^0$, ON_1 on kuuldavus nurga φ puhul. Kuuldavus langeb nullini raami asendi puhul $M'M'$, millal $\varphi = 90^0$ jne.

Iseloomustus näitab, et suunda lähetajale on soodsam määrata **miinimumi** järgi, sest tema läheduses väikese pöördenurga tõttu kuuldavus muutub järsumalt kui raami olles maksimumi läheduses OK: siin raami pöördega heli jõud telefonis muutub vähe. Sellepärast lähetaja peilungi määramiseks pannakse telefon kõrvadele ja pöörates vähehaaval raami leitakse selle seisund, milles heli tugevus telefonis on mini-

maalne või võrdub nulliga. Märk asimuutringil, millega kõrvuti liugleb raamiga ühendatud indeks, annabki meile lähetaja peilungi.

Kuna ühe raami puhul on võimalik määrata vaid tasapinna seisundit, mis käib läbi lähetaja ja vastuvõtja, kuspool aga vastuvõtjast on lähetaja, seda ühe raamiga määrata ei saa, ja selleks ühendatakse raam suunamata vertikaalse võrguga. Kui selle võrgu kuuldavuse iseloomustused on (joon. 92) OK ja OK_1, siis vastuvõtujõu võrdusel raami ja võrgu vahel kogu süsteemi — võrk ja raam — resulteeriv iseloomustus võtab südamekujulise kõvera $OFGH$ kuju, s. t. sel juhul võime osutada ka lähetaja suunda.

Kuid ühe raamiga mitmesuguste segavate häälte puhul signaalid tulevad nõrgad ning peilimine on miinimumi järgi raske; tuleb palju



Joonis 91.

kordi pöörata raami paremale ja vasemale, selleks et küllalt hästi kuulduksid sama tugevusega signaalid. Sellepärast inglise kapteni Robinsoni ettepanekul raadiopeilingaatorid ehitatakse kahest omavahel perpendikulaarsest raamist.

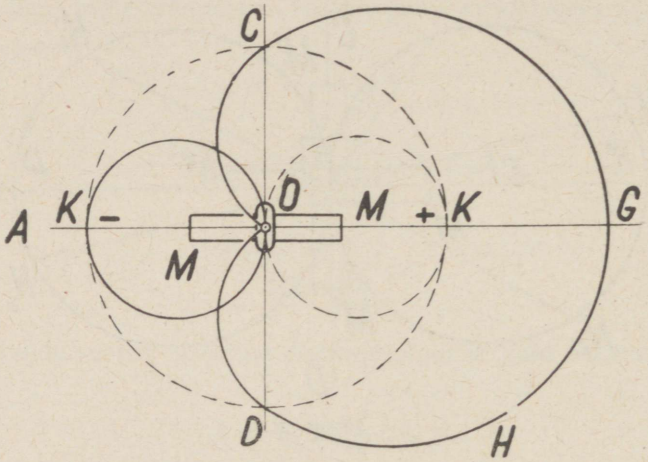
2. **Kaks vastastikku-perpendikulaarset raami** — pea- ja abiraam — on ühendatud järjestikku. Abiraami võib välja lülitada ja asendada ekvivalentse omainduktsioonirulliga ja lülitada pearaamiga järjestikku, kord ühes, kord vastupidises suunas.

Välja lülitanud abiraami, määratakse pearaamiga maksimumi järgi ligikaudselt suund lähetajale. Siis, lülitades abiraami pearaamiga järjest ühes ja vastupidises suunas, pööratakse pearaami veidi paremale ja vasemale senikaua, kuni abiraami ümberlülitamisel heli tugevus telefonis jääb samaks. Siis järelikult pearaami tasapind ühtub eseme peilungi tasapinnaga ja asimuutringi järgi võib leida peilungi. Abiraami ümberlülitamine toimub mootori abil automaatselt.

Selle süsteemi puuduseks on, et tema järgi ei saa otsustada miinimumi iseloomu. Usaldatava peilungi saamiseks peab miinimum olema terav, mitte laialivalguv.

3. Bellini ja Tosi süsteemi **raadiogoniomeetrid** koosnevad kahest liikumatust vastastikku-perpendikulaarsest raamist I ja II ja väikesest pöörderullist. Rull seostub induktiivselt raamidega ja rulli ahelikku on lülitatud telefon. Kui rulli tasapind ühtub laine liikumise suunaga, siis hääle tugevus telefonis on suurim. Kui rulli tasapind on perpendikulaarne laine liikumise suunaga, siis heli telefonis kaob.

Kui läheneva laine suund ühtub I raami tasapinnaga, siis heli maksimum telefonis saavutatakse pöörderulli ühtumisega I raami tasapin-



Joonis 92.

naga. Kui laine saabub II raami tasapinnas, siis heli maksimum saadakse pöörderulli ühtumisel II raami tasapinnaga. Kui laine saabub vahepealses suunas raamide tasapindade suhtes, siis selle saab määrata pöörderulli asendi järgi maksimaalse heli tugevuse puhul telefonis.

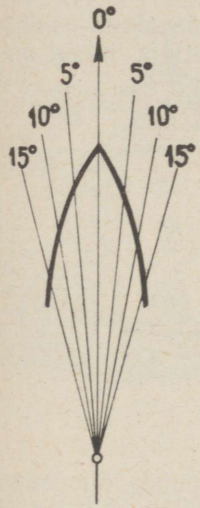
4. Marconi süsteemi **raadioprožektorid** koosnevad vertikaalsetest juhtmetest, mis on kohaldatud teatavale laine pikkusele ja asetsevad paraboolsel pinnal, mille fookusse paigutatakse väikese vertikaalvõrguga generaator, mis kiirgab igasse külge. Elektromagnetilised lained peegelduvad paraboolselt pinnalt enam-vähem paralleelse kiirte kimbuna.

Sellise prožektori (joon. 93) välismõju iseloomustus näitab, et prožektori signaale saab tegelikult püüda vaid juhul, kui laev on väi-

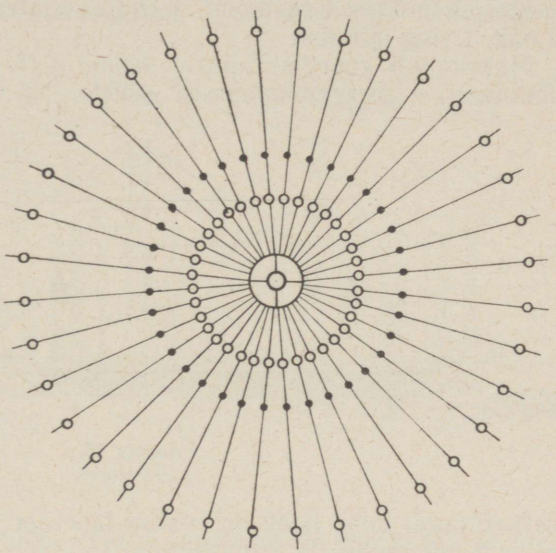
kese, 20°—30° nurga piirides. Nurga harude vahe on seda väiksem, mida suuremad on peegeldava süsteemi mõõtmed. Koondada kiiri nurka 10°—20° seni pole õnnestunud.

Prožektori tegevuse kaugus piirdub seni mõnekümne kilomeetriga. Raadioprožektorid töötavad väga lühikesel lainel — kuni 4½ m, nii et laevad, kes soovivad neid kasutada, peavad omama vastavaid seadmeid.

Peale Marconi oma on veel teisigi raadioprožektorite süsteeme (Bellini ja Tosi jt.).



Joonis 93.



Joonis 94.

5. **Telefunkeni süsteemi raadiopeilimisjaam** (joon. 94) koosneb paljudest samamõõtmelistest üksikutest võrkudest, mis on üles tõstetud ühe mastiga ja asetsevad ühtlaselt mööda kogu silmapiiri võrdsetes kaugustes üksteisest, kas kompassirumbide järgi või üle 10°. Iga võrk (joon. 95) koosneb kahest eri harust *a* ja *b*, tähe *M* kujul. Sellisest võrgust lained kiirgavad peamiselt võrkude tasapinnas ja peagu üldse ei levi perpendikulaarsuunas.

Kui elektromagnetiline laine läheneb selliste võrkude süsteemile, teda püüab vaid see võrgupaar, mille tasapind ühtub laine liikumise suunaga. Ühendades järgemööda mitmesuguseid paare lähetajaga või vastuvõtjaga, võib kas lähetada signaale ainult soovitavas suunas (raadio-

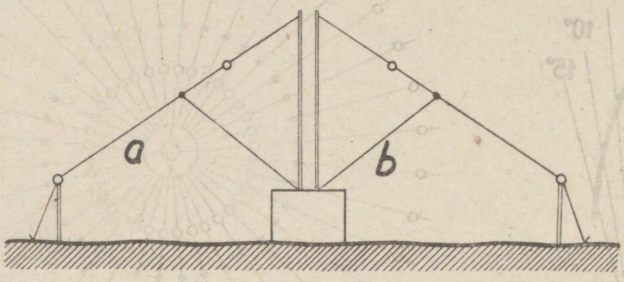
prožektor) või määrata läbivate elektromagnetiliste lainete suund (raadiopeilingaator).

6. **Raadio t./t.** on tavalised orienteerimata lähetusjaamad, mis udu korral automaatselt annavad tingsignaale. Laevad, kel on raadiopeilingaatorid, kasutavad neid, nagu selge ilmaga tavalisi t./t.

Sadamate sissesõidu ette paigutatakse vahel **raadiopaagid** — nõrgajõulised seadmed tegevusraadiusega 10—12 miili.

7. **Pöörlevad raadio t./t.** koosnevad suunatud antennist, mis lähetab igasse külge elektromagnetilist energiat, kuid ebaühtlase jõuga. See võib olla masti otsa seatud raamantenn, mis pöörleb ühe ja sama kiirusega. Orfordness'i raadio- t./t. (Inglismaal) antenni pöörlemise kiirus on näit. 1 ring minutis.

Maksimumi energiat kiirgab selline t./t. raami tasapinna suunas, miinimumi — perpendikulaarselt sellele. Nii võib vaatleja merel oma



Joonis 95.

vastuvõtjaga, mille laine on seatud lähetaja omale, püüda ühe minuti kestes 2 miinimumi ja 2 maksimumi.

Kui miinimum läbib tõelise N-punkti, annab t./t. pika tiree ja vaatleja paneb sel momendil käiku oma sekundimõõtja ja peatab selle kõige teravama miinimumi ajal. Sekundimõõtja näidatav sekundite arv, korratud kuuega, annabki t./t. tõelise raadiopeilungi.

Kui sekundimõõtja skaala on jaotatud kraadideks, siis saadakse raadiopeilung sekundimõõtjalt otsekohe, tema seismajätmise momendi näidust. Kuna üks miinimum järgneb teisele 30 sekundi järele, siis võib ühe minuti kestel määrata 2 raadiopeilungit.

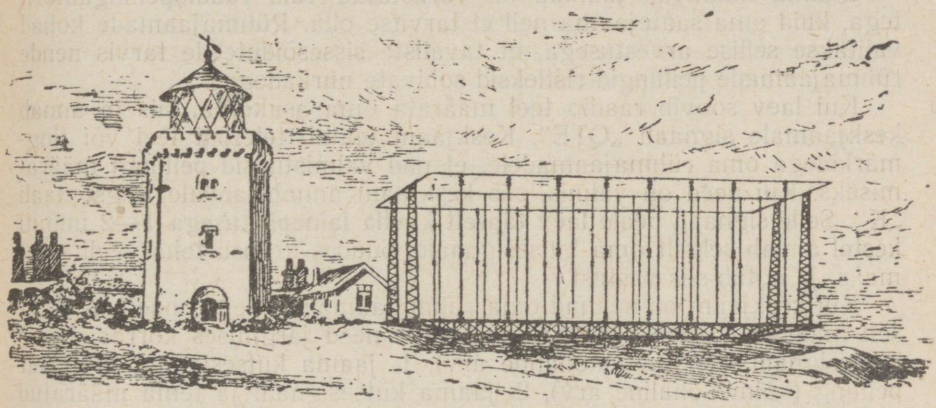
Nii kui katsed on näidanud, viga selliselt määratud raadiopeilungeis kaugustel 50—100 miilini ei ületa päeva ajal 2^0—4^0, olles öösi väiksema täpsusega.

Marconi pöörlev kiir, mis üles on seatud Inglismaal South Forelandi t./t. juures (joon. 96), on endast raadioprožektor, mis pöörleb vertikaaltelje ümber. Prožektor töötab lainel 6 m ja ta tegevuse kaugus on 100 miili.

Selle prožektori süsteem koosneb kahest „võre"-tüüpi vertikaalsest raadiovõrgu reast. Nn. kiirgavad süsteemid koosnevad mõnest vertikaalsest raadiovõrgust, mis asetsevad ühes või mitmes reas, kauguses alla ühe laine pikkuse, ja mis võnguvad sünfaasiliselt, s. t. et nende võnked ühtuvad faasidelt ja voolu suurused on võrdsed. Sellised võred kiirgavad energiat peamiselt kahes suunas.

South Forelandi t./t. Marconi pöörleva kiire antennide süsteem on seatud pöörlevale platvormile, mis pöörleb vertikaaltelje ümber.

Kui pöörlev kiir lõikub laeva kursiga, siis vaatleja lühilainelise vastuvõtjaga saab signaali, milles on 5 või rohkem tähte. Iga poolrumbi jaoks on eriline tähtede kombinatsioon. Keskmine täht annab laeva



Joonis 96.

peilungi raadiolähetaja suhtes. Tähed kuuluvad Morse koodi ja need dešifreeritakse erikaartide abil. Korrates vaatlust võib saada laeva asukoha ristpeilimise teel.

§ 110. RAADIOPEILUNGITE SAAMINE KALDAJAAMALT.

Raadiopeilingaator-kaldajaamad esinevad kaht tüüpi: iseseisvad ja rühmalised.

1. Iseseisev raadiopeilingaatorijaam omab üht eelkirjeldatud tüüpi raadiopeilingaatorit ja tavalisesti ka saatejaama.

Laev, kes soovib saada raadiopeilungit, annab jaama kutse ja siis signaali „QTE" — „milline on minu tõeline peilung?" Jaam, ette valmistunud peilimiseks, teatab sellest laevale tingsignaaliga (täht „K"), mille järel laev 1—2 minuti kestel **täpselt kindla lainepikkusega** annab oma kutsesignaale, püüdes kriipsud anda veidi pikemad kui tavaliselt, ja ootab vastust.

Määranud laeva tõelise peilungi, jaam teatab laevale peilungi määramise momendi (neljakohalise arvu — tunnid ja minutid), peilungi suuruse (kolmekohaline arv) kraadides, arvates N-st kellaosuti järgi 0^0—360^0. Mõned jaamad (Rootsi) annavad peilungi neljakohalise arvuga, täpsusega kuni $0{,}1^0$. Saanud teate, laev kontrollimiseks kordab seda jaamale ja peilimine loetakse lõpetatuks, kui jaam kinnitab laevale vastuvõetud peilungi õigsust.

2. Kuna ühest peilungist on asukoha määramiseks vähe, siis mõne tähtsama sadama või navigatsiooniliselt raskete läbikäikude lähedusse on püstitatud mitu raadiopeilingaatorijaama, mis on koondatud ühte rühma keskjaamaga, mis ise ei tarvitse olla raadiopeilingaatorijaam. Rühma kuuluvad jaamad on varustatud vaid raadiopeilingaatoritega, kuid oma saatejaama neil ei tarvitse olla. Rühmajaamade kohad valitakse sellise arvestusega, et tavaliste sissesõiduteede tarvis nende rühmajaamade peilungid ristleksid sobivate nurkadega.

Kui laev soovib raadio teel määrata oma asukohta, siis ta annab keskjaamale signaali „QTE". Keskjaam teatab telefoni teel või tingmärkidega oma rühmajaamadele, et nad valmistuksid peilungi määramiseks. Kui need on valmis, siis keskjaam annab laevale tingsignaali „K". Selle signaali peale laev **täpselt kindla lainepikkusega** 1—2 minuti kestel annab selgelt oma kutsesignaale, püüdes kriipsu teha veidi pikemaks, ja ootab siis vastust.

Kui keskjaam on saanud oma rühmajaamadelt nende poolt üheaegselt määratud laeva peilungid, ta teatab need järgmises korras: laeva kutsesignaal, aeg (neljakohaline arv), 1. jaama kutsesignaal ja sellelt peilung (kolmekohaline arv), 2. jaama kutsesignaal ja tema määratud peilung, 3. jaama kutsesignaal ja tema määratud peilung. Kui mõni rühmajaamadest ei suutnud määrata peilungit, siis selle jaama väljakutsesignaali järel antakse peilungi asemel arv 999.

Saanud keskjaamalt tõelised peilungid, laev kontrollimiseks kordab neid ja alles nende vastuvõetud peilungite õigsuse kinnitamise järele keskjaama poolt loetakse peilimine lõpetatuks.

Kui laev soovib otse teada saada oma asukohta, siis ta annab signaali „QTF". Saadud laeva raadiopeilungite järgi keskjaam määrab kaardil laeva laiuse ja pikkuse ning teatab sellest kolmes rühmas: 1. neljakohaline arv — laiuse kraadid ja minutid, 2. neljakohaline arv — pikkuse kraadid ja minutid (kui kraade või minuteid on alla kümne, siis kümnete asemel 0), 3. kaks tähte — esimene on laiuse, teine pikkuse nimetus (NO või NW jne.).

Raadiopeilungite teatamise eest võetakse tasu 5 šillingit (tasu on kõikides maades umbes sama), mis makstakse lähemas postkontoris. Saksa ja USA mereametkonna raadiopeilingaatorijaamad määravad ja teatavad laevadele nende peilungid tasuta.

§ 111. MERERAADIOSIGNAALIDE KIRJELDUSED.

Eelkirjeldatud raadiopeilungite saamise korda peetakse väikeste eranditega peagu kõigis mais, kes omavad kalda-raadiopeilingaatorijaamu meresõitjate teenindamiseks.

Selleks et laevajuht teaks, milliseid raadiopeilimisjaamu ta käesolevas kohas saab kasutada, ilmuvad inglastel erilised raadiojaamade nimestikud ühes nende raadiosignaalidega meresõidu ohutuse tagamiseks, nimelt: „Admiralty List of Wireless Signals", ilmub 1922. a. alates, kord aastas, parandatult jooksva aasta 1. jaanuarini (sakslastel „Nautischer Funkdienst").

Nimestikus leiduvad eri osad: raadiopeilingaatorijaamade, raadio-t./t. nimestikud, raadioajasignaalid, meteoroloogilised bülletäänid, tormihoiatused, jääteated, hoiatavad teated muutustest lootsias, kalda-raadiojaamad üldiseks, piiratud või ametialaseks kasutamiseks, hädasignaalid ja raadioteenistuse kohta käivad määrused.

Toodud osade loendist on näha, et raadiosignaalide kirjeldustes leidub laevajuhile väga väärtuslikke teatmeid ja sellepärast peab selline kirjeldus olema igas raadioseadmega varustatud laevas.

Muuseas raadiopeilingaatorijaamade puhul tuleb märkida, et usaldatava peilungi saamiseks on väga suure tähtsusega laeva jaama seadmine raadiopeilingaatorijaama lainele. Sellepärast „Kirjeldustes" osutataksegi nende jaamade nimed, täpne geograafiline asend (laius ja pikkus kaare sekunditeni), rahvusvahelised väljakutsejaamad, tegevusraadius meremiilides, seadme tüüp, laine pikkus ja märkmed. Märkmete lahter on väga tähtis: seal leiduvad üksikasjalikult kõik reeglid laevade suhete kohta antud jaamaga ja raadiopeilungite saamise kord.

Raadio-t./t. puhul osutatakse nende tööaeg ja antavate signaalide iseloom. Kuna eriti tähtsad on märkustes antavad teatmed, siis tuleb endale seada reegliks: raadiosignaalide kirjelduste kasutamisel alati tähelepanelikult lugeda läbi kõik, mis seisab märkmete lahtris.

Tegutsevate raadiopeilingaatorijaamade kirjeldusist on näha, et suurem osa neist töötab lainega 600 või 800 m, mõned ka 450 m. Nende jaamade tegevusraadius kõigub 100—300 miili vahel.

Raadio-t./t. laine on enamasti u. 1000 m, tegevusraadius kuni 100 miili.

§ 112. SAADAVATE RAADIOPEILUNGITE TÄPSUS.

Praegusaja raadiopeilimise seisundi puhul saadavate raadiopeilungite täpsus soodsatel tingimustel küündib 1°—2°, mida lühikestes kaugustes (20—30 miili jaamast) võib lugeda navigatsioonilisteks tarveteks küllaldaseks. Kuid terve rida tingimusi sunnib sageli kahtlema saadud peilungi usaldatavuses. Sellepärast praegusel ajal ükski riik, kellel

on raadiopeilingaatorijaamu, ei võta enda peale vastutust määratud peilungite õigsuse eest, mille kohta raadiosignaalide kirjeldustes leidub eri märkus.

Raadiopeilungite määramise täpsust võivad mõjutada järgmised asjaolud:

1. **Raadiopeilingaatorijaama asukoht kaldal.** Parim koht jaamale on lage väli või tasane rannik. Mägi- või metsamaastik, raudteeröövmete, telefoni- ja telegraafijuhtmete või elektrikaablite, elektrijaamade või tavaliste raadiojaamade lähedus võib mõjutada raadiopeilungi mihust. On vajalik, et kõik häirivad esemed oleksid raadiojaamast eemal vähemasti 1½—2 lainepikkust.

2. **Kalda refraktsioon** ehk kaldajoone mõju. Kui elektromagnetiline laine liigub kord üle vee, kord üle maa, ületades lahti, jõgesid, järvi jne., siis peilung tuleb halvem, kuna on võimalik laine murdumine tema liikumiskiiruse muutumise tõttu. Vee kohal laine liigub 2—5% kiiremini kui mandri kohal. Kui peilung kulgeb, jämedalt öeldes, paralleelselt rannikuga, siis on võimalikud peilungivead 4°—5°. Viga on väiksem, kui laine lõikub rannajoonega õige nurga all.

3. **Vaatluste aeg.** Kui päeval vead peilungeis ulatuvad mõne kraadini, siis öösi võivad nad olla kümneid selletõttu, et toimub tavalise, normaalselt polariseeritud laine interferents ebanormaalselt polariseeritud lainega, mis, nagu arvatakse, peegeldub eriliselt peegelduspinnalt 100—150 km üle maapinna.

„Õised vead" on eriti märgatavad kaugustes üle 20—30 km.

Peale selle on täiesti võimatu peilida päikese tõusu ja loojumise ajal, samuti pool tundi enne ja pärast neid momente. Siin on võimalikud mittearvestatavad vead kuni kümnete kraadideni.

4. **Raadiodeviatsioon.** Laeva raadiopeilingaatoriga peilimisel tuleb arvestada ka saabuva elektromagnetilise laine hälbimisega laeva metallkere, korstnate, mastide, kraanade jne. mõjul. See „raadiodeviatsioon" esineb veerandite järgi.

Kui raadiopeilingaator on üles seatud diametraaltasapinnas, siis kursinurkadel lähetajaga 0°—180° või 90°—270° deviatsioon on nulli lähedal; kursinurkade puhul 45°, 135°, 225° ja 315° on ta kõige suurem. Ta sõltub laine pikkusest, suurenedes lühikeste lainete puhul (alla 400—500 m).

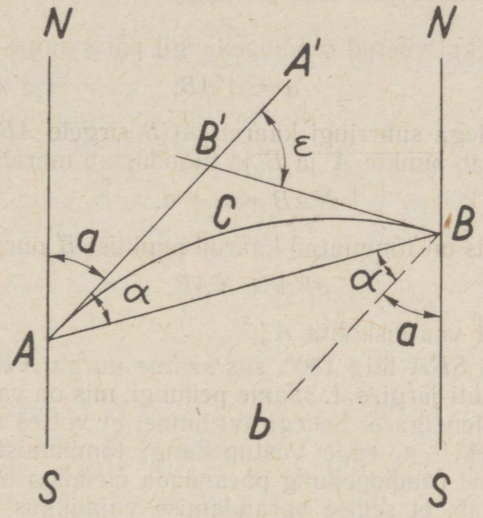
Deviatsioon määratakse jaama raadio- ja visuaalsete peilungite võrdlemisega ja püütakse teda hävitada.

Kui deviatsion on $> 20°$, siis tuleb raadiopeilingaator viia teise kohta, kus maksimaalne deviatsioon poleks $> 5°$—$8°$. Kui asetada raadiopeilingaator puust alusele kõrgele üle laevateki (üle korstnate), siis raadiodeviatsioon on $< 2°$.

§ 113. RAADIOPEILUNGITE MÄRKIMINE MEREKAARTIDELE.

Eelöeldust nähtub, et raadiopeilungid erinevad tavalistest visuaalsetest kahe erisusega: 1) raadiopeilungid on vähem täpsed kui tavalise peilingaatoriga võetud visuaalsed peilungid, 2) raadiopeilungi pikkus võib olla palju suurem tavalise peilungi omast.

Viimane asjaolu kohustab laevajuhti enne raadiopeilungi kandmist tavalisele merkaatori kaardile seda õiendama. Seda nim. Givry õiendiks, prantsuse hüdrograafi nime järgi, kes esimesena esitas selle õiendi.



Joonis 97.

Givry õiendi vajalikkust seletab asjaolu, et iga peilungijoon on suurringi kaar, suurringi, mille saame maakera pinna lõikumisel vertikaaltasapinnaga, mis läbib peilitavat eset. Me teame aga, et eseme peilung on nurk meridiaanitasapinna ja läbi eseme tõmmatud tasapinna vahel. Kuna maa on kera, siis viimase lõikumine maapinnaga on suurringi kaar.

Merkaatori kaart aga on valmistatud selle arvestusega, et ainult loksodroom esineb temal sirgjoonena, suurringi kaar aga kõverjoonena, mille kumerus on alati pöördud pooluse poole. Kui selle kõvera pikkus on väike, näit. visuaalsete peilungite puhul, siis võtame ta sirgjoonena ja sellest tekkival veal pole mingisugust tegelikku tähtsust. Kui aga see kõver on suure pikkusega, nagu raadiopeilungite puhul, siis viga on juba

olulise tähtsusega. Sellepärast on vaja raadiopeilungeid enne kaardile märkimist parandada Givry õiendiga.

Kui võtame näiteks (joon. 97) punktist A raadiopeilungi punkti B, siis merkaatori kaardil see peilungijoon esineb suurringi kaarena ACB. Järelikult punktis A võetud raadiopeilung võrdub nurgaga $NAA' = \alpha$ tõelise meridiaani NS ja riivaja AA' vahel, mis riivab suurringi kaart punktis A.

Kui nüüd punktist B võtta vastupidine peilung, võrdne võetuga, s. t.

$$SBb = NA_1A' = \alpha,$$

siis ilmsesti vastupidine peilung ei lähe enam läbi punkti A, vaid kustki kõrvalt. See kaalutlus just sunnibki tegema võetud raadiopeilungis teatava õiendi.

On ilmne, et kui võetud raadiopeilungit parandame õiendiga

$$\alpha = A'AB,$$

siis siirdume sellega suurringi kaarelt ACB sirgele AB, s. t. loksodroomile, mis ühendab punkte A ja B ja moodustab meridiaaniga nurga

$$NAB = \alpha + \alpha.$$

Siis sirge, mis on tõmmatud kaardil punktist B nurgi

$$SBA = NAB,$$

läbib just täpselt vaatluskohta A.

Kui nurgaga SBA liita 180°, siis saame nurga NBA, lugedes nagu ikka N-st kellaosuti järgi, s. t. saame peilungi, mis on vastupidine võetule ja parandatud õiendiga α. Sellega on ilmne, et võttes mingisuguse raadiopeilungi $NAA' = \alpha$, enne vastupeilungi tõmbamist peilitavast jaamast tuleb võetud raadiopeilung parandada õiendiga α.

Teooria näitab, et sellise parandamise vajalikkus seisneb selles, et maakeral kõik meridiaanid jooksevad kokku kahte punkti — poolustesse, merkaatori kaardil nad aga esinevad paralleeljoontena, s. t. mis jooksevad kokku vaid lõpmatuses.

Seega oleks see **meridiaanide kokkujooksu** õiend.

Võib väita, et meridiaanide kokkujooksunurk, mis võrdub nurgaga ε riivajate AA' ja BB' vahel, mis on tõmmatud suurringi kaare ACB algusest ja lõpust, sõltub punktide A ja B geograafilistest koordinaatidest ja et

$$\varepsilon = (\lambda_2 - \lambda_1) \sin \varphi_m{}^1,$$

kus λ_1 ja λ_2 on punktide A ja B pikkused, φ_m aga samade punktide laiuste φ_1 ja φ_2 keskmine.

Oletades, et kaar ACB asub sümmeetriliselt perpendikulaari suhtes, mis on tõmmatud sirgjoone AB keskkohast, saame nurgad

$$A'AB = B'BA,$$

ja siis nurk ε riivajate vahel, kui $\triangle B'BA$ välisnurk, võrdub kahe mittekõrvutise sisenurga summaga, s. t.

$$\varepsilon = A'AB + B'BA \text{ ehk } \varepsilon = 2\,A'AB,$$

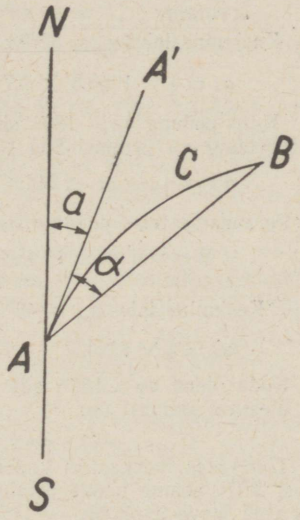
kust

$$\alpha = A'AB = \tfrac{1}{2}\varepsilon,$$

s. t. otsitav õiend võrdub meridiaanide kokkujooksunurga poolega. Asendades ε tema tähendusega saame

$$\alpha = \tfrac{1}{2}(\lambda_2 - \lambda_1) \sin \varphi_m \qquad (24)$$

Saadud õiendi α väljendis φ_m tähistab keskmist laeva A ja jaama B laiustest φ_1 ja φ_2, λ_1 ja λ_2 aga nende pikkusi. Sellest väljendist nähtub, et visuaalsete peilungite puhul, mis võetakse võrdlemisi lähedalolevast esemest, on laeva ja eseme koordinaatide vahe tühine ja õiend lähedane nulliga. Raadiopeilimisel, kus vahemaa laeva ja raadio-t./t. vahel võib ulatuda mitmekümne miilini, on see õiend juba olulise tähtsusega ja seda tähelepanemata jätta ei saa.



Joonis 98.

Edasi on vaja määrata ka selle õiendi α märk.

Kuna suurringi kaar merkaatori kaardil alati esineb kõverana, mille kumerus on pöördud pooluse poole, siis ei ole õiendi märgi määramine raske, kuna see õiend siirab võetud raadiopeilungi NAA' (joon. 98), s. o. nurga tõelise meridiaani NS ja kõvera riivaja AA' vahel, loksodroomiliseks peilungiks NAB.

Tähistades jaama A ja laeva B, võib joonistega nagu on näidatud joon. 98, kursside arvestamisel, nagu ikka — 0^0 —360^0 kellaosuti järgi, kergesti püstitada järgmised lihtsad reeglid õiendi α märgi määramiseks **laeva peilimisel jaamast:**

1) peilungite puhul, kus $\alpha < 180^0$ (s. o. kui laev on ida pool jaamast), õiendi α märk ühtub laiuse märgiga; (25)

2) kui $\alpha > 180^0$ (kui laev on lääne pool jaamast), on õiendi α märk vastupidine laiuse märgiga. (26)

Laiusele N kirjutatakse alati juurde märk +, S-laiusele märk —.

Inglased väljendavad seda õiendi märgi määramise reeglit järgmiselt:

N-laiuses, kui laev on jaamast $\frac{\text{ida pool}}{\text{lääne pool}}$, õiend $\frac{\text{lisatakse}}{\text{lahutatakse}}$;

S-laiuses, kui laev on jaamast $\frac{\text{ida pool}}{\text{lääne pool}}$, õiend $\frac{\text{lahutatakse}}{\text{lisatakse}}$.

Laevalt võetud peilungite parandamisel õiendite märgid tuleb ilmsesti muuta mõlemal poolkeral **vastupidisteks.**

Näidis 90. Laev olles arvutatud kohas $\varphi = 48^{0}45'$ N ja $\lambda = 25^{0}30'$ W, sai oma asukoha tõelised raadiopeilungid jaamast Sea View ($\varphi = 55^{0}22'$ N ja $\lambda = 7^{0}19{,}5'$ W), nimelt $\alpha_1 = 244{,}8^{0}$, ja jaamast Wessan ($\varphi = 48^{0}26{,}5'$ N ja $\lambda = 5^{0}05{,}5'$ W) tõelise peilungi $\alpha_2 = 277{,}5^{0}$. Määrata laeva asukoht.

Arvutame esimese peilungi õiendi valemi (24) järgi:

Sea View laius	$= 55^{0}22'$ N	Sea View pikkus	$= 7^{0}19{,}5'$ W
arvutatav „	$= 48^{0}45'$ N	arvutatav „	$= 25^{0}30{,}0'$ W
Keskmine laius φ_m	$= 52^{0}03{,}5'$ N	Pikkuste vahe	$= 18^{0}10{,}5' = 1090{,}5'$.

$$a_1 = \tfrac{1}{2} \times 1090{,}5' \times 0{,}79 = 430' = 7^{0}10'.$$

Kuna peilung $\alpha_1 > 180^{0}$, siis õiend a on märgiga —. Järelikult laeva loksodroomiline peilung α'_1 jaamast Sea View on:

$$\alpha'_1 = \alpha_1 - a_1 = 244{,}8^{0} - 7{,}2^{0} = 237{,}5^{0}.$$

Parandame teise peilungi α_2 Wessani jaamast:

Wessani laius	$= 48^{0}26{,}5'$ N	Wessani pikkus	$= 5^{0}05{,}5'$ W
arvutatav „	$= 48^{0}45{,}0'$ N	arvutatav „	$= 25^{0}30{,}0'$ W
Keskmine laius φ_m	$= 48^{0}35{,}7'$ N	Pikkuste vahe	$= 20^{0}24{,}5' = 1224{,}5'$.

$$a_2 = \tfrac{1}{2} \times 1224{,}5' \times 0{,}75 = 459' = 7^{0}39'.$$

Kuna õiend $a_2 > 180^{0}$, siis ta on märgiga —. Siis loksodroomiline laeva peilung α_2 Wessani jaamast on:

$$\alpha'_2 = \alpha_2 - a_2 = 277{,}5^{0} - 7{,}5^{0} = 270^{0}.$$

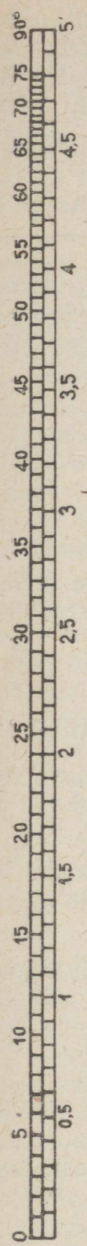
Tõmmates merkaatori kaardil Sea View jaamast peilungi 237,5° ja Wessani jaamast 270°, saame nende peilungite joonte ristumiskohas raadiopeilungite teel observeeritud laeva asukoha.

Kuna õiendi arvestamiseks oli vaja teada laeva tõelist, mitte aga arvutatud asukohta, siis võib arvestust korrata juba observeerimisel saadud laiuse ja pikkuse alusel. Kuid seda on mõtet teha vaid siis, kui osutub, et arvutatud asukoht oli väga ebatäpne.

Ehkki arvutused valemi (24) järgi ei ole keerulised, võib läbi saada ka ilma arvutusteta, sest „Raadiosignaalide kirjeldustes" on skaala õiendi a otsimiseks (joon. 99).

Kaks paralleeljoont on jagatud järgmiselt: ülemisel on jaotused, mis on proportsionaalsed keskmise laiuse siinustega 0°—90°; alumine annab meridiaanide kokkujooksunurga suuruse 2α („Wireless Signals") või suuruse α („Nautischer Funkdienst") pikkuste vahele $\Delta l = 10'$. Joonisel 99 on skaala „Nautischer Funkdienst" järgi.

Otsides ülemisel skaalal jaotuse, mis vastab antud keskmisele laiusele, leiame selle vastas alumisel skaalal vastava arvu p. Korrutades seda 10 korda vähendatud antud pikkuste vahega, saame meridiaanide kokkujooksunurga ε. Pool sellest annab



Joonis 99.

raadiopeilungi õiendi α. „Nautischer Funkdienst" kasutamisel kaheksjagamist pole vaja.

Selviisil, kasutades skaalat eelmise näite peilungite õiendite saamiseks, arvutame järgmiselt:

1) Sea View peilungi õiendi $\varphi_m = 52^0$ tarvis saame skaalalt $p_1 = 3{,}93$, järelikult

$$\alpha_1 = 3{,}93 \times 109' = 428' = 7^0 08';$$

2) Wessani jaama peilungi õiendi $\varphi_m = 48^0 36'$ tarvis saame skaalalt $p_2 = 3{,}75$, järelikult

$$\alpha_2 = 3{,}75 \times 122{,}4' = 459' = 7^0 39',$$

s. t. lahkuminekud varemsaaduist esinevad vaid kaare minuteis.

Peale kirjeldatud raadiopeilungite parandamise skaala leidub „Admiralty List of Wireless Signals" veel väga sobiv tabel õiendi leidmiseks. See tabel, millest väljavõte esineb tabelis 18, on koostatud sama valemi

$$\alpha = (\lambda_2 - \lambda_1) \sin \varphi_m$$

järgi, kus α on $\lambda_2 - \lambda_1$ — jaama ja laeva pikkuste vahe, ja φ_m nende laiuste keskmine.

Argumentide järgi: keskmine laius, mis antakse tabelis vertikaalseis äärelahtreis 4^0—62^0 üle 1^0, ja pikkuste vahe — ülemises horisontaalses reas 1^0—$14{,}5^0$ üle $0{,}5^0$, leitakse tabelis õiend α, kraadides ja nende kümnendeis.

Õiendi märk määratakse ülalesitatud reegli järgi.

Esitatud raadiopeilungite parandamise viis ei ole täiesti täpne, sest valem (24) on ligikaudne. Meridiaanide kokkujooksunurka võiks arvutada muidugi ka täpse valemi järgi, kuid seda teha ei ole mõtet, sest ligikaudse valemi (24) vead kuni jaama kaugusteni 1000 miili ei oma tegelikku tähtsust.

Peale selle on raadiopeilungite märkimiseks inglastel kirjastatud erilised gnomoonilised kaardid, s. t. tsentraalprojektsioonis. Neil kaartidel, nagu teame, iga suurringi kaar esineb sirgjoonena. Sellepärast kõik võetud raadiopeilungid märgitakse gnomoonilistele kaartidele ilma mingisuguste parandusteta sirgjoonte kujul, kui kaugus laeva ja jaama vahel on alla 600 miili.

Peilungi õiend, mille jätame tähele panemata sel juhul, on alla $0{,}5^0$.

Mõnedel erikaartidel, näit. saksa omadel gnomoonilises projektsioonis Põhja- ja osas Läänemerest, esineb iga raadiojaama ümber oma kodarik. Võetud peilungi märkimisel ühendatakse sirgjoonega kodariku kriips, mis vastab antud peilungile, kodariku keskmega — jaama asukohaga. See sirge ongi laeva peilungijoon.

Inglise kaartidel aga tuleb endal malli abil mõõta võetud peilung meridiaanist, mis läbib jaama. Kui kaardil puudub meridiaan läbi jaama asukoha, siis tuleb see tõmmata endal. Selleks märgitakse kahel lähemal jaotatud paralleelil punktid, mis vastavad jaama pikkusele, ja ühendatakse need sirgega, mis ongi otsitav meridiaan.

Tabel 18. Õiend raadiopeilungite siirmiseks merkaator-peilungeiks.

Keskmine laius	Pikkuste vahe					Keskmine laius
	1^0	$1{,}5^0$	2^0	$14{,}0^0$	$14{,}5^0$	
4^0	. .	. . .	. . .	0,5	0,5	4^0
5	0,1	0,1	0,1	0,6	0,6	5
6	0,1	0,1	0,1	0,7	0,8	6
. . . . .	. .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . . . .
. . . . .	. .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . . . .
60	0,4	0,6	0,9	6,2	6,4	60
61	0,4	0,7	0,9	6,2	6,5	61
62	0,4	0,7	0,9	6,3	6,5	62

Ei tule unustada, et tsentraalprojektsioonide mastaap pole ühtlane, vaid laiused ja pikkused tuleb võtta antud kohale lähemate jaotatud meridiaanide ja paralleelide järgi („Täiendused", § 41).

§ 114. ASUKOHAMÄÄRAMISE RAADIO-AKUSTILINE MEETOD.

Laevad, kel on nii raadiopeilingaator kui ka seadised veealuste helisignaalide püüdmiseks, võivad mõnel juhul määrata oma asukoha peilungi ja kauguse järgi.

Kuna paljudel tulelaevadel on nii veealused kellad kui raadio, siis udu või sompus ilma korral nad annavad samaaegselt signaale nii raadio teel kui veealuse kellaga või ostsillaatoriga.

Kui majaka kaugus on x, ajavahemik helisignaali ja raadiosignaali saabumise vahel φ, siis määrame selle võrdusest:

$$\tau = \frac{x}{v} - \frac{x}{v_1},$$

kus v on heli levimise kiirus vees, mis on ligikaudu 1450 m sekundis, v_1 aga elektromagnetiliste võngete levimise kiirus.

Kuna $v_1 = 300\,000$ km sekundis, siis võib tegelikult arvestada, et raadiosignaal saabub laevani momentaanselt, s. o.

$$\frac{x}{v_1} = 0.$$

Järelikult, määrates ajavahemikku raadio- ja allveesignaali saabumise vahel, võime leida kauguse x valemist

$$x = v.\ \tau. \qquad (27)$$

Heli kiirus muutub sõltuvalt vee temperatuurist ja soolsusest.

Üsna täpseist katsetest Inglismaal 1923. a., sooritatud Wood'i ja Brown'i poolt ja ilmutatud „Physical Society of London", 15. apr. 1923, selgus, et heli kiirus v merevees on:

$v = 1450 + 4{,}206t - 0{,}0366t^2 + 1{,}137\ (S - 35)$ m sekundis,

kus t — vee temperatuur, S — soolsus osades tuhande $^0/_{00}$ peale. See valem on kehtiv piirides $t = 6^0$C kuni $t = 17^0$C.

Nii võib valemi (27) järgi arvutada t./l. kauguse, vajalikul korral temperatuuri ja soolsuse õiendiga, t./l. suuna aga määrata raadiopeilingaatori abil.

Et vabastada laevajuhte liigsetest arvutustest, t./l. lähetab raadiosignaale teatava süsteemi järgi, mis seisneb järgmises.

Saates raadio teel sarja märke Morse tähestiku järgi, ühes esimese märgiga antakse ka allvee-helisignaal. Järgnevad märgid raadios antakse selliste ajavahemikkude järgi, mis heli vajab teatava kauguse, näit. 0,5 või 1 miili läbimiseks. Siis lugenud kokku saadud telegraafimärkide arvu raadiosignaalimise algusest kuni helisignaali saabumiseni, saame otsekohe t./l. kauguse pool- või tervetes miilides.

Näit. Taani tulelaev Gjedser Rev Läänemere lõunaosas annab neid udusignaale järgmiselt.

Allveekellaga antakse helisignaal, mis koosneb kahest löögist: löök 3^s, vahe $1{,}5^s$, löök 3^s, vahe $12{,}5^s$. Periood on järelikult 20^s. Samaaegselt igas minutis antakse raadiosignaal

tähed GR (— — . . — .)	4,4 sek.
vahe	1,3 „
12 punkti (. . . . . .) intervallidega 1,3 sek	14,3 „
vahe	40,0 „
periood	60,0 sek.

Ajavahemik u. $1{,}3^s$ on vajalik häälele 1 meremiili läbimiseks. Raadiosignaal antakse arvestusega, et viimane punkt tähes R oleks üheaegne allveesignaali algusega. Siis punktide arv raadio- ja allveesignaali vahel annab t./l. kauguse meremiilides ilma arvutusteta.

Raadiopeilingaatori määratud t./l. suund annab t./l. tõelise peilungi.

Gjedser Rev t./l. võtet võib kasutada koha määramiseks kuni 12 miilini, mida, arvestades selle t./l. asukohta, tuleb pidada täiesti küllaldaseks.

Väiksemate kauguste puhul, alla 4 miili, mõlemad signaalid antakse iga $\frac{3}{4}$ tunni kestes.

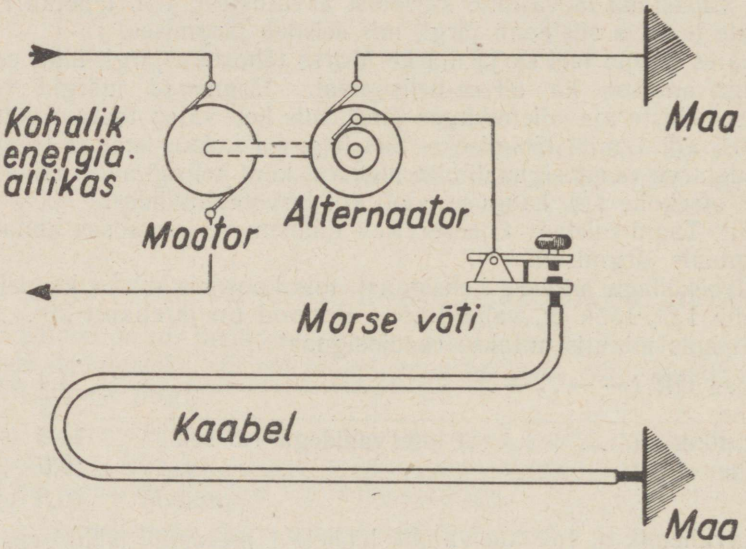
Samasugune udusignaalide süsteem on ka saksa t./l. Elbe Feuerschiff 1, Borkumriff jt.

Antavate raadiosignaalide iseloomu ja nende järgi kauguste arvutamise üksikasjadega võib tutvuda märkuste lahtris juba varem mainitud raamatuis: „Admiralty List of Wireless Signals" ja „Nautischer Funkdienst".

Tuleb märkida, et juba enne I Maailmasõda vanas vene laevastikus oli töötlemisel A. A. Štšensnovitši poolt samasuguse signaliseerimise projekt, konstrueeriti seadised kauguse määramiseks ajavahemiku järgi raadio- ja allveesignaali vahel. Puhkev sõda takistas nende seadiste katsetamist merepraktikas.

§ 115. JUHTKAABEL.

Juhtkaabli ehk nn. „elektrilise lootsi" idee seisneb järgmises.



Joonis 100.

Farvaatrit mööda, kas sadama sissesõiduteel või miiniväljade vahel, pannakse mere põhja kaabel, mida mööda lastakse vahelduvvoolu. Laeval aga seatakse eri vastuvõtjad, mis püüavad kaabli signaale. Juhindudes nende signaalidega, laev läbib farvaatri kaabli kohal kui rööpaid mööda.

Praegusel ajal sellised kaablid on juba paljudes sadamates ja töötlemisel on projekt kaabli asetamiseks läbi kogu Inglise kanali, sest katsed on kinnitanud selle leiutise suurt tegelikku tähtsust.

Elekterlootsi kogu süsteem koosneb: 1) kaldaseadmest, 2) kaablist ja 3) laeva vastuvõtuseadisest.

1. Kaldaseade. Portsmouthis ülesseatud kalda-siirdeseadis koosneb alternaatorist sagedusega 500 perioodi sekundis; see on vahetult ühendatud mootoriga, mis saab voolu kohalikult energiaallikalt. Üks alternaatori klemm on maandatud, teine on Morse võtme kaudu ühendatud kaabliga, mille vaba ots on ka maandatud. Niiviisi tekib ahel (joon. 100): alternaator — võti — kaabel — merevesi — maa — alternaator. Alternaatori võimsus määratakse kaabli liigi ja pikkuse järgi.

Morse võti on selleks, et anda kindlaid signaale. Ilma võtmeta kuulduks vastuvõtutelefonis laeval vaid mingi enam-vähem puhas muusikaline heli, sõltuvalt alternaatori sagedusest. Võti aga võimaldab anda kriipsude ja punktide abil tähti, mis on laeval paremini eraldatavad ega segine igasuguste muude häältega.

Automaatseks tegevuseks on Morse võtmel eri mootor, mis saab energiat ka kohalikult võrgult.

Peale osutatud seadiste on kaldajaamas veel tavaline jaotuslaud laskereostaadiga, voltmeetriga, sagedusmõõtjaga jm.

2. Kaabel. Portsmouthi kaabel on pikk 17 meremiili (31,5 km) ja koosneb 7 soonest; iga soone kaal on 43 kg miili kohta ja kummi isolatsiooniga 44 kg miil. Kogu kaabel on broneeritud traatpunutisega. Kõik sooned on ühendatud paralleelselt ja kaabli üldtakistus on 27 oomi. Kaabli hind — 600 naelst. miil.

Kaabel on kõige kallim osa elekterlootsi ehituses ja tema valik ning kohaleasetamine nõuavad tõsist tähelepanu. Kaabli tüübi valikule peab eelnema kohalike tingimuste uurimine. Kaabli broneerimine on vajalik tema kaitseks juhuslike vigastuste vastu (näit. ankruga), aga ka kaalu tõstmiseks, et põikivoolud ei saaks teda paigalt nihutada.

Kaabel tuleb kohale asetada võimalikult sirgjooneliselt, vältides järske käänakuid, mis raskendavad kaabli kasutamist. Farvaatri käänukohtadele tuleks panna poi kellaga või vilega, mis aegsasti hoiataks laeva eelolevast käänakust.

Kõige soovitavam oleks asetada kaabel farvaatri keskele; kui aga seda ei saa teha, näit. süvendustööde pärast, siis võib panna kaks kaablit farvaatri külgedele.

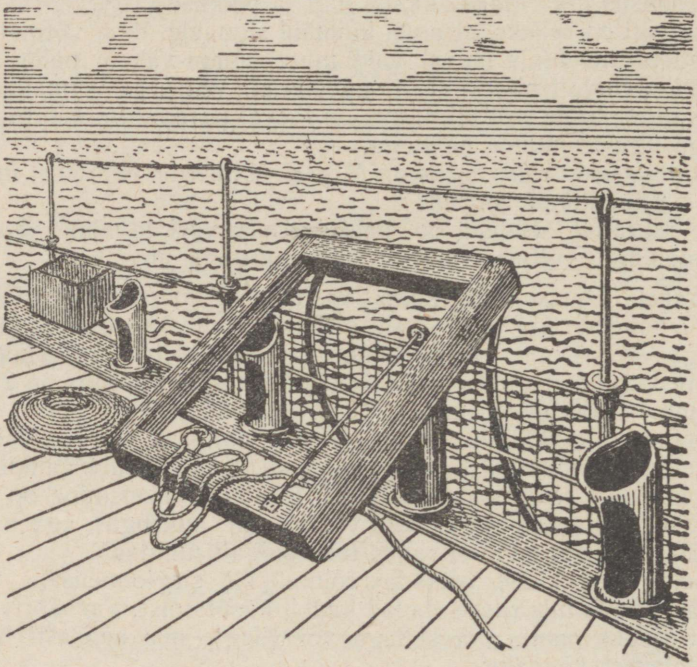
Viimane viis on halvem, sest kui kanal on alla 600 m (3½ kaab.) lai, siis üks kaabel segab teist ja laeva asendit kaabli suhtes saab määrata vaid kummagi kaabli signaalide erinevast tugevusest.

Kaabli lõpp peab olema ohtudest vabas kohas, kus laev saaks vabalt manööverdada ja kaablit otsida.

3. Laeva vastuvõtuaparaat. Vastuvõtuaparaat signaalide püüdmiseks koosneb kahest traadiga mähitud raamist, elektroodidest, võimendajast ühes tema patareidega, telefonidest ja tavalisist mõõteriistadest.

Pardaraamid (joon. 101) on puust, ruudukujulised, pindalaga 1 m^2 (3 × 3 j.). Raami külgedes on õnarad, kuhu on mähitud 350 keerdu traati kahekordse paberist isolatsiooniga. Kõik keerud kokku on ümbritsetud isoleeriva lindiga. Sellise raami takistus on 90 oomi.

Raamil on erilised tagasikäänatavad konksud ja riivid tema kinnitamiseks parda külge ja tekile koristamiseks, kui vastuvõtuaparaati pole vaja. Kohaleasetatud raami näitab joon. 102.



Joonis 101.

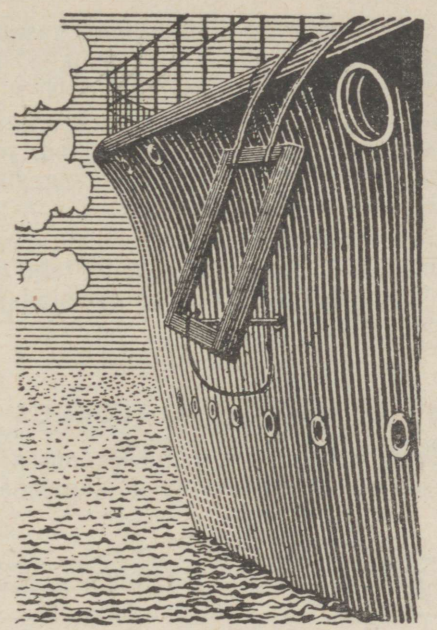
Võimendaja kaudu raamid on ühenduses telefoniga laevasillal. Soovi järgi võib kuulata kas parema või vasema parda raami.

Katsed on näidanud, et mida madalamale asetada raam, seda tugevam on heli telefonis. Kuna aga liiga madalale asetatud raamid võib laine ära viia ja nende kohaleseadmine ja koristamine on tülikam, siis raame väga madalale ei asetata. Kuid raami ülemisest äärest peab jääma vertikaalset parrast vähemalt 0,5 m, selleks et parema ja vasema raami vahel oleks soliidne magnetiline ekraan.

Raamid tuleb asetada parda sellisesse kohta, kus see on sirgjooneline ja paralleelne teise pardaga. Kaubalaevadel raamid asetatakse

tavalisesti silla kohale, sest siinolevad metallehitised, kesktekk, kambrid jm. isoleerivad hästi ühe raami teisest.

Raami keskkoht peab olema vähemalt 45 sm (18 tolli) laeva pardast eemal ja raam peab seisma vertikaalist 15° nurga all, kusjuures alumine äär peab olema pardast kaugemal kui ülemine. Sellise seadistuse korral laeva kere ekraniseeriv mõju esineb hästi kuni 2 kaab. (350 m). Suurimaks kauguseks, milles on püütav signaal, on u. 3 kaab. (550 m),



Joonis 102.

kusjuures signaalid on väga selged, isegi kui laev läheneb kaablile suure nurga all.

Rajooni suurendamiseks, milles saaks püüda kaabli signaale, vastuvõturaamid asendatakse vahel kahe elektroodiga, mis lastakse ahtrist vette ja pukseeritakse laevast. Sellisteks elektroodideks on kaks isoleeritud painduva kaabli otsa: üks kuni 50, teine kuni 150 m pikk.

Elektroodide väliotsad puhastatakse paremaks mereveega kokkupuutumiseks 2 m pikkuselt isolatsioonist. Nende siseotsad võib eri lülitaja abil ühendada vastuvõtuaparaadi telefoniga sillal. Need kaks ebaühtlase pikkusega elektroodi püüavad kinni vahe voolude potentsiaalis, mis ringlevad merevees kaabli ümbruses, ja avastavad sellega tema olemasolu.

Elektroodide töö erivus raamide tööst seisneb peamiselt selles, et siin laeva korpuse ekraniseerival mõjul pole tähtsust, ja et elektroodide abil ilmneb vaid kaabli olemasolu, kuid ei saa määrata, kus pool ta laevast on. Sellepärast elektroode kasutatakse vaid signaalide esialgseks püüdmiseks: minnes oma kindla kursiga võib laev signaali heli tugevnemise või nõrgenemise järgi otsustada kas kaablile lähenemise või sellest kaugenemise üle. Alles seades elektroodide asemele pardaraamid määratakse, kuspool on kaabel.

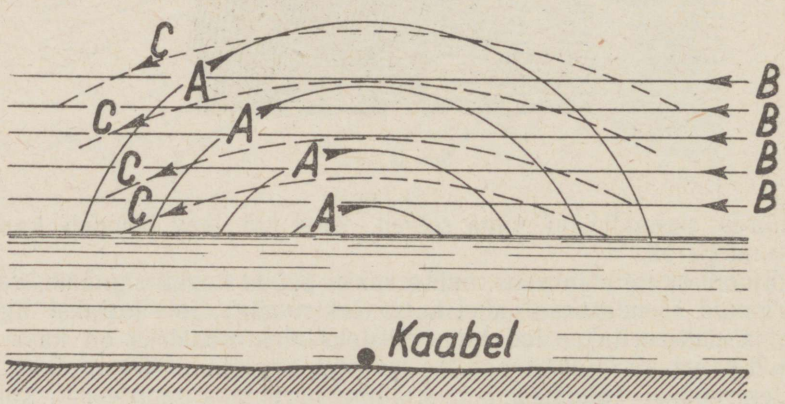
Vahel vastuvõtuaparaadina telefoni asemel kasutatakse erilisi signaallampe. Üks kolmest lambist (valge, punane, roheline) hakates põlema oma värvusega näitab laeva asendit kaabli suhtes.

Selle süsteemi paremus seisneb selles, et, nagu näitasid katsed, seda saab kasutada ka sageduse puhul 10—20 perioodi sekundis. Sõja ajal kaabli voolu sageduse mitteteadmine või selle sageduse muutmine teeb vaenlasele juhtkaabli kasutamise võimatuks.

Optilise vastuvõtu puuduseks on: eriseadistuse vajadus selleks ja võimatus jälgida oma asendi muutumist kaabli telje suhtes, kuna hääle tugevuse muutuse järgi telefonis on kerge otsustada, kas laev läheneb kaablile või kaugeneb sellest.

§ 116. JUHTKAABLI TEGEVUS.

Kui kaablit läbib elektrivool, siis tema läheduses tekib elektromagnetiline väli, mille jõujooned *AA* asetuvad ringidena (joon. 103), mis



Joonis 103.

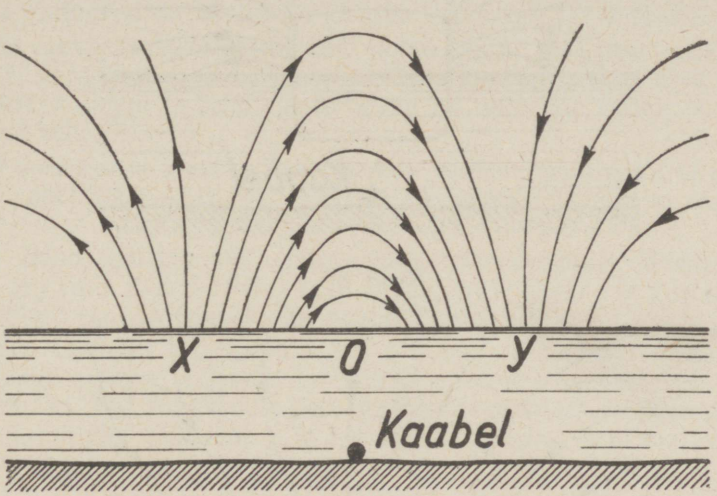
on kontsentrilised kaabli teljega, ja tasapindades, mis on perpendikulaarsed selle teljega. Vastupidine vool maandatud kaabli otsa ja maan-

datud alternaatori klemmi vahel tekitab teise välja, mis vastastikku mõjutab esimest.

Esimeses ligikaudsuses võib arvata, et vastuvool paigutub ühtlaselt, moodustades otsekui voolu kihi, nii et temast tekkiv magnetiväli paigutub horisontaal-sirgjooni *BB* mööda, mis on perpendikulaarsed kaabli teljega.

Resulteeriv väli (joon. 104) on siis horisontaalselt kaabli kohal punktides *X* ja *Y*; teatavas kauguses kaablist väli on vertikaalselt, kaugemal aga jälle horisontaalselt, kuid vastupidi suunatult.

Peale selle merevees, kaablit läbiva voolu mõjul, indutseeruvad voolud ja tekib magnetiväli. mis on vastupidine põhiväljale. Jõujooned *CC*

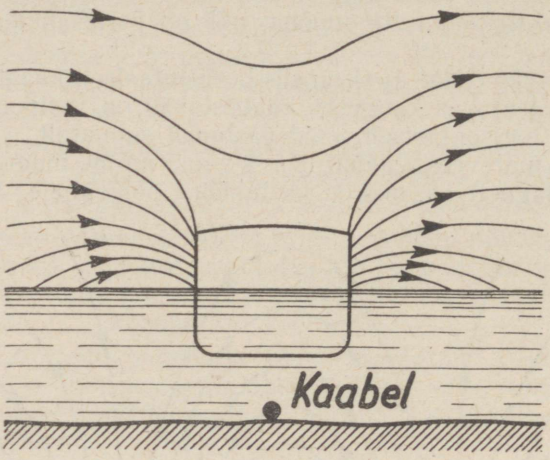


Joonis 104.

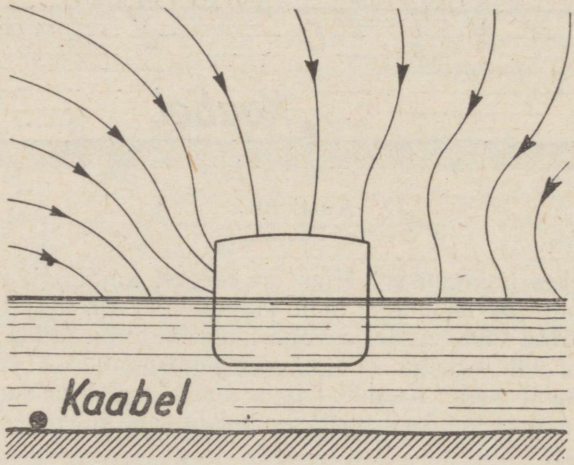
(joon. 103) selles kolmandas väljas on kergelt kumerad, nende suund aga ühtub joonte *BB* suunaga. Selle kolmanda välja mõjul punkt *X* ja *Y* veidi lähenevad teineteisele ja välja lõplik kuju on selline, kui näeme joon. 104, kuid selle vahega vaid, et pöördumispunktid *X* ja *Y* on nihutatud veidi kaabli poole. Kaablit läbiva voolu sageduse suurenemisega tugevnevad ka vees indutseeruvad voolud ja selle tulemuseks on vahemaa vähenemine *X* ja *Y* vahel.

Kui nüüd sellesse lõplikult kujunenud välja, kaabli lähedusse, sellal kui teda läbib vahelduvvool, paigutada puust raam sellele mähitud traadiga ja paigutada nii, et raami tasapind oleks perpendikulaarne välja jõujoontega, siis muutuse tõttu voolus, mis läbib raami kontuuri, traadi keerdudes tekivad elektromotoorsed jõud, millede intensiivsus sõltub raami kontuuri läbivate jõujoonte arvu muutumise kiirusest.

Ühendades raami võimendajaga ja lülitades viimase ahelasse telefoni, me kuuleme heli või signaale Morse tähestiku järgi, mille tugevusest me järeldame kaabli lähedust raamile.



Joonis 105.



Joonis 106.

Kuna vastuvõturaamid asetsevad kahel pool laeva pardaid, laeva kere aga on enamikus terasest ja rauast, siis tuleb arvestada ka selle kere ekraniseerivat mõju.

Iga tükk rauda, mis on asetatud magnetivälja piiridesse, rikub selle välja jõujoonte paigutust. Ta nagu tõmbab endasse need jooned, nii et need rauamassi läheduses lähenevad omavahel, kuna kaugemas ruumis on jõujooned selle-eest nagu hõredamad ja magnetiväli nõrk. Sellepärast räägitakse, et rauamass ekraniseerib tema taga oleva ruumi.

Kui kujutleda, et teraslaev on otse kaabli kohal (joon. 105), siis laevakere ekraniseeriv mõju avaldub selles, et lõplikult väljakujunenud jõujoonte paigutus (joon. 104) muutub ja võtab kuju, nagu näeme joon. 105.

Joonisest nähtub, et laeva parda läheduses on jõujooned lähenenud, s. t. pindalaühikut neid läbib rohkem, kuid laeva teki kohal on väli üsna nõrk ja jõujooned on üksteisest kaugel, laevakere ekraniseerival mõjul.

Kuna laeva asetusel otse kaabli kohal (joon. 105) jõujoonte tihedus mõlemal pardapoolel on ühtlane, siis ka vastuvõturaame läbib ühesuurune hulk jõujooni ja telefonis kuuleme nii ühelt kui teiselt poolt ühetugevust heli.

Kui laev aga ei ole otse kaabli kohal, vaid kuski punktide *O* ja *X* või *O* ja *Y* vahel (joon. 104), siis laevakere ekraniseeriv mõju on veidi teistsugune.

Sel juhul pardapoolel (joon. 106), mis kaablile lähemal, jõujoonte arv, mis lõikub raami kontuuriga, on suurem kui vastaspardal, ja järelikult on heli tugevus ka vastavalt suurem.

Laeva asumisel kas punkti *X* või *Y* kohal on tema kere ekraniseeriv mõju kõige suurem. Edasisel laeva kaugenemisel kaablist väli muutub ühtlasemaks, heli tugevuse vahe kaablile kaugemast ja lähemast raamist muutub üha väiksemaks ja heli ise nõrgemaks, kuni teatavas kauguses hoopis kaob.

§ 117. JUHTKAABLI KASUTAMINE.

Selleks et kasutada elektrilootsi sadamasse sissesõidul udu puhul, peab laev, teades end olevat maandatud kaabli otsa läheduses, võtma kursi, mis lõikuks kaabliga võimalikult terava nurgaga.

Kaabli väline ots maandatakse tavalisesti kohas, kus pole ohte laevale, kui see manööverdades hakkab otsima kaablit.

Ahtrist allalastud elektroodidega võib püüda signaali telefonis u. 6 kaab. (1,1 km) kauguselt. Püüdnud signaali ja jätkates oma kindlat kurssi otsustatakse heli tugevnemise või nõrgenemise järgi kas kaablile lähenemise või sellest kaugenemise üle.

Kui heli tugevneb, siis lülitatakse elektroodide asemele raamid ja püütakse heli nende abil. Kuni laev on kaablist veel kaugel — üle 4 kaab. (750 m), on vahe parema ja vasema raami heli tugevuse vahel väike.

Edasisel lähenemisel kaablile see vahe suureneb ja võimaldab määrata, kus pool laevast on kaabel.

Oletades, et kaabel asetseb farvaatri keskel, asub laev kursile paralleelselt kaablile, hoides teda endast vasemal u. ¼ kaab. kauguses. Katsete põhjal on soovitatav pidada telefoni ühenduses parema raamiga, mis on kaablist kaugemal, sest temas on heli nõrgem ja selles on kergem märgata muutust, kuna liiga tugevas helis on muutuse märkamine raskem.

Kui sissesõidu-farvaater on laiem kui 3½ kaab. (600 m), on kasulik asetada kaks kaablit: üks sissesõitvate, teine väljasõitvate laevade tarvis. Väiksema kanali laiuse puhul aga nad segaksid teineteist. Portsmouthi kogemused on näidanud, et ühe kaabli kasutamine nii sisse- kui väljasõiduks ei tekita mingeid raskusi.

Väikese praktika järele on üsna kerge juhtida laeva ¼ kaab. kauguses kaablist, ja sellest vahemaast vastaskursiga sõitvate laevadega on normaaltingimustes küllalt.

Katsed on näidanud ka, et laeva ei piki- ega põiki-õõtsumine ei avalda märgatavat mõju signaalide vastuvõtmisele.

§ 118. PRANTSUSE LAEVAVASTUVÕTJAD.

Prantslased korraldasid juba 1919. a. Brestis huvitavaid katseid elektrlootsiga. Bresti kaabel on 80 km pikk ja tema ots on maandatud 100 m sügavuses. Kaablis kasutati 1,5-amprilist vahelduvvoolu.

Prantsuse vastuvõtuaparaat erineb veidi inglise omast. Eelmainitud katsetel seadistus laeval koosnes kahest vertikaalraamist, pikutisest ja põigitisest, suuruses 2,5 × 1 m. Kummalgi raamil oli kaks mähist: 60-st ja 10-st keerust, põigitised mähised vastavalt samal arvul.

Telefonist, mis asetses sillal ja mida ühendati tugevdaja kaudu ühe või teise mähisega, püüti musikaalset heli kauguselt üle 2 000 m (1,1 meremiili). Kui laev lähenes perpendikulaarselt kaablile, tegutsesid põigitised raamid, paralleelsel lähenemisel pikutised raamid.

Kaks horisontaalraami samades mõõtmetes, asetatud teineteisest võimalikult kaugele, püüdsid heli 600 m kauguselt. Heli tugevuse vahe paremast ja vasemast raamist osutas, kus pool laevast on kaabel.

Sisse sõites Bresti sadamasse nende nelja raami abil toimiti järgmiselt: võeti kurss perpendikulaarselt kaablile ja kuulati telefoni, mis oli lülitatud põigitisse raami 60 keeruga. Püüdnud heli 10 keeruga põigitisest raamist, pöörduti 90° ja sõideti piki kaablit, kuulates kogu aeg 10-keerulist pikiraami ja hoidudes kaablist paremal, nii et jääks ruumi vastusõitvatele laevadele.

Need toimingud osutusid nii lihtsaiks, nagu näitas praktika, et ka kõige väiksema kogemusega isikud võisid juhtida laeva piki kaablit.

§ 119. ARVUTAMINE SÕITMISEL JÄÄS.

Sõitmisel jääs raskendab laeva sõidutee märkimist peale udu ja observeerimiste puudumise veel võimatus arvestada sõidukiirust ja sagedased nii kursi kui kiiruse muutused.

Jää raskuse muutlikkuse tõttu ja vajadusest valida sobivam tee laevale tuleb muuta kurssi väga sagedasti, kusjuures ka laeva sõidukiirus kogu aeg muutub, langedes vahel nullinigi, kui laev toppab raskes jääs.

Mehaanilist logi jääs kasutada ei saa, samuti ei saa määrata kiirust masina tiirude järgi, sest kiirus alati muutub ja masin toppab. Elektrilogi aga ei ole veel kõigil laevadel, kuid seegi väikestel käikudel ja sagedatel peatustel ei anna rahuldavaid näitusid. Sellepärast on vaja jääs sõites arvutada eriliselt hoolega, et mitte täiesti kaotada oma asukohta.

Admiral Makarov sõites jääs jäälõhkujal „Jermak" kasutas järgnevat arvutamisvõtet, mida hiljem eduga rakendas ka kogemusrikas hüdrograaf N. Morozov aurikul „Pahtussov".

Iga 5 min. järele pannakse kirja kompassikursid peakompassi järgi ja sõidukiirus masinatiirude või silma järgi. Need kiirused ja kursid liidetakse iga tunni takka ja arvutatakse selle tunni keskmine kiirus ja keskmine kurss. Need keskmised kirjutatakse päevaraamatusse. Viimasest arvutatud kohast tõmmatakse tunnile vastav keskmine kurss ja mõõdetakse selle tunni keskmisele kiirusele vastav vahemaa.

Kui deviatsioon tugevasti muutub äärmiste kursside piirides, siis vaja iga kirjapandud kompassikurss enne muuta tõeliseks ja siis alles võtta tõeliste kursside keskmine.

Kursi märkimisel vaja muidugi arvestada ka hoovuse ja triivi mõju selle tunni kestel. Kui on võimalik võtta peilung kaldaesemelt või saada sumneri joon, tuleb kasutada ka neid.

Asukoht tuleb märkida kaardile tingimata igas tunnis, sest sõites jääs on tähtis teada oma asukohta igal hetkel, et muutunud tingimustel valmis olla ruttu üheks või teiseks otsustavaks sammuks.

Jäälõhkujate laevastiku lipulaeva endine tüürimees V. G. Mokassei-Šibinski soovitas omal ajal arvestada iga vahemaad, mis sõidetakse mingil kursil, omaette üksikult, sõidukiirus aga määrata järgmiselt.

Seistes peakompassi juures valime endale laeva pardalt mingisugused kaks vertikaalset tala ja märgime neil punktid, mis on samal kõrgusel veeliinist. Nägemiskiired, mis lähtuvad vaatleja silmast läbi nende punktide, märgivad jääl teatavas kauguses pardast teatava pikkusega baasi. Selle baasi pikkus jääb püsivaks, kuni püsivad vaatleja silma koht ja laeva süvis.

Selge ilmaga, kui on võimalik peilida, määratakse selle järgi laeva asukoht ja kiirus sõlmedes, samal ajal märgitakse sekundimõõtja abil sekundite arv, mida vajab mingi hästimärgatav punkt jääs (mingi jää

kühm, serviti-äär, pragu jne.) valitud baasi läbimiseks antud kiiruse korral.

Selliseid vaatlusi tuleb korrata ja võtta mitme vaatluse keskmine tulemus. Siis teades sekundite arvu t, mida vajab mingi ese baasi läbimiseks laeva kiiruse v korral, on kerge leida laeva kiirus v_1, mille puhul sama baasi läbimiseks vajaneb t_1 sekundit. Nimelt proportsioonist

$$\frac{v}{v_1} \equiv \frac{t}{t_1}$$

leiame, et

$$v_1 = v \cdot \frac{t}{t_1}.$$

Kui näiteks me leidsime vaatlustest, et $v = 6$ sõlme puhul ese läbib baasi $t = 12$ sekundiga ja järgmisel vaatlusel osutub, et sama baasi läbimiseks kulub $t_1 = 8$ sekundit, siis laeva uus kiirus on:

$$v_1 = 6 \cdot \frac{12}{8} = 9 \text{ sõlme.}$$

Muidugi see on õige vaid juhul, kui jää seisund pole muutunud.

Lõpuks võib kasutada jääs sõitmisel veel järgmist kiiruse määramise võtet. Valime jääl parda läheduses mingi hästi märgatava punkti või viskame tasasele jääle tüki sütt ja mõõdame ajavahemiku, mis see ese vajab mingi kahe pardal oleva punkti vahemaa läbimiseks. Mõõtes punktide vahe pardal ja teades nende läbimise aja, võime arvutada laeva kiiruse sõlmedes.

Hea on juba varem koostada vastav tabel, kus sekundite järgi, mis vajaneb teatava vahemaa läbimiseks piki parrast, võiks otsekohe leida laeva kiiruse sõlmedes.

Niiviisi, pannes kirja iga 5 minuti järele kompassikursid ja määrates ühel või teisel viisil sõidu kiiruse, võib arvestada igal kursil sõidetud kauguse, muuta kõik kursid tõelisteks ja koondarvutamise skeemide järgi arvutada antud ajavahemiku üldkurss ja üldsõit. Siit ei ole raske leida ka laeva asukohta.

Kuid sellist täpset arvutamisviisi on vaevalt mõtet kasutada, sest laeva paratamatute põiklemiste tõttu ei saa kursid ega kiirused olla kuigi täpsed, samuti ei saa laeva triivi jää liikumise tõttu alati täpselt arvestada. Sellepärast tuleb sõitmisel jääs tunnustada Makarovi ja Morozovi arvutamisvõtteid tegelikeks tarveteks küllalt sobivaiks.

Astronoomiliste vaatluste kohta sõitmisel jääs annab häid tegelikke näpunäiteid N. Morozovi brošüür „Juhatusi sõitmiseks Valge mere jääs".

§ 120. SKÄÄRIDES SÕITMISE ERISUSI.

Skäärideks nimetatakse laialdasi arhipelaage rohkearvulistest saartest ja saarekestest, mis ääristavad mõnede merede ja lahtede rannikuid.

Läänemeres skäärid täidavad Soome lahe põhjakalda, Botnia lahe ida- ja läänekalda, osa Rootsi ida- ja läänerannikust; neid on Korea poolsaare ümber jm.

Skäärid moodustuvad enamikus väikestest saarekestest, mis on vaid paljad kaljud ja kivid; nende vahel on aga rohkesti veealuseid kive ja kaljusid.

Skäärid ja nendevahelised läbikäigud ei ole igal pool täielikult uuritud ja sõit skäärides on seotud suurte raskustega. Soome skäärides näit. on selgitatud vaid üksikud farvaatrid teatava süvisega laevade läbipääsuks piki skääre (piki-farvaatrid) või sissesõiduks mõnedesse Soome sadamaisse läbi skääride (sissesõidu- ehk põiki-farvaatrid).

Nii piirdub sõit skäärides käesoleval ajal vaid uuritud ja kaardile märgitud farvaatritega, millelt kõrvalekaldumine ei ole soovitav.

Juhistena sõitmisel skäärides tuleks pidada:

1) tuleb kindlasti pidada üht määratud farvaatrit;

2) siin on võimatu määrata asukohta tavaliste navigatsiooniliste võtetega.

Kaardil osutatud farvaatrit tuleb pidada sellepärast, et teiste kohtade navigatsioonilised tingimused on sageli täiesti tundmata. Peale selle on märgitud farvaatrid enamikus uuritud loe abil, mis annab vaid kitsa mereriba sügavusi ja sellepärast on soovitav skäärides pidada võimalikult täpselt kinni farvaatrist, sellest kõrvale kaldumata. Skäärides esineb sageli koonusekujulisi veealuseid kive, millest lood võib üle libiseda.

Isegi siis, kui farvaater on uuritud hüdrograafilise traalimise teel, on seegi alati teatava laiusega, mille piire laev ei peaks ületama, et mitte sattuda veealusele kivile.

Selleks, et kergendada laevale farvaatri pidamist, on paljudes skäärirajoonides ehitatud **juhtivad liitsihid,** millede järgi laev saab kinni pidada täpselt farvaatrist.

Sihimärkideks on kas valgeksvärvitud kivivared või peened latid kolmnurkadega, millede tipud on pöördud eri külgedesse, või kaljudele värvitud valged ruudud või mingisuguste kõrgete esemete loomulikud liitsihid — mingi vabriku korsten ja saar, laik, selleks raiutud siht metsas jms.

Kuna farvaatrid sageli pole ainult kitsad, vaid ka loogelised, järskude käänakutega, siis tuleb arvestada ka laeva tsirkulatsiooniga ja pöörata rooli õigel ajal, et tsirkulatsioonil mitte kõrvale sõita farvaatrist ega sattuda mõne veealuse kivi otsa.

Asukoha määramine skäärides on võimatu sellepärast, et kõik ümbruse esemed, isegi keskmisel kiirusel 10—12 sõlme, mööduvad laevast niivõrd ruttu, et ei jätku aega observeerimiseks.

Teisest küljest on ümbritsevate kaljude ja veealuste ohtude kaugus sageli määratav meetritega, kus ei piisa navigatsioonijiste määramiste teel saadavaist täpsusist (need on parimal juhul 1—2—3 kaab.).

Ka ei ole paljud skääride saarekestest märgitud kaardile sellise täpsusega, mis võimaldaks nende järgi asukohta määrata. Sellepärast navigatsioonilisi kohamääramise võtteid kasutatakse vaid skääride avaramates osades.

Öeldust on ilmne, et sõidule skäärides tuleb põhjalikult ette valmistuda. Vaja on enne lootsiate järgi tundma õppida kavatsetava retke sooritamise võimalusi, võtta kaardilt kõik farvaatri üksikute osade soovitatavad kursid ja muuta nad kompassikurssideks. Iga pöörde järele tuleb tingimata kontrollida, kas uus kurss vastab varem ettearvestatud kompassikursile.

Igal kursil, kui sõit ei toimu mitte liitsihilise farvaatri järgi, tuleb otsida kaardil mingi ese laeva nina või ahtri järgi ja see üles märkida. Hiljem, kui laev asub sellele kursile ja valitud esemed on tõesti nina või ahtri kohal, siis laevajuht saab veenduda oma kursi õigsuses.

Veel parem on, kui saab kaardi järgi ette määrata igale kursile **mingi liitsihi** — kahe saarekese keskkoht või äär, kahe kalju liitsiht jne. — mis viiks puhtalt mööda farvaatrit. Pärast, sõidul, leides selle liitsihi maastikul, võib kindel olla oma kursi ohutuses.

Edasi vaja arvestada kõik käänakud, s. o. sõltuvalt pöördenurgast antud kiiruse korral arvestada, mitu kaabeltaud enne märgitud pöördepunkti tuleb käänata rooli. Tuleb valida mingi ese, mis peab olema traaversis pöördemomendil, ja panna kirja tema kompassipeilung, et käänata mitte silma, vaid valitud eseme peilungi järgi.

Tuleb märkida kohad, kus farvaatri kitsuse või käänaku järskuse tõttu tuleb sõita vähendatud käigul ja kus täiskäigul.

Sõidu ajal tuleb jälgida laeva edasiliikumist, märkides farvaatrile perpendikulaarse kriipsukesega läbitavad esemed, hoiatusmärgid ja kirjutades juurde läbimismomendid.

Enamikus farvaatrites on kõik tähtsamad ja lähedamad ohud tähistatud märkidega. Neid vaja jälgida, eriti sõitmisel skäärides, ja mööduda neist ettenähtud küljest. Kuid täiel määral meremärke usaldada ei tohi, sest neid võisid kohalt liigutada möödunud purjekad või neid võis sihilikult kõrvale viia vaenlane. Sellepärast sõites skäärides päevaajal tuleb juhinduda peamiselt liitsihtidega, kas selleks otse määratuiga või laevajuhi enda valituiga kaardi hoolsal uurimisel.

Öösi sõitmiseks on paljud farvaatrid Soome skäärides varustatud nn. vilkuritega, väikeste tulepaakidega, milledes leidub automaatselt tegutsev lamp ilma valvurita. Sellisel vilkuril on tavalisesti kolm valgustussektorit: valge-punane või valge, roheline ja punane. Valgepunase

tule sektor osutab ohutut farvaatrit, sektori telg ühtub farvaatri teljega. Rohelise tule sektor on farvaatrist paremal (arvates sissesõidust), punase tule sektor — vasemal.

Sõites öösi valge-punase tule piires suunaga vilkurile, on laev sõiduteel ja sõit on ohutu. Kui avaneb roheline tuli, siis laev teab, et on hälbinud paremale, kui punane tuli, siis vasakule.

Sõites vastupidises suunas värviliste tulede osutused on mõistetavad vastupidises mõttes.

Kuid kindel valgustussektorite piiridele ei tule olla kunagi, sest kahe erivärvuselise sektori piiril on teatav vahemaa ebamäärast värvust, mis ühele silmale näib punane, teisele veel valge. Sellepärast ettevaatuse mõttes on soovitav kontrollida laeva asukohta veel vilkuri peilungiga.

Öeldust sõitmise kohta skäärides pole veel kaugeltki küllalt. Peale hoolsa ettevalmistuse sõiduks on vajalik veel küllaldane tegelik staaž sellises sõidus, hea meremehe silm ja oskus orienteeruda maastiku pidevalt muutuvas olukorras, aga ka laevajuhtimise üldaluste kindel teadmine.

§ 121. SÕIT SOODSAMAID TEID MÖÖDA.

Tee valikul suureks ookeanireisiks, kus vahemaa lähte- ja sihtpunkti vahel on tuhandeid miile, tuleb mõelda sellele, et valitud tee viiks laeva sihtkohale parimal viisil.

Esimene tingimus on — tee olgu lühim. Lühim tee aga kahe punkti vahel on keral suurringi kaar. Sellepärast võetakse antud ookeani gnomooniline kaart, leitakse sellel lähte- ja sihtpunkt, ühendatakse need sirgjoonega ja saadakse sellega gnomoonilisel kaardil otsitav suurringi kaar. Kui see kaar möödub puhtalt kõigist saartest, siis kirjutatakse gnomooniliselt kaardilt välja mõned lõikumispunktide laiused ja pikkused tõmmatud suurringi kaare ja teel läbitavate meridiaanide vahel ning kantakse nende punktide järgi suurringi kaar merkaatori üldkaardile.

Merkaatori kaardil suurringi kaar kujuneb murdjooneks, s. t. sõit suurringi kaart mööda jagub vahepunktidega reaks osaretkedeks otsekursside kujul ehk loksodroomi mööda.

Teiste sõnadega: vahepealsed punktid, alg- ja lõpp-punkt asuvad suurringi kaarel, kuid sõit kahe naaberpunkti vahel toimub loksodroomi mööda, s. o. püsiva kursiga. Pöördepunktid püütakse seejuures valida nii, et kursse tuleks muuta teatava miilide arvu, 200 või 300 miili järele, või 2 korda päevas.

Kuid sõit mööda suurringi kaart, ehkki on kauguselt lühim, ei ole alati kõige soodsam: suurringi kaar võib läbida selliseid ookeaniosi, kus laeval tuleb võidelda vastutuule või vastuvooluga.

On ilmne, et sellisel juhul lühim tee pole soodsaim, kuna nõuab rohkem aega, kui mõni veidi pikem tee, kus laev saab kasutada päri-

tuult või -hoovust ja vaatamata pikemale teele jõuab pärale rutem kui lühimat teed mööda.

Sellepärast **soodsama tee valimisel** suureks ookeanireisiks tuleb kõigepealt pöörduda **soodsaimate teede kaartide** poole inglise kaartide ja sektsioonist, või ameerika igakuuliste kaartide „Pilot Charts" poole, mis osutavad soodsaimaid teid maakera mitmesuguste punktide vahel eri aastaaegadel. Selliste kaartide kasutamist käsitellakse üksikasjalikult „Lootsias". Nende kaartide koostamisel pole võetud arvesse ainult kaugust sadamate vahel, vaid ka reisi mitmesuguseid hüdrometeoroloogilisi tingimusi.

Märkinud nende kaartide soovituse järgi antud aastaajale sobivaima tee, tuleb arvutada, kui ta ühtub suurringi kaarega, kas on olulist kasu vahemaas sõites nimelt seda kaart mööda.

Kui osutub, et on, siis kantakse valitud suurringi kaar nii või teisiti merekaardile, jaotatakse ta üksikuiks osadeks nii, et kurss muutuks 2^0—3^0 võrra, ja sooritatakse sõit kahe kursimuutumispunkti vahel loksodroomi mööda.

Kui astronoomilistest vaatlustest reisi kestel selgub, et laev on hälbinud valitud teelt, siis tuleb vaadata, kas on mõtet tagasi pöörduda suurringikaarele, või on kasulikum leida ja tõmmata kaardile uus soodsam tee observeeritud punkti ja sihtsadama vahel.

On ilmne, et soodsaima tee valikust saab juttu olla vaid pika ookeanireisi puhul. Lühematel reisidel, alla 1 000 miili, laeva kurss asetub ühe kursina mööda loksodroomi, ehkki siin tuleb vältida vastutuule, vastuhoovuse või suure lainetuse mõju.

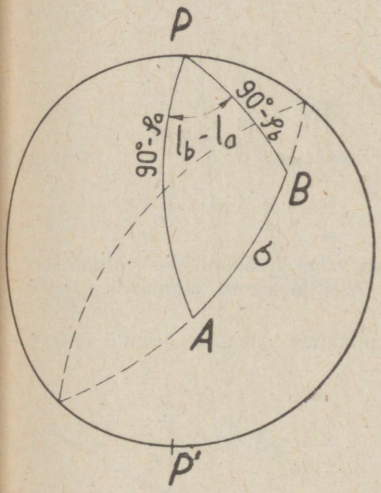
§ 122. HARJUTUSI VI PEATÜKILE.

285. Miks ei saa kohta määrata õhu-udusignaalide abil?
286. Milles on allveesignalisatsiooni paremus õhusignalisatsiooni kõrval?
287. Kuidas määrata asukohta „kursi ja sügavuste järgi"?
288. Kui pika vaheaja järele on vaja loodida koha määramiseks kursi ja sügavuste järgi?
289. Millistest osadest koosneb veealuse kella signaalide vastuvõtuaparaat?
290. Kuidas võetakse akustiline peilung?
291. Milliste võtetega võib saada laeva raadiopeilungi?
292. Loetlege raadiopeilingaatorijaamade tüübid.
293. Milline on vahe kaldajaama ja laeva raadiopeilingaatori määratud raadiopeilungi vahel?
294. Milliseid teatmeid annavad raadiosignaalide „Kirjeldused"?
295. Kuidas parandada kaldajaama poolt võetud raadiopeilungit?
296. Kuidas parandada raadiopeilungit enne tema märkimist merkaatori kaardile?
297. Kuidas märkida kaardile laeva raadiopeilingaatoriga võetud raadiopeilung?
298. Milles seisneb laeva asukoha määramise raadioakustiline meetod?
299. Loetlege „elekterlootsi" tähtsamad koostisosad.
300. Kuidas sõidetakse sadamasse „elekterlootsi" juhatuste järgi?
301. Milles seisneb „laeva kere ekraniseeriv mõju"?
302. Mis tähendab laeva soodsaim tee?

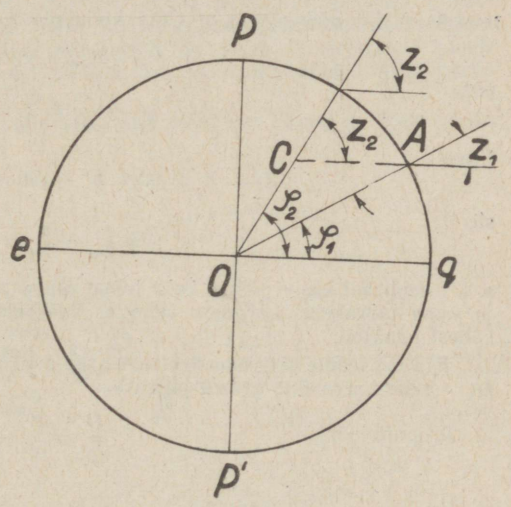
TÄIENDUSED.

§ 1. MAAKERA MÕÕTMETE MÄÄRAMINE.

Esimesed katsed maakera mõõtmete määramiseks kuuluvad kaugesse minevikku. Juba Aristotelesel leidub viide maakera mõõtmetele: ta arvab nimelt, et vahemaa poolusest ekvaatorini on 100 000 staadioni, kuid ta ei seleta, kust on see arv saadud, niisama ei tea me staadioni täpset pikkust.



Joonis 107.



Joonis 108.

Maakera mõõtmete esimese määramise au kuulub astronoom Eratosthenes'ele (276—196 enne meie ajaarv.), kes oli Ptolomaios III valitsuse ajal kuulsa Aleksandria raamatukogu juhatajaks ja Aleksandria kooli asutajaks.

Eratosthenese idee, mille alusel ta määras maakera mõõtmeid, ei ole oma tähtsust kaotanud tänapäevani. Tema kasutatud võte oli väga lihtne.

Kui meil läheb korda määrata kahe punkti A ja B laius ja pikkus maakeral (joon. 107) ja mõõta otsejooneline vahemaa nende vahel S, siis sfäärilisest Δ-st ABP on kerge arvutada kaare AB nurgaline suurus, mille tähistame σ.

Kui maakera raadius on R, siis võime kirjutada, et

$$\frac{\sigma''}{360 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{S}{2\pi R},$$

kus S on sirgjooneline vahe A ja B vahel.

Sellest

$$R = \frac{360 \cdot 60\,60}{2\pi} \cdot \frac{S}{\sigma''}.$$

Selliselt määratud maakera raadiuse täpsus sõltub kauguse S mõõtmise täpsusest ja punktide A ja B nurgalise kauguse σ määramisest, s. t. punktide A ja B laiuse ja pikkuse määramise täpsusest.

Laiusi saab määrata täpsemalt ja lihtsamalt kui pikkusi, sellepärast on lihtsuse mõttes parem valida punktid A ja B nii, et nad asetseksid samal meridiaanil. Kui tähistame (joon. 108) punkti A laiuse φ_1, punkti B oma — φ_2, mingisuguse taevakeha kõrguse aga, mis on mõõdetud samal ajal mõlemast punktist — h_1 ja h_2 siis ei ole raske leida otsekohe otsitava kaare $AB = \sigma$ suurus. Joonisest 108 on näha, et

$$BOA = \sigma = \varphi_2 - \varphi_1;$$

teisest küljest võib aga Δ-st COA kirjutada, et

$$Z_2 = (\varphi_2 - \varphi_1) + Z_1$$

ehk

$$\varphi_2 - \varphi_1 = Z_2 - Z_1.$$

Kuna

$$Z_2 - Z_1 = 90 - h_2 - (90 - h_1) = h_1 - h_2,$$

siis

$$\sigma = \varphi_2 - \varphi_1 = h_1 - h_2,$$

s. t. meridiaani kaare pikkus kahe temal asuva punkti vahel kraadimõõdus võrdub ühe- ja sama taevakeha kõrguste vahega, vaadelduna ühel ja samal momendil nendest kahest punktist.

Kui me teame sirgjoonelist vahemaad S nende punktide vahel, siis leiame ka kohe D — selle kaare ühe kraadi pikkuse.

Proportsioonist

$$\frac{D}{S} = \frac{1^0}{\sigma^0}$$

on näha, et

$$D = \frac{S}{\sigma} = \frac{S}{(\varphi_2 - \varphi_1)^0}.$$

Eratosthenes esimesena rakendaski seda maakera raadiuse määramise võtet, kusjuures ta pidas maakera keraks.

Eratosthenes oletas, et Aleksandria, kus ta elas, ja Siena — linn Ülem-Egiptuses (praegu Assuan) — on samal meridiaanil. Ta teadis, et suvel kõige pikema päeva keskpäeval päike seisab Siena kohal püstloodis, et teda võib näha kõige sügavamate kaevude põhjast, s. t. päikese kõrgus h_1 Sienas tol momendil oli 90^0.

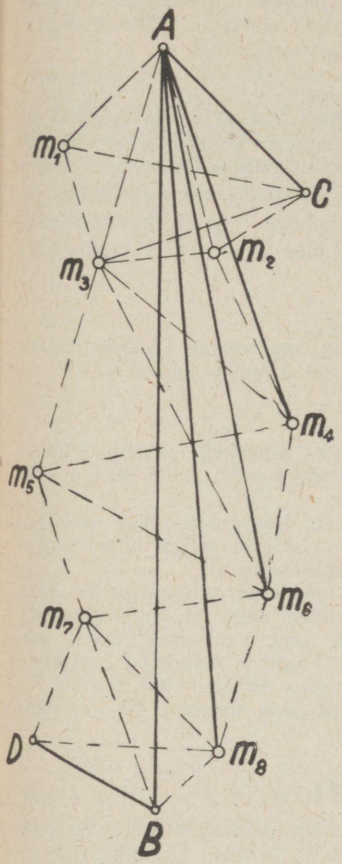
Samal ajal aga Aleksandrias päikese kõrgus $h_2 = 82^048'$. Järelikult σ Eratosthenesel kujunes:

$$\sigma = h_1 - h_2 = 90^0 - 82^048' = 7^012',$$

mis tähendab aga ka, et Aleksandria ja Siena laiuste vahe on:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 7^{0}12'$$

Teisest küljest aeg, mida kaamelite karavan vajas selle vahemaa läbimiseks, võimaldas määrata meridiaani kaare otsejoonelise pikkuse 5 000 staadionile. Sellega olid käes kõik andmed maakera raadiuse pikkuse arvutamiseks.



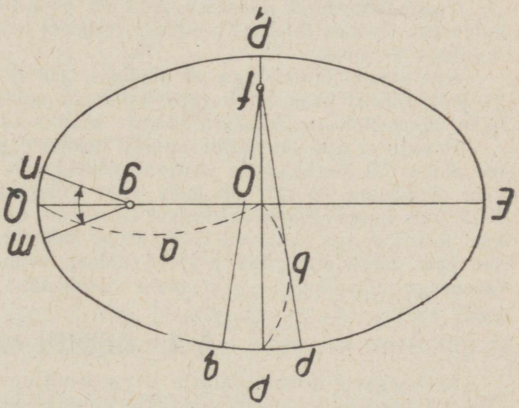
Joonis 109.

Vaatamata ekslikule oletusele, et Aleksandria ja Siena asuvad samal meridiaanil, ja võtete jämedusele σ ja S määramisel, Eratosthenesel siiski õnnestus saada tõele lähedane R suurus.

Hiljem, teaduse edenedes, ja astronoomiliste instrumentide täienedes, õpiti määrama laiuste vahet küllaldase täpsusega, kuid suuri kaugusi ei suudetud nõutava täpsusega mõõta enne, kui XVII s. algul hollandi teadlane V. Snellius esitas tema poolt selleks leiutatud viisi, nn. **triangulatsiooni.**

Kuna pikka joont AB maakera pinnal (joon. 109) vahetult mõõta pole võimalik, siis eriliste nn. baas-mõõduriistadega mõõdetakse täpselt väike pikkus AC, nn. baas, ja ehitatakse kahele poole mõõdetavat joont AB rida signaalmärke m_1, m_2, m_3 ... jne.

Siis baasi AC mõlemast otsast ja igast punk-



Joonis 110.

tist m_1, m_2, m_3 ... jne. mõõdetakse nurgamõõtjatega kõik horisontaalnurgad kõikide suundade vahel antud punktist kõikidele sellest nähtavaile punktidele. Nii mõõdetakse punktist A nurgad m_1Am_3, m_3Am_2, m_2AC, punktist C — nurgad ACm_1, m_1Cm_3 m_3Cm_2, m_2Cm_4 jne.

Need nurkade mõõtmised võib sooritada täiesti täpselt. Selle töö tulemusena kogu joon AB kattub võrgu kolmnurkadega nagu ACm_1, m_1Cm_3 ... jne. Teades kolmnurga üht külge, baasi, ja kõik nurgad, võime arvutada teised küljed.

Kui on arvutatud kõik kolmnurkade küljed, võib arvutada ka diagonaalid Am_4, Am_6, Am_8 ja lõpuks ka AB. Töö täpsuse tõstmiseks mõõdetakse kuski veel teine baas, näit. BD ja selle mõõtmise tulemuse ühtumine arvutamise tulemusega on sooritatud töö heaks kontrolliks.

Sellised tööd maakera meridiaani kaare 1° pikkuse määramiseks, mida nim. **kraadimõõtmisteks,** koosnevad kahest osast: 1) **astronoomilisest** laiuste, pikkuste ja mõõdetava kaare alguse- ja lõpu- ning vahel ka mõningate vahepealsete punktide asimuutide määramisest, ja 2) **geodeetilisest** — baasi mõõtmisest ja vahemaa arvutamisest algus- ja lõpupunkti vahel sooritatud triangulatsiooni alusel.

Varsti peale seda, kui arenesid täpsed triangulatsioonilised tööd, selgus, et maakera meridiaani kaare 1° pikkus on eri laiustes erisugune.

Algul arvati, et on tegu vaatluste veaga, kuid hiljem leiti, et vaatluseviga ei või olla nii suur, et põhjuseks on maakera pöörlemistelje suunas kokkulitsutud kuju.

Tõepoolest, kujutleme (joon. 110) ellipsit PQP_1E pooltelgedega $OQ = a$ ja $OP = b$ ja pöördkeha, mille saame selle ellipsi pöörlemisest oma väiksema telje PP_1 ümber, nn. **pöörd-ellipsoidi** ehk **sferoidi,** mille lapergususe tõttu pooluste P ja P_1 juures meridiaani kõverus eri laiustes on erisugune — kõveruse raadius on ekvaatori juures väiksem kui pooluse juures:

$$mg < qf.$$

See tähendab, et elliptilise meridiaani kaare pikkus, mis vastab 1°-lisele nurgale tema normaalide vahel, on ekvaatori juures väiksem kui pooluste juures, s. o.:

$$Qm < Pq.$$

Teiste sõnadega: maakera pind on pooluste juures lamedam, ekvaatori juures kumeram. Rootsis tuleb näit. sõita meridiaani mööda 1 km rohkem kui Indias, et laius muutuks 1° võrra.

Kui kraadimõõtmistega oli kindlaks tehtud maakera lapergusus, mida kinnitasid ka teoreetilised kaalutlused (gravitatsiooni seadus), korraldasid paljud riigid teaduslikke ekspeditsioone maakera tõeliste mõõtmete määramiseks.

Praegusel ajal on mitmesuguste teadlaste poolt mõõdetud mitmesugustes laiustes umbes 30 meridiaanide ja paralleelide kaart. Suurimaid neist on: inglis-prantsuse kaar pikkusega $> 22°$, ida-india kaar peagu 24° ja suur vene-skandinaavia kaar $> 25°$, mis kulgeb Põhja-Jäämerest Doonauni. Lühikest kaart on mõõdetud L.-Ameerikas; Aafrikas aga kestavad tööd tohutu kaare mõõtmiseks Natalist kuni Kaironi. Kui see kaar, nagu ette näeb projekt, ühineb vene-skandinaavia kaarega, siis on suure täpsusega mõõdetud üle $\frac{1}{4}$ maakera meridiaanist.

§ 2. GEOIDI MÕISTE.

Kaasaegsete astronoomiliste ja geodeetiliste tööde täpsus on nii suur, et on korda läinud lahendada ka maakera tõelise kuju küsimus.

Kuna pöörd-ellipsoidi kuju on ideaalne matemaatiline kuju, millega maakeral on kõige rohkem sarnasust, maakera pind aga oma vee- ja mandrialade, mägede, orgude, metsade ja jõgede jne. pole mingi ideaalselt sile pind, siis ei saa ka loodjoone ehk raskustungi suund igas maakera kohas ühtuda ideaalse ellipsoidi pinna normaalidega.

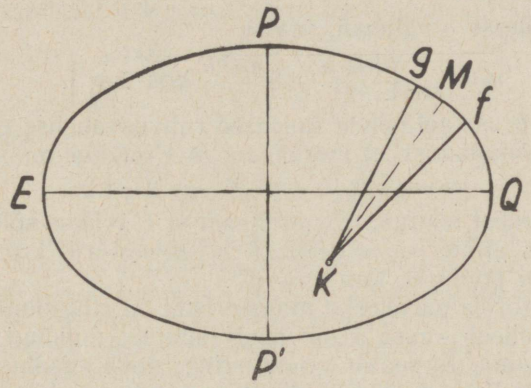
Astronoomilistest vaatlustest ongi selgunud, et mitmesugustes kohtades maakeral, sõltuvalt kohalikest tingimusist, esineb hälbeid tõelise raskustungi suuna ja ideaalse sferoidi normaalide suundade vahel samades punktides. Need hälbed ei ole tõepoolest kuigi suured. Kiievi ja Astrahani vahelises rajoonis nad on kuni $+ 2{,}5''$, Kaukasuses — $+ 35{,}8''$ kuni $- 18{,}3''$, Šveitsis ja Põhja-Itaalias — $+ 12''$ kuni $- 20''$. Need hälbed on enamikus seletatavad maakera koore välisreljeefist, ehkki mõnes kohas, näit. Moskva oblastis need loodjoone hälbed ei vasta reljeefile.

Ilmsesti on siin põhjuseks tiheduste ebakorrapärane paigutus maakera koores. Loodjoonte hälbimine näitab, et antud kohas maakera tõeline pind ei ühtu ideaalse ellipsoidi pinnaga, olles sellest kas kõrgem või madalam.

Maakera tõelist pinda nim. **geoidi pinnaks** ja sellega piiratud keha **geoidiks**. Sellega oleks maakera tõeline kuju **geoid** — ebakorrapärane matemaatiline keha, mille pind igas oma punktis on perpendikulaarne tõelise loodjoonega selles punktis. Tõelise maakera kuju uurimine kuulub erilisse teadusse — **kõrgemasse geodeesiasse.**

§ 3. MERIDIAANI 1′ PIKKUS.

Kuna maakera oma kujult kõige enam on sarnane pöörd-ellipsoidiga, siis maakera meridiaan on sarnane ellipsiga. Kuna ellipsi kõverus eri punktides on erisugune, siis ka maakera meridiaani kõveruse raadius ϱ on erisugune eri laiustes. Ta on kõige väiksem ekvaatoril, kõige suurem poolustel.



Joonis 111.

Koha laiusena φ me mõistame nurka loodjoone ja ekvaatori tasapinna vahel, ehk pidades maakera ellipsoidiks — ellipsoidi normaali ja pooltelje vahel antud kohal.

Geodeesias esineb maakera meridiaani kõveruse raadiuse ϱ ligikaudse suuruse valem, sõltuvalt koha laiusest φ ja pooltelgedest a ja b:

$$\varrho = \frac{a+b}{2} - 3\frac{a-b}{2}\cos 2\varphi.$$

Sellest valemist nähtub, et ϱ suurus aegamööda kasvab, alates suurusest

$$\varrho_1 = \frac{a+b}{2} - 3\frac{a-b}{2},$$

mis tal on ekvaatoril $\varphi = 0^0$ puhul, kuni

$$\varrho_2 = \frac{a+b}{2} + 3\frac{a-b}{2}$$

poolustel $\varphi = 90^0$ puhul.

Kuna iga kaare pikkus võrdub talle vastava nurga ja raadiuse korrutisega, siis kaar fg (joon. 111), pikkusega 1′, mille tähistame m, võrdub nurga fkg ja $\varrho = Mk$, antud meridiaani punkti M kõverusraadiuse, korrutisega.

Järelikult

$$m = fg = \varrho \cdot \angle fkg$$

ehk, väljendades nurka fkg vastava mõõduga —

$$m = \varrho \cdot \sin\ 1' = \frac{1}{3438}\ \varrho.$$

Asetades sellesse ϱ väljendi, saame

$$m = \frac{1}{3438}\left[\frac{a+b}{2} - 3\frac{a-b}{2}\ \cos\ 2\varphi\right].$$

Võttes a ja b asemel nende suurused rahvusvahelise ellipsoidi järgi, saame pärast koondamist, et meridiaani m 1′ pikkus on:

$$m = (852{,}13 - 9{,}36\ \cos\ 2\ \varphi)\ \text{m}.$$

Sellest väljendist nähtub, et meridiaani m 1′ pikkus sõltub koha laiusest, suurenedes alates $m_1 = 1\,842{,}77$ m ekvaatoril, kus $\varphi = 0^0$, kuni $m_2 = 1\,861{,}49$ m poolusel, kus $\varphi = 90^0$.

Kuna ekvaator ja paralleelid maasferoidil on ringjooned, siis ekvaatori ja iga paralleeli kaare 1′ on püsiv suurus, muidugi ekvaatoril ja igal paralleelil oma. Ekvaator on suurring, mille raadius võrdub ellipsoidi suure poolteljega a. Järelikult ekvaatori kaare 1′ pikkus on:

$$n = a \cdot \sin\ 1' = \frac{a}{3438} = 1\,855{,}3\ \text{m}$$

rahvusvahelisel ellipsoidil.

Tabel 19 annab meridiaani ja paralleelide kaare 1′ pikkused mitmesugustest laiustest rahvusvahelise ellipsoidi järgi.

Tabel 19. Meridiaanide ja paralleelide kaarte 1′ pikkused meetrites.

Laius	Meridiaani 1′ pikkus	Paralleeli 1′ pikkus	Laius	Meridiaani 1′ pikkus	Paralleeli 1′ pikkus
0^0	1842,8	1855,3	50	1853,8	1192,5
10	1843,3	1827,0	60	1856,8	927,6
20	1845,0	1743,4	70	1859,3	634,5
30	1847,4	1606,7	80	1860,9	322,2
40	1850,5	1421,2	90	1861,5	0,0

Tabelist nähtub, et vahe suurima ja kõige väiksema meridiaani 1′ pikkuse vahel on kõigest 18,7 m. Sel vahel on tähtsust vaid täpsetel arvestustel. Näit. merekaartide valmistamisel, mitte aga tavalises laevajuhtimise praktikas.

§ 4. EKVATORIAALNE, GEOGRAAFILINE JA STATUUTNE MIIL.

Ekvaatori kaare 1′ pikkust nim. **ekvatoriaalmiiliks.** Kuna ekvaator on suurring, mille raadius võrdub ellipsoidi suure poolteljega *a*, siis ekvatoriaalmiil peab võrduma, nagu nägime, 1 855,3 m, mis on pisut pikem meremiilist.

Arvelduste puhul, kus ei vajata suurt täpsust, võetakse maakera kerana. Sel puhul ekvatoriaalminutid võrduvad meremiiliga, s. t. 3,3 m suurune vahe jäetakse tähele panemata.

Meremiilile määratud püsiv suurus, 1 852 m, erinev meridiaani 1′ pikkusest eri laiustes, põhjustab kauguste mõõtmistes üsna tühiseid vigu.

Nii tabelist 19 nähtub, et ekvaatori juures see vahe on:

$$\frac{1852-1842{,}8}{1842{,}8} = +\frac{9{,}2}{1842{,}8},$$

pooluste juures aga:

$$\frac{1852-1861{,}5}{1861{,}5} = -\frac{9{,}5}{1861{,}5}$$

ehk kui väljendame need vead protsentides, siis saame ekvaatorile + 0,51% ja pooluse läheduses — 0,51%, s. o. suurused, mis ei ületa tavalisi logivigu.

Geograafiliseks (saksa) miiliks nim. ekvaatori kraadi $^1/_{15}$ pikkust. Kui võtta maakera kerana Besseli mõõtmete järgi, siis geograafiline miil = 7 420 m.

Inglismaal ja Ameerikas suurte pikkuste mõõtmiseks mandril kasutatakse erilist pikkusemõõtu — **statuutmiili,** mis võrdub 5 280 jalaga. Sel ei ole midagi ühist maakera mõõtmetega, see on vaid valitsuse poolt kehtestatud vabaltvõetud ühik nagu endine vene verst. Statuutmiil ligikaudu = 1,5 km.

§ 5. RUMBIDE LUGEMINE INGLASTEL JA SAKSLASTEL.

Inglased tarvitavad veidi keerulisemat süsteemi, arvates murrulisi rumbe nii O-i kui W-i, nii ka N-i kui S-i. Nad nimelt ei alga lugemist rumbidest, mis algavad ja lõpevad sama tähega, s. t. 3- ja 6-ndast rumbist nagu: NOtN ja ONO NO-veerandis, SOtS ja OSO SO-veerandis, SWtS ja WSW SW-veerandis ja NWtN ja WNW NW-veerandis. Sellisel juhul nad loevad järgmisest rumbist vastupidi.

Näit. meil on NOtN ja NO vahel murrulised rumbid NOtN$\frac{1}{4}$O, NOtN$\frac{1}{2}$O ja NOtN$\frac{3}{4}$O, inglastel aga — NO$\frac{3}{4}$N, NO$\frac{1}{2}$N ja NO$\frac{1}{4}$N.

WNW ja WtN vahel meie märgime WNW$\frac{1}{4}$W, WNW$\frac{1}{2}$W ja WNW$\frac{3}{4}$W, inglased aga — WtN$\frac{3}{4}$N, WtN$\frac{1}{2}$N, WtN$\frac{1}{4}$N jne.

Sakslased kasutavad vahepealset süsteemi: 3-dast rumbist nad loevad nagu meie, 6-dast aga nagu inglased.

Peale selle 8-dast rumbist nii sakslased kui inglased loevad nii N-i kui S-i.

§ 6. VASTAS- JA PERPENDIKULAARRUMBID.

Rumbide nimetuste ja järjekorra meelespidamiseks on kasulik harjutada vastas- ja perpendikulaarrumbide otsimist, mis on sageli vajalik purjekail.

Vastupidiseks antud rumbile on suund, mis erineb antust 180°. Näit. rumbile NO on vastupidine SW, rumbile NNW$\frac{3}{4}$W — SSO$\frac{3}{4}$O.

Selleks et leida vastupidine rumb, vaja antud rumbis N asendada S-ga ja O W-ga ning vastupidi.

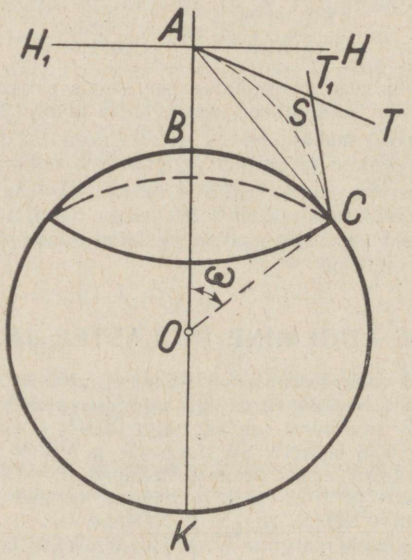
Perpendikulaarseks antud rumbile on suund, mis moodustab sellega 90°-se nurga. Igal rumbil on kaks perpendikulaarset, parem ja vasem. Kui vaadata antud rumbi suunas, siis parem perpendikulaarne on paremal, vasem — vasemal.

Rumbile SO näiteks on parem perpendikulaarne SW, vasem perpendikulaarne NO. Rumbile WNW on parem perpendikulaarne NNO, vasem — SSW jne.

Ilmsesti on antud rumbile perpendikulaarsed need, mis asetsevad naaberveerandites ja täiendavad antud rumbi numbrit 8 rumbini. Nii on 3-ndatele rumbidele perpendikulaarsed 5-ndad, 2-tele 6-ndad jne.

§ 7. MAA REFRAKTSIOONI MÕJU NÄHTAVA SILMAPIIRI KAUGUSELE.

Kui vaatleja silm on punktis A (joon. 112) ja mingi ese või, nagu käesoleval juhul, nähtava silmapiiri joon on punktis C, siis kiir punktist A punkti C ei lähe mitte mööda sirgjoont, vaid mööda kõverat ASC, mis on oma kumerusega pöördud



Joonis 112.

maa poole. Tõmmates sellele kõverale riivajad AT ja CT_1 punktidest A ja C, näeme et vaatlejale punktist A punkt C on näha suunas AT, punktist C aga näib A olevat suunas CT_1.

Nurka $TAC = \varrho$ nimetatakse **maa refraktsiooniks.** Tema suurus sõltub atmosfääri murdumisvõimest vaatluse momendil. Kuna refraktsiooni-kõver asetub alati kumerusega maa poole, siis esemed refraktsiooni mõjul otsekui tõstetakse üles ja me selletõttu näeme kaugemale, kui näeksime ilma õhkkonna katteta. Maa refraktsiooni mõju uurimised näitavad, et nurgad TAC ja T_1CA võib lugeda võrdseiks ja märkides neid tähega ϱ võime väita, et

$$\varrho = k \cdot \omega,$$

kus k on maa refraktsiooni koefitsient, ω aga nurk maakera tsentrumis raadiuste OB OC vahel.

Väljendatult minuteis nurk ω esitab kaart BC meremiilides ehk horisondi d teoreetilist kaugust. Järelikult

$$\varrho = k \cdot d.$$

Kuna refraktsioon suurendab nähtava horisondi kaugust, siis tema tõeline kaugus D on suurem ja võrdub teoreetilise kaugusega $d +$ maa refraktsioon, s. o.

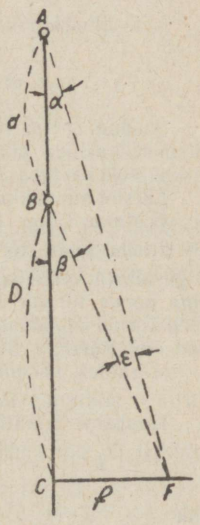
$$D = d + \varrho.$$

Asendades $\varrho = k \cdot d$, saame

$$D = d + kd = (1 + k)\, d.$$

§ 8. LIITSIHI TUNDLIKKUS.

Liitsihi tundlikkust võib arvestada järgmiselt. Olgu joon ABC (jcon. 113) kahe eseme A ja B liitsiht ja laev kauguses $BC = D$ lähemast märgist B. Märgime vahemaa AB liitsihi märkide vahel tähega d. Liitsihi tundlikkuseks me nimetame otsejoonelist vahemaad $CF = f$, mis laev peab liikuma perpendikulaarselt liitsihi suunas, et vahenurk $\varepsilon = BFA$ märkide vahel saaks talle märgatavaks.



Joonis 113.

Leiame nurga ε sõltuvuse D-st, d-st ja f-st. Märgime nurga CAF tähega α ja nurga CBF tähega β. Δ-dest ACF ja BCF meil on:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{CF}{AC} = \frac{f}{D+d} \text{ ja } \operatorname{tg}\beta = \frac{CF}{BC} = \frac{f}{D}.$$

Nurkade α ja β väiksusest võime kirjutada, et

$$\alpha' = \frac{f}{(D+d)\sin 1'} \text{ ja } \beta' = \frac{f}{D \sin 1'}.$$

Kuna

$$\beta = \alpha + \varepsilon, \text{ siis } \varepsilon = \beta - \alpha$$

ehk

$$\varepsilon' = \frac{f}{D \sin 1'} - \frac{f}{(D+d)\sin 1'} = \frac{f}{\sin 1'} \cdot \frac{d}{D(D+d)}.$$

Kuna palja silmaga ei saa eristada nurki alla 1′, siis sellest järgneb, et tundlikkuse piiriks on nurga $\varepsilon = 1'$.

Siis viimasest valemist saame:

$$1 = \frac{f \cdot d}{D(D+d)\sin 1'},$$

kust

$$f = \frac{D(D+d)}{d} \sin 1' = D(1+k)\sin 1', \tag{28}$$

kus

$$k = \frac{D}{d}.$$

Me juba märkisime, et mida väiksem on f, seda tundlikum on liitsiht. Valem (28) näitab, et püsiva d puhul, mida suurem on D, seda suurem on ka f, s. t. kauge maa peale on iga liitsiht vähem tundlik kui ligidalt. Sellepärast on liitsihi tundlikkuse tõstmiseks kasulikum olla lähemal liitsihi eelmisele märgile.

Edasi, mida ligemal on d ühe ja sama D ja k puhul, seda väiksem on f. Teiste sõnadega: antud kaugusel D liitsihist viimase tundlikkus on vastuproportsionaalne liitsihi märkidevahelise kaugusega d. Sellepärast liitsihi tundlikkuse suurendamiseks suurendatakse, kui kohalikud tingimused seda lubavad, kaugust liitsihi märkide vahel.

Näit. Kroonlinna sissesõidu liitsihi tundlikkus tõusis palju, kui Kronšloti t./t. asemele ehitati uus kõrge t./t. Kroonlinna Sõjasadama nurgal, milletõttu vahemaa liitsihi märkide vahel suurenes 11 korda.

Võrdleva näitena arvutame vana ja uue liitsihi tundlikkust kaugusest $D = 8$ miili. Võtame vene kaardi nr. 1351 järgi vahemaa vanade Kronšloti t./t. vahel $d = 1{,}2$ kaab. Kaugus vana ülemise ja uue t./t. vahel $d =$ 13,2 kaab.

Siis on meil vana liitsihi puhul:

$$k = \frac{D}{d} = \frac{80}{1{,}2} = 67 \text{ ja } f = \frac{8 \cdot 68 \cdot 1\,852}{3\,438} \text{ m} = 293 \text{ m}.$$

Uue liitsihi puhul aga:

$$k_1 = \frac{D}{d_1} = \frac{80}{13{,}2} = 6{,}1 \text{ ja } f_1 = \frac{8 \cdot 7{,}1 \cdot 1852}{3438} \text{ m} = 30{,}6 \text{ m}.$$

Saadud arvud näitavad, et vana liitsihi korral 8 miili kaugusel sellest oli vaja liitsihist kalduda kõrvale 293 m, et märgid lahustuksid 1′ võrra, uue liitsihi puhul jätkus selleks juba 30,6 meetrist.

Liitsihi tundlikkust mõjutavad ka liitsihi märkide suurused.

Oletame (joon. 114), et liitsihi märgid on ümmargused tornid raadiusega r_1 ja r_2. Siis liitsihi joone tõelise suuna määrab sirgjoon O_1O_2A, mis on jälg mõlema torni telge läbiva vertikaaltasapinna ja tõelise silmapiiri tasapinna lõikumisest. Maksimaalne viga nende tornide liitsihi momendi määramises tekib juhul, kui laevajuhile näib, et need tornid moodustavad liitsihi joont BCD mööda, s. t. kui nad moodustavad liitsihi vaid oma äärtega. Sel puhul saame liitsihi suunas vea nurga α võrra.

Märkides vahemaa O_1O_2 liitsihi märkide vahel endiselt d, pole raske määrata nurga α sõltumus tornide suurusest ja nende vahekaugusest.

Tõmbame punktist O_1 abisirgjoone O_1E paralleelselt joonele BCD ja laseme talle punktist O_2 perpendikulaari, siis saame Δ-st O_1O_2E:

$$O_2E = O_1O_2 \sin \alpha,$$

ehk

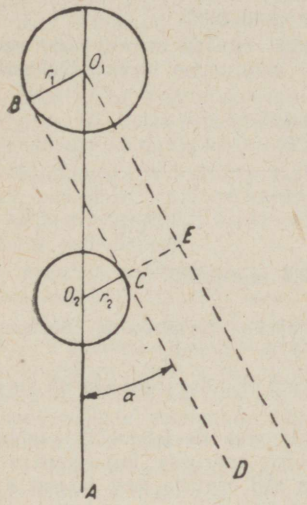
$$r_1 + r_2 = d \sin \alpha,$$

kust nurga α väiksuse tõttu saame:

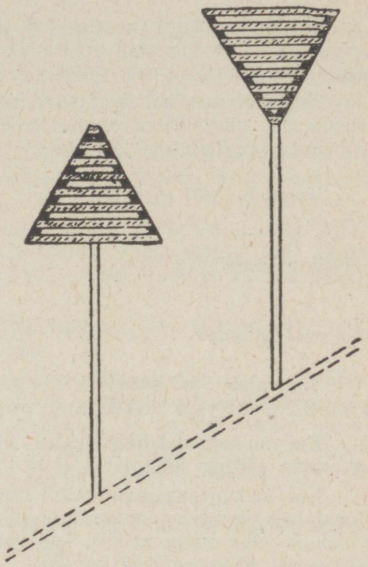
$$\alpha = \frac{r_1 + r_2}{d \sin 1'}, \tag{29}$$

s. t. et viga liitsihi suuna määramises on otseproportsionaalne ümmarguste tornide raadiuste summaga ja vastuproportsionaalne vahemaaga tornide vahel.

Sellepärast nurga α vähendamiseks ehk teiste sõnadega — liitsihi tundlikkuse suurendamiseks tuleb tema märgid teha võimalikult peened ja suurendada võimalikult nende vahekaugust, mida kohalikud tingimused aga alati ei võimalda. Näit. mõningais punktides Scome skäärides, kus liitsihilise farvaatri mõlemad märgid tuleb sõltuvalt kohalikest tingimusist asetada ühele väikesele saarele, tehakse märgid ise peente var-



Joonis 114.



Joonis 115.

raste kujul (joon. 115), millede otsa on asetatud võrelised kolmnurgad eri külgedesse pöördud alustega.

Selline liitsiht on väga tundlik, kuid oma märkide väiksuse tõttu pole kaugele nähtav. Kui aga liitsiht peab olema näha kaugele, siis tuleb ehitada jämedad tornid, milledele tundlikkuse tõstmiseks tõmmatakse vahel eri värvi vertikaalsed vöödid, näit. valgele tornile punased vöödid.

Kõik, nii päevaste kui öiste, liitsihtide arvestuste üksikasjad hüdrograafide N. N. Struiski ja P. A. Krassilnikovi valemite järgi võib leida P. I. Bašmakovi raamatust „Navigatsioonilised tähistamised".

§ 9. KAUGE ESEME VALIK.

Laeva pööramisel (§ 33, joon. 21) kompass B, mis asub keskpunktist A kauguses $AB = d$, tõmbab ringjoone raadiusega d. Kui kauguse keskpunktist A eemaloleva esemeni P märgime D, siis tõmmates punktist P riivajad PB ja PC ringjoonele BC,

leiame Δ-st ABP, et kauge eseme peilungi maksimaalne muutumine laeva 360^0-sel pöörangul väljendub nurgaga

$$\alpha = APB.$$

Selle nurga suuruse leiame kergesti samast kolmnurgast, nimelt:

$$\sin \alpha = \frac{AB}{AP} = \frac{d}{D}$$

ehk ligikaudselt

$$\alpha^0 = \frac{d}{D \sin 1^0} = 57{,}3 \frac{d}{D}. \qquad (30)$$

Antud kompassi kaugusel d keskmisest punktist nurga α suurus, ehk teiste sõnadega — deviatsiooni määramisel nõutav täpsus, tingib endaga kauguse D, milles peab asuma peilitav ese, selleks et teda võiks nimetada „kaugeks".

Kui näit. pea-ahtrikompassi kaugus keskmisest poist on 125 m, kui suur peab olema siis kaugeloleva eseme vahemaa D, et peilungi muutumine laeva pöörlemisel poi ümber ei ületaks $0{,}2^0$?

Valemist (30) meil on: $$D = \frac{57{,}3\, d}{\alpha^0};$$

järelikult meetrites $$D = \frac{57{,}3 \cdot 125 \cdot 10}{2}$$

ehk meremiilides $$D = \frac{57{,}3 \cdot 125}{1\,852} = 19{,}3 \text{ meremiili.}$$

Tähendab, kui soovime eelmainitud tingimusis määrata deviatsiooni, täpsusega kuni $0{,}2^0$, siis vaja peilida eset, mis on laeva asukohast u. 19 miili.

Kui me samadel tingimustel rahulduks täpsusega kuni 1^0, siis, nagu see on kerge arvutada, piisaks kaugusest $D = 3{,}8$ miili.

Kui sadamas puudub ülalkirjeldatud seadistus, siis võib deviatsiooniks sobival kohal (magnetiliste anomaaliate puudumine) asuda lihtsalt ankrusse, lasta ketti võimalikult vähe välja ja siis, kas varpankru või pukseri abil asetada laev järjest 8-le üksteisest ühekaugusele kursile.

Kompassipeilungi võtmiseks igal kursil piisab kaugest esemest ja peakompassi võrdlemisest abikompassidega. Kursil, mis võrdub kauge eseme kompassipeilungiga või erineb sellest 180^0, peatatakse laev ja määratakse tema asukoht nurkade järgi kolme eseme vahel.

Kui on leitud laeva asukoht, võetakse kaardilt eseme tõeline peilung. Arvestades käesoleva koha kompassivariatsiooni, leitakse kauge eseme magnetipeilung. Selle viimasega võrreldakse kõiki kompassipeilungeid, mis on võetud eri kurssidel, ja saadakse vastavad deviatsioonid.

Kui laevalt on näha kolm eset, mille järgi võib määrata asukoha, siis liikudes toodri ja kauge eseme liitsihis, määratakse nurkade järgi oma asukoht ja, saadud punkti ühendamisel kauge eseme kujutusega kaardil, saadakse viimaselt liitsihi tõeline suund ja muudetakse see magnetiliseks.

Selle võtte täpsuse tõstmiseks võib visata merre mitte ühe, vaid mitu toodrit ja möödudes neist mitmesuguste kurssidega võtta iga kord iga toodri ja kauge eseme liitsihi kompassipeilung. Siis igal kursil on sama palju deviatsiooni-vaatlusi, kui palju on toodreid, ja iga kursi deviatsioonide keskmine on vaba võimalikest juhuslikest vaatlusvigadest.

§ 10. TEISI DEVIATSIOONI MÄÄRAMISE VIISE.

Purjelaevastiku ajastul oli väga levinud laevakompasside deviatsiooni määramine „vastastikuste peilungite" järgi, mis seisnes järgmises.

Laevalt viidi kaldale üks laeva kompasse, kus ta asetati mingile kõrgemale kohale, kus poleks magnetilist anomaaliat, kaugele igasugustest raudehitistest ja üldse häirivatest rauamassidest, ja kust hästi oleks näha ankrusolev laev.

Edasi pööratakse laeva varpankru abil 8-le võrdses kauguses olevale kursile ja igal kursil signaali järgi võetakse laevalt kaldaloleva kompassi peilung, kaldalt aga samal momendil peilitakse laevakompassi. Kaks sellist üheaegset peilungit eristuvad muidugi 180^0 ja laevakompassi deviatsiooni võrra, kuna variatsioon on mõlemal kompassil ilmsesti seesama.

Nähtavuse tõstmiseks kaldalt heisatakse laeva peakompassi kohta tavalisesti suur lipp.

Kui kohalikud tingimused seda võimaldavad, siis võib laev olla ka sõidul, mis kergendaks laeva seadmist vajalikele kurssidele ja lähendaks laeva kere seisundit sõiduolukorrale.

Seda võtet kasutatakse praegugi välismaal, kus mõnedes suurtes sadamates on ehitatud eri kalda-peilingaatorijaamad, mis on varustatud peilimis- ja signaalimisvahenditega kaldavaatluste edasiandmiseks laevale.

Kahtlemata võib selline vastastikune peilimine anda rahuldavaid tulemusi deviatsiooni määramisel, kui on olemas vastav seadistus ja hästi organiseeritud side laeva ja kalda vaatluspunkti vahel, eriti kui laev kasutab seda sõidul olles, ja kui on kaldal olemas peilimisjaam.

Muidugi on deviatsiooni määramine liitsihtide abil lihtsam, sest laev ei sõltu siis kaldavaatlejaist ega pole vaja vedada kompassi kaldale.

Käsitluse täielikkuse mõttes tuleks mainida, et meresõiduastronoomia võimaldab määrata deviatsiooni veel taevakehade tõeliste asimuutide võrdlemisest nende kompassipeilungitega. See võte on levinud kõikides mereriikides ja on kasutatav selge ilmaga nii päeval kui öösi, igas ookeani osas, seda enam, et väga mugavad taevakehade tõeliste asimuutide tabelid — Burdwood'i, Ždanko, Davis'i, Lecky, Ebseni, Juštšenko — piiravad vajalike arvutuste sooritamise miinimumiga.

Lõpuks esineb deviatsiooni teoorias veel üks võte deviatsiooni tabeli saamiseks, mida võib kasutada igal ajal, päeval, öösi, isegi udu ajal.

Nimelt: mõõtnud deflektoriga suunavad tungid kompassikurssidel N, S, O ja W, me võime lihtsate valemite abil arvutada ligikaudsed koefitsiendid B_2, C_2 ja D_2, ja kui me peale selle mõõdame tungid ka kurssidel NO, SO, SW ja NW, siis ka koefitsiendi E_2. Ligikaudsed koefitsiendid leitud, on juba kerge koostada deviatsiooni tabel.

Selle meetodi korral püsiva deviatsiooni koefitsient A võetakse võrdsena nulliga, nagu see peakompasside juures peagu alati ka ongi.

Tuleb märkida, et tungide mõõtmise teel saadud tabel erineb veidi vaatluste teel koostatust, sest tungide mõõtmisel deflektori abil viimase magnet indutseerib pehmet rauda, mis on kompassis kvadrant-deviatsiooni hävitamiseks. Kui deflektor eemaldatakse katlakeselt, siis kaob ka induktsioon.

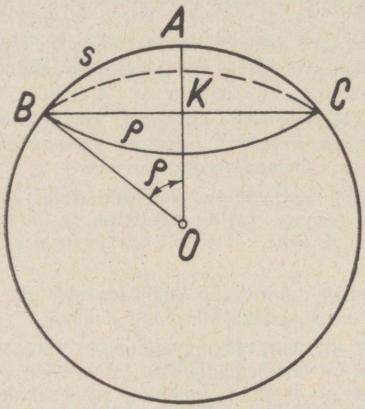
Need kahe tabeli erinevused pole nii suured, et takistaksid nende tegelikku kasutamist ja sellepärast võib alati kasutada tungide mõõtmise teel saadud deviatsiooni tabelit, mis on kasutatav igasugustes tingimustes, ka uduga ja võib erakordsetel juhtudel osutuda ainsaks deviatsiooni määramise viisiks.

§ 11. PLAANI MÕÕTMETEST.

Kui suurt maapinna osa võib pidada tasapinnaks, ilma et sellest tekkiv viga maa-ala plaanistamisel ei ületaks ettenähtud suurust?

Tõmbame sfäärilisele pinnale ringjoone BC raadiusega $AB = s$ (joon. 116).

Kujutades segment BAC pindala plaanil ringina, mille raadius võrdub sirgendatud kaarega S, me teeme teatava vea, kuna võrdsustame sfäärilise raadiuse $AB = s$ ringi BC raadiusega $BK = \varrho$. Kui suur see viga on?



Joonis 116.

Kui R on maakera raadius, siis

$$s = O \cdot R \text{ ehk } O = \frac{s}{R},$$

kus O on nurk maakera tsentrumis.

$\triangle$-st BOK meil on:

$$\varrho = R \cdot \sin O \text{ ehk } \varrho = R \cdot \sin \frac{s^3}{R} \cdot$$

Lahutades sin $\frac{s}{R}$ reaks ja piirdudes nurga $O = \frac{s}{R}$ väiksuse tõttu selle vahekorra kolmanda astmega, saame:

$$\sin \frac{s}{R} = \frac{s}{R} - \frac{s^3}{6R^3},$$

siis järelikult

$$\varrho = R\left(\frac{s}{R} - \frac{s^3}{6R^3}\right),$$

ehk

$$\varrho = s - \frac{1}{6}\frac{s^3}{R^2}.$$

Korrutades võrduse mõlemaid pooli 2π-ga saame:

$$2\pi\varrho = 2\pi s - \frac{2\pi}{6}\cdot\frac{s^3}{R^2}.$$

See tähendab, et kui me ringjoone $2\pi\varrho$ asemel maakohal võtame ringjoone $2\pi s$ kaardil, siis teeme vea $\frac{2\pi s^3}{6R^2}$, sest

$$2\pi s - 2\pi\varrho = \frac{2\pi s^3}{6R^2}.$$

Oletame, et me soovime, et see viga ei ületaks 2 m.

Sellest tingimusest järeldub ka maa-ala suurus, mida võime võtta tasapinnana. Nimelt kuna 2 m $= {}^1/_{500}$ km, siis see tingimus tähendab, et

$$\frac{2\pi s^3}{6R^2} < \frac{1}{500},$$

kust

$$s < \sqrt[3]{\frac{6R^2}{2\pi\cdot 500}}.$$

Võttes $R = 6\,731$ km, saame $s < 42{,}6$ km.

Järelikult ainult maa-ala raadiusega $< 42{,}6$ km võime võtta tasapinnana, kui soovime, et sellise oletuse viga ei ületaks 2 m.

§ 12. LOKSODROOMI VÕRRAND.

Meridiaanilise osa täpse suuruse saamiseks, kus oleks arvestatud ka maakera lapergusust, leiame loksodroomi võrrandi sfäärilisel pinnal jooksvais koordinaatides φ ja λ ning siis väljendame φ ja λ kaardi vastava punkti koordinaatide x ja y abil sellistes valemites, et loksodroomi kujutuse võrrand kaardil muutuks sirgjooneliseks.

Olgu AA_1 (joon 117) loksodroomi element ja $\triangle ABA_1$ nii väike, et teda saab võtta tasapinnalisena. Nurk $PAA_1 = k$ — s. o. laeva kursiga.

Kolmnurgas ABA_1

$$BA_1 = AB \operatorname{ctg} k. \tag{31}$$

$BA_1 = ds$ on maa elliptilise meridiaani AB element, mis on suurringi kaar raadiusega AC, järelikult $AB = r\cdot d\lambda$, kus $d\lambda$ on punktide A ja A_1 pikkuste vahe, väljendatud radiaanides.

Pärast asendamist kirjutame väljendi (31) järgmiselt:

$$ds = r\cdot d\lambda \operatorname{ctg} k$$

ehk

$$d\lambda = \frac{ds}{r} \operatorname{tg} k. \tag{32}$$

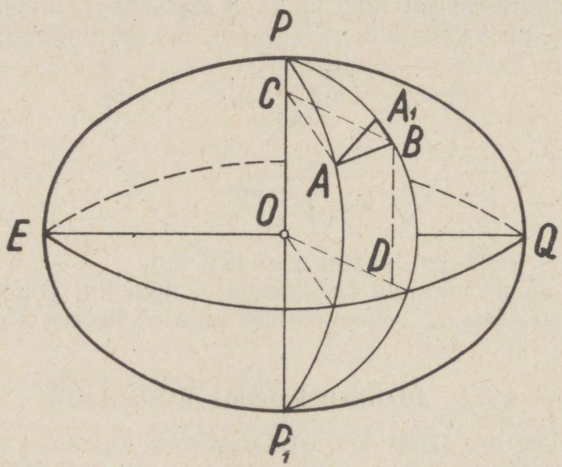
Leiame nüüd väljendi kaare ds elemendi jaoks punkti A geograafilise laiuse φ funktsioonis.

Maa meridiaani võrrandi

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

võttes

$$\frac{x^2}{a^2} = \cos^2 u \text{ ja } \frac{y^2}{b^2} = \sin^2 u,$$



Joonis 117.

võime alati esitada kahe võrrandi kujul:

$$\begin{aligned} x &= a \cos u, \\ y &= d \sin u \end{aligned} \tag{33}$$

Siit

$$\begin{aligned} dx &= -a \sin u \, du, \\ dy &= b \cos u \, du. \end{aligned}$$

Järelikult

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2} = \sqrt{a^2 \sin^2 u + b^2 \cos^2 u} \cdot du.$$

Muundades radikaali-aluse väljendi saame:

$$ds = \sqrt{a^2 - (a^2 - b^2)\cos^2 u}\, du,$$

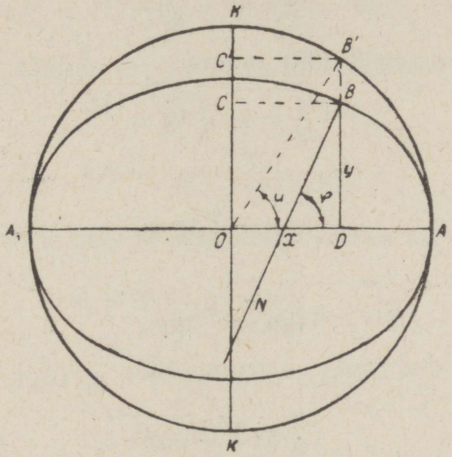
ehk sisse võttes ekstsentrilisuse —

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2},$$

$$ds = a\sqrt{1 - e^2 \cos^2 u} \cdot du. \qquad (34)$$

Võetud abinurga u geomeetriline tähtsus selgub kergesti järgmistest kaalutlustest.

Tõmbame ellipsi tsentrumist O (joon. 118) ringjoone AKA_1K_1 raadiusega, mis võrdub ellipsi suure poolteljega a. Pikendades ordinaati



Joonis 118.

DB kuni lõikumiseni selle ringjoonega, saame viimasel punkti B'. Ilmsesti

$$CB = C'B' = OB' \cos C'B'O = OB' \cos B'OD,$$

s. t., et

$$x = a \cos B'OD.$$

Kõrvutades seda väljendit väljendiga $x = a \cos u$ näeme, et nurk $u = B'OD$ — s. o. nurgaga, mille moodustab raadius OB' ekvaatori tasapinnaga.

Kuna ellipsi omadustest teame, et

$$\frac{DB}{DB'} = \frac{b}{a},$$

siis

$$y = DB = DB' \cdot \frac{b}{a} = a \sin u \cdot \frac{b}{a} = \sin u.$$

Nurk u saab erilise nimetuse — **taandatud laius.**

Teades, et $x = a \cos u$, ei ole raske määrata sõltuvust taandatud laiuse u ja geograafilise laiuse φ vahel, s.o. nurka ellipsi normaali BN ja ekvaatori tasapinna vahel.

Normaali nurgakoefitsient kõverale, nagu teame diferentsiaalarvutusest, võrdub $-\frac{dx}{dy}$.

Järelikult käesoleval juhul

$$\operatorname{tg}\varphi = -\frac{dx}{dy}.$$

Diferentsides võrrandit (33) saame:

$$\frac{dx}{dy} = -\frac{a}{b} \operatorname{tg} u.$$

Järelikult

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{a}{b} \operatorname{tg} u,$$

ehk

$$\operatorname{tg} u = \frac{b}{a} \operatorname{tg}\varphi.$$

Kuna

$$\frac{b}{a} = \sqrt{1 - e^2},$$

siis

$$\operatorname{tg} u = \sqrt{1 - e^2} \cdot \operatorname{tg}\varphi, \tag{35}$$

kuid

$$\cos^2 u = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 u} = \frac{1}{1 - (1 - e^2) \operatorname{tg}^2 \varphi},$$

ehk pärast lihtsaid muundamisi —

$$\cos^2 u = \frac{\cos^2 \varphi}{1 - e^2 \sin^2 \varphi}. \tag{36}$$

Nagu nähtub leitud väljendeist, taandatud laius u erineb vähe geograafilisest laiusest φ, sest maa meridiaani ekstsentrilisus on väga väike: Besseli järgi $e = 0{,}08170$, Clarki järgi $e = 0{,}08248$.

Nüüd võime ellipsi kaare elemendi ds väljendada geograafilise laiuse φ kaudu. Diferentsides (35), leiame, et

$$\frac{du}{\cos^2 u} = \sqrt{1 - e^2} \cdot \frac{d\varphi}{\cos^2 \varphi}.$$

Kuna $\cos^2 u$ on juba teada, siis asendame selle vastava suurusega ja peale mõningaid lihtsaid muundusi leiame, et

$$du = \frac{\sqrt{1 - e^2}}{1 - e^2 \sin^2 \varphi} \cdot d\varphi.$$

Asendades saadud $\cos^2 u$ ja du väljendid ds-väljendisse (34), saame peale koondamist, et

$$ds = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2}} \, d\varphi. \tag{37}$$

Joonisest 117 nähtub, et paralleeli AB raadius

$$r = AC = BC = x = a \cos u,$$

s. o.
$$r = a \cdot \frac{\cos \varphi}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1}{}_{2}}. \tag{38}$$

Nüüd vahekordade (37) ja (38) alusel võrdus (32) võtab kuju:

$$d\lambda = \operatorname{tg} k \, \frac{1 - e^2}{1 - e^2 \sin^2 \varphi} \cdot \frac{d\varphi}{\cos \varphi}. \tag{39}$$

Väljendit $\frac{1 - e^2}{1 - e^2 \sin^2 \varphi}$ võib muundada järgmiselt:

$$\frac{1 - e^2}{1 - e^2 \sin^2 \varphi} = \frac{1 - e^2 (\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi)}{1 - e^2 \sin^2 \varphi} = 1 - \frac{e^2 \cos^2 \varphi}{1 - e^2 \sin^2 \varphi}.$$

Siis diferentsiaalvahekord (39) muundub järgmiseks:

$$d\lambda = \operatorname{tg} k \left[\frac{d\varphi}{\cos \varphi} - \frac{e^2 \cos \varphi \, d\varphi}{1 - e^2 \sin^2 \varphi} \right]. \tag{40}$$

Loksodroomi lõpliku võrrandi saamiseks, mis läbib kaht punkti M_1 (φ_1, λ_1) ja M_2 (φ_2, λ_2) vaja saadud diferentsiaalvõrrand (40) inteegrida piirides $\varphi = \varphi_1$ kuni $\varphi = \varphi_2$, siis saame:

$$\lambda_2 - \lambda_1 = \operatorname{tg} k \left[\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{d\varphi}{\cos \varphi} - e^2 \int_{\varphi_1}^{\varphi^2} \frac{\cos \varphi}{1 - e^2 \sin^2 \varphi} d\varphi \right]. \tag{41}$$

Nagu nähtub sulgudes olevast väljendist, esimene integraal vastab oletusele, et maa on kera, teine väljendab maa lapergususe mõju.

Integraali $\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{d\varphi}{\cos\varphi}$ on kerge leida järgmiselt:

$$\int \frac{d\varphi}{\cos\varphi} = \int \frac{d\varphi}{\sin\left(\frac{\pi}{2}+\varphi\right)} = \int \frac{d\varphi}{2\,\mathrm{s\,n}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)\cos\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)} =$$

$$= \int \frac{d\left(\frac{\varphi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)\cos\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)}.$$

Jagades lugejat ja nimetajat väljendiga

$$\cos^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)$$

saame:

$$\int \frac{d\varphi}{\cos\varphi} = \int \frac{\mathrm{d}\left(\frac{\varphi}{2}\right)}{\frac{\cos^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)}{\mathrm{tg}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)}} = \int d\left[\lg \mathrm{tg}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)\right] = \lg \mathrm{tg}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)+\mathrm{C}.$$

Järelikult $$\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{d\varphi}{\cos\varphi} = \lg\,\mathrm{tg}\left(45^0+\frac{\varphi_2}{2}\right) - \lg \mathrm{tg}\left(45^0+\frac{\varphi_1}{2}\right).$$

Teise integraali leidmiseks, mis asub väljendi (41) sulgudes, lahutame integraalialuse funktsiooni $\frac{\cos\varphi}{1-e^2\sin^2\varphi}$ reaks:

$$\frac{\cos\varphi}{1-e^2\sin^2\varphi} = \cos\varphi\,(1-e^2\sin\varphi)^{-1} = \cos\varphi\,\left\{1+e^2\,\sin^2\varphi+\right.$$

$$\left.+e^4\sin^4\varphi+e^6\sin^6\varphi+\ldots\right\}.$$

See tähendab, et

$$\int \frac{\cos\varphi \, d\varphi}{1 - e^2 \sin^2 \varphi} = \int \cos\varphi \, d\varphi + e^2 \int \sin^2\varphi \cos\varphi \, d\varphi + e^4 \int \sin^4\varphi \cos\varphi \, d\varphi + \\ + e^6 \int \sin^6\varphi \cos\varphi \, d\varphi + \ldots.$$

ehk

$$\int \frac{\cos\varphi \, d\varphi}{1 - e^2 \sin^2 \varphi} = \sin\varphi + \frac{1}{3} e^2 \sin^3\varphi + \frac{1}{5} e^4 \sin^5\varphi + \frac{1}{7} e^6 \sin^7\varphi + \ldots$$

Järelikult

$$e^2 \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\cos\varphi \, d\varphi}{1 - e^2 \sin^2\varphi} = e^2 \left\{ \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sin\varphi + \frac{1}{3} e^2 \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sin^3\varphi + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{5} e^4 \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sin^5\varphi + \ldots \right\} =$$

$$= e^2 (\sin\varphi_2 - \sin\varphi_1) + \frac{1}{3} e^4 (\sin^3\varphi_2 - \sin^3\varphi_1) + \frac{1}{5} e^6 (\sin^5\varphi_2 - \\ - \sin^5\varphi_1) + \ldots$$

Asetades mõlema integraali suurused valemisse (41), saame:

$$\lambda_2 - \lambda_1 = \operatorname{tg} k \left\{ \lg \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi_2}{2} \right) - \lg \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi_1}{2} \right) - e^2 (\sin\varphi_2 - \sin\varphi_1) - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{3} e^4 (\sin^3\varphi_2 - \sin^3\varphi_1) - \frac{1}{5} e^6 (\sin^5\varphi_2 - \sin^5\varphi_1) - \ldots \right\}. \qquad (42)$$

See võrrand annab meile projektsiooni pikkuse ekvaatoril loksodroomi lõigust, pöörd-ellipsoidi pinnal punktide (φ_1, λ_1) ja (φ_2, λ_2) vahel.

Kui algpunkt võtta ekvaatoril, s. t. $\varphi_1 = 0$, pikkus aga, mille all loksodroom lõikub ekvaatoriga, märkida λ_0, s. t. λ_1 võtta võrdsena λ_0-ga, iga teise loksodroomi punkti jooksvad koordinaadid märkida aga tähtedega φ ja λ, siis loksodroomi-võrrand võtab kuju:

$$\lambda = \operatorname{tg} k \left\{ \lg \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi}{2} \right) - e^2 \sin\varphi - \frac{1}{3} e^4 \sin^3\varphi - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{5} e^6 \sin^5\varphi - \ldots \right\} + \lambda_0 \qquad (43)$$

Valem (43) annab meile projektsiooni pikkuse ekvaatoril loksodroomi lõigust, alates ekvaatorist kuni laiuse φ paralleelini, ja on loksodroomi võrrandiks pöörd-ellipsoidi pinnal geograafilistes koordinaatides φ ja λ.

Kui mitte arvestada maa lapergusust, s. t. võtta tema ekstsentrilisus $e = 0$, siis loksodroomi lõigu projektsiooni pikkus ekvaatoril punktide (φ_1, λ_1) ja (φ_2, λ_2) vahel kera pinnal osutub järgmiseks:

$$\lambda_2 - \lambda_1 = \operatorname{tg} k \left\{ \lg \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi_2}{2}\right) - \lg \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi_1}{2}\right) \right\} \tag{44}$$

Loksodroomi-võrrand kera pinnal aga oleks:

$$\lambda = \operatorname{tg} k \lg \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right) + l_0, \tag{45}$$

kus l_0 on endiselt püsiv suurus — pikkus, milles loksodroom lõikub ekvaatoriga.

§ 13. LOKSODROOMI-VÕRRANDI ANALÜÜS.

Loksodroomi liigi määramiseks on vaja selle võrrandit analüüsida, kusjuures lihtsuse mõttes on sobivam vaadelda loksodroomi kera pinnal, sest maakera lapergusus ei põhjusta olulisi muutusi selle kõvera laadis.

Oletades väljendis (44) $k = 0$ või $k = 180^0$, me leiame, et $\lambda_2 - \lambda_1 = 0$ ehk $\lambda_2 = \lambda_1$, s. t. pikkus jääb püsivaks. Järelikult kurssidel N ja S loksodroom ühtub meridiaaniga.

Kui võrrand (44) kirjutada kujul

$$\operatorname{tg} k = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lg \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi_2}{2}\right) - \lg \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi_1}{2}\right)}$$

ja võtta siin $k = 90^0$ või $k = 270^0$, s. t. $\operatorname{tg} k = \infty$, siis, kuna vahe $\lambda_2 - \lambda_1$ ei saa olla lõpmatu suur, selle väljendi nimetaja peab võrduma nulliga,

s. t.

$$\lg \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi_2}{2}\right) - \lg \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi_1}{2}\right) = 0.$$

See viimane võrdus viib meid järeldusele, et $\varphi_2 = \varphi_1$ ehk teiste sõnadega, kurssidel O ja W laius ei muutu ja loksodroom muutub paralleeliks.

Andes väljendis (45) laiusele φ mitmesugused tähendused, me pikkusele λ saame alati vaid ühe tähenduse, mis näitab, et iga paralleeliga loksodroom lõikub vaid ühe korra.

Loksodroomi-võrrandi (45) võib esitada kujul

$$(\lambda - \lambda_0) \operatorname{ctg} k = \lg \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right)$$

või ka kujul

$$\operatorname{tg}\left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right) = e^{(\lambda - \lambda_0)\operatorname{ctg} k},$$

kus e on naturaallogaritmide alus.

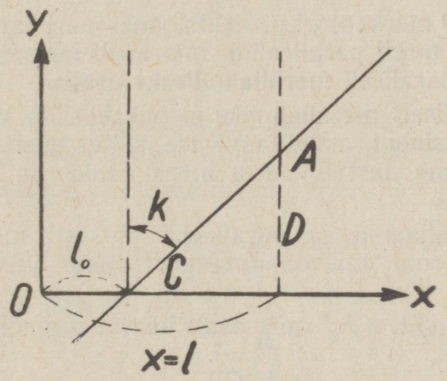
Viimasest väljendist nähtub, et andes pikkusele λ tähendused λ, $\lambda + 2\pi$, $\lambda + 4\pi$, $\lambda + 6\pi$ jne., me saame laiusele φ iga kord uued, pidevalt kasvavad tähendused, kuna pikkus aga vastab ikka samale meridiaanile. Sellest järgneb, et loksodroom lõikub iga meridiaaniga lõpmatu arv kordi, iga kord ise laiuses.

Lõppeks, võttes väljendis (45) $\varphi = 90^0$, me leiame, et kursside k korral, mis erinevad 0^0 ja 180^0, $\lambda - \lambda_0 = \infty$, s. t. et längukursside puhul loksodroom püüdleb poolusele, kuid ei suuda seda kunagi saavutada.

Kõiki ülalöeldut kokku võttes võib ütelda, et laeva tee, liikudes kindla kursiga ookeani pinnal — loksodroom — on kõverjoon kahe kõverusega, on spiraal, mis teeb lõpmatu arvu ringe ümber maakera ja läheneb ebamääraselt poolusele.

§ 14. MERKAATORI PROJEKTSIOON.

Kui me soovime, et loksodroomi, kahesuguse kõverusega kõverjoont ellipsoidil, saaks kujutada kaardil, s. o. tasapinnal sirgjoonena, mis



Joonis 119.

annab meridiaanidega ühe ja sama nurga, siis tuleb meil mingi punkti koordinaadid φ ja λ sferoidil võrrandis (43) väljendada vastava punkti koordinaatidega x ja y kaardil, seejuures seostades φ ja λ ning x ja y selliste valemitega, et loksodroomi kujutus kaardil oleks sirgjoon.

Oletades, et y-ite telg on algmeridiaan, x-ide telg aga ekvaator (joon. 119), ja lugedes, nagu tavalisesti, kursse meridiaani N-osast kellaosuti järgi 0^0 kuni 360^0, on vajalik, et selle sirgjoone nurgakoefitsient

$$\operatorname{tg} a = \frac{AB}{CB} = \operatorname{ctg} k = \frac{D}{\lambda - \lambda_0},$$

kus k on laeva tõeline kurss, D aga võrdub:

$$D = \lg \operatorname{tg}\left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right) - e^2 \sin\varphi - \frac{1}{3}e^4 \sin^3\varphi - \frac{1}{5}e^6 \sin^5\varphi - \ldots \qquad (46)$$

Kuna

$$\operatorname{tg}\ a = \frac{y}{x - x_0},$$

siis selleks, et võrrand (43) oleks sirgjoone võrrand tasapinnal, tuleb võtta

$$x - x_0 = \lambda - \lambda_0,$$
$$y = D.$$

Teiste sõnadega — tuleb x-ide teljele mingeis joonühikuis mõõta lõigud, mis on proportsionaalsed loksodroomi punktide pikkustega λ_0, λ, $\lambda_1 \ldots$, y-ite teljele samades ühikutes lõigud, mis on proportsionaalsed D-ga.

Seda kaugust D merkaatori projektsioonis meridiaani mööda ekvaatorist kuni antud punkti paralleelini, mis asub laiuses φ, nagu teame, nimetatakse selle paralleeli **meridiaaniliseks osaks.**

Joonistades selliselt meridiaanide ja paralleelide võrgu, me saame **merkaatori projektsiooni,** millel laeva tee, sõites püsiva kursiga, esineb sirgjoonena, mis moodustab kaardi meridiaanide ja laeva kursi vahel võrdse nurga.

Seejuures meridiaanid ja paralleelid ilmsesti moodustavad kaks süsteemi paralleeljooni, mis on omavahel vastastikku-perpendikulaarsed (joon. 120).

Iga meridiaan, näit. $n_2 n_2'$, mis asub kaardi algmeridiaanist oy kaugusel

$$x_2 = C\lambda_2,$$

kus C on projektsiooni mõõtkava.

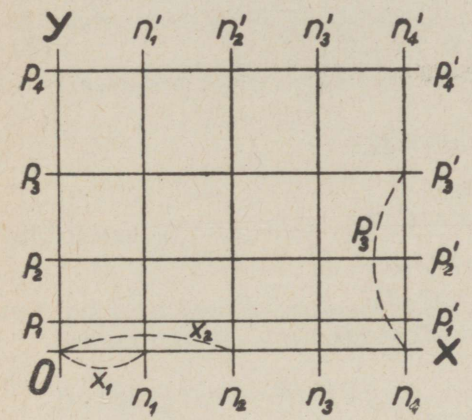
Iga paralleel, näit. $p_3 p_3'$, asub ekvaatorist kaugusel

$$y_3 = CD_3,$$

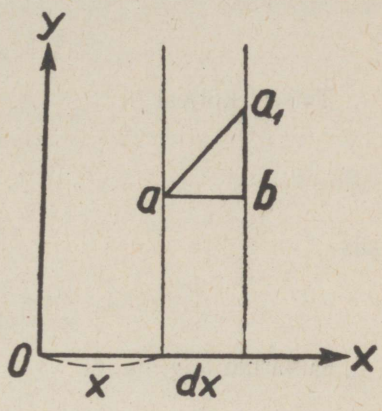
kus D_3 on selle paralleeli meridiaaniline osa, C aga käesoleva projektsiooni mastaap.

Kuna meridiaani kaar ekvaatorist kuni antud paralleelini on projektsioonis välja venitatud proportsionaalselt selle paralleeli meridiaanilise osaga, iga paralleel aga on pikenenud ekvaatori pikkuseni, siis on vaja veenduda, kas nende pikenemiste puhul projektsioon saadakse konformne.

Veendumiseks jätkub, kui me suudame tõestada, et sellel kaardil mastaabid meridiaani ja paralleeli mööda on omavahel võrdsed.



Joonis 120.



Joonis 121.

Lõpmatu väike sferoiidiline $\triangle ABA_1$ (joon. 117) esineb kaardil lõpmatu väikese tasapinnalise $\triangle$-na aba_1 (joon. 121).

Järelikult mastaap meridiaanil on

$$m = \frac{ba_1}{BA_1},$$

paralleeli mastaap aga on

$$n = \frac{ab}{AB}.$$

Kuna

$$ba_1 = C \cdot dD \quad \text{ja} \quad BA_1 = ds,$$

siis

$$m = C \cdot \frac{dD}{ds}.$$

Loksodroomi diferentsiaalvõrrandist (39) nähtub, et

$$dD = \frac{1 - e^2}{1 - e^2 \sin^2 \varphi} \cdot \frac{d\varphi}{\cos \varphi},$$

väljend (37) aga annab meile

$$ds = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2}} d\varphi.$$

Järelikult

$$m = C \frac{dD}{ds} = C \cdot \frac{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}{a \cos \varphi}.$$

Teisest küljest

$$ab = dx,$$

aga et

$$x = C \cdot \lambda,$$

siis

$$dx = C \cdot d\lambda$$
$$AB = r d\lambda = x d\lambda.$$

Kuna me nägime, et

$$x = \frac{a \cos \varphi}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}},$$

siis

$$AB = \frac{a \cos \varphi}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}} d\lambda$$

ja

$$n = \frac{ab}{AB} = C \frac{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}{a \cos \varphi}.$$

Järelikult

$$m = n,$$

s. t. et projektsioon on konformne.

Paneme tähele, et kui maa on meile kera, siis peab $e = 0$ ja siis

$$m = n = \frac{c}{a} \sec \varphi.$$

Mastaapide võrdsus meridiaanil ja paralleelidel tähendab, et iga punkti ümbruses mastaap on kõigis suundades ühesugune ja nurkade moonutamist üldse ei ole.

Järelikult, **lõpmatu väikestes osades** mitmesuguste kujude projektsioonid säilitavad oma äärjoonte täieliku sarnasuse. Kuna aga mastaabid m ja n sõltuvad laiusest φ, siis selle muutumisega muutub ka kaardi mastaap, ehk teiste sõnadega: merkaatori kaardi eri kohtadel on erisugune mastaap.

Siit järgneb, et mingi kindel pikkusühik maapinnal omab kujutatuna merekaardil mitmesugust pikkust. Me nägime näiteks, et meremiil on maapinnal kindel suurus (§ 48), merkaatori kaardi 60° laiuses ta aga on 1,72 korda pikem kui 30° laiuses. Pooluselähedasi maa-alasid aga ei saa üldse merkaatori projektsioonis kujutada liiga suure väljavenituse tõttu.

Tõepoolest, võtame mastaabi väljendis

$$m = n = C\,\frac{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}{a \cos \varphi}$$

$$\varphi = 90^0,$$

siis näeme, et

$$m = n = \infty,$$

s. t. poolusel kaardil mastaap muutub lõpmatu suureks.

Samuti näeme meridiaanilise osa väljendist

$$D = \lg \operatorname{tg}\left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right) - e^2 \sin \varphi - \frac{1}{3} e^4 \sin^3 \varphi - \frac{1}{5} e^6 \sin^5 \varphi - \ldots, \quad (46)$$

et kui $\varphi = 90^0$, siis

$$D = \infty,$$

s. t. poolust merkaatori projektsioonis kujutada ei saa, sest tema kujutus nihkub ekvaatorist lõpmatusse kaugusse.

Sellepärast merkaatori kaarte ei valmistata laiustest üle 85° ja polaarlähedased maad on kujutatavad tsentraalses polaarprojektsioonis.

§ 15. MERIDIAANILISTE OSADE ARVUTAMINE.

Eelmises §-is me saime väljendi (46) meridiaanilise osa D ükskõik millisele paralleelile laiuses φ lõpmatu rea kujul —

$$D = \lg \operatorname{tg}\left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right) - e^2 \sin \varphi - \frac{1}{3} e^4 \sin^3 - \frac{1}{5} e^6 \sin^5 \varphi - \ldots. \quad (46)$$

See valem annab meile D maasferoidi suure pooltelje a osades ja lg täh. naturaallogaritmi.

Selleks et väljendada D mingeis joonühikuis, tuleb võrdust (46) korrutada a-ga, mis on väljendatud neis ühikuis. Selleks et arvutada D

tavalistes kümnendlogaritmides, vaja naturaallogaritm asendada tavalisega, jagatud mooduliga

$$M = 0{,}4342945.$$

Siis meridiaanilise osa arvutamise valem võtab järgmise kuju:

$$D = \frac{a}{M} \lg \operatorname{tg}\left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right) - ae^2 \sin\varphi - \frac{1}{3} ae^4 \sin^3\varphi - \frac{1}{5} ae^6 \sin^5\varphi - \ldots$$

ehk

$$D = a \lg \operatorname{tg}\left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right) - ae^2 \sin\varphi - \frac{1}{3} ae^4 \sin^3\varphi - \frac{1}{5} ae^6 \sin^5\varphi - , \quad (47)$$

kus lg tähendab juba tavalist logaritmi.

Nüüd tuleb lahendada küsimus, mitu liiget vaja säilitada väljendis (47), selleks et saada D tegelikeks vajadusteks küllaldase täpsusega.

Seame täpsuse tingimuseks koostada kaart laiusele $\varphi = 85^0$ mastaabis $\frac{1}{10000}$, nii et rea äravisatavad liikmed ei ületaks mastaabi suurimat täpsust.

Võtame maasferoidi rahvusvahelised mõõtmed, s. o.

$$a = 6378368 \text{ m}$$
$$\lg a = 6{,}8047096$$
$$\lg e^2 = 7{,}8275373.$$

Siis $\varphi = 85^0$ tarvis leiame, et

3. liige $\frac{1}{3} ae^4 \sin^3\varphi = 9499{,}385$ mm

4. liige $\frac{1}{5} ae^6 \sin^5\varphi = 38{,}025$ mm.

Kui mastaap on $\frac{1}{10\,000}$, siis kolmanda liikme õiend oleks vaid

$$(\text{III}) = \frac{9499{,}385}{10\,000} \text{ mm} = 0{,}09499 \text{ mm}.$$

See suurus ületab mastaabiks lubatava täpsuse piiri 0,01 mm ja sellepärast tuleb väljendi D 3. liige sisse jätta.

D neljanda liikme õiend osutatud mõõtkava puhul oleks:

$$(\text{IV}) = \frac{38{,}025}{10\,000} = 0{,}00038 \text{ mm}.$$

See suurus on väiksem lubatavast täpsuse piirist ja teda võib ära visata.

Järgmised liikmed on veel seda väiksemad ja need võib kõik ära visata. Nii jätkub tegelikeks vajadusteks kolmest esimesest D liikmest, nimelt:

$$D = a \lg \operatorname{tg}\left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right) - ae^2 \sin\varphi - \frac{1}{3} ae^4 \sin^3\varphi. \qquad (48)$$

Merkaatori kaardi koostamisel, kus pole ekvaatorit, tekib küsimus, kui mitu liiget tuleb säilitada reas (47). Siin vaja tähele panna vaid 3. ja 4. liikme suuruste vahet kaardi ülemisel ja alumisel paralleelil.

Jääb üle veel näidata, et kõikide äravisatud liikmete summa S —

$$S = -\frac{1}{5} ae^6 \sin^5\varphi - \frac{1}{7} ae^8 \sin^7\varphi - \frac{1}{9} ae^{10} \sin^9\varphi - \ldots \qquad (49)$$

ei ületa teatavat kindlat suurust.

Tõepoolest, rida

$$\frac{1}{5} ae^6 \sin^5\varphi + \frac{1}{7} ae^8 \sin^7\varphi + \frac{1}{9} ae^{10} \sin^9\varphi + \ldots < \frac{1}{5} ae^6 \sin^5\varphi +$$

$$+ \frac{1}{5} ae^8 \sin^7\varphi + \frac{1}{5} ae^{10} \sin^9\varphi + \ldots,$$

see on —

$$S < \frac{1}{5} ae^6 \sin^5\varphi \,(1 + e^2 \sin^2\varphi + e^4 \sin^4\varphi + \ldots).$$

Rida selle ebavõrrandi paremas osas sulgudes on lõputult vähenev progressioon nimetajaga $e^2\sin^2\varphi$. Järelikult selle rea summa võrdub:

$$\frac{1}{1 - e^2 \sin^2\varphi}.$$

Sellepärast

$$S < \frac{1}{5} \frac{ae^6 \sin^5\varphi}{1 - e^2 \sin^2\varphi},$$

ehk

$$S < \frac{\text{IV}}{1 - e^2 \sin^2\varphi},$$

s. t. et kõigi äravisatud liikmete summa on väiksem 4. liikmest, jagatud väljendiga $(1 - e^2\sin^2\varphi)$, mis $\varphi = 85^0$ ja osutatud maasferoidi rahvusvaheliste mõõtmete puhul annab suuruse, mis on väiksem 0,3917 m.

Järelikult $S < 0{,}3917$ m ja seda võib ära visata kahjustamata meridiaanilise osa D arvutamise täpsust.

Selleks, et merkaatori kaardi valmistamisel mitte alati arvutada meridiaanilisi osi, on olemas eri tabelid.

1890. aastani selleks kasutati 1853. a. koostatud Ivanovi tabeleid, millede arvutamisel maa on võetud kerana raadiusega $R = 2\,988\,539{,}286$ sülda.

1890. a. M. Ždanko koostas uued meridiaaniliste osade tabelid oletusega, et maa on pöörd-ellipsoid Clark'i arvutatud mõõtmete alusel. Ždanko arvutas 3 tabelit: 1) ekvaatori kaare pikkus süldades pikkuste vahele üle 1′; 2) taandatud laius u, mis vastab antud geograafilisele laiusele φ, ja lg cos u laiustele φ 0° kuni 85° üle 1′; 3) meridiaanilised osad süldades laiustele φ 0° kuni 85° üle 1′.

Lõpuks 1918. a. Hüdrograafia valitsus kirjastas head „Tabelid merkaatori kaartide valmistamiseks", arvutatud G. S. Maksimovi ja M. L. Bondi poolt, mis peagu üldse ei vaja interpolatsiooni. Nende tabelite aluseks on Besseli arvutatud maaellipsoidi mõõtmed, mis kõige paremini vastavad NSV Liidu pinnale.

Viimased tabelid sisaldavad 3 tabelit.

Tabel I annab ekvaatorikaarte pikkused süldades täpsusega kuni 0,1 sülda, vastavalt pikkuste vahedele, mis on väljendatud kraadides, minutites ja sekundites, kusjuures pikkuste vahe võib võtta täpsusega kuni 0,01.

Tabel II annab vahe geograafilise laiuse φ ja sellele vastava taandatud laiuse u vahel. Tabel on arvutatud geograafilise laiuse üle 10′, valemi järgi:

$$\operatorname{tg} u = \sqrt{1 - e^2} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

ja see annab $\varphi - u$ vahe täpsusega kuni 0,1″ piirides $\varphi = 35°$ kuni $\varphi = 80°$, sellepärast et kõik meie mered on selle tsooni sees.

Tabel III annab meridiaanilised osad süldades, arvutatud valemi (48) järgi laiustele 35° kuni 80° geograafilise laiuse üle 10″. Kõrvallahtris osutatakse vahed, mis vastavad laiuse suurenemisele 10″ võrra. Lehekülje äärtele on paigutatud väikesed tabelid meridiaaniliste osade iibest 1″, 2″, 3″ jne. kohta, mis võimaldab leida meridiaanilise osa kuni laiuse 0,01″ ilma interpolatsioonita, täpsusega kuni 0,1 sülda.

§ 16. MERKAATORI KAARDI VÕRGU ARVUTAMINE.

Viimasel ajal on TTPA Merejõudude Valitsuse Hüdrograafia osakonna poolt seoses siirdumisega meetrimõõtudele seatud merekaartidele standardsed arv-mastaabid, sõltuvalt kaardi ülesandest. Mastaapide nimetajad esinevad seal ümmarguste arvudena 5000 kuni 1 000 000 ja suuremad.

Nimetaja muutub mõõtkaval 5 000 kuni 25 000 üle 5 000, 50 000 kuni 500 000 üle 25 000 ja 600 000 kuni 1 000 000 üle 100 000. Mastaapides alla 1:1 000 000 nimetaja muutub üle 200 000.

Vastavalt eri ülesannetele on määratud järgmised mastaabid:

Mastaabid	Kaartide liigitus
Alla 1 : 350 000	Üldkaardid
1 : 350 000 kuni 1 : 200 000	Eri „
1 : 200 000 „ 1 : 50 000	Eri „
Üle 1 : 50 000	Plaanid

Eri merede tarvis on seatud järgmised üldised peaparalleelid (vt. „Käsiraamat nõuk. ja inglise kaartide kasutamiseks", 1936):

Kaspia meri	42°	Valge meri	66°
Must „	44°	Muurmani rannik	69°
Ohoota „	52°	Obi-Jenissei rajoon	70°
Beringi meri	59°	Põhja Jäämeri	75°
Soome laht	60°		

Arvutustööde lihtsustamiseks ja võimalikuks vähendamiseks raamide, võrkude ja tugipunktide arvestamisel merkaatori kaartidel on hüdrograaf-geodeedi P. V. Messer'i poolt koostatud üksikasjalikud „Tabelid merkaatori kaartide koostamiseks", millede kasutamine võrreldes G. S. Maksimovi ja M. L. Bondi 1918. a. koostatud tabelitega vähendab palju ja koondab miinimumini kõik vajalikud arvutused.

Messeri tabelid on koostatud meetrimõõtudes ja lähtuvad Besseli tuletatud maasferoidi mõõtmetest.

Tabel I muudab sekundid minutite osadeks täpsusega kuni 0,001.

Tabelist II valitakse meridiaaniliste minutite suurused meetrites laiustele 0° kuni 36°, täpsusega kuni 0,001 m.

Tabel III on mitmesuguste paralleelide mastaapide leidmiseks 0° kuni 36° üle 1°.

Tabelid IV, V ja VI annavad iga mere kohta eraldi tähtede A, B, C, D, E, F ja G all NSV Liidu merede ülalosutatud peaparalleelide ja kitsaste merevöötmete kohta nendest S-i ja N-i — 10° kuni + 9° piirides:

tabel IV — ekvatoriaalminutite suurused millimeetrites täpsusega kuni 0,001 mm mööda peaparalleeli, mis on seatud antud merele, mastaapides 1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 75 000 ja 1 : 200 000;

tabel V — samadele mõõtkavadele, samuti mm-tes ja sama täpsusega meridiaaniliste minutite suurused laiustes 36° kuni 82°;

tabel VI — abisuurused mastaabi leidmiseks merkaatori kaardil igale paralleelile üle ühe kraadi.

Tabel VII sisaldab siirdekoefitsiente siirdumiseks merkaatori võrgu mõõtmeilt, mis kuuluvad ühele peaparalleelile φ_0, sama võrgu mõõtmetele, mis kuuluvad teisele paralleelile φ_1.

Järgnev näide selgitab arvutuste lihtsust ja kergust Messeri tabelite abil.

Näidis 91. Arvestada merkaatori kaardi raam ja võrk Soome lahe idaosast järgmises ulatuses: $\varphi_1 = 59^0 20'$ N kuni $\varphi_2 = 60^0 4'$ N ja $\lambda_1 = 25^0 15'$ Ost kuni $\lambda_2 = 29^0 52'$ Ost mastaabis 1 : 200 000.

Soome lahe paralleel, nagu nägime, oli $\varphi_0 = 60^0$ N.

Kuna

$$\lambda_2 = 29^0 52' \text{ Ost}$$
$$\lambda_1 = 25^0 15' \text{ Ost}$$
$$\text{siis } \Delta\lambda = 4^0 37' = 277',$$

Tabelist IV $= D$ valime mastaabile 1 : 200 000 ekvatoriaalminutite pikkuse peaparalleeli 60^0 tarvis.

kui $\Delta\lambda$ on 270', siis on see 1 255,34 mm (võtame 27-le ja viime koma ühe koha
„ „ 7' „ „ 32,546 „ võrra vasemale)

s. t. kui $\Delta\lambda = 277$, siis saame 1 287,886 mm.

Järelikult kaardi horisontaalne raam on

$$a = 128{,}79 \text{ sm.}$$

Tabelist V $= D$ samale mastaabile 1 : 200 000 leiame meridionaalminutite viisikute pikkused piirides $\varphi_1 = 59^0 20'$ N kuni $\varphi_2 = 60^0 45'$ N:

$59^0 20'$	kuni	$59^0 25'$	45,555	mm
25	„	30	45,668	„
30	„	35	45,781	„
35	„	40	45,895	„
40	„	45	46,010	„
45	„	50	46,125	„
50	„	55	46,241	„
55	„	60	46,358	„
$60^0 00'$	„	$60^0 05'$	46,475	„
05	„	10	46,593	„
10	„	15	46,712	„
15	„	20	46,831	„
20	„	25	46,951	„
25	„	30	47,072	„
30	„	35	47,194	„
35	„	40	47,316	„
40	„	45	47,439	„
			Σ 790,216	mm,

s. t. raami vertikaalne suurus

$$b = 79{,}02 \text{ sm.}$$

Näeme, et raami horisontaalne pikkus a ja vertikaalne — b on leida üsna lihtne. Arvutamise ainus ebamugav külg on — vertikaalminutite 17 viisiku liitmine vertikaalraami pikkuse b määramiseks. Siin on vead alati võimalikud.

Kaardi vasakust raamist vahepealsete meridiaanide a_1, a_2, a_3 ja a_4 pikkuste arvutamiseks kasutame sama võtet, mis horisontaalraami pikkuse a määramiselgi. Leiame need pikkused

$\lambda_1^{\mathrm{I}} = 26^0$	$\lambda_2^{\mathrm{I}} = 27^0$	$\lambda_3^{\mathrm{I}} = 28^0$	$\lambda_4^{\mathrm{I}} = 29^0$
$\lambda_1 = 25^0 15'$	$\lambda_1 = 25^0 15'$	$\lambda_1 = 25^0 15'$	$\lambda_1 = 25^0 15'$
$\Delta\lambda^{\mathrm{I}} = 0^0 45'$	$\Delta\lambda^{\mathrm{II}} = 1^0 45'$	$\Delta\lambda^{\mathrm{III}} = 2^0 45'$	$\Delta\lambda^{\mathrm{IV}} = 3^0 45'$

ehk

$$\Delta\lambda^{\mathrm{I}} = 45' \qquad \Delta\lambda^{\mathrm{II}} = 105' \qquad \Delta\lambda^{\mathrm{III}} = 165' \qquad \Delta\lambda^{\mathrm{IV}} = 225'.$$

Tabelist IV $= D$ mastaabile 1 : 200 000 leiame ekvaatoriaalminutite pikkused peaparalleelile 60^0 ja leitud $\Delta\lambda$-le:

$\Delta\lambda^{\mathrm{I}}$	$\Delta\lambda^{\mathrm{II}}$	$\Delta\lambda^{\mathrm{III}}$	$\Delta\lambda^{\mathrm{IV}}$
40′ 185,977	100′ 464,943	100′ 464,943	220′1022,870
5 23,247	5 23,247	60 278,966	5 23,247
		5 23,247	
45′ 209,224 mm	105′ 488,190 mm	165′767,156 mm	225′ 1046,117 mm

Sel viisil:

$$a_1 = 20{,}92 \text{ sm}, \quad a_2 = 48{,}82 \text{ sm}, \quad a_3 = 76{,}72 \text{ sm}, \quad a_4 = 104{,}61 \text{ sm}.$$

Kontrolliks võiks samasuguste arvutustega määrata kõigi vahepealsete meridiaanide kaugused ka äärmiselt paremalt raamilt. Nende vahepealsete meridiaanide summa peab võrduma horisontaalraami pikkusega, mis ongi arvutuste kontrolliks.

Leiame nüüd vahepealsete paralleelide kaugused b_1, b_2 ja b_3 kaardi alumiselt raamilt. Tõmbame kõigest 3 vahepealset paralleeli: $59^0 40'$, $60^0 0'$, $60^0 20'$.

Arvutamine on analoogiline kaardi vertikaalse mõõtme arvutamisega, kasutades juba varem tabelist valitud üksikute meridiaaniliste minutite viisikuid millimeetrites. Leiamegi meridiaaniliste minutite summad:

φ-st $= 59^0 20'$	kuni	$59^0 40'$	võrdub	182,899 mm
φ „ $= 59^0 20'$	„	$60^0 00'$	„	367,633 „
φ „ $= 59^0 20'$	„	$60^0 20'$	„	554,244 „

Järelikult

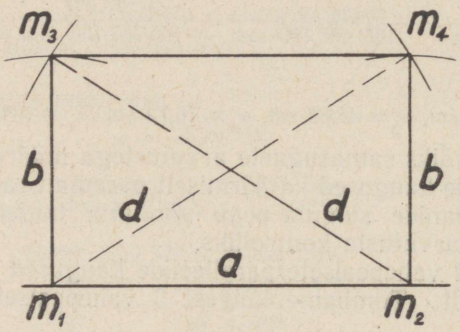
$$b_1 = 18{,}29 \text{ sm}$$
$$b_2 = 36{,}76 \text{ sm}$$
$$b_3 = 55{,}42 \text{ sm}.$$

Kontrolliks arvutatakse nende samade paralleelide kaugused kaardi ülemiselt raamilt: paralleelide kauguste summa kahest äärmisest raamist arvates peab võrduma kaardi vertikaalse mõõtmega.

Kaardi raami joonestamise kergendamiseks ja täpsustamiseks arvutatakse veel Gaussi summade tabeli abil kaardi ristküliku diagonaal $d = \sqrt{a^2 + b^2}$. Meie näites $d = 151{,}13$ sm.

Kui on arvutatud kaardi vertikaalne ja horisontaalne mõõde, vahepealsete meridiaanide ja paralleelide kaugused vastavaist kaardi raamidest ja diagonaal, asutakse joonestama arvestatud võrku paberile.

Sõltuvalt kaardi suurusest, tõmmatakse aleksandri või vatmani formaati pool- või veerandlehele selle alumise ääre lähedale põhjalaiuste jaoks, ja ülemise ääre lähedale lõunalaiuste jaoks ekvaatorile lähim paralleel. Mõõtnud sirkli abil joonestatud sirgjoonele kaardi horisontaalraami pikkuse $a = m_1m_2$ (joon. 122), punktidest m_1 ja m_2 raadiustega, mis võrduvad arvutatud diagonaaliga ja vertikaalse raami pikkusega, tõmbame riived, millede lõikekohad annavadki ristküliku kaks tippu m_3 ja m_4. Ühendatud punktid m_3 ja m_4, samuti m_1 ja m_3 ning m_2 ja m_4 sirgjoontega, kontrollitakse vastasseisvate külgede võrdsust.



Joonis 122.

Mõõtnud siis ülemisele ja alumisele raamile vasakult vertikaalraamilt vahepealsete meridiaanide kaugused ja kontrollinud saadud punktide asetuse õigsust nende kaugusega paremast vertikaalraamist, ühendame vastavad punktid sirgjoontega, mis ongi vahepealseteks meridiaanideks.

Samuti joonestatakse kaardile ka vahepealsed paralleelid.

Siis joonestatakse kaardile paralleelselt äärmistele meridiaanidele ja paralleelidele veel kaks sirgjoont, mis moodustavad kaardiraami sise- ja välispoole, mis hiljem jaotatakse kraadideks ja nende osadeks.

Igal üksikjuhul tuleb arvestada, kui palju tuleb tõmmata vahepealseid paralleele, et nende vahede jaotamisel võrdseteks osadeks ei tekiks vigu, mis ületaksid graafilistes kujutustes lubatava vea piiri 0,1 mm.

Meie näites kujutatakse kaardil maakohta laiuses $\varphi_1 = 59^\circ 20'$ kuni $\varphi_2 = 60^\circ 45'$. Arvestame 1′ pikkuse millimeetrites antud mõõtkavas y ja y_1 kaardi lõuna- ja põhjaraami juures, kasutades samu Messeri tabeleid.

Tabelist V = D meil ühe meridiaanilise minuti pikkus y $\varphi = 59^{0}20'$ kuni $\varphi = 59^{0}21'$ võrdub

$$y = 9{,}102 \text{ mm},$$

samal ajal kui põhjaraami juures $\varphi = 60^{0}44'$ kuni $\varphi = 60^{0}45'$

$$y_1 = 9{,}498 \text{ mm},$$

s. t. meridiaani 1′ pikkus on põhjaraamil 0,396 mm pikem, mis on suurem mastaabis lubatavast ebatäpsusest 0,1 mm. Sellepärast ei saa jagada kogu vertikaalraami võrdseteks osadeks, sest see põhjustaks märgatavat viga 1′ pikkuses. Kui aga, nagu on tehtud näidises 91, äärmiste vahele tõmmata veel kolm vahepealset ja arvutada igaühe pikkus neist ja siis alles vahed jagada võrdseteks osadeks, siis vead 1′ pikkuses ühe vahe piirides on alla $\frac{0{,}396}{4}$ mm ehk alla 0,099 mm, mis on vähem mastaabi äärmisest täpsusest.

Kui me tahaksime samast maa-alast valmistada kaardi mastaabis 1 : 10 000, siis, nagu leiaksime samadest tabelitest, lõunaraamil y 1′ pikkus on 182,041 mm, põhjaraamil y_1 aga 189,954 mm.

Järelikult 1′ pikkuse muutus kaardil $y_1 - y = 7{,}913$ mm. Selleks et sellisel juhul võiks paralleelide vahed jaotada võrdseteks osadeks, paralleelide arv k peab olema

$$k > \frac{7{,}913}{0{,}1} \text{ ehk } > 79.$$

Kuna kogu kaardi ulatus laiuses on 85′, siis tuleks paralleele tõmmata iga 1′ kohta.

Kaartide tarvis mastaabis 1 : 40 000 kuni 1 : 15 000 meridiaanid tõmmatakse üle 5′, paralleelid aga vastavalt mastaabile —

1 : 15 000 — üle 2′
1 : 25 000 „ 3′
1 : 35 000 „ 4′
1 : 45 000 „ 5′

§ 17. PERSPEKTIIVPROJEKTSIOONID.

Kuna tsentraalprojektsioonid kuuluvad **perspektiivprojektsioonide** liiki, siis on kasulik enne vaadelda lühidalt perspektiivprojektsioonide üldomadusi, seda enam, et meremehel tuleb vahel tegemist teha teistegi perspektiivprojektsioonide liikidega.

Perspektiivprojektsioonide valmistamisel kujutletakse maakera kui kera vähendatud kujul teatavas mastaabis, mis on selle vähendatud kera raadiuse suhe maakera raadiusega, ja projitseeritakse kõik punktid mingisuguselt maa-alalt tasapinnale, mis võib asetseda ükskõik millises asendis vaatleja silma ja projitseeritava maa-ala vahel, või viimase

taga. Vaatleja silma asukohta nim. **vaatepunktiks,** tasapinda aga, kuhu projitseeritakse antud maa-ala — **pilditasapinnaks.**

Kiired, mis ühendavad maa-ala iga punkti vaatepunktiga, või nende pikendused lõikudes pildi tasapinnaga annavad viimasel hulga punkte, mis on maa-ala kontuuri vastavate punktide perspektiiv-kujutused, ja nende kogum annabki vaadeldava maa-ala perspektiivkujutuse tasapinnal.

Teades vaatepunkti ja pilditasapinna asendit kujuteldava, antud mastaabis vähendatud maakera tsentrumi suhtes, võime kergesti saada maapinna perspektiivse kujutuse kas joonestuse või arvutuse teel.

Kõigis tegelikult kasutatavais perspektiivprojektsioonides pilditasapind on perpendikulaarne kiirega, mis ühendab vaatepunkti maakera tsentrumiga.

Tuleb märkida, et antud nurga korral vaatepunkti maakera tsentrumiga ühendava joone ja pilditasapinna vahel selle viimase asendist sõltub nii saadava kujutuse absoluutne suurus kui ka kuju. Sellepärast edaspidi me vaatleme vaid lihtsamat perspektiivprojektsiooni juhust, nimelt kui pilditasapind riivab maakera mingis punktis.

Oletame, et me asendasime tõelise maakera raadiusega R_0 kujuteldava keraga, mille raadius on R, nii, et kui etteantud peamastaap on $\frac{1}{C}$, siis

$$R = \frac{1}{C} R_0.$$

Oletame (joon. 123), et pilditasapind NN_1 riivab seda vähendatud maakera mingis punktis M_0. Ühendame selle punkti kera keskpunktiga C ja võtame vaatepunkti kuski sirgjoone M_0C pikendusel, näit. punktis O, mille kaugus maakera tsentrumist on $CO = s$.

Kui P on maakera poolus, siis mingi punkti asendi sfääril võib täiesti täpselt määrata nurgaga $PM_0M = a$ — asimuudiga — ja antud punkti nurga-kaugusega $M_0M = z$ punktist M_0 — seniidi kaugusega, mis on punktidest M ja M_0 läbi tõmmatud suurringi kaar.

Ühendades vaatepunkti O vaadeldava punktiga M ja jätkates joont OM saame joone $O\dot{M}$ ja pilditasapinna lõikumisel punkti M', mis ongi M perspektiivkujutiseks pilditasapinnal.

Selle punkti M' asendi viimasel saab määrata täiesti kindlalt tema kaugusega $\varrho = M_0M'$ keskpunktist M_0 ja nurgaga $xM_0M' = a$, mille see kaugus moodustab x-ide teljega. X-ide telje me võtame meridiaani PM_0q tasapinnas.

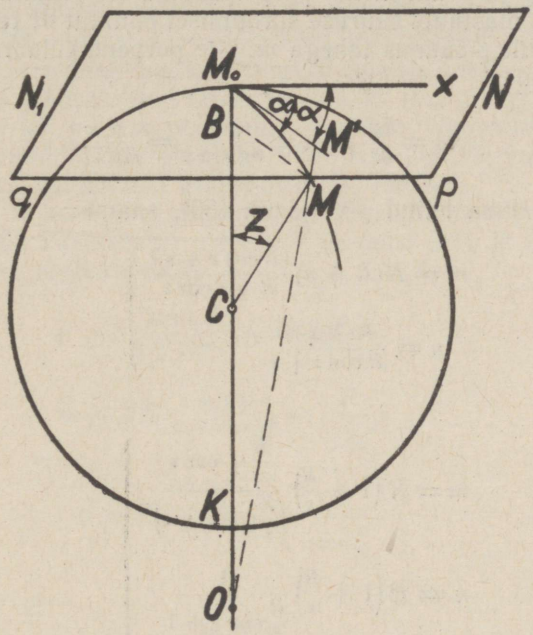
Raske ei ole määrata ka sõltumust sfääriliste koordinaatide z ja a vahel, mis määravad punkti M asendi sfääril, ja polaarsete koordinaatide ϱ ja a vahel, mis määravad punkti M projektsiooni M' pilditasapin-

nal. Tõmmates sirgjoonele M_0O perpendikulaari MB, saame $\triangle$-de $M_0M'O$ ja BMO sarnasusest:

$$\frac{M'M_0}{MB} = \frac{M_0O}{BO}.$$

Kuna

$$MB = R \sin z,$$



Joonis 123.

ja

$$CB = R \cos z,$$

siis saadud vahekord võtab kuju:

$$\frac{\varrho}{R \sin z} = \frac{R + s}{R \cos z + s},$$

kust

$$\varrho = (R + s)\frac{R + \sin z}{R \cos z + s}, \qquad (50)$$

ehk

$$\varrho = \left(1 + \frac{R}{s}\right) \frac{R \sin z}{1 + \frac{R}{s} \cos z}. \tag{51}$$

Nurk xM_0M' projektsioonil võrdub ilmsesti punkti M asimuudiga a sfääril.

Mastaap perspektiivprojektsioonis on muutuv, s. o. punktist punktile, nii raadiuste ϱ ja z kui neile perpendikulaarses suunas. Tõepoolest, sest tähistades mastaabi suuruse siirdumisel punktilt M temale lõpmatult lähedale punktile ϱ-suunas tähega m, ϱ-le perpendikulaarses suunas aga tähega n, saame:

$$m = \frac{d\varrho}{dz} \text{ ja } n = \frac{\varrho da}{da \sin z} = \frac{\varrho}{\sin z}.$$

Kasutades juba leitud ϱ-väljendit (50), saame:

$$\left.\begin{aligned} m &= R(R+s)\frac{(R\cos z + s)^2}{R + s\cos z} \\ n &= \frac{R(R+s)}{R\cos z + s} \quad \ldots\ldots \end{aligned}\right\} \tag{52}$$

ehk

$$\left.\begin{aligned} m &= R\left(1 + \frac{R}{s}\right)\frac{\frac{R}{s} + \cos z}{\left(\frac{R}{s}\cos z + 1\right)^2} \\ n &= R\left(1 + \frac{R}{s}\right)\frac{1}{\frac{R}{s}\cos z + 1} \end{aligned}\right\} \tag{53}$$

Vahemaas vaatepunktist O kera tsentrumini C määrab perspektiivprojektsiooni liigi. Liike on neli: 1) ortograafilised, 2) stereograafilised, 3) tsentraalsed ja 4) välised. Vaatleme siin kolme esimest, kui meresõitjaile tähtsamaid.

1. **Ortograafilise projektsiooni** saame, kui $s = \infty$. Selles vaadeldav maapinna osa projitseeritakse pilditasapinnale paralleelsete kiirte kimbuna, mis lähtuvad lõpmatus kauguses olevast vaatepunktist. Sel juhul, nagu nähtub valemeist (51) ja (53)

$$\varrho = R \sin z,$$
$$m = R \cos z,$$
$$n = R.$$

Saadud väljendid näitavad, et iga punkti kaugus projektsioonil projektsiooni tsentrumist on proportsionaalne vastava punkti nurga-kauguse siinusega sfääril.

Kui $z = 0$, siis $m = n = R$, s. t. projektsiooni keskuses mastaabid igas suunas võrduvad peamastaabiga; kaugenedes aga keskpunktist projektsiooni raadiuste suunas mastaap hakkab vähenema proportsionaalselt cos z-ga, kuna raadiustele perpendikulaarses suunas ta jääb võrdseks peamastaabiga. Sellepärast mingi lõpmatu väike ringike kéral projektsiooni tsentrumi läheduses kujuneb sellel võrdsuure ringina, kaardi äärtel aga ellipsina, kokkusurutuna projektsiooni raadiuste suunas; kui aga $z = 90^0$ ja $m = 0$ — siis esineb ta sirgjoonelise lõiguna.

Ortograafilisi projektsioone kasutatakse tervete poolkerade kujutamiseks, kusjuures pilditasapind läheb tavalisesti läbi sfääri keskpunkti. Teda kasutatakse ka kuu ja planeetide kaartide valmistamisel, kuna sellistes projektsioonides taevakehade nähtavate ketaste kujutised saadakse samal kujul, kuidas nad esinevad meile tõeliselt.

2. Kui $s = R$, s. o. kui vaatepunkt on K-s, saame **stereograafilise projektsiooni,** mida kasutatakse sageli. Valemeist (51) ja (53) nähtub, et stereograafilises projektsioonis

$$\varrho = 2\frac{R\sin z}{1+\cos z} = 2R\,\mathrm{tg}\,\frac{z}{2},$$

$$m = 2R\frac{1+\cos z}{(1+\cos z)^2} = \frac{R}{\cos^2\frac{z}{2}},$$

$$n = 2R\frac{1}{1+\cos z} = \frac{R}{\cos^2\frac{z}{2}},$$

s. t.

$$m = n.$$

Mastaapide m ja n võrdsus näitab, et see projektsioon on konformne, ja see ongi selle projektsiooni peaomadus.

Projektsiooni keskuses, kui $z = 0$, mastaap võrdub R-ga, peamastaabiga, kui aga $z = 90^0$, siis $m = n = 2R$, s. t. kaardi äärtel mastaap on kaks korda suurem. Tähendab, et iga ring sfääril kujuneb ringina ka projektsioonis, kuid projektsiooni keskuses ta võrdub ringiga sfääril, kaardi äärtel aga (kui $z = 90^0$) tema pindala on 4 korda suurem.

Stereograafilisi projektsioone kasutatakse tavalisesti tervete poolkerade kujutamiseks, kuid on olemas tähistaeva kaarte stereograafilises projektsioonis, mis hõlmavad isegi rohkem poolkerast. Sereograafilise projektsiooni iseärasus seisneb selles, et iga suur või väike ring sfääril kujuneb temal ka ringiks.

3. Kui $s = 0$, kui silm on sfääri keskmes, siis saame **tsentraalse projektsiooni,** mida kasutatakse merenduses ülalosutatud vajadusiks. Tsentraalprojektsioonis, nagu näha valemeist (50) ja (52),

$$\varrho = R \cdot \operatorname{tg} z,$$

$$m = \frac{R}{\cos^2 z},$$

$$n = \frac{R}{\cos z}.$$

Neist väljendeist järgneb, et iga punkti kaugus projektsioonil projektsiooni tsentrumist on proportsionaalne vastava punkti seniit-kauguse tangensiga sfääril.

Projektsiooni keskmes $z = 0$ korral mõlemad mastaabid m ja n on omavahel võrdsed ja võrduvad peamastaabiga. Kaugenemisel aga tsentrumist mõlemad mastaabid ruttu suurenevad, kusjuures projektsiooni raadiuste suunas rutem kui perpendikulaarselt neile, nii et alati $m > n$.

Sellepärast keskpunkti läheduses iga ring sfääril ja projektsioonil esineb võrdse ringina, lähenedes aga kaardi äärtele nad kujunevad üha rohkem ja rohkem väljavenitatud ellipsiteks, millede suur telg on suunatud piki projektsiooni raadiust. Kui $z = 90^0$, siis osamastaabid muutuvad lõpmatuseks, millest nähtub, et tervet poolkera tsentraalprojektsioonis kujutada ei saa.

Selletõttu on kauguste mõõtmine sel projektsioonil väga tülikas ja seda asendatakse arvutamisega.

Tsentraalprojektsioonid ei ole konformsed ega ekvivalentsed. Nende osamastaabid muutuvad nii siirdumisel punktilt punktile kui ka ühes punktis eri asimuutide korral. Selle projektsiooni kõige väärtuslikumaks omaduseks on see, et iga sfääri suurring kui kõverjoon, mille tasapind läbib sfääri keskpunkti, s. o. vaatepunkti — esineb projektsioonil sirgjoonena. Selle omaduse tõttu tsentraalprojektsioon ongi väga tähtis meresõitjaile.

Huvitav on märkida, et tsentraalprojektsioon on vanim kõigist tuntuist. Teda esitas kuulus kreeka filosoof Thales, kes elas 600 a. enne meie ajaarvamist.

§ 18. NURKADE MOONDUMINE TSENTRAALPROJEKTSIOONIDES.

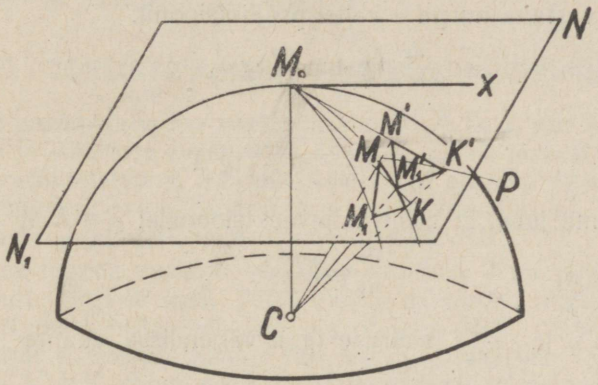
Kuna tsentraalsed projektsioonid ei ole konformsed, siis on tähtis teada, kuidas moonduvad nurgad, mis on mõõdetud tõelise horisondi tasapinnas, kui neid kanda tsentraalprojektsioonis koostatud kaardile. Olgu M_0 endiselt (joon. 124) projektsiooni keskpunkt, M — vaadeldav punkt, mille nurga-kaugus keskpunktist $M_0M = z$, asimuut aga $PM_0M = a$.

Kui me punktilt M sfääril siirdume lõpmatult talle lähedasele punktile M_1, siis asimuut α muutub suuruse $d\alpha$ võrra, mis sõltub siirdumise suunast punktist M punkti M_1. Nurk suuna MM_1 ja raadiuse M_0M vahel, s. o. nurk KMM_1 on kerge määrata lihtsast $\triangle$-st MM_1K, võttes selle väiksuse tõttu tasapinnalisena. Nimelt oletades $\angle KMM_1 = A$, me saame:

$$\operatorname{tg} A = \frac{KM_1}{MK}.$$

Kuna

$$KM_1 = d\alpha \cdot \cos(90^0 - z) = d\alpha \cdot \sin z,$$



Joonis 124.

seejuures aga

$$MK = dz,$$

siis

$$\operatorname{tg} A = \frac{d\alpha \sin z}{dz},$$

kust

$$d\alpha = \frac{dz}{\sin z} \cdot \operatorname{tg} A.$$

MM_1 kõrvalekalle projektsioonil esineb lõiguna $M'M'_1$, mis moodustab suunaga M_0M' nurga α. Ehitades ka projektsioonile lameda $\triangle$ $M'M'_1K'$, on kerge leida väljend ka nurgale α. Nimelt

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{K'M'_1}{M'K'}.$$

Kuna

$$K'M'_1 = \varrho\, da,$$

seejuures aga

$$M'K' = d\varrho,$$

siis

$$\operatorname{tg} a = \frac{\varrho da}{d\varrho},$$

kust

$$da = \frac{d\varrho}{\varrho} \operatorname{tg} a.$$

Võrreldes omavahel da väljendeid, leiame sõltumuse sfääriloleva nurga A ja vastava nurga a vahel projektsioonil:

$$\frac{dz}{\sin z} \operatorname{tg} A = \frac{d\varrho}{\varrho} \operatorname{tg} a,$$

kust

$$\operatorname{tg} a = \frac{\varrho}{\sin z} \cdot \frac{dz}{d\varrho} \cdot \operatorname{tg} A.$$

Me nägime juba, et tsentraalprojektsioonidel $\varrho = R \operatorname{tg} z$, järelikult

$$\frac{dz}{d\varrho} = \frac{\cos^2 z}{R}.$$

Asetades ϱ ja $\frac{dz}{d\varrho}$ suuruse tg a väljendisse, saame

$$\operatorname{tg} a = \cos z \cdot \operatorname{tg} A.$$

Tabel 20. Nurkade moondumine tsentraalprojektsioonides.

A	$z = 10^0$		$z = 20^0$		$z = 30^0$		$z = 40^0$		$z = 60^0$	
	a	$\Delta = a - A$	a	$\Delta = a - A$	a	$\Delta = a - A$	a	$\Delta = a - A$	a	$\Delta = a - A$
0^0	0°00′	0°00′	0°00′	0°00′	0°00′	0°00′	0°00′	0°00′	0°00′	0°00′
10	9 51	— 0 09	9 25	— 0 35	8 41	— 1 19	7 42	— 2 18	5 02	— 4 58
20	19 43	— 0 17	18 53	— 1 07	17 30	— 2 30	15 35	— 4 25	10 19	— 9 41
30	29 37	— 0 23	28 29	— 1 31	26 34	— 3 26	23 52	— 6 08	16 06	— 13 54
40	39 34	— 0 26	38 15	— 1 45	36 00	— 4 00	32 44	— 7 16	22 46	— 17 14
50	49 34	— 0 26	48 14	— 1 46	45 54	— 4 06	42 24	— 7 36	30 48	— 19 12
60	59 37	— 0 23	58 26	— 1 34	56 19	— 3 41	53 00	— 7 00	40 54	— 19 06
70	69 43	— 0 17	68 50	— 1 10	67 12	— 2 48	64 35	— 5 25	53 57	— 16 03
80	79 51	— 0 09	79 22	— 0 38	78 30	— 1 30	77 02	— 2 58	70 35	— 9 25
90	90 00	— 0 00	90 00	— 0 00	90 00	— 0 00	90 00	— 0 00	90 00	— 0 00

Sellest väljendist nähtub, et nurka α projektsioonil saab võtta võrdsena nurgaga A projektsioonil vaid siis, kui cos z võrdub või on lähedal ühega, s. o. projektsiooni keskpunkti läheduses. Sellest aga kaugenedes kaardi äärte poole α hakkab erinema A-st. Alul see läheb aeglaselt, siis aga, z suurenemisega, vahe $\alpha - A$ hakkab ruttu suurenema.

Nullist erineva z suuruse puhul, kui $A = 0$ või 180^0, ka $\alpha = 0$ või 180^0; kui aga $A = 90^0$ või 270^0, ka $\alpha = 90^0$ või 270^0. Tähendab, koha muutusel kas projektsiooni raadiuse suunas või sellele perpendikulaarselt, nurk projektsioonil võrdub vastava nurgaga kaardil. Vahepealsetel kohamuutustel aga seda ei ole.

Tabelis 20 on antud nurkade α suurus vastavalt z suurusele 10^0, 20^0, 30^0, 40^0 ja 60^0, ja nurkadele A üle iga 10^0.

§ 19. TÕELISTE ASIMUUTIDE KORRIGEERIMINE.

Eelmises paragraafis me vaatlesime nurki A ja α, mis moodustuvad antud suuna ja sfäärilise raadiuse M_0M vahel sfääril ja vastava raadiuse M_0M' vahel projektsioonil. Navigatsioonis aga on meil vaja veel teada, kuidas moonduvad projektsioonis tõelised asimuudid või tõelised peilungid, mida arvame alati tõelisest meridiaanist PM.

Otsustame lugeda nurki A sfäärilise raadiuse M_0M positiivses suunas kellaosuti järgi 0^0 kuni 360^0, tõelisi asimuute, nagu tavalisesti, meridiaani N-osast kellaosuti järgi ka 0^0 kuni 360^0. Märkides nurga PMK punkti M tõelise meridiaani PM N-osa ja sfäärilise raadiuse positiivse suuna M_0MK vahel B-ga ja lugedes nurki B samuti kui tõelisi asimuutegi, me näeme joon. 123, et tõeline asimuut suunas MM_1, s. t. nurk PMM_1, võrdub

$$C = A + B.$$

Tingimusel, et alati loeme nurki samast algusest ja samas suunas, see algebraline võrdus on alati õige, s. t. alati tõelise asimuudi C leidmiseks tuleb nurgale A liita nurk B, **mis on püsiv antud punkti M puhul.**

Nurga B suuruse võib kergesti leida sfäärilisest $\triangle$-st M_0PM, milles külg $PM_0 = 90^0 - \varphi_0$, kus φ_0 on projektsiooni keskpunkti M_0 laius, külg $M_0M = z$, külg $PM = 90^0 - \varphi$, kus φ on punkti M laius, nurk $M_0PM = \lambda_0 = \lambda_2 - \lambda_1$, mis on punktide M ja M_0 pikkuste vahe, nurk M_0MP aga $= 180^0 - B$. Rakendades selle kolmnurga puhul üht sfäärilise trigonomeetria põhivalemeid — nelja kõrvutise elemendi suhe — leiame, et

$$\operatorname{ctg} B = -\operatorname{tg} \varphi_0 \cos \varphi \operatorname{cosec} \lambda_0 + \sin \varphi \operatorname{ctg} \lambda. \qquad (55)$$

Selle valemi järgi võime kergesti arvutada nurga B, kust saame kätte ka nurga

$$C = B + A.$$

Kuna projektsioonil nii nurk A kui nurk B esinevad moondunud kujul, siis märkides nende nurkade suuruse projektsioonil α ja β leiame, et summa $\alpha + \beta$ annab meile nurga suuruse projektsioonil, mis kujutab tõelist asimuuti sfääril. Märkides selle tõelise asimuudi C kujutuse projektsioonil tähega γ, saame

$$\gamma = \alpha + \beta. \tag{56}$$

Nurkade α ja β arvutlemiseks võib alati kasutada üht ja sama tabelit 20, kuna on ilmne, et cos z on püsiv ja suhe nurkade β ja B vahel on analoogiline juba leitud sõltumusega α ja A vahel, sest üks nurkade B ja A külgedest on alati pikendatud sfääriline raadius M_0MK. Teiste sõnadega

$$\operatorname{tg} \beta = \cos z \operatorname{tg} B.$$

Selviisil, teades antud punkti tarvis nurga B suuruse ja määrates vaatlustest (näit. raadiopeilingaatori abil) tõelise asimuudi C, me leiame otse ka nurga $A = C - B$; A järgi aga tabeli 20 abil leiame ka α. B järgi aga sama tabeli abil leiame β. Summa $\alpha + \beta = \gamma$ annab meile suuna projektsioonil, mis vastab asimuudile C sfääril.

Tabel 20 on koostatud vaid nurkadele A 0° kuni 90°, sest on selge, et igas veerandis, mis moodustuvad sfäärilise raadiuse M_0K ja temale perpendikulaarse suuna lõikumisel, s. o. nurgad A, mida loeme sfäärilise raadiuse MK positiivsest ja negatiivsest suunast, ei ületa 90° ja vastavate α suurused korduvad. Sellepärast saab tabelit 20 kasutada igasuguse A puhul, on vaid vaja teda arvestuselt 0°—360° viia üle vanale arvestusele veerandite järgi, vanale rumbide arvestusele 90°-lisel kodarikul, nagu nähtub järgmisist näidistest.

Näidis. 92. Raadiopeilingaatoriga on määratud tõeline asimuut $C = 110^0$ jaamast, millele nurk $B = 30^0$ ja $z = 40^0$. Leida tõeline peilung γ, mis oleks laeva asetusjoon gnomoonilisel kaardil.

Arvestame $A = C - B = 110^0 - 30^0 = 80^0$.
Tabelist leiame $z = 40^0$ ja $A = 80^0$ tarvis $\alpha = 77^002'$.
See tähendab, et tõeline peilung
$\gamma = \alpha + \beta = 77^002' + 23^052' = 100^054' = 100{,}9^0$.

Näidis 93. Jaamast, millele $B = 130^0$ ja $z = 30^0$, on määratud tõeline asimuut $C = 240^0$. Arvutada laeva tõeline peilung gnomoonilisel kaardil.

$A = C - B = 240^0 - 130^0 = 110^0 = \text{SO } 70^0$.
$A = 70^0$ ja $z = 30^0$ puhul meil on:
$\alpha = 67^012'$ ehk $\alpha' = 180^0 - \alpha = 112^048'$.
$B = 130^0 = \text{SO } 50^0$ ja $z = 30^0$ puhul meil on:
$\beta = 45^054'$ ehk $\beta' = 180^0 - \beta = 134^006'$.

Selviisil

$$\gamma = \alpha' + \beta' = 112^048' + 134^006' = 246^054' = 246{,}9^0.$$

Seda laadi ülesannete juurde pöördume veel hiljem raadiopeilungite gnomoonilistele kaartidele kandmise küsimuse arutamisel.

§ 20. TSENTRAALPROJEKTSIOONIDE LIIGID.

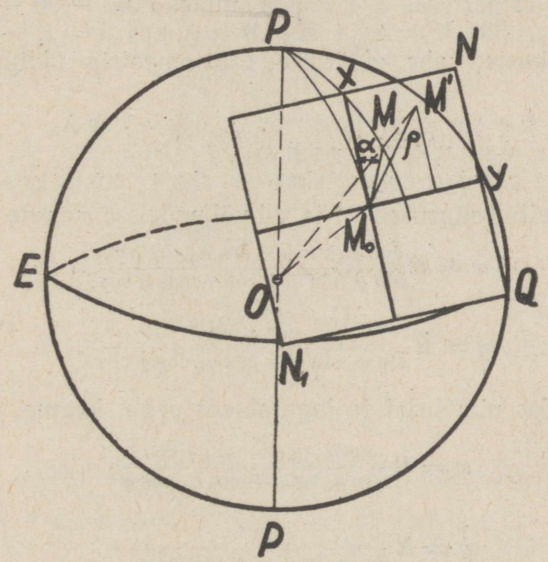
Sõltuvalt riivamispunkti asendist pilditasapinnal tsentraalprojektsioonid jaguvad **polaar-, ekvatoriaal- ja horisontaalprojektsioonideks.**

Kui riivamispunktiks on üks maakera pooluseid, siis projektsiooni nim. **polaarseks,** kui see punkt on kuski ekvaatoril, siis — **ekvatoriaalseks,** kui riivamispunkt on ükskõik kus ekvaatori ja pooluse vahel, siis on meil **horisontaalne tsentraalprojektsioon.**

Ilmsesti on kaks esimest liiki vaid erijuhtumiks viimasest, sellepärast vaatleme alul horisontaalse projektsiooni juhtu.

§ 21. HORISONTAALNE TSENTRAALPROJEKTSIOON.

Oletame (joon. 125), et pilditasapinna NN_1 ja antud mastaabis vähendatud maakera pinna puutepunkt M_0 asub teatavas laiuses φ_0 ja pikkuses λ_0.



Joonis 125.

Võtame pilditasapinnal koordinaatide õigenurkse süsteemi alguseks punkti M_0, suuname x-ide telje maakera meridiaani tasapinnas selle positiivses suunas põhja pooluse poole, y-ite telje aga perpendikulaarselt sellele, positiivses suunas paremale ehk O-i. Siis õigenurksed punkti

M' koordinaadid x ja y projektsioonil, millele vastavad sfääril punkt M koordinaatidega φ ja λ, väljenduvad järgmselt:

$$x = \varrho \cos a,$$
$$y = \varrho \sin a,$$

kus $\varrho = M_0M'$ on kaugus projektsioonil punktist M' punktini M_0, a aga on nurk projektsiooni raadiuse ja x-ide telje positiivse suuna vahel.

Kuna tsentraalprojektsioonides, nagu me nägime, $\varrho = R \operatorname{tg} z$, kus $R = OM$ on sfääri raadius, z aga — punkti M seniidikaugus, s. o. M_0M, siis

$$x = R \operatorname{tg} z \cos a$$
$$y = R \operatorname{tg} z \sin a,$$

ehk

$$x = \frac{R \sin z \cos a}{\cos z},$$

$$y = \frac{R \sin z \sin a}{\cos z}.$$

Rakendades sfäärilises $\triangle$-s PM_0M, milles $PM_0 = 90 - \varphi_0$, $PM = 90 - \varphi$, $MM_0 = z$, $PM_0M = a$ ja $M_0PM = \lambda$, kus $\lambda = \lambda_1 - \lambda_0$ — punktide M ja M_0 pikkuste vahe, sfäärilise trignomeetria üldtuntud valemeid leiame, et

$$\cos z = \sin \varphi_0 \sin \varphi + \cos \varphi_0 \cos \varphi \cos \lambda,$$
$$\sin z - \sin a = \cos \varphi \sin \lambda,$$
$$\sin z \cos a = \cos \varphi_0 \sin \varphi - \sin \varphi_0 \cos \varphi \cos \lambda.$$

Asetades leitud suurused x-i ja y-i väljendeisse, saame:

$$x = R \frac{\cos \varphi_0 \sin \varphi - \sin \varphi_0 \cos \varphi \cos \lambda}{\sin \varphi_0 \sin \varphi + \cos \varphi_0 \cos \varphi \cos \lambda},$$

$$y = R \frac{\cos \varphi \sin \lambda}{\sin \varphi_0 \sin \varphi + \cos \varphi_0 \cos \varphi \cos \lambda}.$$

Või, jagades nimetajat ja lugejat $\cos \varphi$-ga, leiame, et

$$x = R \frac{\cos \varphi_0 \operatorname{tg} \varphi - \sin \varphi_0 \cos \lambda}{\sin \varphi_0 \operatorname{tg} \varphi + \cos \varphi_0 \cos \varphi}, \tag{57}$$

$$y = R \frac{\sin \lambda}{\sin \varphi_0 \operatorname{tg} \varphi + \cos \varphi_0 \cos \lambda}. \tag{58}$$

Leitud x-i ja y-i väljendite järgi võib arvutada iga punkti asendi projektsioonil, kui on teada sfääri keskpunkti koordinaadid φ_0 ja λ_0 ja antud punkti koordinaadid φ ja λ.

Kui kõrvaldame neist võrrandeist φ, siis saame sõltumuse x, y ja λ vahel $f(x, y, \lambda) = 0$, s. t. meridiaanide võrrand projektsioonil. Kõrvaldades λ saame sõltumuse $f_1(x, y, \varphi) = 0$, mis on paralleelide võrrand.

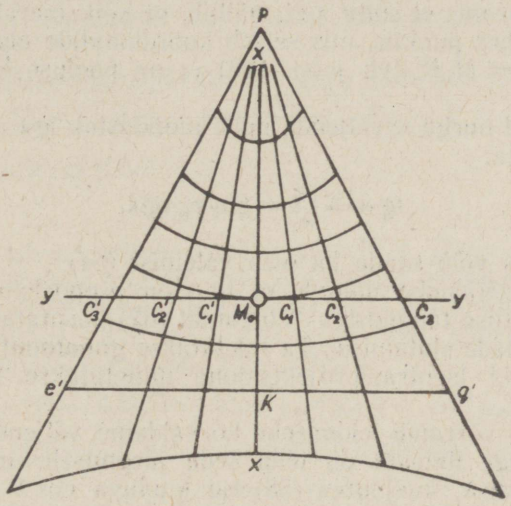
Leidnud selviisil meridiaanide ja paralleelide võrrandid, me võime projektsioonile joonestada tõelised meridiaanid ja paralleelid ja saada võrgu, mis kujutab maameridiaanide ja -paralleelide võrku.

Selleks et kõrvaldada φ, leiame väljendeist (57) ja (58) tg φ väljendid ja võrdleme neid omavahel. Väljendist (57) saame:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{x\cos\varphi_0\cos\lambda + R\sin\varphi_0\cos\lambda}{R\cos\varphi_0 - x\sin\varphi_0}, \tag{59}$$

väljendist (58)

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{R\sin\lambda - y\cos\varphi_0\cos\lambda}{y\sin\varphi_0}. \tag{60}$$



Joonis 126.

Võrreldes mõlemaid tg φ-väljendeid omavahel leiame, et

$$(x\cos\varphi_0\cos\lambda + R\sin\varphi_0\cos\lambda)\, y\sin\varphi_0 = \\ = (R\sin\lambda - y\cos\varphi_0\cos\lambda)\,(R\cos\varphi_0 - x\sin\varphi_0).$$

Siit peale lihtsaid ümberkorraldamisi saame:

$$x\sin\varphi_0 + y\operatorname{ctg}\lambda - R\cos\varphi_0 = 0. \tag{61}$$

See ongi meridiaanide võrrand horisontaalses tsenraalprojektsioonis.

Nagu näeme, meridiaanid selles projektsioonis esinevad sirgjoontena, mis ei läbi punkti M_0, s. o. koordinaatide algust.

Kui võtame võrrandi (61) kujul

$$y = -\sin \varphi_0 \operatorname{tg} \lambda \,.\, x + R \cos \varphi_0 \operatorname{tg} \lambda,$$

siis on kerge leida iga meridiaani kallakuse telgede lõikepunkt x-ide teljega. Sest tõepoolest, kui $x = 0$, siis

$$y_0 = R \cos \varphi_0 \operatorname{tg} \lambda.$$

Kuna $R \cos \varphi_0$ on punkti M_0 paralleeli raadius, s. t. antud kaardil püsiv suurus, siis meridiaanide M_0C_1, M_0C_2, M_0C_3 jne. (joon. 126) kaugused keskpunktist on proportsionaalsed tg λ-ga, s. o. antud punkti pikkuse tangensiga kaardi tsentraalmeridiaani suhtes.

Oletades $y = 0$, me leiame, et

$$x_0 = R \operatorname{ctg} \varphi_0.$$

See väljend, mis ei sõltu λ-st, näitab, et kõik meridiaanid lõikuvad x-ide teljega ühes punktis, mis seisab koordinaatide algusest kauguses $x_0 = R \operatorname{ctg} \varphi_0 = M_0P'$ (vt. joon. 126) ja on pooluse kujutus projektsioonil.

Leiame veel nurga α väljendi, mille moodustab iga meridiaan lõikudes x-ide teljega:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y_0}{x_0} = \sin \varphi_0 \operatorname{tg} \lambda. \tag{62}$$

Valemi (62) võib saada ka otse valemist (54).

Viimasest väljendist nähtub, et tg α on proportsionaalne vastava meridiaani pikkuse tangensiga. Võrrandit (62) kasutatakse horisontaalsete päikesekellade ehitamisel. Ta tuletatakse **gnoomoni** teooriast, sellepärast ka kõiki tsentraalprojektsioone nimetatakse tavalisesti **gnoomoonilisteks.**

Paralleelide võrrandi leidmiseks kõrvaldame väljendist (57) ja (58) pikkuse λ. Kõige lihtsam on teha seda järgmiselt: määrame (57)-st $\cos \lambda$, (58)-st $\sin \lambda$, kusjuures (58)-sse kuuluva $\cos \lambda$ asendame tema suurusega (57)-st. Tõstes siis leitud $\cos \lambda$ ja $\sin \lambda$ väljendid teise astmesse ja liites need, saame sõltumuse x, y ja φ vahel, s. t. paralleelide võrrandi projektsioonil.

Järelikult väljendist (57) leiame $\cos \lambda$ väljendi:

$$\cos \lambda = \frac{R \cos \varphi_0 - x \sin \varphi_0}{x \cos \varphi_0 + R \sin \varphi_0} \operatorname{tg} \varphi \,.$$

(58)-st leiame $\sin \lambda$, kusjuures $\cos \lambda$ asendame äsjaleitud väljendiga

$$\sin \lambda = \frac{y}{R}\left[\sin \varphi_0 \operatorname{tg} \varphi + \cos \varphi_0 \frac{R \cos \varphi_0 \operatorname{tg} \varphi - x \sin \varphi_0 \operatorname{tg} \varphi}{x \cos \varphi_0 + R \sin \varphi_0}\right],$$

kust peale ümberkujundamist saame

$$\sin \lambda = \frac{y}{x \cos \varphi_0 + R \sin \varphi_0} \operatorname{tg} \varphi \,.$$

Tõstes cos λ ja sin λ teise astmesse ja liites, saame paralleelide võrrandi kujul

$$\left(\frac{R\cos\varphi_0 - x\sin\varphi_0}{x\cos\varphi_0 + R\sin\varphi_0}\right)^2 \operatorname{tg}^2\varphi + \left(\frac{y}{x\cos\varphi_0 + R\sin\varphi_0}\right)^2 \operatorname{tg}^2\varphi = 1,$$

ehk

$$(R\cos\varphi_0 - x\sin\varphi_0)^2 + y^2 = (x\cos\varphi_0 + R\sin\varphi_0)^2 \operatorname{ctg}^2\varphi. \qquad (63)$$

Siit, peale sulgudest vabastamist, saame

$$(\sin^2\varphi_0 - \cos^2\varphi_0 \operatorname{ctg}^2\varphi)\, x^2 - 2R\sin\varphi_0\cos\varphi_0 \operatorname{cosec}^2\varphi x + y^2 + \\ + R^2(\cos^2\varphi_0 - \sin^2\varphi_0 \operatorname{ctg}^2\varphi) = 0. \qquad (64)$$

See ongi paralleelide võrrand horisontaalsel tsentraalprojektsioonil. Ta näitab, et paralleele kujutatakse sel projektsioonil 2. järgu kõveratena.

Võrreldes leitud võrrandit (64) 2. järgu kõverate võrrandi üldkujuga

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0,$$

näeme, et käesoleval juhul

$$B = 0,\ C = 1,\ E = 0.$$

Küsimuse lahendamiseks, millise nimelt 2. järgu kõverana esineb see või teine paralleel kaardil, vaja analüütilise geomeetria juhiste järgi koostada väljend $B^2 - 4AC$ ja määrata tema märk: kui $B^2 - 4AC < 0$, siis saame ellipsi, kui $B^2 - 4AC > 0$, siis hüperbooli, kui aga $B^2 - 4AC = 0$, siis parabooli. Meie juhul

$$B^2 - 4AC = 4(\cos^2\varphi_0 \operatorname{ctg}^2\varphi - \sin^2\varphi_0).$$

Tähendab, ellipsitena esinevad need paralleelid, milledel

$$\cos^2\varphi_0 \operatorname{ctg}^2\varphi - \sin^2\varphi_0 < 0,$$

ehk

$$\operatorname{ctg}^2\varphi < \frac{\sin^2\varphi_0}{\cos^2\varphi_0},$$

see tähendab

$$\operatorname{ctg}^2\varphi < \operatorname{tg}^2\varphi_0,$$

ehk

$$\operatorname{ctg}^2\varphi < \operatorname{ctg}^2(90^0 - \varphi_0),$$

ja järelikult

$$\varphi > 90^0 - \varphi_0.$$

Hüperboole kujutavad need paralleelid, milledel

$$\cos^2\varphi_0 \operatorname{ctg}^2\varphi - \sin^2\varphi_0 > 0,$$

see tähendab

$$\operatorname{ctg}^2 \varphi > \frac{\sin^2 \varphi_0}{\cos^2 \varphi_0}$$

ehk

$$\varphi < 90^0 - \varphi_0.$$

Paraboolina kujuneb paralleel, millel

$$\cos^2 \varphi_0 \operatorname{ctg}^2 \varphi - \sin^2 \varphi_0 = 0,$$

s. t. paralleel, mille laius

$$\varphi = 90^0 - \varphi_0.$$

Ekvaator, nagu iga teinegi suurring, peab sel projektsioonil esinema sirgjoonena, sest ekvaatori-võrrandi leidmiseks projektsioonil vaja võrrandis (63) võtta $\varphi = 0$. Kirjutades võrrandi (63) kujul

$$\{(R \cos \varphi_0 - x \sin \varphi_0)^2 + y^2\} \operatorname{tg}^2 \varphi = (x \cos \varphi_0 + R \sin \varphi_0)^2$$

ja võttes selles $\varphi = 0$, leiame ekvaatorivõrrandi:

$$x \cos \varphi_0 + R \sin \varphi_0 = 0$$

ehk

$$x = -R \operatorname{tg} \varphi_0. \tag{65}$$

See võrrand näitab, et ekvaator on sirgjoon $e'q'$, mis on paralleelne y-ite teljega ja asetseb temast kaugusel $M_0K = R \operatorname{tg} \varphi_0$ negatiivsete y-ite poole.

§ 22. POLAARNE TSENTRAALPROJEKTSIOON.

Polaarseks nimetame tsentraalprojektsiooni juhul, kui puutepunkt M_0 pilditasapinnal ühtub poolusega, s. t. kui $\varphi_0 = 90^0$.

Meridiaanide liigi määramiseks polaarprojektsioonis võtame võrrandis (61) $\varphi_0 = 90^0$. Siis pärast lihtsaid muundusi leiame, et

$$y = -x \operatorname{tg} \lambda. \tag{66}$$

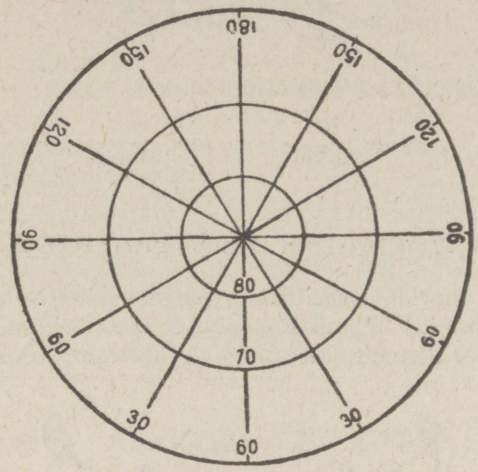
See on sirgjoone võrrand, mis läbib koordinaatide algust, s. o. puutepunkti — poolust — ja moodustab x-ide teljega nurga, mis võrdub pikkusega, arvates x-ide telje tavalises suunas.

Niiviisi esinevad meridiaanid polaarprojektsioonis (joon. 127) sirgjoontena, mis lähtuvad kiirte taoliselt keskpunktist — poolusest — nurgi, mis võrduvad pikkuste vahele keral.

Paralleelide liigi määramiseks võtame võrrandis (64) $\varphi_0 = 90$. Siis ta võtab kuju

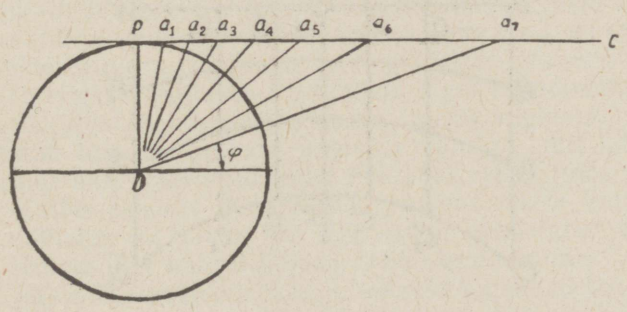
$$x^2 + y^2 = R^2 \operatorname{ctg}^2 \varphi. \tag{67}$$

See on ringjoone võrrand, mille raadius $\varrho = R \operatorname{ctg} \varphi$. Selviisil kõik paralleelid esinevad polaarsel tsentraalprojektsioonil ringjoontena, millede raadiused kasvavad proportsionaalselt ctg φ.



Joonis 127.

Kui tõmmata raadiusega R ringjoon (joon. 128) ja punktist P riivaja PC, siis tõmmates ringjoone tsentrumist O sirgjooned läbi ringjoone kaare jaotuste, ütleme iga 10^0 takka, saame nende lõikumisel joone PC-ga lõigud Pa_1, Pa_2, Pa_3 . . . . , mis võrduvad Rctg φ, s. o. võrduvad ϱ-ga.



Joonis 128.

Selviisil kaugus paralleelide vahel, mis on võetud sfääril ühesuguse kraadide arvu takka, projektsioonil aegamööda suureneb kaugenemise järgi projektsiooni keskmest.

Mastaabid m, projektsiooni raadiuse suunas, ja mastaabid n — sellele perpendikulaarses suunas, pole muidugi ühesugused. Me nägime juba, et

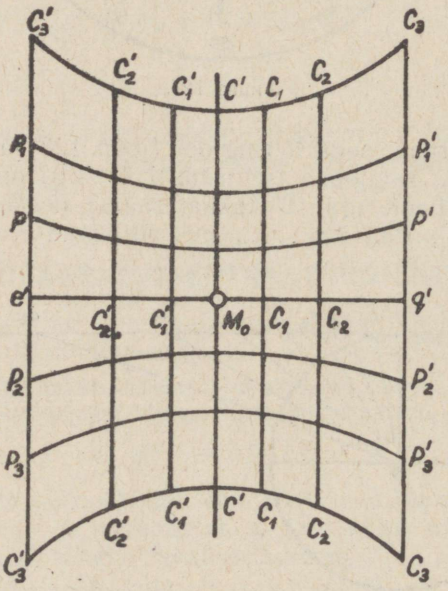
$$m = \frac{R}{\cos^2 z}, \qquad n = \frac{R}{\cos z},$$

s. t. käesoleval juhul, sest et $z = 90^0 - \varphi$,

$$m = \frac{R}{\sin^2 \varphi}, \qquad n = \frac{R}{\sin \varphi}.$$

§ 23. EKVATORIAALNE TSENTRAALPROJEKTSIOON.

Võttes üldises meridiaanide (61) ja paralleelide (64) võrrandis $\varphi_0 = 0$, s. t. võttes puutepunkti M_0 pilditasapinnal kuski ekvaatoril, me saame meridiaanide ja paralleelide võrrandid ekvatoriaalprojektsioonis järgmi-



Joonis 129.

sel kujul:

$$y \operatorname{ctg} \lambda - R = 0,$$
$$R^2 + y^2 = x^2 \operatorname{ctg}^2 \varphi.$$

Peale lihtsat muundamist saame:

$$y = R \operatorname{tg} \lambda, \tag{68}$$

$$\frac{x^2}{R^2 \operatorname{tg}^2 \varphi} - \frac{y^2}{R^2} = 1 \tag{69}$$

Võrrand (68) näitab, et meridiaanid $c'c'$, c_1c_1, $c'_1c'_1$, ... on sellel projektsioonil (joon. 129) x-ide teljele paralleelsed sirgjooned, mis asuvad koordinaatide algusest ja projektsiooni keskpunktist kaugustes M_0C_1, M_0C_2... ja on proportsionaalsed vastava meridiaani pikkuse tangensiga kaardi keskmeridiaani suhtes.

Paralleelid pp', $p_1p'_1$, $p_2p'_2$... aga ekvatoriaalses tsentraalprojektsioonis esinevad, nagu näitab võrrand (69), hüperboolidena, mille tõeliseks teljeks on x-ide telg, kujuteldavaks teljeks aga — y-ite telg. Märkides hüperbooli poolteljed a ja b, leiame, et

$$a = R \operatorname{tg} \varphi.$$
$$b = R.$$

§ 24. KAARTIDE TRÜKKIMINE.

NSV Liidus merekaarte kirjastab vaid Hüdrograafia Valitsus ja need trükitakse sama valitsuse kartograafilistes töökodades. Inglise kaarte kirjastab Inglise Admiraliteet, kuid nende trükkimist toimetavad mitmesugused era firmad.

Praegusel ajal meil kasutatakse kahesugust kaartide trükkimise viisi: 1) vask-gravüüri ja 2) litograafilise klišee abil.

1. Kaardi graveerimist toimetab tasasel hästi lihvitud 2 mm paksusel vasklehel vilunud gravöör käsitsi. Graveerimismasinaid kasutatakse peamiselt kaardi raami lõikamiseks, kuid on olemas ka eri graveerimismasinaid kaldakontuuri, sügavuste ja tingmärkide graveerimiseks.

Nagu paberilgi, märgitakse vasktahvlil algul kaardivõrk, siis raam ja siis peeglikujutisena kogu joonestatud kaardi originaal.

Graveeritud kaardi originaal kaetakse värviga, mis hiljem kuiva lapiga kõrvaldatakse kaardi puhtatelt kohtadelt, jättes seda vaid tehtud uuristesse. Kattes selliselt trükivalmis gravüüri **niiske** kartograafilise paberiga, rullitakse ta pressi alt läbi: paber pressitakse süvendeisse värviga ja temale jääb kaardi jäljend, selle otsene kujutis.

Saadud jäljendit korrigeeritakse ja tehakse vajalikud parandused ka vasksel originaalil, mille järele trükitakse juba vajalik arv kaarte. Vaskoriginaalist saab ilma kohendusteta vaid mõni sada jäljendit. Sellepärast, kui vaja on tuhandeid jäljendeid, võetakse vaskoriginaalist galvanoplastilisel teel koopia, mis tugevdamise mõttes kaetakse — jällegi galvanoplastilisel teel — õhukese terase korraga ja saadud tahvliga trükitakse juba vajalik arv kaarte.

2. Litograafilise joonise kandmist alumiiniumtahvlile nim. **algraafiaks.**

Litograafilise joonise võib ümber joonistada lihtsalt käsitsi või kanda üle eraldi valmistatud jooniselt. Kui ülekanne teostatakse päevapildistuse teel, siis seda nim. **fotoalgraafiaks.** Viimast meetodit kasutavad praegusel ajal Hüdrograafia Valitsuse kartograafilised töökojad.

Joonise ülekannet alumiiniumtahvlile võib sooritada kas vaskgravüürilt või tušiga joonistatud kaardi algupärandilt.

Ülekanne gravüürilt sooritatakse erilise paberi abil, millel saadakse gravüüri jäljend. Paber asetatakse alumiiniumtahvlile ja joonis kantakse viimasele. Pärast seda töödeldakse ülekannet kriipsude kinnitamiseks asfalttinktuuriga. Lõpuks järgneb söövitamine, selleks et kinnitada värvi kriipsude süvendeisse ja tõsta puhtate kohtade värvi mittesäilitamise võimet. Söövitatakse kaks korda, mille järele klišeed pestakse vees, kaetakse õhukese kummi korraga, kuivatatakse ja hoitakse sel kujul kuni trükkimiseni.

Ülekanne joonistatud originaalilt tehakse päevapildistuse teel. See originaal joonistatakse heal valgel paberil musta tušiga, tehes teravat vahet jämedate ja peente kriipsude vahel, sest alumiiniumilt trükkides see vahe tasandub ja kaart tuleb vähem täpne.

Fotonegatiiv trükitakse alumiiniumplaadile, mis on enne hästi pestud ja kaetud õhukese valgustundliku vedeliku kihiga. Trükkimine toimub kunstlikus valgustuses, mis 4 kaarlambiga võtab aega umbes 5 minutit.

Pärast trükkimist alumiiniumtahvlit hõõrutakse tinktuuriga, kastetakse vette ja ilmutatakse vatitükikese abil.

Ilmutatud klišee kuivatatakse, pannakse valguse kätte joonise kinnitamiseks ja töödeldakse, nagu gravüüriltki ülekandmise korral. Enne trükkimist klišee kaetakse värviga ja pannakse trükimasinasse. Alumiiniumilt trükkimiseks on vajalik sile glasseeritud paber.

Vaskgravüürilt trükitud kaart erineb litograafilise alumiiniumklišee omast joonise reljeefsuse, selguse ja iluga. Isegi vaskgravüüri ülekanne alumiiniumile annab palju parema kaardi kui tušiga joonistatud originaali pildistamisel. Viimane võte annab vähem täpse kaardi ühetaoliste laialivalguvate joontega.

Kaardi vaskoriginaal on suure vastupidavusega. Vaskgravüüri ainuke puudus on — kaardi mõõtmete muutumise võimalus trükkimisel märjale paberile. Paber kuivades tõmbub kokku ja kaardi mõõtmed võivad muutuda. Kuivalt trükkimine aga nõuab erilist sorti kallihinnalist koredat paberit.

Kui puuduvad kiirtrükimasinad vaskgravüüride tarvis, siis fotoalgraafia võimaldab palju suuremat trükkimiskiirust. Sellepärast viimastel aastatel ei kasutata enam otsest trükkimist vaskoriginaalilt. Üle-

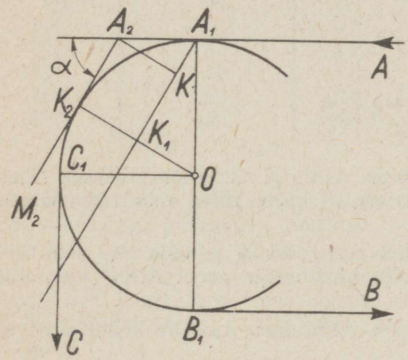
kanne alumiiniumplaadile toimub tugevasti valgustatud vaskgravüüri pildistamisega.

§ 25. TSIRKULATSIOONI ARVESTAMINE PÖÖRETEL.

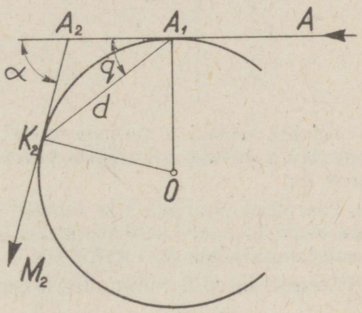
Kui laev sõidab kursiga AA_1 (joon. 130) ja punktis A_1 soovib pöörata vastupidisele kursile, siis oleks ekslik arvata, nagu oleks laeva vastupidise kursi joon seesama varem kaardile tõmmatud kursi joon. Nagu nähtub joon. 129, laev pöörates 180^0, läheb mööda sirget B_1B, mis on sirgjoonest AA_1 kauguses $A_1B_1 = D$, ja on laeva tsirkulatsiooni taktiline diameeter.

Niisamuti, kui laev punktist A_1 pöörab $8R = 90^0$, siis ta ei lähe mööda joont A_1B_1, vaid mööda C_1C, mis on A_1B_1-st kaugusel $C_1O = \frac{D}{2}$ ja on tsirkulatsiooni raadius.

Niisiis, kui laev tahab tingimata minna joont A_1B_1 mööda, mitte aga sellega paralleelset joont, siis tuleb rooli pöörata teatavas kauguses juba enne punkti A_1.



Joonis 130.



Joonis 131.

See kaugus sõltub muidugi laeva pöörde nurgast ja kui tsirkulatsiooni diameeter on teada, siis on see kergesti arvutatav.

Leiame eelnevalt laeva **külghälbimise** $d = K_2K_1$ väljendi, kui pöördutakse punktis A_1 nurga α võrra. Laev ei lähe muidugi mööda joont A_1M_1, vaid mööda talle paralleelset K_2M_2, s. o. külghälbimise d suuruse võrra paremalt poolt joont A_1M_1.

Kuna

$$K_2K_1 = K_2O - OK_1,$$

ja $\triangle$-ast OA_1K_1

$$OK_1 = OA_1 \cos\alpha = \frac{D}{2}\cos\alpha,$$

siis

$$K_2K_1 = \frac{D}{2} - \frac{D}{2}\cos\alpha = \frac{D}{2}(1 - \cos\alpha) = D\sin^2\frac{\alpha}{2},$$

ehk

$$d = D \sin^2 \frac{\alpha}{2}.$$

See väljend võimaldab arvestada, kui palju pärast pööret laev osutub paremal või vasakul uuest kursijoonest, mis on tõmmatud punktist, kus pöörati rooli.

Oletame nüüd, et laev, sõites kursiga AA_1A_2, soovib punktis A_2 pöörata vasakule α^0 võrra ja minna kaardile varem tõmmatud kurssi A_2M_2 mööda. Siis tuleb pöörata rooli juba aegsasti punktis A_1, et laev jõuaks kujutada tsirkulatsioonikaare A_1K_2, millel etteantud kurss on riivajaks A_2M_2. Punkti A_1 asend, kus tuleb pöörata rooli, et laev läheks joont A_2M_2 mööda, on kerge osutada kaugusest $A_2A_1 = d_1$ ettemärgitud punktini A_2.

Kolmnurgast A_2A_1K meil on:

$$A_2A_1 = d_1 = \frac{A_2K}{\sin \alpha}.$$

Kuna

$$A_2K = K_2K_1 = D \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2},$$

siis

$$d_1 = D \frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sin \alpha} = \frac{1}{2} D \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Niiviisi, selleks et siirduda kursilt AA_2 kursile A_2M_2 ja nii, et laev tõeliselt läheks joont A_2M_2 mööda, tuleb alata pööret punktis A_1, d_1 kaab. võrra enne ettemääratud punkti A_2.

Pööramisel kursilt AA_1 kursile K_2M_2, kui rooli pöörati punktis A_1, võib leida laeva asukoha uuel kursil punktis K_2 vahepealse kursinurga $q = A_2A_1K_2$ (joon. 131) ja vahepealse sõidu $d = A_1K_2$ abil.

Ilmsesti laeva kursi muutmise puhul nurga α võrra nurk $A_2A_1K_2$ kõõlu ja riivaja vahel on $\frac{\alpha}{2}$. Järelikult vahepealne kursinurk

$$q = \frac{\alpha}{2}.$$

Vahepealse sõidu $d = A_1K_2$ pikkus kuni saabumiseni uuele kursile punktis K_2 on kerge leida kõõlu A_1K_2 ja tsirkulatsiooniringi raadiuse A_1O vahekorrast, mis võrdub teatavasti sissejoonestatud, tsirkulatsiooni kaarele tugeva ja tipuga ringjoonel asuva nurga kahekordse siinusega, s. o.

$$\frac{A_1K_2}{OA_1} = 2 \sin \frac{\alpha}{2}$$

ehk

$$A_1K_2 = \frac{D}{2} \cdot 2 \sin \frac{\alpha}{2} = D \sin \frac{\alpha}{2},$$

kus D on tsirkulatsiooni diameeter.

Niiviisi, selleks et leida laeva pööramisel nurga α võrra tema asukoht uuel kursil pärast tsirkulatsiooni, s. t. punkt K_2, on vaja vaid punktist A_1, kus alati pöördega,

kursinurga all $q = \frac{\alpha}{2}$ tõmmata vahepealne sõit $d = A_1K_2$. Selle lõigu lõpp, punkt K_2, annabki laeva asukoha uuel kursil.

Vahepealsete sõitude suurused d, sõltuvalt tsirkulatsiooni diameetrist D ja mitmesugustest pöördenurkadest α, on sobiv välja valida selleks varem koostatud tabelist, mis sarnaneks järgneva tab. 21.

Tabel 21. Tsirkulatsiooni tabel $D = 6{,}0$ kaab. puhul.

Pöördenurk α	Vahepealne kursinurk q	Vahepealne sõit d	Kaugus pöördepunktist d_1	Külghälbimine d_0
20°	± 10°	1,0 kaab.	0,5 kaab.	0,1 kaab.
40	20	1,6 „	1,1 „	0,7 „
60	30	3,0 „	1,7 „	1,5 „
80	40	3,9 „	2,5 „	2,4 „
90	45	4,2 „	3,0 „	3,0 „
100	50	4,6 „	3,6 „	3,5 „
120	60	5,2 „	5,2 „	4,5 „
140	70	5,6 „	8,2 „	5,3 „
160	80	5,9 „	17,0 „	5,8 „
180	90	6,0 „	∞	6,0 „

Ilmsesti tuleb märk + vahepealse nurga q juures võtta pööramisel paremale, märk miinus aga pööramisel vasakule.

Tabelist 21 nähtub, et $D = 6{,}0$ kaab. puhul pööramisel 100° vasakule on vaja pöörata rooli 3,6 kaab. enne kaardil määratud pöördepunkti. Või pöörates mingis punktis rooli vasakule laev saabub oma kohale uuel kursil, kui pöördepunktist tõmmata uus vahepealne kurss, mis võrdub vana kursiga — 50°, ja mõõta sellele kaugus 4,6 kaab.

Sel viisil on ootamatu pöörde puhul üsna lihtne leida laeva asukoht uuel kursil. Tsirkulatsiooni ei tohi kunagi arvestamata jätta, sest täpsel kaardilemärkimisel kitsas manööverdamisrajoonis, kus on vaja teada oma asukohta täpsusega kuni 0,1 miili, tuleb hoolega silmas pidada kõiki sõidu tingimusi. Nende tingimuste hulgas aga tsirkulatsioonil on üks tähtsamaid kohti.

Aeg, mida vajatakse nõutava pöörde sooritamiseks, määratakse vaatlustest ühes tsirkulatsiooni taktilise diameetri määramisega. See kantakse navigatsiooni päevikusse eri lahtrisse „Tsirkulatsiooni tabelid", kust neid vajaduse korral võib leida.

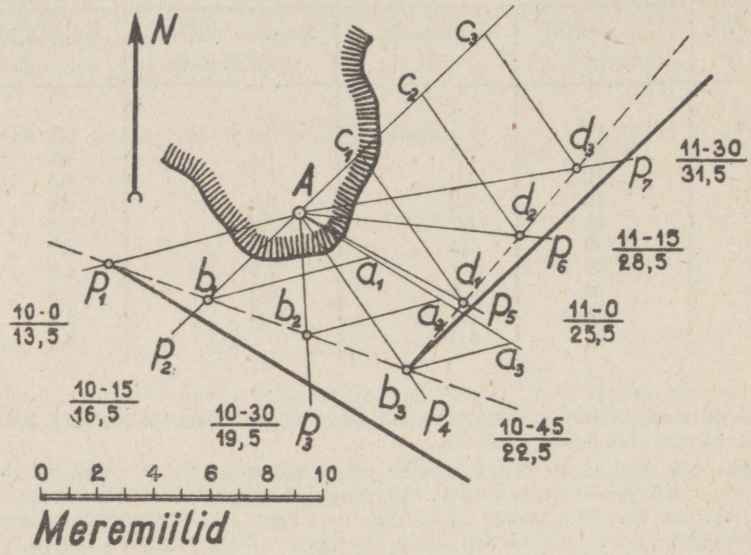
Iga laev, teades oma tsirkulatsiooni diameetrit antud käigu puhul, võib varem juba koostada tabeli, sarnase tabeliga 21, ja kasutada seda sõidutee märkimise täpsustamiseks.

§ 26. HOOVUSE MÄÄRAMINE ÜHE ESEME JÄRGI.

Kui sõidul kindla kiirusega ja kindlal kursil mõõdutakse mingist majakast, siis võetakse sellest ühepikkuste vaheaegade järgi 4 peilungit. Iga peilungi korral märgitakse kellaaeg ja loginäit. Peale neljandat peilungit pööratakse viivitamata teisele kursile, mis erineb eelnevast 4 rumbi võrra, ja võetakse veel ühepikkuste vaheaegade järele kolm peilungit, märkides iga kord kellaaja ja logi näidu.

Edasi, arvestades seda, et iga peilungi võtmise ajal laev oli tingimata kuski selle peilungi joonel ja et kahel eri kursil hoovus eri viisil mõjutab laeva liikumist, sest et muutub nurk laeva kursi ja hoovuse suuna vahel, määratakse hoovuse suund ja kiirus järgmiselt.

Olgu A vaadeldav ese (joon. 132). Märgime temalt 4 esimest peilungit AP_1, AP_2, AP_3, AP_4, mis muidugi on enne muudetud tõelisteks. Tõmbame punktist A joone, mis on paralleelne laeva esimese tõelise kursiga, ja mõõdame temale punktist A lõigud Aa_1, a_1a_2, a_2a_3, mis võrduvad peilungite vaheaegadel sõidetud vahemaadega.



Joonis 132.

Kuna laev sõidab kindla kiirusega ja peilungid võetakse võrdsete ajavahede takka, siis need lõigud on omavahel võrdsed:

$$Aa_1 = a_1a_2 = a_2a_3.$$

Tõmmates punktidest a_1, a_2 ja a_3 paralleeljooned esimese peilungiga, saame nende lõikepunktides peilungite AP_2, AP_3, AP_4 punktid b_1, b_2 ja b_3.

Kui mingisugust hoovust ei olnud, siis need punktid on laeva järjekordsed asukohad teise, kolmanda ja neljanda peilungi võtmisel ja peavad asuma kursiga paralleelsel joonel.

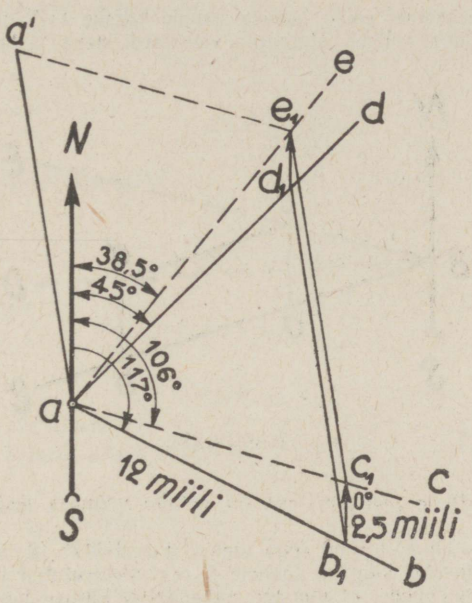
Kuna aga laev oli kogu aeg püsivas hoovuses, siis tema sõidutee ei lange ühte kursiga, kuid iga peilungi võtmise momendil on vastaval peilungijoonel. Järelikult kõik punktid b_1, b_2 ja b_3 peavad asuma ühel joonel, mis on laeva **sõidutee**, tema tõelise edasiliikumise tee masinate ja hoovuse koosmõjul.

Muidugi vaatluste puhul paratamatute vigade tõttu b_1, b_2 ja b_3 võivad olla mitte täpselt ühel sirgjoonel, kuid alati on võimalik tõmmata joon, mis ligikaudselt läbib need kolm punkti.

Me ei saa olla kindlad, et laev läheb just mööda joont $b_1b_2b_3$, ta võib olla lähemal majakale või kaugemal sellest. Me oleme kindlad vaid, et liigume paralleelselt joonega $b_1b_2b_3$. Malli abil saame kaardilt selle tee suuna.

Pöörnud neljanda peilungi võtmisel uuele kursile, me sooritame selle! samasuguse sarja vaatlusi: Jätkades sõitu endise kiirusega, võtame **võrdsete ajavahemike järele** veel 3 peilungit samalt esemelt. Sarnanevalt eelmisega tõmbame kaardile ja määrame ka teise sõidutee ja võtame kaardilt tema suuna.

Siis meil on käes kõik andmed laeva mõjutava püsihoovuse suuna ja kiiruse määramiseks.



Joonis 133.

Selleks ükskõik millisest punktist a (joon. 133) tõmbame laeva esimese tõelise kursi ab ja tema esimese tee ac, sellejärele teise kursi ad ja teise tee ae. Igale kursile mõõdame laeva tunnise logikiiruse, lõigud ab_1 ja ad_1. Kuna kiirust ei muudetud, siis $ab_1 = ad_1$.

Kuna tunnise sõidu kestel püsiv hoovus hälvitab laeva omas suunas ühe ja sama kauguse võrra, siis laeva asukoha leidmiseks joontel ac ja ae on vaja vaid punktid b_1 ja d_1 ühendada sirgjoonega ja paigutada lõik b_1d_1 joonte ac ja ae vahele, paralleelselt iseendale.

Kõige lihtsam on seda teha nii. Punktist a tõmbame joone $aa' \parallel b_1d_1$ ja mõõdame sellele lõigu $aa' = b_1d_1$. Punktist a' tõmbame joone $a'e_1 \parallel ac$. Selle lõikumisel joonega ae saame punkti e_1. Tõmmates läbi punkti e_1 joone paralleelse b_1d_1-ga, saame selle lõikumisel joone ac-ga punkti c_1.

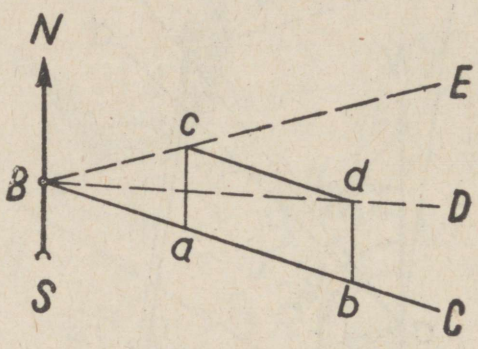
Kuna aa' ja c_1e_1 on paralleelsed paralleelsete ac ja $a'e_1$ vahel, siis $aa' = c_1e_1$ ja kuna $aa' = b_1d_1$, siis ka $e_1c_1 = b_1d_1$. Ühendades punktid c_1 ja b_1 ning e_1 ja d_1,

saame samadel põhjustel $b_1c_1 = e_1d_1$. Lõik $b_1c_1 = d_1e_1$ ongi hoovuse suund ja tunnikiirus, mida me võtame püsivatena kogu vaatluste ajaks.

Joonisel 133 esineb järgmine näide. Laev läheb tõelise kursiga 117°, kiirusega 12 sõlme; vaatlusi toimetatakse iga 15 min. järele. Jooniselt võetud tee $b_1b_2b_3 = 106°$. Neljanda peilungi võtmise ajal laev asus tõelisele kursile 45° ja jätkates endist kiirust peilis majakat 15 min. järele. Teine tee osutus 38,5°.

Joon. 133 on tehtud samas mastaabis mis 132-gi. Tõmmates osutatud kursid ja sõiduteed ja mõõtes kurssidele $ad_1 = ab_1 = 12$ miili, saame parallelogrammi $b_1d_1c_1e_1$, mille küljed b_1c_1 ja d_1e_1 annavad meile püsiva hoovuse suuna ja kiiruse. Jooniselt saame hoovuse suuna N ja kiiruse — 2,5 sõlme.

Kursi muutmise asemel võiks, jäädes samale kursile 117°, muuta järsult kiirust, näit. 12 asemel 6 sõlme, selleks, et muuta vahekordi laeva ja hoovuse kiiruse vahel.



Joonis 134.

Analoogiliste arutluste ja joonestustega on ka siin võimalik leida hoovuse suund ja kiirus.

Oletame, et laev liikus 1 tund aega tõelisel kursil 117° 12-sõlmese kiirusega, siis muutmata kurssi vähendas käigu 6 sõlmele ja tegi ülalosutatud vaatlused. Siis joonis, sarnane 132-ga, näitab meile, et uus tee vähendatud kiiruse korral võrdub 93,5°.

Tõmmates (joon. 134) punktist B tõelise kursi BC, vana 12-sõlmese kiirusega tee BD ja uue tee BE ning mõõtes punktist B lõigud Bb ja Ba, võrdsed 12 ja 6 sõlmega (joon. 132 mastaabis) ja paigutades teede vahele lõigu ab paralleelselt tõelise kursiga, leiame, et hoovuse suunda ja kiirust kujutavad lõigud $ac = bd$ ja et hoovuse suund on endiselt N ja kiirus 2,5 sõlme.

§ 27. LOKSODROOMILISE KURSI JA SÕIDU ARVESTUS.

Jagades väljendi (14) väljendiga (13) leiame, et

$$\frac{a}{\text{l. v.}} = \text{tg } k,$$

ehk

$$a = \text{l. v. tg } k. \qquad (70)$$

s. t. **kaugenemine võrdub laiuste vahega, korrutatud kursi tangensiga.**

Loksodroomi-võrrandi arvutamisel („Täiendused" § 11), võttes maad kerana, saime väljendi (44), mida võime kasutada pikkuste vahe leidmisel, nimelt

$$\lambda_2 - \lambda_1 = (D_2 - D_1) \operatorname{tg} k, \tag{71}$$

s. t. **pikkuste vahe võrdub meridionaalse laiuste vahega, korrutatud kursi tangensiga.**

Kui lähte- ja sihtpunkti koordinaadid vajavad tõelise kursi ja sõidu arvutamist siirdumiseks esimeselt punktilt teisele, siis selle ülesande lahendamiseks tuleb kasutada neid samu arvutamisvalemeid.

Antud φ_1 ja φ_2 järgi leiame „Meretabeleist" meridiaanilised osad D_1 ja D_2. Siis valemite (71) ja (13) järgi leiame tõelise kursi k ja sõidu S.

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{tg} k &= \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{D_2 - D_1} \\ S &= \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\cos k} \end{aligned}\right\} \tag{72}$$

Kui kurss k on lähedane 90°, siis on parem need kaks valemit asendada järgmistega:

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{ctg} k &= \frac{D_2 - D_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \\ a &= (\lambda_2 - \lambda_1) \cos \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} \end{aligned}\right\} \tag{73}$$

$$S = a \operatorname{cosec} k.$$

Näidis 94. Arvutada kurss ja sõit New Yorgi ($\varphi_1 = 40^0 42'$ N ja $\lambda_1 = 73^0 59'$ W) ja Lizardi neeme (Inglismaal SW-s) ($\varphi_2 = 49^0 58'$ N ja $\lambda_2 = 5^0 12'$ W) vahel.

Kui $\varphi_2 = 49^0 58'$ N, siis
$\varphi_1 = 40^0 42'$ N

$\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = 45^0 20'$

$D_2 = 3\,471{,}4$
$D_1 = 2\,677{,}8$

$D_2 - D_1 = 793{,}6$

$\lambda_2 = 5^0 12'$ W
$\lambda_1 = 73^0 59'$ W

$\lambda_2 - \lambda_1 = 68^0 47'$ Ost $= 4\,127'$ Ost,

kuna aga

$$\lambda_2 - \lambda_1 > D_2 - D_1,$$

siis kurss $k > 45^0$, järelikult arvutamist toimime valemi (73) järgi:

lg $(D_2 - D_1)$	2.8996
lg $(\lambda_2 - \lambda_1)$	3.6157
lg ctg k	9.2839
k	79°07′ NO

lg $(\lambda_2 - \lambda_1)$	3.6157
lg cos $\frac{(\varphi_1 + \varphi_2}{2}$	9.8469
lg a	3.4626
lg cosec k	0.0079
lg S	3.4705
S	2.954,5 miili.

Näidis 95. Arvutada kurss ja sõit Madeira saare ($\varphi_1 = 32^0 28'$ N ja $\lambda_1 = 16^0 54'$ W) ja Plymouthi ($\varphi_2 = 50^0 20'$ N ja $\lambda_2 = 4^0 09'$ W) vahel.

$$\begin{array}{rr} \varphi_2 = 50^0 20' \text{ N} & D_2 = 3\,505{,}7 \\ \varphi_1 = 32^0 38' \text{ N} & D_1 = 2\,073{,}3 \\ \hline \varphi_2 - \varphi_1 = 17^0 42' = 1062{,}0' & D_2 - D_1 = 1\,432{,}4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \lambda_2 = 4^0 09' \text{ W} \\ \lambda_1 = 16^0 54' \text{ W} \\ \hline \lambda_2 - \lambda_1 = 12^0 45'0 = 765'{,}0 \text{ Ost.} \end{array}$$

Kuna $\lambda_2 - \lambda_1 < D_2 - D_1$, siis kurss $k < 45^0$, järelikult arvutame valemi (72) järgi:

$$\begin{array}{rr} \lg (\lambda_2 - \lambda_1)\ 2.8837 & \lg (\varphi_2 - \varphi_1)\ 3.0261 \\ \lg (D_2 - D_1)\ 3.1560 & \lg \cos k\ 9.9455 \\ \lg \operatorname{tg} k\ 9.7277 & \lg S\ 3.0806 \\ k\ 28^0 07' \text{ NO} & S\ 1204 \text{ miili.} \end{array}$$

§ 28. PIKKUSTE VAHE LIGIKAUDSE VALEMI VIGA.

Pikkuste vahe arvutamiseks me saime kaks valemit:
täpse (71)

$$\lambda_2 - \lambda_1 = (D_2 - D_1) \operatorname{tg} k$$

ja ligikaudse

$$\lambda_2 - \lambda_1 = a \sec \varphi_m. \tag{15}$$

Vaatame nüüd, millist viga võib oodata ligikaudse valemi kasutamisel.
Selleks lahutame väljendid (71) ja (15) ridadeks, kasutades kirjutamise koondamiseks järgmisi märke:

$$\begin{array}{ll} \lambda_2 - \lambda_1 = \Delta\lambda & \varphi_1 = \varphi \\ \varphi_2 - \varphi_1 = \Delta\varphi & \varphi_2 = \varphi + \Delta\varphi. \end{array}$$

Siis valemi (71) võib esitada järgmisel kujul:

$$\Delta\lambda = \operatorname{tg} k \left[\lg \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi + \Delta\varphi}{2}\right) - \lg \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right)\right] =$$

$$= \operatorname{tg} k [f(\varphi + \Delta\varphi) - f(\varphi)], \tag{74}$$

kus:

$$f(\varphi) = \lg \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right) = \int \frac{d\varphi}{\cos \varphi}.$$

Lahutades funktsiooni $f(\varphi + \Delta\varphi)$ Taylori rea järgi, saame:

$$f(\varphi + \Delta\varphi) = f(\varphi) + \Delta\varphi f'(\varphi) + \frac{\Delta\varphi^2}{1 \cdot 2} f''(\varphi) + \frac{\Delta\varphi^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} f'''(\varphi) + \ldots$$

Kuna aga

$$f'(\varphi) = \frac{1}{\cos\varphi},$$

$$f''(\varphi) = \frac{\sin\varphi}{\cos^2\varphi},$$

$$f'''(\varphi) = \frac{1+\sin^2\varphi}{\cos^3\varphi},$$

. . . . . .

. . . . . .

siis

$$\Delta\lambda = \Delta\varphi \operatorname{tg} k\left[\frac{1}{\cos\varphi} + \frac{\Delta\varphi}{1\cdot 2}\cdot\frac{\sin\varphi}{\cos^2\varphi} + \frac{\Delta\varphi^2}{1\cdot 2\cdot 3}\cdot\frac{1+\sin^2\varphi}{\cos^3\varphi} + \ldots\right].$$

Valemi (70) põhjal võib $\Delta\varphi \operatorname{tg} k$ asendada kaugenemisega a, siis

$$\Delta\lambda = a\left[\frac{1}{\cos\varphi} + \frac{\Delta\varphi}{2}\cdot\frac{\sin\varphi}{\cos^2\varphi} + \frac{\Delta\varphi^2}{6}\cdot\frac{1+\sin^2\varphi}{\cos^3\varphi} + \ldots\right]. \qquad (75)$$

Väljend (75) ongi täpne sõltumus pikkuste vahe $\Delta\lambda$ ja kaugenemise a vahel.

Lahutame nüüd ligikaudse valemi (15), jällegi sama Taylori rea järgi:

$$\Delta\lambda = a\sec\varphi_m = \frac{a}{\cos\left(\varphi + \frac{\Delta\varphi}{2}\right)} = a\cdot F\left(\varphi + \frac{\Delta\varphi}{2}\right),$$

kus funktsioon

$$F(\varphi) = \frac{1}{\cos\varphi}.$$

Lahutades $F\left(\varphi + \frac{\Delta\varphi}{2}\right)$ reaks saame:

$$F\left(\varphi + \frac{\Delta\varphi}{2}\right) = F(\varphi) + \frac{\Delta\varphi}{2}F'(\varphi) + \frac{\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right)}{1\cdot 2}F''(\varphi) + \ldots$$

Kuna aga

$$F'(\varphi) = \frac{\sin\varphi}{\cos^2\varphi},$$

$$F''(\varphi) = \frac{1+\sin^2\varphi}{\cos^3\varphi},$$

. . . . . .

. . . . . .

siis

$$F\left(\varphi+\frac{\Delta\varphi}{2}\right)=\frac{1}{\cos\varphi}+\frac{\Delta\varphi}{2}\cdot\frac{\sin\varphi}{\cos^2\varphi}+\frac{\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right)^2}{1\cdot 2}\cdot\frac{1+\sin^2\varphi}{\cos^3\varphi}+\ldots$$

$$\Delta\lambda=a\left[\frac{1}{\cos\varphi}+\frac{\Delta\varphi}{2}\cdot\frac{\sin\varphi}{\cos^2\varphi}+\frac{\Delta\varphi^2}{8}\cdot\frac{1+\sin^2\varphi}{\cos^3\varphi}+\ldots\right]. \tag{76}$$

Väljend (76) on **ligikaudne sõltumus pikkuste vahe ja kaugenemise vahel.**

Võrreldes omavahel rida (75) ja (76) näeme, et piirdudes väikese suuruse teise astmega, pikkuste vahe täpse ja ligikaudse arvutuse vahe moodustab suuruse:

$$\beta=\frac{1}{24}\,a\,\Delta\varphi^2\,\frac{1+\sin^2\varphi}{\cos^3\varphi}. \tag{77}$$

Valemile (77) on kerge anda kuju, mis hõlbustab ligikaudse valemi (15) kasutamisel tekkinud vea β arvestamist. Selleks väljendame $\Delta\varphi$ minutites ja kaugenemise a asemele võtame sõidu S ja kursi k. Siis:

$$\beta=\frac{1}{24}\,S\cdot\sin k\cdot(\Delta\varphi')^2\cdot\sin^2 1'\;\frac{1+\sin^2\varphi}{\cos^3\varphi}.$$

Kuna

$$\Delta\varphi'=S\cos k,$$

siis:

$$\beta=\frac{1}{24}S^3\sin k\cos^2 k\sin^2 1'\cdot\frac{1+\sin^2\varphi}{\cos^3\varphi}. \tag{78}$$

Selleks, et kõrvaldada kursi k mõju, määrame $f(k)=\sin k\cdot\cos^2 k$ suurima tähenduse, milleks võtame selle funktsiooni esimese tuletise ja võrdustame selle nulliga.

$$f'(k)=\cos^3 k-2\sin^2 k\cdot\cos k.$$

Kui

$$\cos^3 k-2\sin^2 k\cdot\cos k=0,$$

siis

$$1-3\sin^2 k=0,$$

ehk

$$\sin k=\frac{1}{\sqrt{3}}.$$

Siis

$$\sin k\cdot\cos^2 k=\frac{1}{\sqrt{3}}\left(1-\frac{1}{3}\right)=\frac{2}{3\sqrt{3}}.$$

Järelikult kursi k suurima mõju korral veale β väljend (78) võtab kuju:

$$\beta = \frac{1}{36\sqrt{3}} S^3 \sin^2 1' \cdot \frac{1+\sin^2\varphi}{\cos^3\varphi}. \qquad (79)$$

Pole raske arvutada, et $\varphi = 65^0$ ja sõidu $S = 300$ miili korral $\beta = 0{,}9$ miili ja $\varphi = 70^0$ ja $S = 250$ miili puhul $\beta = 1{,}0$ (0,998) miili.

Sellepärast võib öelda, et kui mitte väljuda neist piiridest, siis pikkuste vahe arvutuse viga ligikaudse valemi kasutamisel ei ületa 1 miili. Väiksematel sõitudel S ja väiksemates laiustes φ sel veal pole mingit tegelikku tähtsust. See on selgesti näha tabelist 22, kus on näidatud vea suurus pikkuses ligikaudse valemi kasutamisel.

Tabel 22. Viga ligikaudse valemi abil arvutatud pikkuses.

φ \ S	00	150	200	250	300	350	400	450	500
60°	0,0′	0,1′	0,2′	0,3′	0,5′	0,8′	1,2′	1,7′	2,4′
65	0,0	0,1	0,3	0,5	0,9	1,4	2,1	3,0	4,1
70	0,1	0,2	0,5	1,0	1,7	2,7	4,1	5,8	8,0
75	0,2	0,5	1,2	2,4	4,1	6,5	9,7	13,8	18,9
80	0,5	1,7	4,1	8,0	13,8	21,9	32,7	46,5	63,8

§ 29. ARVUTUSVALEMITE ANALÜÜS.

Pikkuste vahe arvutamiseks meil on kaks valemit:

(71) $\lambda_2 - \lambda_1 = (D_2 - D_1)\operatorname{tg} k$

(15) $\lambda_2 - \lambda_1 = \alpha \sec \varphi_m$

Valem (15) on ebatäpne, sest $\varphi_m = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$ väljendab vaid ligikaudselt seda laiust, milles on sooritatud kaugenemine α. Selle valemi kasutamisel saadud viga on seda väiksem, mida väiksem on sooritatud laiuste vahe ja mida väiksemas laiuses laev sõidab.

Järelikult, muude tingimuste samasuse korral on viga seda väiksem, mida lähem kurss on 90°-le. Sellepärast kurssidel $k > 45^0$, s. t. kui kursid on lähedased 90° ja 270°, võib pikkuste vahet otsida ligikaudse valemi abil. Kui aga kursid k on $< 45^0$, s. o. lähedased N-le või S-le, tuleb kasutada valemit (71).

Viimase kasuks räägib ka see asjaolu, et $k < 45^0$ puhul tg k muutub aeglaselt, $k > 45^0$ puhul aga hakkab muutuma ruttu.

Peale selle on veel kasulik meeles pidada, et meridiaaniline laiuste vahe on alati suurem laiuste vahest:

$$D_2 - D_1 > \varphi_2 - \varphi_1.$$

§ 30. LIITARVUTAMISE MÕISTE.

Koondarvutamisel me koondame omavahel võrdseid kaugenemisi O-i ja W-i, milletõttu pikkuste vahe võrdub nulliga. See võte on aga täesti õige vaid juhul, kui kaugenemised olid ühel ja samal paralleelil. Kui aga sama miilide arv kaugenemist

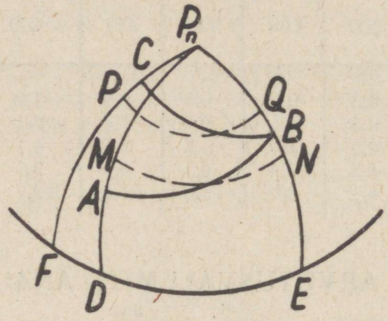
sooritati eri laiustes, siis vastavate pikkuste vahede algebraline summa ei võrdu täpselt nulliga.

Väikestes laiustes see viga oleks tühine, kuid suurtes laiustes ja pikematel sõitudel see viga võib osutuda juba suureks.

Oletame, et laev (joon. 135) sõitis A-st B-sse ja sooritas kaugenemise MN O-i, B-st C-sse sõites aga kaugenemise PQ W-i, miilide arvult võrdse MN-ga. Nende kaugenemiste pikkuste vahe ei võrdu nulliga, sest kaugenemine PQ oli suuremas laiuses ja annab pikkuste vahe W-i suurema.

Sellepärast sihtpunkt C osutub veidi lääne pool lähtepunktist A, ja pikkuste üldvahe moodustab kaare FD.

See koondarvutamise ebatäpsus annab märgatava vea sihtpikkuses vaid suurtes laiustes ($\varphi > 65^0$). Sellepärast polaarsõitudel, pikkadel retkedel aga ka laiustes $> 60^0$ arvutatakse pikkuste vahe iga kursi kohta eraldi, siis aga leitakse üldvahe, kui O-i ja W-i tehtud pikkuste vahede summade vahe. See on **liitarvutamine**.



Joonis 135.

Kuna iga üksiku kursi pikkuste vahe arvutamisel, kas teeme seda valemi (71) või (15) järgi, me peame teadma järjekorras kõikide pöördepunktide laiused, siis võib öelda, et liitarvutamine koosneb reast lihtarvutamistest vaid selle vahega, et siin ei määrata iga vahepealse punkti pikkust, vaid ainult tema laius ja sooritatud pikkuste vahe.

Liitarvutamine toimub samasuguse skeemi järgi kui koondarvutaminegi.

Seda kasutatakse üldse harva, sest liitarvutamise teel saavutatud täpsus sihtpikkuse määramisel on tühine võrreldes nende vigadega koha määramisel, mis tekivad kompassi ja logi ebatäiuslikkusest ning tuulte ja hoovuste mõjust.

§ 31. ARVUTATUD φ_2 ja λ_2 VIGADEST.

Arvutades sihtpunkti laiust φ_2 ja pikkust λ_2 arvutusvalemite abil, me võime need saada teatavate vigadega, mis sõltuvad lähtepunkti ebatäpsest arvutamisest ja mitmesugustest sõidutingimustest. Jättes kõrvale lähtepunkti määramise ebatäpsuse, vaatleme, millistel tingmustel sihtpunkti laius ja pikkus arvutamisvalemite abil saadakse väksemate vigadega. Me nägime, et

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \Delta\varphi,$$
$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda$$

ja sellepärast viga $d\varphi_2$ sihtlaiuse ja viga $d\lambda_2$ sihtpikkuse arvutamisel võrduvad vigadega laiuste vahe $d(\Delta\varphi)$ ja pikkuste vahe $d(\Delta\lambda)$ arvutamisel valemite abil, s. t.

$$d\varphi_2 = d(\Delta\varphi),$$
$$d\lambda_2 = d(\Delta\lambda),$$

Kuna

$$\Delta\varphi = S\cos k,$$
$$\Delta\lambda = S\sin k\sec\varphi_m,$$

siis järelikult, jättes tähele panemata vea keskmises laiuses φ_m, millel ei ole tegelikku tähtsust, saame:

$$d\varphi_2 = dS\cos k - S\sin k\,dk, \tag{80}$$
$$d\lambda_2 = [dS\sin k + S\cos k\,dk]\sec\varphi_m. \tag{81}$$

Valem (80) näitab, et viga sihtlaiuses sõltub vaid kursist, sõidust ja vigadest sõidus dS ja kursis dk.

Kui $k = 0^0$ või 180^0, siis viga sihtlaiuses oleneb vaid veast sõidus dS ja võrdub sellega, kusjuures kui $k = 0^0$, siis $d\varphi_2 = dS$, kui aga $k = 180^0$, siis $d\varphi_2 = -dS$.

Kui $k = 90^0$ või 270^0, siis viga sihtlaiuses sõltub vaid sõidust S ja veast kursis dk, ja $k = 90^0$ puhul $d\varphi_2 = -Sdk$, $k = 270^0$ puhul aga $d\varphi_2 = Sdk$. Lõplikud $d\varphi_2$ märgid olenevad vigade dS ja dk märkidest ja sellest poolkerast, kus laev sõidab.

Längkurssidel arvutatava sihtlaiuse täpsust mõjutab nii viga sõidus dS kui kursis dk; $d\varphi_2$ suuruse võib leida valemi (80) abil.

Viga sihtpikkuses, nagu nähtub valemist (81), ei sõltu ainult sõidust ja kursist ning vigadest neis, vaid ka laiusest φ_m, kus laev sõidab.

Kurssidel $k = 0^0$ või 180^0 viga sõidus dS ei mõjuta arvutatavat pikkust, viga kursis on suurima mõjuga kurssidel $k = 90^0$ või 270^0 — vastupidi.

Sihtpunkti pikkuse vea suurus ja märk on leitavad valemi (81) järgi, sõltuvalt dS ja dk suurusest ja märkidest ja retke keskmisest laiusest φ_m.

Näidis 96. Millise täpsusega on arvutatud sihtpunkti laius ja pikkus φ_2 ja λ_2, kui sõit $S = 300$ miili, viga sõidus 1%, s. t. $dS = 3$ miili, $k = 0^0$ või 90^0, viga kursis $dk = \pm 0{,}5^0$ ja sõidetakse $\varphi_m = 60^0$ N.

Väljendame vea kursis üldkujul:

$$dk = \pm 0{,}5 = \pm\frac{1}{2\cdot 57{,}3} = \pm\frac{1}{115}.$$

Kuna $k = 0^0$, siis

$$d\varphi_2 = 3{,}0 \text{ miili},$$

$$d\lambda = 300\cdot\frac{1}{115}\sec 60^0 = \frac{300}{115}\cdot 2 = 5{,}2' \text{ kui, } dk = \pm 0{,}5^0$$

ja

$$d\lambda_2 = -5{,}2', \text{ kui } dk = -0{,}5^0,$$

Kursi $k = 90^0$ puhul

$$d\varphi_2 = -300 \cdot \frac{1}{115} = -2{,}6', \text{ kui } dk = +0{,}5^0$$

ja

$$d\varphi_2 = +2{,}6', \text{ kui } dk = -0{,}5^0$$
$$d\lambda_2 = 3{,}0' \sec 60^0 = 6{,}0'.$$

Näidis 97. Arvutada vead sihtlaiuses ja -pikkuses eelmise näidise andmeil, kui kurss on 45^0.

Kuna

$$\sin 45^0 = \cos 45^0 = 0{,}707,$$

siis

$$S \sin k = S \cos k = 300 \times 0{,}707 = 212{,}1,$$
$$dS \sin k = dS \cos k = 3 \times 0{,}707 = 2{,}1.$$

Järelikult kui $dk = +0{,}5^0$, siis

$$d\varphi_2 = 2{,}1 - 212{,}1 \times \frac{1}{115} = 2{,}1 - 1{,}8 = +0{,}3'$$

$$d\lambda_2 = \left[2{,}1 + 212{,}1 \times \frac{1}{115}\right]$$

$$\sec 60^0 = (2{,}1 + 1{,}8)\,2 = +7{,}8',$$

kui $dk = -\frac{1^0}{2}$, siis

$$d\varphi_2 = 2{,}1 + 1{,}8 = +3{,}9^0,$$
$$d\lambda_2 = (2{,}1 - 1{,}8)2 = +0{,}6'.$$

§ 32. GIVRY ÕIEND.

Oletame, et laev on punktis A (joon. 136), ese punktis B. Märgime suurringi kaare AB pikkuse m, punkti A pikkuse ja laiuse φ_1 ja λ_1 ning A_1 — asimuudi meridiaani ja kaare AB vahel. Punkti B tarvis samad suurused märgime φ_2, λ_2 ja A_2. Kasutades sfäärilise $\triangle APB$ puhul Napier'i 2. analoogiat [1], võime kirjutada

---

[1] Nagu teame sfäärilisest trigonomeetriast, igas sfäärilises $\triangle ABC$

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cdot \cos A,$$

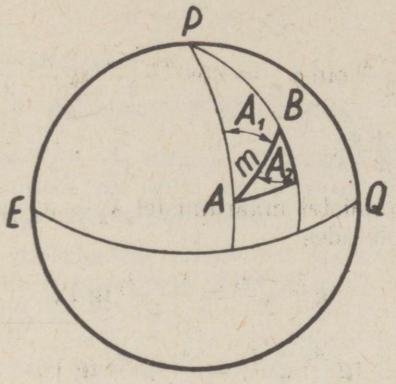
kust

$$\cos A = \frac{\cos a - \cos b \cos c}{\sin b \sin c},$$

järelikult

$$1 + \cos A = 1 + \frac{\cos a - \cos b \cos c}{\sin b \sin c} = \frac{-\cos(b+c) + \cos a}{\sin b \sin c} = \frac{\cos a - \cos(b+c)}{\sin b \sin c}.$$

$$\operatorname{tg}\frac{A+B}{2}=\frac{\cos\dfrac{PA-PB}{2}}{\cos\dfrac{PA+PB}{2}}\operatorname{ctg}\frac{P}{2},$$



Joonis 136.

Kuna tarvitatavate märgitsuste puhul

$A=A_1$, $PA=90^0-\varphi_1$, $P=\lambda_2-\lambda_1$,
$B=180^0-A_2$ $PB=90^0-\varphi_2$

$$1-\cos A=1-\frac{\cos a-\cos b\cos c}{\sin b\sin c}=\frac{\cos(b-c)-\cos a}{\sin b\sin c},$$

ehk

$$2\cos^2\frac{A}{2}=\frac{\sin\dfrac{a+b+c}{2}\cdot\sin\dfrac{b+c-a}{2}}{\sin b\sin c},$$

$$2\sin^2\frac{A}{2}=\frac{2\sin\dfrac{a+b-c}{2}\cdot\sin\dfrac{a-b+c}{2}}{\sin b\sin c},$$

$$\operatorname{tg}^2\frac{A}{2}=\frac{\sin\dfrac{a+b-c}{2}\cdot\sin\dfrac{a-b+c}{2}}{\sin\dfrac{a+b+c}{2}\cdot\sin\dfrac{b+c-a}{2}}.$$

Kui sisse viia tähistus

$$a+b+c=2p,$$

siis eelnev valem võtab kuju:

$$\operatorname{ctg}\frac{A_2 - A_1}{2} = \frac{\cos\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}}{\sin\frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2}} \operatorname{ctg}\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2},$$

ehk

$$\operatorname{tg}\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \sin\varphi_m = \cos\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \operatorname{tg}\frac{A_2 - A_1}{2}, \qquad (82)$$

kus φ_m tähistab $\frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2}$.

Kuna navigatsioonilistel määramistel $\lambda_2 - \lambda_1$ ja $A_2 - A_1$ on tavalisesti väikesed, siis oletades

$$\operatorname{tg}\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \operatorname{tg} 1',$$

$$\operatorname{tg}\frac{A_2 - A_1}{2} = \frac{A_2 - A_1}{2} \operatorname{tg} 1',$$

$$\cos\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} = 1,$$

---

siis leiame peale muundusi, et

$$\operatorname{tg}\frac{A}{2} = \sqrt{\frac{\sin(p-b)\cdot\sin(p-c)}{\sin p\cdot\sin(p-a)}}.$$

Tasapinnalisest geomeetriast teame, et

$$\operatorname{tg}\frac{A+B}{2} = \frac{\operatorname{tg}\frac{A}{2} + \operatorname{tg}\frac{B}{2}}{1 - \operatorname{tg}\frac{A}{2}\cdot\operatorname{tg}\frac{B}{2}}.$$

Võttes selles võrduses A ja B sfäärilise kolmnurga nurkadena ja asendades

$$\operatorname{tg}\frac{A}{2} \text{ ja } \operatorname{tg}\frac{B}{2}$$

asemele nende väljendid sõltuvalt käesoleva kolmnurga külgedest, saame pärast muundusi

$$\operatorname{tg}\frac{A+B}{2} = \frac{\cos\frac{a-b}{2}}{\cos\frac{a+b}{2}} \operatorname{ctg}\frac{C}{2}.$$

See ongi Napier'i teine analoogia.

saame:

$$(\lambda_2 - \lambda_1) \sin \varphi_m = A_2 - A_1 \qquad (83)$$

ehk, sisse tuues kaugenemise $a = (\lambda_2 - \lambda_1) \cos \varphi_m$ ja sõidu, s. o. kaare AB pikkuse m, mis on seoses kaugenemisega a valemis

$$a = m \sin A_1,$$

leiame pärast asendamist (81)-ses

$$A_2 - A_1 = m \sin A_1 \operatorname{tg} \varphi_m. \qquad (84)$$

Asimuutide vahet $A_2 - A_1$ nim. **meridiaanide kokkujooksu nurgaks;** ta annab meile asimuudi või kursi muutuse **ortodroomil ehk suurringi kaarel** selle kaare väikese osa läbimisel.

Pöörudes nüüd merekaardi poole (vt. joon. 97), kus meridiaanid esinevad paralleelsete sirgjoontena NAS ja NBC, kaar AB aga ka kaarena ACB, me näeme, et asimuut $A = a$ esineb nurgana NAA', asimuut A_2 aga nurgana SSB'. Järelikult, kui me peilime punktist A eset B nurgaga $NAA' = a$ ja siis tõmbame punktist B vastupidise suuna SBb, siis peilungijoon Bb ei läbi mitte laeva tõelist asukohta A, vaid kaldub sellest vähe kõrvale.

Selleks et B-st tõmmatud peilungijoon läbiks tõelist asukohta A, tuleb joon Bb suunata mööda joont BA, s. t. pöörata nurga $bBA = a$ võrra ehk teiste sõnadega — parandada võetud peilungit a teatava õiendiga a.

Tähistades nurga riivajate AA' ja BB' vahel tähega ε, saame Δ-st $B'AB$, et

$$\varepsilon = B'AB + B'BA,$$
$$\text{nurk } B'AB = NAB - a,$$
$$\text{nurk } B'BA = B'BS - SBA = A_2 - SBA,$$

ja kuna

$$NAB = SBA,$$

siis

$$\varepsilon = NAB - a + A_2 - SBA = A_2 - a = A_2 - A_1,$$

ehk valemi (82) põhjal

$$\varepsilon = m \sin A_1 \operatorname{tg} \varphi_m.$$

Kaare AB lühiduse korral võib võtta

$$B'AB = B'BA = \tfrac{1}{2} \varepsilon,$$

siis järelikult ka õiend

$$a = bBA = A'AB = \tfrac{1}{2} \varepsilon,$$

see on

$$\alpha = \tfrac{1}{2} m \sin A_1 \operatorname{tg} \varphi_m. \qquad (85)$$

Väljend (85) ongi õiend, mille esitas prantsuse hüdrograaf Givry võetud peilungite õiendamiseks enne nende märkimist merkaatori kaardile. Nagu näeme, sõltub see õiend peilitava eseme kaugusest m, eseme ja laeva keskmisest laiusest φ_m ja peilungist endast või eseme asimuudist $A_1 = a$.

Vaatame, millise suuruseni võib ulatuda see õiend, ja määrame ühtlasi ka vea laeva koha määramises, kui jätta Givry õiendi tähele panemata.

Me nägime, et peilides eset B nurgaga a, tuleb punktist B tõmmata peilung $a + a$. Kui seda mitte ei tehta ja tõmmatakse otse B-st peilung a, siis saadakse laeva asukoht joonel Bb.

Tõmmates punktist A perpendikulaari joonele Bb, saame sellel punkti E, lähima laeva tõelisele asukohale A. Ilmsesti on lõik AE viga kohas Givry õiendi mittekasutamisest.

Arvutame suurused α ja AE. Võtame sin α maksimaalse suuruse 1, kui $\alpha = 90^0$, ja loeme kaare ACB ja kõõlu AB võrdseiks, s. t. et kõõl $AB = m$ — eseme kaugusega. Siis

$$\alpha = \tfrac{1}{2} m \operatorname{tg} \varphi_m,$$

$$AE = AB \sin \alpha = m\, a' \sin 1',$$

ehk, väljendades m meremiilides:

$$a' = \tfrac{1}{2} m \operatorname{tg} \varphi_m,$$

$$AE' = \tfrac{1}{2} m^2 \operatorname{tg} \varphi_m \sin 1'. \qquad (86)$$

1. Oletame, et $\varphi_m = 60^0$ ja $m = 10$ miili,

$$a' = \tfrac{1}{2} \times 10 \times 1{,}7 = 8{,}5',$$

$$AE = \tfrac{1}{2} \times 100 \times 1{,}7 \frac{1}{3\,438} = 0{,}3 \text{ kaab.}$$

Näeme, et õiend α ise on väike ja viga AE tühine.

2. Kui $\varphi_m = 75^0$ ja $m = 60$ miili,

$$a' = \tfrac{1}{2} \times 60 \times 3{,}73 = 112' = 1^0 52',$$

$$AE = \tfrac{1}{2} \frac{3\,600 \times 3{,}73}{3\,438} = 2 \text{ miili.}$$

Sellisel juhul nii õiend α kui viga kohas AE võivad olla juba olulise tähtsusega. Sellepärast suurte vahemaade korral ja polaaraladel tuleb võtta arvesse Givry õiendit.

Praegusel ajal tuleb vahel kanda merkaatori kaardile peilungeid, mis on määratud raadiopeilingaatori abil kauge maa peale, 100—300 miilini. Siin on Givry õiend tingimata vajalik, nagu selgub järgmisest arvestusest.

3. Olgu $\varphi = 60^0$, $\alpha = 90^0$ ja $m = 300$ miili,

$$\alpha = \tfrac{1}{2} \times 300 \times 1{,}7 = 255' = 4^0 15',$$

$$AE = \tfrac{1}{2} \frac{300 \times 300 \times 1{,}7}{3\,438} = 22{,}5 \text{ m.}$$

Nii suured vead koha määramises ei ole muidugi lubatavad ja sellepärast raadiopeilungite märkimisel parandatakse need enne Givry õiendiga, mis on kindlaks määratud eri tabelite või diagrammide abil. Raadiopeilungite õiendamise ja märkimise võtted esinevad § 113, õiendi α suurused aga on antud tabelis 23.

Tabel 23. Givry õiend $\alpha = \frac{1}{2}\ m \operatorname{tg} \varphi\ m$.

m \ φm	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°
10	0,1°	0,1°	0,1°	0,2°	0,2°	0,3°	0,5°
20	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	0,9
30	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,4
40	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,9
50	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1	1,6	2,4
60	0,6	0,7	0,9	1,1	1,4	1,9	2,8
70	0,7	0,8	1,0	1,3	1,6	2,2	3,3
80	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,8
90	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,8	4,3
100	1,0	1,2	1,4	1,8	2,3	3,1	4,7
150	1,5	1,8	2,2	2,7	3,4	4,7	7,1
200	2,0	2,4	2,9	3,6	4,6	6,2	9,5
300	3,0	3,6	4,3	5,4	6,9	9,3	14,2

§ 33. VEAKOLMNURK.

Ka suure veakolmnurga korral on võimalik siiski leida laeva tõeline asukoht, kui kasutada veakolmnurga tippude omadust.

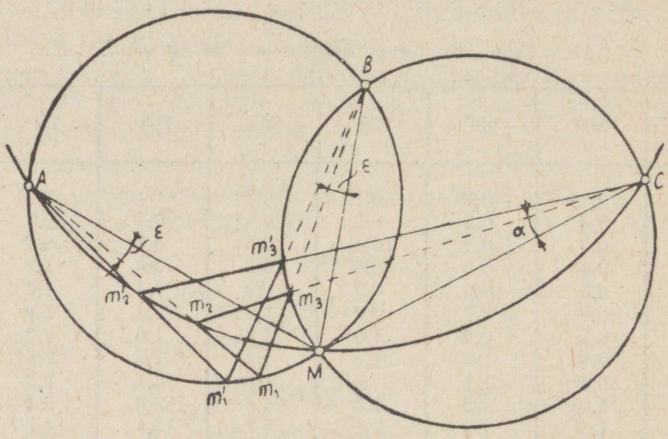
Oletame (joon. 137), et tõmmates õiendatud peilungid Am_1, Bm_1 ja Cm_2 me saame nende lõikumisel veakolmnurga $m_1m_2m_3$ ja samal ajal laeva tõelise asukoha punktis M. Pöörame tähelepanu sellele, et nurgad vastavate õigete ja ebaõigete peilungite vahel — kuna viimased on ekslikud ühe ja sama suuruse ξ võrra — on ühesuurused. Järelikult nurk $Am_1B = AMB$, nurk $Am_2C = AMC$ ja nurk $Bm_3C = BMC$. Tähendab, punktid A, B, m_1 ja M peavad asuma samal ringjoonel AM'_1m_1MB, mis mahutab nurka esemete A ja B peilungite vahel. Punktid A, C, m_2 ja M peavad samuti asuma ringjoonel Am'_2m_2MC, mis mahutab nurka esemete A ja C vahel, ja lõpuks B, C, m_3 ja M asetsevad ringjoonel Bm'_3m_3MC, mis mahutab nurka esemete B ja C peilungite vahel.

Teiste sõnadega: iga ringjoon, mis mahutab nurka kahe peilungi vahel, läbib veakolmnurga vastavat tippu ja kõik need ringjooned läbivad laeva tõelist asukohta M.

Selviisil, veakolmnurga puhul laeva tõeline asukoht on kolme ringjoone lõikepunkt, mis mahutavad nurki võetud peilungite vahel. Veakolmnurga tipud aga, nagu nähtub joon. 137, asetsevad ringjoontel, mis mahutavad nurki vastavate peilungite vahel.

Seda veakolmnurga tippude omadust kasutataksegi laeva tõelise asukoha M otsimisel. Saanud võetud kompassiõiendiga vea-Δ $m_1 m_2 m_3$, muudetakse õiendit kas ± 3 või ± 5 võrra ja tõmmatakse uuesti parandatud peilungid. Saadakse kas väiksem või veel suurem kolmnurk.

Kui saame nii väikese kolmnurga, et laeva asukohaks võib võtta tema keskpunkti, siis oleme tabanud õige kompassiõiendi ja saanud täpse asukoha. Tuleb vaid veel kord määrata kohta, selleks et kontrollida oma arvestuste õigsust.



Joonis 137.

Kui aga me katselise kompassiõiendi muutmise tulemusena saime veel suurema kolmnurga, näit. $m'_1 m'_2 m'_3$ (joon. 137), siis tähendab see, et õiendasime väärasse külge, ja kuna uue kolmnurga $m'_1 m'_2 m'_3$ tipud peavad asetsema samadel ringjoontel $Am'_1 m_1 MB$, $Am'_2 m_2 MC$ ja $Bm'_3 m_3 MC$, kus vanagi kolmnurga tipud, siis jääb üle vaid ühendada ringide kaartega Δ-de $m_1 m_2 m_3$ ja $m'_1 m'_2 m'_3$ vastavad tipud, et nende lõikumispunktis saada laeva asukoht.

Tegelikult ühendatakse kolmnurkade tipud sirgjoontega, kuna selline ringi kaarte asendamine kõõludega on lubatav sel põhjusel, et ringide AMB, AMC, BMC raadiused on tavalisesti üsna suured — mitu miili — võrreldes nende ringjoonte kaartega.

Teatava vilumuse korral ei ole vaja huupi määrata kompassiõiendit, vaid muuta seda sellesse külge, milles saab vähendada veakolmnurka. Võib juhtuda ka, et suurte veakolmnurkade puhul me ei saa korraga sirgjoonte lõikumist ühes punktis, vaid saame uue veakolmnurga, kuid palju väiksema kui eelmine. Korrates veel kord või kaks sellist arvestust, me lõpuks saame küllalt väikese kolmnurga ja leiame laeva tõelise asukoha.

§ 34. VEA MÕJU MÕÕDETUD NURGAS.

Vaatluste sooritamine kauguse määramisel vertikaalnurga abil ei ole keeruline: tuleb eseme tipp alla viia tema aluseni või veepinnani, kui eseme kõrgus on antud viimasest, ja märkida lugem sekstandil.

Kuid võttes arvesse eseme aluse või kaldajoone ebatäpset nähtavust ja mõõdetava nurga enda väiksust, võib mõõtmise täpsuses oletada teatavat viga $\Delta\alpha$. Vaatame lähemalt, kuidas see viga mõjutab nurga abil määratavat kaugust ja millisel juhul selle vea mõju on kõige väiksem.

Selleks diferentsime väljendit (19) d ja α järgi, pidades H püsivaks:

$$\Delta d = -\frac{H\Delta\alpha}{\sin^2\alpha},$$

ehk, väljendades $\Delta\alpha$ kaare minutites, leiame:

$$\Delta d = -\frac{H\Delta\alpha' \sin 1'}{\sin^2 \alpha}. \qquad (87)$$

Valem (85) näitab, et antud viga $\Delta\alpha'$ mõõdetud nurgas mõjutab seda vähem arvutatavat kaugust, mida **väiksem on eseme kõrgus** H ja mida **suurem** on mõõdetav **nurk** α.

Oletame, et ese, mille kõrgus $H = 90$ m, on näha laevale nurgaga $\alpha = 0^0 34'$ ja mõõdetud nurgas esines viga $\Delta\alpha = 1'$. Arvutame vea Δd suuruse valemi (87) järgi

$$\Delta d = \frac{90}{3438 \cdot \sin^2 0^0 34'} = 267 \text{ m} = 1{,}5 \text{ kaab.}$$

Kuna kaugus d, millelt toimetati seda mõõtmist, arvestades valemi (20) järgi võrdub

$$d = \frac{13}{7} \cdot \frac{90}{34} = 5{,}0 \text{ miili},$$

siis viga $\Delta d = 1{,}5$ kaab. moodustab vaid 3% arvutatud kaugusest.

Asendades valemis (87) eseme kõrguse tema kaugusega, s. t. võttes H asemel d tg α, me leiame vea sõltumuse kauguses Δd, antud $\Delta\alpha$ puhul kaugusest d endast.

Nimelt:

$$\Delta d = -\frac{d \operatorname{tg} \alpha \cdot \Delta\alpha' \sin 1'}{\sin^2\alpha},$$

ehk peale lihtsaid muundusi

$$\Delta d = -\frac{2d \cdot \Delta\alpha' \cdot \sin 1'}{\sin 2\alpha}. \qquad (88)$$

Sellest valemist me järeldame, et antud vea $\Delta\alpha$ korral mõõdetud nurgas α viga Δd kauguses on seda väiksem, mida väiksem on kaugus d esemeni ja mida suurem on $\sin 2\alpha$.

Suurim on $\sin 2\alpha = 1$ nurga puhul $\alpha = 45^0$.

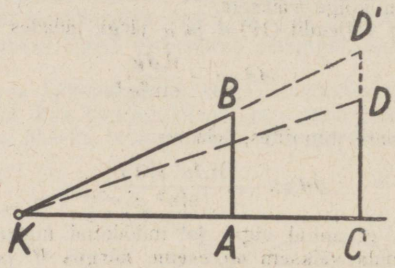
Arvutades valemi (86) järgi viga Δd endiste andmete puhul: $d = 5{,}0$ miili, $\alpha = 0^0 34'$ ja $\Delta\alpha' = 1'$, leiame, et

$$\Delta d = \frac{2 \times 50}{3438 \cdot \sin 1^0 08'} = 1{,}5 \text{ kaab.}$$

s. t. resultaat on seesama.

Niiviisi võib öelda, et eseme antud kõrguse H puhul ja vea Δ^α korral mõõdetud nurgas me seda paremini määrame kauguse vertikaalnurga abil, mida lähemal oleme esemele ja mida suurem järelikult on nurk α ise.

Antud kauguse d ja sama vea Δ^α korral mõõdetud nurgas me saame kauguse seda täpsemalt, mida kõrgema esemega on tegu. Teiste sõnadega: kahest esemest, mis on laevast samal kaugusel, on eelistatavam kõrgem ese, mis näha on suurema nurgaga; kahe ühesuguse kõrgusega eseme puhul on eelistatavam määrata kaugust lähema eseme järgi.



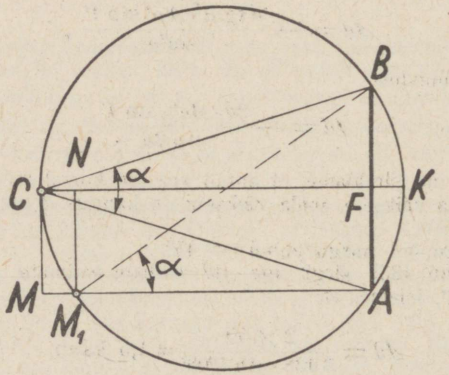
Joonis 138.

Kõigi nende kaalutluste korral on vaja juba teada eseme ligikaudset kaugust; selleks võetakse tavalisesti kaardilt arvutatud asukoha kaugus esemest.

Kui on võimalik valida (joon. 138) kahe eseme vahel: AB on lähem, kuid madalam, CD — kõrgem, kuid kaugem, siis joonis 138 aitab küsimuse lahendada: AB järgi on eelistatavam kui CD' järgi, sest AB on laevale lähemal kui CD', CD' järgi aga on soodsam kui CD järgi, sest CD' on kõrgem kui CD. Järelikult sama vea Δ^α puhul mõõdetavas nurgas on AB järgi sobivam kaugust määrata kui CD järgi.

§ 35. SILMA KÕRGUSE MÕJU.

Seni me eeldasime, et eseme alus ja vaatleja silm on samal horisontaaltasapinnal. Kuna aga vaatleja silm on teataval kõrgusel üle merepinna, siis tuleb vaadelda, kui suur on viga sellest vaatleja silma kõrguse mittearvestamisest.



Joonis 139.

Olgu (joon. 139) eseme AB kõrgus H ja vaatleja silma kõrgus merepinnalt $CM = h$ ja mõõdetud nurk, parandatud indeksiveaga — $ACB = \alpha$. Tõmbame ringjoone ABC, mis läbib punkte A, B ja C ja mahutab endas järelikult nurka α. Me näeme, et kui võtame vaatleja silma samal tasemel eseme alusega, siis saame laeva asukoha punktis M_1, ja kaugus esemeni on AM_1, tõeline kaugus aga on AM. Nii näeme, et vaatleja silma kõrguse h mittearvestamine tekitab vea lõigu MM_1 suuruses.

Märkides tõelise kauguse AM d-ga ja ligikaudse AM_1 — d_1-ga, leiame, et viga kauguses $MM_1 = d - d_1 = \Delta d$.

Tõmmates kõõlu $CK \parallel AM$, võime teatud geomeetria teoreemi alusel ringi sees lõikuvate kõõlude kohta kirjutada, et

$$\frac{CF}{AF} = \frac{BF}{FK},$$

ehk kuna

$$CF = AM = d,$$
$$AB = CM = h,$$
$$BF = H - h,$$
$$FK = CN = MM_1 = \Delta d,$$

siis

$$\frac{d}{h} = \frac{H-h}{\Delta d},$$

kust

$$\Delta d = h \cdot \frac{H-h}{d}. \qquad (89)$$

Kuna tavalistes sõidutingimustes, kui eseme kaugus on mõned miilid ja eseme kõrgus väljendub jalgades või sadades jalgades, on suhe

$$\frac{H-h}{d} < 1,$$

järelikult ka

$$\Delta d < h,$$

s. t. viga kauguses vaatleja silma kõrguse mittehoolimisest on väiksem silma enda kõrgusest. Kuna viimane aga tavalisesti ei ületa mõnda meetrit, siis võib öelda, et vaatleja silma kõrguse võib jätta arvestamata, kuna sellest tekkiv viga ei oma navigatsioonis tegelikku tähtsust.

§ 36. REFRAKTSIOONI MÕJU.

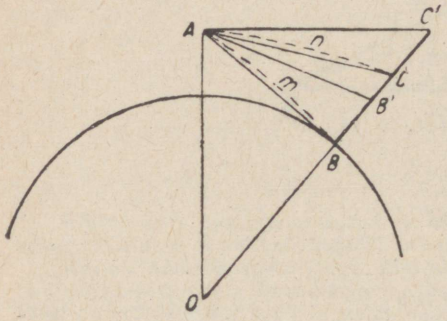
Kuna maakera ümbritsevas atmosfääris valgusekiired murduvad, siis viimased ei levi mitte sirgjooneliselt, vaid kaart mööda, mida tavalisesti võetakse ringjoone kaarena, mille raadius on 7 korda suurem maakera raadiusest. Seda nähtust nim. **refraktsiooniks** (vt. „Täiendused", § 7), mida on vaja arvestada kauguse määramisel vertikaalnurga järgi.

Kui (joon. 140) vaatleja silm on punktis A ja vaadeldav ese — BC, siis maa refraktsiooni mõjul kiired meie silmast lähevad vaadeldava eseme alumise punktini B ja ülemiseni C mitte sirgjooni AB ja AC, vaid kõveraid AmB ja AnC mööda, ja meile näib, et punkti B me näeme suunas AB' ja punkti C suunas AC', s. t. ese BC näib meile esemena $B'C'$.

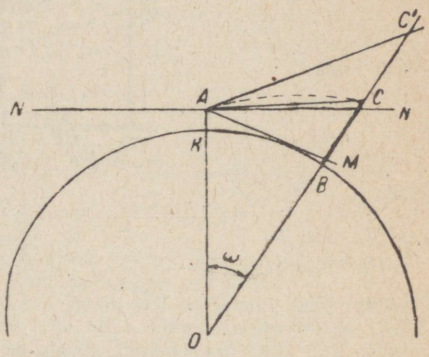
Kuna eseme väiksuse tõttu refraktsiooni mõju eseme alumisele ja ülemisele punktile on tegelikult üks ja sama, siis nurk $C'AC = B'AB$ ja järelikult nähtava eseme nurgaline suurus $C'AB'$ jääb muutumata ja võrdub CAB-ga.

Järelikult, kui vaatlejale on nähtav kogu ese, s. t. on vaatleja nähtava silmapiiri sees, siis refraktsioon, tõstes ühesuguse nurga võrra eseme nii alumist kui ülemist punkti, ei mõjuta mõõdetava vertikaalnurga suurust.

Kui aga (joon. 141) eseme BC alus on vaatleja nähtava silmapiiri AM taga, s. t. pole temale näha, siis vaatleja saab mõõta vaid nurka $C'AM$, millega on näha refraktsiooni poolt tõstetud eseme tipp C' üle nähtava silmapiiri. Sel juhul maa refraktsioon $C'AC$ muudab mõõdetavat nurka CAM ja tuleb arvesse võtta kauguse KB määramisel.



Joonis 140.



Joonis 141.

Me teame, et nurk $C'AC$, mille võrra maa peal oleva eseme punkt tõstetakse refraktsiooni poolt, võrdub poole tsentraalnurgaga raadiuste vahel, mis läbivad vaatluspunkti ja eset (§ 7), ja et tegelikkuses vajaoleva täpsuse mõttes võib võtta nurga

$$C'AC = k \cdot d,$$

kus k — maarefraktsiooni koefitsient, d — kaugus esemeni kaareminutites või meremiilides. Refraktsiooni koefitsiendi keskmise suuruse $k = 0{,}08 = \frac{1}{13}$ korral nurk

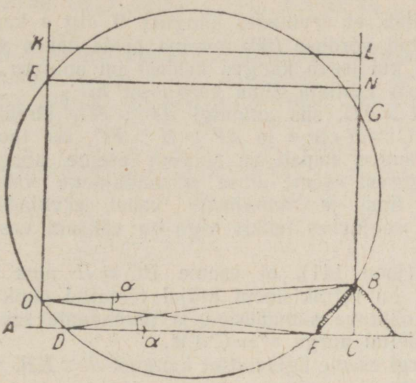
$$C'AC = \frac{1}{13} d.$$

Kuna maarefraktsioon alati tõstab üles vaadeldava eseme tipu, s. t. suurendab nurka α, siis nurgaõiend refraktsiooni puhul tuleb alati võtta märgiga miinus.

§ 37. KAUGUSE MÄÄRAMINE VERTIKAALNURGA JÄRGI, KUI ESEME ALUS ON VARJATUD.

Eseme alus võib olla vaatleja silmale varjatud kahel juhul: 1) ta on varjatud rannajoonega, 2) ta on silmapiiri taga. Esimesel juhul ese on nähtava silmapiiri sees ja vaatleja vertikaalnurga mõõtmisel ühendab eseme tipu rannajoonega. Teisel juhul ese on nähtava silmapiiri taga ja vaatleja näeb vaid tema tippu ning vertikaalnurga mõõtmisel ühendab eseme tipu nähtava horisondi joonega. Vaatleme tingimusi, mis võimaldavad mõlemal juhul parimat kauguse määramist.

1. Oletame (joon. 142), et BC on ese, mille kõrgus on H; O on vaatleja silm kõrgusel $AO = h$ üle merepinna. Kuna eseme alus on varjatud rannajoonest F, siis sekstandiga mõõdetav nurk $\alpha = BOF$. Kui me ei pane tähele seda, et eseme alus on rannajoone varjul, ja arvutame kauguse, nagu nurk oleks mõõdetud punktide B ja C vahel ja silm oleks merepinna tasemel, siis saame kaugusena DC, sest punkt D peab asetsema ringjoonel, mis läbib punkte B, F ja O ja mahutab antud mõõdetud nurka α. Tõepoolest aga eseme tõeline kaugus on AC. Järelikult viga kauguses sel põhjusel, et me ei arvestanud eseme aluse varjatust, moodustab lõigu AD.



Joonis 142.

Tõeline kaugus $AC = AD + DC$. Kuna $DC = H \operatorname{ctg} \alpha$, siis $AC = H \operatorname{ctg} \alpha + AD$. Pikendades sirgjooni AO ja CB lõikumiseni ringjoonega punktides E ja G, me võime lõikajate omaduste põhjal, mis läbivad üht ja sama välispunkti A, kirjutada, et

$$AF \cdot AD = AE \cdot AO,$$

ehk

$$AD = \frac{AE \cdot AO}{AF}.$$

Mõõtes sirgjoonele AE punktist E lõigu $EK = h$ ja tõmmates joone KL ja EN paralleelselt AC, leiame, et

$$AE = CN = CG + NG = CG + H - h.$$

Järelikult

$$AD = AO \frac{CG + H - h}{AF} = h \frac{H - h}{AF} + h \cdot \frac{CG}{AF}.$$

Siis

$$AC = H \cdot \operatorname{ctg} \alpha + h \cdot \frac{H - h}{AF} + h \cdot \frac{CG}{AF};$$

kuna

$$CG \cdot BC = DC \cdot FC,$$

siis

$$CG = \frac{DC \cdot FC}{BC} = \frac{FC}{H}(AF - AD + FC).$$

Tähendab,

$$AC = H \operatorname{ctg} \alpha + h \cdot \frac{H-h}{AF} + h\frac{FC}{H}\left(1 - \frac{AD}{AF} + \frac{FC}{AF}\right). \qquad (90)$$

Saadud väljend näitab, et arvutades kaugust H ctg α kauguse AC asemel, me teeme vea, mis väljendub võrduse (90) parema poole kahes viimases liikmes.

Kui $AF > H$, s. o. kui laeva kaugus kaldast on suurem eseme kõrgusest, siis esimene liige on väiksem vaatleja silma kõrgusest h.

Kui $AF > H$ ja $H > FC$, siis ammugi $AF > FC$, järelikult teine liige $< 2h$.

Selviisil, võttes $AC = H \operatorname{ctg} \alpha$ ja $AF > H > FC$, me teeme vea $< 3h$. Teiste sõnadega: kui laeva kaugus kaldalt on suurem eseme kõrgusest ja viimane on suurem horisontaalkaugusest eseme aluse ja rannajoone vahel, siis võib, mõõtes vertikaalnurga eseme tipu ja rannajoone vahel, arvutada kauguse d valemi $d = H \operatorname{ctg} \alpha$ järgi, sest seejuures tekkiv viga on väksem vaatleja silma kolmekordsest kõrgusest.

2. Oletame nüüd (joon 141), et eseme $BC = H$ alus on vaatleja silmapiiri AM all. Eseme tipp C on refraktsiooni mõjul tõstetud punktini C'. Tähendab, kui ühendame eseme tipu nähtava silmapiiriga ja parandame sekstandi lugemi indeksiveaga, siis saame mõõdetud nurga $\alpha' = C'AM$.

Teades arvutuse järgi eseme ligikaudset kaugust $d = KB$, võib arvestada refraktsiooni ϱ mõju, ja nimelt:

$$\varrho = C'AC = \frac{1}{13}d,$$

kus d on väljendatud minuteis või meremiilides.

Järelikult

$$\alpha - \varrho = CAM.$$

Oma silma kõrguse $AK = h$ järgi leiame „1933. a. Meretabelite" tabelist 14 nähtava horisondi kallaku $n = NAM$. Kui on põhjust oletada, et õhkkonna seisund erineb palju keskmisest ja et järelikult tabelist valitud horisondi kallak n ei vasta tõelisele, siis tuleb määrata n vaatlustest Pulfrichi seadise abil, nagu see on seletatud meresõiduastronoomias.

Siis

$$CAM - NAM = CAN = \beta$$

ehk

$$\beta = \alpha - \varrho - r.$$

Pöördume ΔCAO poole. Temas külg $AO = R + h$, külg $CO = R + H$, nurk $CAO = 90^0 + \beta$, kuna nurk

$$ACO = 180^0 - \omega - (90^0 + \beta) = 90^0 - (\omega + \beta).$$

Järelikult

$$\frac{\sin ACO}{\sin CAO} = \frac{AO}{OC}$$

ehk

$$\frac{\cos(\omega+\beta)}{\cos\beta}=\frac{R+h}{R+H},$$

kust

$$\cos(\omega+\beta)=\frac{R+h}{R+H}\cos\beta. \tag{91}$$

Arvutanud selle valemi järgi nurga $\omega+\beta$, leiame ka ω, s. o. otsitava kauguse esemeni meremiilides.

Kuna valemisse (91) kuulub maakera raadius R, väljendatud meetrites, mis on endast suur arv võrreldes h- ja H-ga, siis $\lg(R+h)$ ja $\lg(R+H)$ arvutamisel tuleks võtta suurem arv märke. Et seda mitte teha, tuleb väljend (91) muundada

$$\cos(\omega+\beta)=\frac{R+h}{R+H}\cos\beta=\frac{1+\frac{h}{R}}{1+\frac{H}{R}}\cos\beta,$$

ehk

$$\lg\cos(\omega+\beta)=\lg\cos\beta+\lg\frac{1+\frac{h}{R}}{1+\frac{H}{R}},$$

kus lg tähendab tavalist logaritmi.

Kui aga võtame naturaalse $\lg_e\dfrac{1+\frac{h}{R}}{1+\frac{H}{R}}$,

siis $$\lg_e\frac{1+\frac{h}{R}}{1+\frac{H}{R}}=\lg_e\left(1+\frac{h}{R}\right)-\lg_e\left(1+\frac{H}{R}\right).$$

Kuna vahekorrad $\frac{h}{R}$ ja $\frac{H}{R}$ on väiksed murdarvud, siis lahutades $\lg_e\left(1+\frac{h}{R}\right)$ ja $\lg_e\left(1+\frac{H}{R}\right)$ reaks, võib piirduda vaid esimese liikmega, s. t. võtta

$$\lg_e\left(1+\frac{h}{R}\right)=\frac{h}{R},$$

$$\lg_e\left(1+\frac{H}{R}\right)=\frac{H}{R}.$$

Siis

$$\lg_e\frac{1+\frac{h}{R}}{1+\frac{H}{R}}=-\frac{H-h}{R},$$

kuna aga tavaline

$$\lg \frac{1+\frac{h}{R}}{1+\frac{H}{R}} = \frac{1}{\lg_e 10} \cdot \lg_e \frac{1+\frac{h}{R}}{1+\frac{H}{R}},$$

siis

$$\lg \frac{1+\frac{h}{R}}{1+\frac{H}{R}} = -\frac{h-H}{R \lg_e 10} = -x,$$

kus

$$x = \frac{H-h}{R \lg_e 10}.$$

Siis

$$\lg \cos(\omega+\beta) = \lg \cos \beta - x. \qquad (92)$$

x-i leidmiseks meil on:

$$\lg x = \lg (H-h) - \lg (R \cdot \lg_e 10).$$

Kuna R meetrites ja $\lg_e 10$ on kindlad suurused, siis $\lg (R \cdot \lg_e 10)$ võib arvutada alatiseks. Nimelt:

$$R = 6\,370\,900 \text{ m ja } \lg_e 10 = 2{,}302\,5851.$$

Järelikult

$$\lg (R \cdot \lg_e 10) = \lg (6\,370\,900) + \lg 2{,}302\,5851 = 6{,}804\,2008 + 0{,}362\,2157 = 7{,}166\,4165.$$

Siis

$$\lg x = \lg (H-h) - 7{,}166\,4185. \qquad (93)$$

Nii läheks kauguse arvutamine järgmises järjekorras:

1) β = lugem $\pm$ indeksiviga $- \varrho - n$;
2) x valemi (93) järgi;
3) $\omega + \beta$ valemi (92) järgi,
4) kaugus $d = \omega' = (\omega + \beta)' - \beta'$.

N ä i d i s 98. Olles arvestuse järgi 45 miili Tenerifi saarest, silma kõrguselt 12 m mõõdeti sekstandiga (indeksiviga i = +1,2′) nurk Tenerifi mäetipu ja nähtava silmapiiri vahel, mis oli 2°10′20″. Tenerifi tipu kõrgus üle merepinna H on 3 658 m.

Määrata laeva kaugus mäest.

Kuna tegu on väga väikeste nurkadega ja suurte arvudega, siis tuleb pöörduda seitsmekohaliste logaritmide poole. Arvutus:

Lugem	2°10,3′
Indeksiviga	+1,2′
Mõõdetud nurk	2°11,5′
Ligikaudne refraktsioon $\frac{D}{13}$	—3,5′
Horisondi kallak (tab. 14)	—6,2′
Nurk β	2°1,8′

$$H - h = 3646 \text{ m}$$
$$\lg (H - h) = 3{,}561\ 8167$$
$$-7{,}166\ 4165$$
$$\lg x\ 6.395\ 4002$$
$$x\ 0.000\ 2485$$
$$\lg \cos \beta\ 9.999\ 7274$$
$$x\ 0.000\ 2485$$
$$\lg \cos (\omega + \beta)\ 9.999\ 4789$$
$$\omega + \beta\ 2^0 48{,}4'$$
$$\beta\ 2^0 1{,}8'$$
$$\omega\ 46{,}6'$$

Järelikult otsitav kaugus $d = 46{,}6$ meremiili.

Ei ole raske veenduda, et refraktsiooni õienduse arvestamine selle tõelise kauguse järgi meie võetud ligikaudse kauguse asemel annaks õiendamisel tulemuse, millel pole tegelikku tähtsust.

Arvutuste vältimiseks võib kasutada jällegi Lecky tabeleid (vt. § 9), mis on koostatud jalgades. Nende tabelite II osa koosneb kolmest osast: A, B ja C. Osa A on kõrgustele 200—6 000 jalga ja kaugustele 5—70 miili; osa B — kõrgustele 6 000 — —12 000 jalga ja kaugustele 8—85 miili; osa C — kõrgustele 12 500 jalga ja kaugustele 14—110 miili.

Lecky tabeleid saab kasutada kõrgusega jalgades ja tipu õiendatud nurgakõrgusega, s. t. nurgaga $\beta =$ lugem + indeksiviga $- \varrho - n$. Vertikaalreas, vastavalt nurgale β, eseme kõrguse kohal, loeme otsitava kauguse.

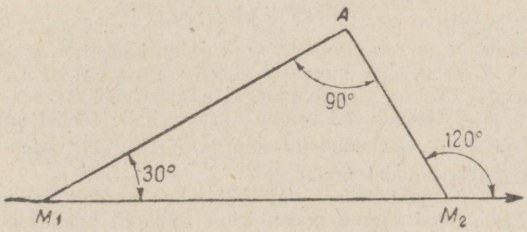
§ 38. ÕIGENURGA-MEETOD.

Nii nimetatakse üht ristpeilimise eri juhtumit. Kui (joon. 143) võtame nurga esimese peilungi AM_1 ja kursi vahel 30^0, teise peilungi AM_2 ja kursi vahel — 120^0, siis ilmsesti ΔAM_1M_2 on õigenurkne, kusjuures tema õige nurk on eseme A juures. Kuna kaatet

$$AM_2 = M_1M_2 \sin 30^0,$$

ja

$$\sin 30^0 = \tfrac{1}{2},$$



Joonis 143.

siis

$$AM = \frac{M_1M_2}{2},$$

s. t. sel juhul eseme kaugus teisel peilimisel võrdub poole kaugusega, mis sõideti peilimiste vaheajal. Tähendab, mõõtes esemelt teise peilungi joont mööda pool logilugemite vahest teise ja esimese peilungi vahel, me saame laeva asukoha.

Kompassipeilungite arvestus toimub ka selle meetodi korral valemite (23) järgi.

§ 39. RISTPEILUNG PERISKOOBI KAUDU.

Kui eset peilitakse allveelaevast periskoobi kaudu, siis peale tavalisi peilimisvigu tuleb hoiduda veel roolimehe mõjust kursile peilimise momendil.

Kuna periskoobi abil ei määrata mitte peilungit, vaid eseme kursinurka α', siis otsitav eseme K. P. sõltuvalt laeva K. K-st, määratakse valemiga

$$\text{K. P.} = \text{K. K.} \pm \alpha',$$

kus märk + võetakse kursinurga puhul paremalt pardalt, märk — aga vasakult pardalt.

Tähendab, kui määratud kursinurgas α' on teatav viga $\pm \Delta\alpha$, mis võrdub laeva hälbimisnurgaga kursist peilimise hetkel, siis kursinurga α tõeline suurus on:

$$\alpha = \alpha' \pm \Delta\alpha.$$

Siin märk + tuleb võtta laeva hälbimisel peilimishetkel **eseme poole**, märk — aga hälbimisel **esemest kaugemale.**

On ilmne, et viga $\Delta\alpha$ periskoobi kaudu määratud kursinurgas α' põhjustab samasugust viga ka eseme kompassipeilungis ja järelikult ka laeva observeeritud kohas.

Selle küsimuse lähem analüüs näitab, et viga ΔM, mis tekib koha ristpeilimisel sõltuvalt vigadest $\Delta\alpha$ ja $\Delta\beta$ esimesel ja teisel peilimisel ja mis on põhjustatud roolimise mõjust kursile peilimise ajal, omab järgmist väljendit:

$$\Delta M = pR\Delta\alpha^0 + pS\Delta\beta^0,$$

kus p on peilungite vahel sõidetud kaugus, R ja S — erilised koefitsiendid järgmise tähendusega:

$$R = \frac{\sin\beta}{\sin^2(\beta - \alpha)} \sin 1^0,$$

$$S = \frac{\sin\alpha\cos(\beta - \alpha)}{\sin^2(\beta - \alpha)} \sin 1.$$

Kuna koefitsiendid R ja S sõltuvad vaid kursinurkadest α ja β, siis võime juba ette koostada nende koefitsientide suuruste tabeli mitmesuguste kursinurkade korral, ja kasutada seda sõidul. Nende vigade märgid annab tabel 24.

Selles tabelis α ja β tähendavad eseme kursinurkade tõelisi suurusi esimesel ja teisel peilimisel, α' ja β' — vaadeldud kursinurki, KP ja KP' aga — eseme tõmmatud ja tõelisi peilungeid samadel momentidel.

Tabel näitab, et sõltumata sellest, milliselt laeva pardalt ese näha on, kui viga $\Delta\alpha$ tekkis laeva hälbimisest **eseme poole**, laeva asukoht saadakse esemele **lähemal** kui õigus, kui aga laev kaldub **esemest kaugemale**, siis saame ka asukoha **kaugemal**. Sama suurel hälbe suurusel kursist teise peilungi võtmise ajal vigade märgid $\Delta\beta$ on vastupidised osutatuile.

Vigade $\Delta\alpha$ ja $\Delta\beta$ suurused võib kergesti määrata vaatlustest, täpselt märkides allveelaeva kurssi kursinurga mõõtmise ja komando „null" momendil. Vigade mõju esimesel ja teisel peilimisel on teineteisele vastupidised. Kui laev läheneb esemele, siis viga $\Delta\alpha$ mõjutab koha täpsust umbes kaks korda **rohkem** kui viga $\Delta\beta$.

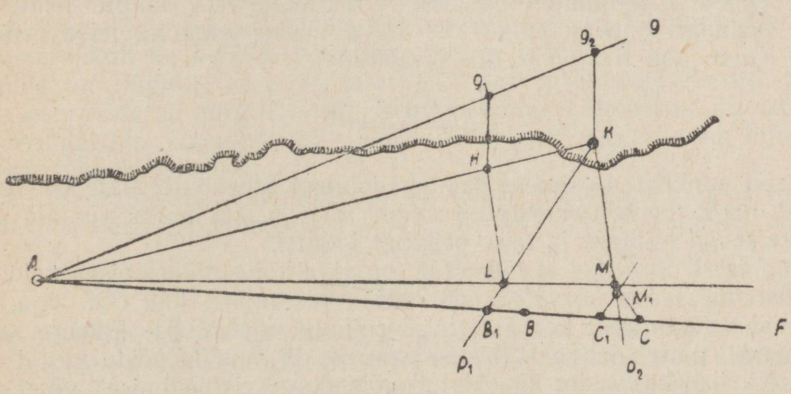
Tabel 24. Peilungivigade $\Delta\alpha$ ja $\Delta\beta$ ja laevakohavea ΔM märgid.

Eseme asend	Laeva hälve	Vaadeldav kursinurk	Tõmmatud $K.\ P.$	Peilungi vea märk	Saadud koha asend	Kohavea ΔM märk
		I Viga esimeses peilungis.				
Paremalt pardalt	Eseme poole	$\alpha' < \alpha$	$KP' < KP$	+	Lähemal	+
	Kaugemale	$\alpha' > \alpha$	$KP' > KP$	−	Kaugemal	−
Vasakult pardalt	Eseme poole	$\alpha' < \alpha$	$KP' > KP$	+	Lähemal	+
	Kaugemale	$\alpha' > \alpha$	$KP' < KP$	−	Kaugemal	−
		II Viga teises peilungis.				
Paremalt pardalt	Eseme poole	$\beta' < \beta$	$KP' < KP$	+	Lähemal	−
	Kaugemale	$\beta' > \beta$	$KP' > KP$	−	Kaugemal	+
Vasakult pardalt	Eseme poole	$\beta' < \beta$	$KP' > KP$	+	Lähemal	−
	Kaugemale	$\beta' > \beta$	$KP' < KP$	−	Kaugemal	+

Vigade $\Delta\alpha$ ja $\Delta\beta$ võimalikuks vähendamiseks tuleb periskoobi kaudu koha määramisel hoida laeva võimalikult täpselt kursil, veel parem aga on saada periskoobi vaateväljale kompassi kodariku kujutis. Siis võib periskoobi kaudu juba vahetult peilida eset, mitte aga määrata vaid kursinurka.

§ 40. ÕIENDATUD RISTPEILUNG.

Kui enne või pärast koha määramist ristpeilimise teel oli olemas juba üsna usaldatav asukoht, määratud mingi täpse navigatsioonilise



Joonis 144.

võttega (2 nurka, 3 peilungit jne.), siis võib ristpeilimise puhul kasutada ka saadud täpset kohta, rakendades seejuures hüdrograaf N. N. Struiski esitatud „õiendatud ristpeilungi" võtet.

Olgu punkt A (joon. 144) teatud momendil määratud laeva täpne asukoht ja AF laeva tõelise kursi joon. Sõitnud teatava vahemaa $AB = m$, laev momendil t_1 võttis esimese peilungi KP_1 esemest K, ja sõitnud veel vahemaa $BC = n$, momendil t_2 — samast esemest teise peilungi KP_2. Mõõtes kursi- ja esimese peilungi joone lõikumispunktist B_1 peilimiste vaheajal sõidetud kauguse $B_1C_1 = BC = n$ ja tõmmates saadud punktist C_1 joone C_1M_1 paralleelselt esimese peilungiga, saame punktis M_1 asukoha ristpeilimise tavalisel viisil.

Punkti M_1 asetus kõrval kursijoonest AF näitab laeva hälbimist sõidul A-st M_1-ni. Pidades seda hälbimist põhjustavad tegurid (hoovus, tuul, laine) püsivalt mõjuvateks, meil on kerge arvestada selle hälbe suund ja suurus sõidu kestel A-st C-ni.

Selleks on vaja paigutada peilungite KP_1 ja KP_2 vahele sirgjoon sellises suunas, et selle lõigu suhe punktist A kuni esimese peilungi jooneni lõiguga peilungite KP_1 ja KP_2 joonte vahel võrduks suhtega $m : n$.

Selleks tõmbame punktist A abijoone Ag ja asetame sellele punktist A laeva liikumise suunas lõigud $Ag_1 = m$ ja $g_1g_2 = n$. Siis ühendame punktid g_2 ja K, tõmbame punktist g_1 joone g_1H paralleelselt g_2K-ga. Siis joon AK jagub lõikudeks AH ja HK, millede suhe on

$$\frac{AH}{HK} = \frac{m}{n}.$$

Tõmmates punktist H joone HL paralleelselt teise peilungiga KP_2 saame selle lõikumisel esimese peilungi joonega KP_1 punkti L, mida läbib laeva tee.

Tõepoolest, tõmmates punktist A sirgjoone AL, saame lõikumisel teise peilungi joonega punkti M, laeva tõelise asukoha teise peilungi ajal. Kuna joon $HL \parallel KM$, siis järelikult

$$\frac{AL}{LM} = \frac{AH}{HK} = \frac{m}{n},$$

s. t. sõit punktist A esimese peilungi jooneni suhtub sõidusse peilungite vahel, nagu tõeliselt sooritatud sõidud m ja n, kusjuures punktid L ja M asetsevad esimese ja teise peilungi joontel.

Joonisest on selge, et lõik MM_1 on viga koha määramises, mida on põhjustanud laeva kõrvalekande mittearvestamine, lõik CM aga, mis ühendab arvutatavat kohta C teise peilungi ajal tõelise kohaga samal momendil, näitab laeva hälbimise suurust ja suunda sõidu kestel A-st C-ni. Niiviisi, kasutades kirjeldatud „õiendatud ristpeilimise" võtet võib määrata laeva hälvitanud hoovuse kiiruse ja suuna antud sõidu kestes.

Selle võtte lähem analüüs näitab, et hälbimise püsiva kiiruse ja suuna puhul võib sel teel laeva asukoha määrata täiesti täpselt.

Kui aga sõidu ajal A-st C-sse hoovus, jäädes suunalt endiseks, muudab oma kiirust, muutub kiiremaks, siis õiendatud ristpeilungi võte

säilitab oma paremuse tavalise võtte kõrval ja ainult hoovuse suure nõrgenemise korral tavaline määramisvõte osutub täpsemaks.

Kui aga muutub suund, kiirus aga jääb endiseks, siis suuna muutumisel eemale esimesest peilungist või aeglasel muutumisel esimese peilungi poole, õiendatud ristpeilimine on jällegi täpsem tavalisest. Ainult suuna järsul muutumisel esimese peilungi poole tavaline ristpeilung annab paremaid tulemusi.

Kui aga muutuvad nii kiirus kui suund, siis õiendatud ristpeilung on täpsem tavalisest, kui hoovuse kiirus tõuseb ja pöördub esimesest peilungist eemale, kui aga kiirus järsult langeb ja kiiresti muudab suunda esimese peilungi suunas, osutub tavaline ristpeilung täpsemaks.

Nagu näeme, laevajuhtimise praktikas juhtude suures enamikus õiendatud ristpeilung osutub täpsemaks tavalisest, sellepärast tulebki teda kasutada, kui on põhjust oletada, et laev liigub tundmatu püsihoovuse mõju all.

Selle võtte rakendamine 1928. a. Kaspia mere hoovuste uurimise Büroo poolt Kaspia mere kaubalaevastiku sõiduteede taastamiseks võimaldas selle mere hoovuste selgitamist ja kasutamist soovitatavate laevasõiduteede ratsionaliseerimiseks Kaspia mere tähtsamate sadamate vahel.

§ 41. RAADIOPEILUNGITE MÄRKIMINE ERIKAARTIDEL.

Selleks et vabaneda vajadusest muuta vaadeldavaid peilungeid loksodroomilisteks, on olemas erikaardid gnomoonilises projektsioonis, milles iga suurringi kaar esineb sirgjoonena ja sirgjoontena tõmmatakse järelikult ka kõikide peilungite jooned.

Kuid me nägime, et tsentraalprojektsioonide ebakonformsuse tõttu looduses mõõdetud nurgad ei säili projektsioonis. Sellepärast gnomooniliste erikaartide kasutamisel tuleb võetud peilungeis teha nurkade moondumise õiendused.

Me teame (§ 18 „Täiendused"), et sfääril mõõdetud nurk A esineb tsentraalprojektsioonis nurgaga α ja et nende nurkade suhe on valemi (54) järgi

$$\operatorname{tg} \alpha = \cos z \operatorname{tg} A,$$

kus z on antud punkti nurgakaugus projektsiooni keskpunktist.

Nurkade γ arvestus, mis kujutavad tsentraalprojektsioonis tõelisi asimuute C, on antud „Täienduste" § 19, ja nimelt: kui tõeline asimuut sfääril on C, siis tema kujutis γ tsentraalprojektsioonis on

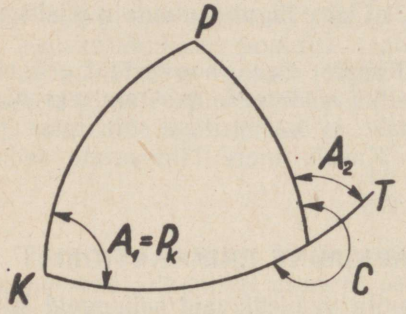
$$\gamma = \alpha + \beta,$$

kus α on kujutis projektsioonis nurgast A sfääril antud suuna ja projektsiooni raadiuse vahel, β — projektsiooni-kujutis antud jaama

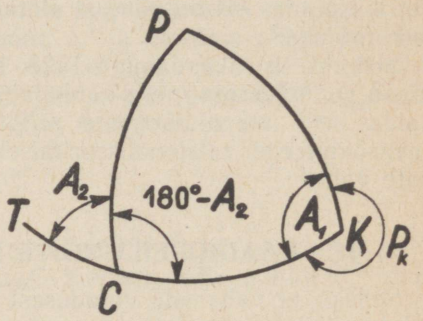
kohta nurgast B jaama tõelise meridiaani ja projektsiooni raadiuse vahel. Näidised 92 ja 93 § 19 „Täiendustes" näitavad, kuidas tuleb mõõdetud tõelised asimuudid C siirda nurkadeks γ peilungijoonte märkimiseks gnomoonilisele kaardile.

Kui laeva peilung on määratud **kaldajaama poolt,** siis tuleb toimida „Täienduste" § 19 juhatuste järgi. Kui aga **laevalt** on võetud jaama peilung, siis vaja enne õiendada meridiaanide kokkujooksunurga võrra, sest sfääril jaama peilung laevalt ei võrdu laeva peilungiga jaamast.

Tõepoolest (joon. 145), kui P on poolus, K — laeva asukoht, C — jaama asukoht, $PKC = A_1 = P_k$ — jaama peilung laevalt, $PCK = P_c$ — laeva peilung jaamast $PCT = A_2$, ΔA — meridiaanide kokkujooksunurk siirdumisel K-st C-sse,



Joonis 145.



Joonis 146.

siis kuna

$$A_2 = A_1 + \Delta A,$$

siis

$$P_c = PCK = A_2 + 180^0 = A_1 + \Delta A + 180^0,$$

ehk

$$P_c = P_k + \Delta A + 180^0, \tag{94}$$

mis on õige kõikidele $P_k < 180^0$, s. t. kui laev on jaamast **lääne pool.**

Kui $P_k > 180^0$, s. t. kui laev on jaamast **ida pool** (joon. 146), siis sel juhul $PKC = P_k$ — mõõdetud peilung, $A_1 = 360^0 - P_k$, s. o.

$$P_c = PCK = 180^0 - A_2 = 180^0 - (360^0 - P_k + \Delta A),$$

ehk

$$P_c = P_k - \Delta A - 180^0. \tag{95}$$

Meridiaanide kokkujooksunurka ΔA me arvestame endiselt valemi järgi:

$$\Delta A = (\lambda_2 - \lambda_1) \sin \varphi\, m.$$

Niiviisi, soovides kasutada gnomoonilisi kaarte raadiopeilungite märkimiseks, tuleb sooritada järgmised arvutused:

1. Kui **jaamast** on võetud laeva K peilung.

Antud jaama tarvis tuleb arvutada nurk B selle jaama tõelise meridiaani ja suurringi kaare vahel, mis läbib kaardi keskpunkti ja antud jaama („Täiendused" § 19). Nurga B võib leida valemi (55) järgi:

$$\operatorname{ctg} B = -\operatorname{tg} \varphi_0 \cos \varphi \operatorname{cosec} \lambda_0 + \sin \varphi \operatorname{ctg} \lambda_0,$$

kus φ_0 on kaardi keskpunkti laius, φ — jaama laius, λ — jaama ja kaardi keskpunkti pikkuste vahe.

Edasi arvutame nurga β — nurga B kujutise kaardil moondatud kujul — valemi järgi (54):

$$\operatorname{tg} \beta = \cos z \operatorname{tg} B,$$

kus z on suurringi kaar kaardi keskpunkti ja jaama vahel. Kaart z on kerge arvutada valemi järgi:

$$\cos z = \sin \varphi_0 \sin \varphi + \cos \varphi_0 \cos \varphi \cos \lambda_0.$$

Edasi arvutame nurga $A = C - B$.

Leiame nurga A kujutise kaardil — α järgmise valemi järgi:

$$\operatorname{tg} \alpha = \cos z \operatorname{tg} A,$$

kus cos z on endine.

Lõpuks leiame γ — nurga C kujutise kaardil.

$$\gamma = \alpha + \beta.$$

Pärast neid arvutusi jääb vaid tõmmata kaardil jaamast suund γ, mis annabki laeva peilungijoone.

2. Kui **laevalt** on võetud jaama C peilung.

Alul muudame laevalt võetud peilungi P_k peilungiks P_c jaamast laevale valemi (94) või (95) järgi ja siis peilungiga P_c toimime samuti kui eelmises punktiski.

Kuid enamikul juhtudest selliseid arvutusi pole vajagi, sest nurkade moondumine tsentraalprojektsioonis on navigatsioonilise tähtusega vaid juhtudel, kui $z > 10^0$, s. t., kui jaama kaugus kaardi keskpunktist on üle 600 miili.

Tabelist 20 nähtub, et ringjoone sees, mis on tõmmatud kaardi keskpunktist raadiusega $z = 10^0 = 600$ miili, nurkade moondumine tsentraalprojektsioonis on alla 0,5°; kui $z = 20^0 = 1\,200$ miili, on moondumine alla 1,8° jne.

Tähendab, jättes tähele panemata nurkade moondumise gnomoonilistel kaartidel, me kaugustel $z < 600$ miili võime saada asukoha kuni

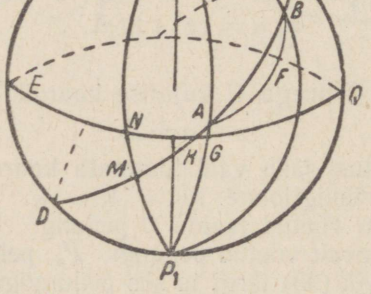
5 miili kõrval tõelisest, s. t. täpsusega, mis ligikaudu võrdub astronoomiliste vaatluste täpsusega ja mida tegelikeks otstarveteks on täiesti küllalt.

Inglaste poolt hiljuti kirjastatud 5 kaarti (D 26 — D 30) horisontaalses tsentraalprojektsioonis raadiopeilungite märkimiseks on koostatud arvestusega, et neil esinevad kaugused mitmesuguste jaamade ja kaardi keskpunkti vahel ei ületaks 10^0—12^0, s. t. et neil kaartidel võiks tsentraalprojektsiooni puhul märkida vaadeldud raadiopeilungid ilma nurkade moondumise õiendita. Kui aga mingi jaama asetsemisel kaardi äärel soovitakse siiski õiendus sisse võtta, siis see on ülalesitatud valemite abil alati võimalik.

§ 42. SÕIT SUURRINGI KAART MÖÖDA.

Lühim vahemaa kahe punkti vahel maapinnal, kui pidada maad keraks, on väiksem suurringi kaar nende punktide vahel.

Sellepärast, soovides (joon. 147) sõita *A*-st *B*-sse **lühimat** teed, tuleb tõmmata tee suurringi *ABCD* kaart *AB* mööda, mis läbib lähte-



Joonis 147.

ja sihtpunkti. Järelikult, kui sõitmisel *A*-st *B*-sse laev ei lähe suurringi kaart, vaid loksodroomi või mingisugust teist väikese ringi kaart mööda, mis läbib neid punkte, ta tingimata sõidab pikemat teed.

Lühikestel sõitudel see vahe loksodroomi ja suurringi kaare, teisiti ortodroomi, vahel on nii väike, et sellest ei hoolita ja eelistatakse sõita mööda loksodroomi, selleks et sooritada retk ühe otsekursiga.

Sõites mööda ortodroomi, kuna suurringi kaar moodustab mitmesuguseid nurki lähte- ja sihtpunkti meridiaanidega, kurss muutub pide-

valt kogu sõiduaja **algkursist** PAB, lähtumisel punktist A, kuni **lõppkursini** PBC, lähenemisel sihtpunktile B.

Peale selle suurringi kaar merkaatori kaardil kujuneb kõverjoonena, mille kumerus on pöördud pooluse poole, loksodroom aga on sellele kaarele vastav kõõl. Ortodroomi märkimise töö keerulisus ja vaevanõudlikkus on omakorda tunduvaks ebamugavuseks sõitmise korral suurringi mööda.

Sellepärast sõidetakse mööda ortodroomi vaid neil juhtudel, kui selle paremus on olulise tähtsusega, näit. suurtel ookeanireisidel, kus sõit ortodroomil lühendab teed sadade miilide võrra.

Ortodroomi pikkus, selle võrdlemiseks loksodroomi pikkusega, alg- ja lõppkurss leitakse sfäärilise trigonomeetria valemite järgi, ja ortodroomi ennast saab merkaatori kaardile märkida vaid punktide järgi, millede asukohad tuleb leida kas arvutamise teel või erilise graafilise kujutusega. Suurringi kaare pikkus antud punktide vahel, väljendatud kaareminuteis, annab meile kauguse ehk sõidu ortodroomi mööda meremiilides.

§ 43. PÕHIVALEMID.

Kui A on lähte-, B — sihtpunkt, P — poolus, $PAB = K_1$ — algkurss, $PBC = K_2$ — lõppkurss, kaar $AB = d$ — suurringi kaare pikkus, s. o. sõit, — siis rakendades sfäärilisele $\triangle$-le PAB sfäärilise trigonomeetria põhivalemeid, saame:

$$\cos AB = \cos PA \cos PB + \sin PA \sin PB \cos APB,$$
$$\operatorname{ctg} PAB \sin APB = \operatorname{ctg} PB \sin PA - \cos PA \cos APB,$$
$$\operatorname{ctg} (180^0 - PBC) \sin APB = \operatorname{ctg} PA \sin PB - \cos PB \cos APB.$$

Kui punkti A laius ja pikkus märkida φ_1 ja λ_1, punkti B — φ_2 ja λ_2, siis ülaltoodud valemid võtavad kuju:

$$\left.\begin{aligned} \cos d &= \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 (\lambda_2 - \lambda_1), \\ \operatorname{ctg} K_1 &= \cos \varphi_1 \operatorname{tg} \varphi_2 \operatorname{cosec} (\lambda_2 - \lambda_1) - \sin \varphi_1 \operatorname{ctg} (\lambda_2 - \lambda_1), \\ \operatorname{ctg} K_2 &= -\operatorname{tg} \varphi_1 \cos \varphi_2 \operatorname{cosec} (\lambda_2 - \lambda_1) + \sin \varphi_2 \operatorname{ctg} (\lambda_2 - \lambda_1) \end{aligned}\right\} \quad (96)$$

Valemite (96) järgi, kasutades Gaussi tabeleid, on kerge arvutada kaare d pikkus, alg- ja lõppkurss.

Kursid saame ilmsesti vana veerandilise kodariku järgi. Kompassiveerandite nimetused on kergesti määratavad lähte- ja sihtpunkti laiuste ja pikkuste vahede nimetustest. Näit. kui laiuste vahe on N-i ja kaugenemine Ost-i, siis kurss on ilmsesti NO-veerandis; kui laiuste vahe on S-i ja kaugenemine Ost-i, siis veerand on SO jne.

Kui lähte- ja sihtpunkt on eri poolkeradel, siis valemeis (96) laiusele N ja pikkusele Ost tuleb ette panna märk +, laiuse S ja pikkuse W puhul märk —.

Sel juhul suurringi kaar ilmsesti lõikub ekvaatoriga, näit. punktis K, kui sõidetakse A-st (φ_1, λ_1) M-i (φ_2, λ_2). Punkti pikkus, milles ortodroom lõikub ekvaatoriga, on kerge leida õigenurksetest sfäärilistest $\triangle$-dest AGK ja MNK:

$$\operatorname{tg} KG = \sin AG \operatorname{tg} KAG,$$
$$\operatorname{tg} NK = \sin MN \operatorname{tg} NMK.$$

Kuna

$$AG = \varphi_1, \qquad MN = \varphi_2,$$
$$KAG = k_1, \qquad MNK = k_2,$$

siis, märkides punkti K pikkuse λ, leiame, et

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{tg}(\lambda_1 - \lambda) &= \sin \varphi_1 \operatorname{tg} k_1, \\ \operatorname{tg}(\lambda - \lambda_2) &= \sin \varphi_2 \operatorname{tg} k_2. \end{aligned}\right\} \qquad (97)$$

Ühe järgi neist valemeist võib leida λ. Teine valem on kasutatav arvutamiste kontrollimiseks, sest ilmsesti

$$NK + KG = \lambda_1 - \lambda_2.$$

Näidis 99. Arvutada ortodroomi pikkus, alg- ja lõppkurss sõidul New Yorgi ($\varphi_1 = 40^0 42'$ N ja $\lambda_1 = 73^0 59'$ W) ja Lizardi neeme ($\varphi_2 = 49^0 58'$ N ja $\lambda_2 = 5^0 12'$ W) vahel.

Arvutame valemite (96) järgi, seades need meresõiduastroomias tavaks võetud skeemi

$$\cos d = \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos(\lambda_2 - \lambda_1),$$
$$\operatorname{ctg} k_1 = \cos \varphi_1 \operatorname{tg} \varphi_2 \operatorname{cosec}(\lambda_2 - \lambda_1) - \sin \varphi_1 \operatorname{ctg}(\lambda_2 - \lambda_1),$$
$$\operatorname{ctg} k_2 = \operatorname{tg} \varphi_1 \cos \varphi_2 \operatorname{cosec}(\lambda_2 - \lambda_1) + \sin \varphi_2 \operatorname{ctg}(\lambda_2 - \lambda_1).$$

$\varphi_1 = 40^0 42'$ N $\varphi_2 = 49^0 58'$ N $\lambda_2 - \lambda_1 = 68^0 47$ Ost	lg sin sin —	9,8143 9,8840 —	lg cos cos cos	9,8797 9,8084 9,5586	lg cos tg cosec	9,8797 0,0757 0,0305	lg sin — ctg	9,8143 — 9,5891	lg tg cos cosec	9,9346 9,8084 0,0305	lg — sin ctg	— 9,8840 9,5891
	—	9,6983	—	9,2467	—	9,9859	—	9,4034	—	9,7735$_n$	—	9,4731
	α	0,1315	arg.	0,4516	β	9,8684	arg.	0,5825	β	9,6983	arg.	0,3004
	cos d	9,8298	—	—	ctg K_1	9,8543	—	—	ctg (180 — K_2)	9,4718	—	—
	d	47^0	—	—	K_1	$54{,}4^0$	—	—	180 — K_2	$73{,}5^0$	—	—
	ehk d	29,0′ 2849 miili	—	—	—	—	—	—	K_2	$106{,}5^0$	—	—

Niiviisi on sõidu pikkus ortodroomi mööda 2 849 miili, algkurss NO 54,4°, lõppkurss NO 106,5° ehk uue kodariku järgi $k_1 = 54{,}4^0$ ja $k_2 = 106{,}5^0$.

Kui võrrelda saadud suurringi kaare pikkust loksodroomi pikkusega S samade punktide vahel, kus $S = 2\,954$ miili, siis osutub, et võit kauguses $S - d = 2\,954 - 2\,849 = 105$ miili, mis on oluline suurus.

Näidis 100. Arvutada ortodroomi pikkus, alg- ja lõppkurss New Yorgi ($\varphi_1 = 40^0 42'$ N ja $\lambda_1 = 73^0 59'$ W) ja Hea Lootuse neeme ($\varphi_2 = 34^0 21'$ S ja $\lambda_2 = 18^0 30'$ Ost) vahel ning võrrelda loksodroomi pikkusega ja loksodroomilise kursiga samade punktide vahel. Ortodroomi arvutada valemite (96) järgi, võttes N-laiuse märgiga + ja S oma märgiga —.

Ortodroomi arvutamine.

$$\cos d = \overset{+}{\sin}\varphi_1 \overset{-}{\sin}\varphi_2 + \overset{+}{\cos}\varphi_1 \overset{+}{\cos}\varphi_2 \overset{-}{\cos}(\lambda_2 - \lambda_1),$$

$$\operatorname{ctg} k_1 = \overset{+}{\cos}\varphi_1 \overset{-}{\operatorname{tg}}\varphi_2 \overset{+}{\operatorname{cosec}}(\lambda_2 - \lambda_1) - \overset{+}{\sin}\varphi_1 \overset{-}{\operatorname{ctg}}(\lambda_2 - \lambda_1),$$

$$\operatorname{ctg} k_2 = \overset{+}{-\operatorname{tg}}\varphi_1 \overset{+}{\cos}\varphi_2 \overset{+}{\operatorname{cosec}}(\lambda_2 - \lambda_1) + \overset{-}{\sin}\varphi_2 \overset{-}{\operatorname{ctg}}(\lambda_2 - \lambda_1).$$

Niiviisi loksodroom S on pikem suurringi kaarest d $S - d$ miili ehk $6\,823 - 6\,796 = 27$ miili.

Meie näites lähte- ja sihtpunkt asuvad eri poolkeradel, järelikult ortodroom lõikub ekvaatoriga. Valemi (97) järgi on kerge leida selle lõikepunkti pikkus:

$$\operatorname{tg}(\lambda - \lambda_1) = \sin\varphi_1 \operatorname{tg} k_1,$$
$$\operatorname{tg}(\lambda_2 - \lambda) = \sin\varphi_2 \operatorname{tg} k_2,$$

$\varphi_1 = 40^0 42'$ N
$k_1 = \text{SO } 63{,}9^0$

lg sin φ_1	9,8143
lg tg k_1	0,3095
lg tg $(\lambda - \lambda_1)$	0,1238
$\lambda - \lambda_1$	$53^0 3{,}5'$;

$\varphi_2 = 34^0 21'$ S
$k_2 = \text{SO } 55{,}5^0$

lg sin φ_2	9,7515
lg tg k_2	0,1634
lg tg $(\lambda_2 - \lambda)$	9,9149
$\lambda_2 - \lambda$	$39^0 25{,}3'$.

Kuna ortodroomi lõikepunkt ekvaatoriga asub ida pool λ_1 ja läänepool λ_2, siis

$$\lambda - \lambda_1 = 53^0 3{,}5' \text{ Ost}$$
$$\lambda_2 - \lambda = 39^0 25{,}3' \text{ Ost}.$$

Järelikult

λ_1	$73^0 59'$ W
$\lambda_1 - \lambda$	$53^0 3{,}5'$ Ost
λ	$20^0 55{,}5'$ W

λ_2	$18^0 30'$ Ost
$\lambda_2 - \lambda$	$39^0 25{,}3'$ Ost
λ	$20^0 55{,}3'$ W

	1g		1g		1g		1g		1g		1g	
$\varphi_1 = 40^0\ 42'$ N	sin	9,8143	cos	9,8797	cos	9,8797	sin	9,8143	tg	9,9346	—	—
$\varphi_2 = 34^0\ 21$ S	sin	9,7515 n	cos	9,9168	tg	9,3347 n	—	—	cos	9,9168	sin	9,7515 n
$\lambda_2 - \lambda_1 = 92^0 29'0$	—	—	cos	8,6368 n	cosec	0,0004	ctg	8,6372 n	cosec	0,0004	ctg	8,6372 n
	—	9,5658 n	—	8,4333 n	—	9,7148 n	—	8,4515 n	—	9,8518	—	8,3887
	α	0,0309	arg.	1,1325	β	9,9757	arg.	1,2633	β	9,9848	arg.	1,4631
	cos d	9,5967 n	—	—	ctg K_1	9,6905 n	—	—	ctg K_2	9,8366$_n$	—	—
	$180^0 - d$	$66^0\ 44'$	—	—	$180^0 - K_1$	$63{,}9^0$	—	—	$180^0 - K_2$	$55{,}5^0$	—	—
	d	$113^0\ 16'$	—	—	K_1	$116{,}1^0$	—	—	K_2	$124{,}5^0$	—	—
	ehk											
	d	6796 miili	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Loksodroomi arvutamine

$$\text{tg } K = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{D_2 - D_1}$$

$\varphi_2 = 34^0 21'$ S
$\varphi_1 = 40^0 42'$ N
$\varphi_2 - \varphi_1 = 75^0 03' = 4\,503'$
$1g(\lambda_2 - \lambda_1) = 3{,}7442$
$1g(D_2 - D_1) = 3{,}6880$
$1g \text{ ctg } K = 9{,}9438$
$K = 48^0 42'$ SO

$D_2 = 2\,196{,}9$
$D_1 = 2\,677{,}8$
$D_2 - D_1 = 4\,874{,}7$

$S = (\varphi_2 - \varphi_1) \sec K$
$\lambda_2 = 18^0 30'$ Ost
$\lambda_1 = 73^0 59'$ W
$\lambda_2 - \lambda_1 = 92^0 29'$ Ost $= 6549{,}0'$
$1g(\varphi_2 - \varphi_1) = 3{,}6535$
$1g \sec K = 0{,}1805$
$1g\ S = 3{,}8340$
$S = 6{,}823$ miili

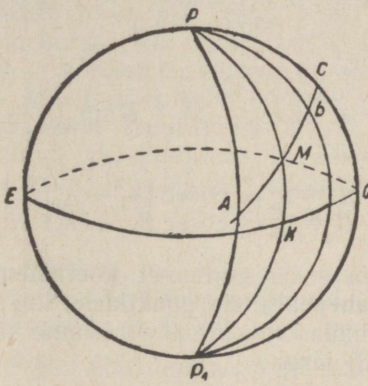
ehk

$K = 131{,}3^0$.

§ 44. VAHEPEALSETE PUNKTIDE ARVUTAMINE.

Suurringi kaare märkimiseks merkaatori kaardil on vaja peale lähte- ja sihtpunkti laiuse ja pikkuse teada veel mõnede ortodroomi vahepealsete punktide laius ja pikkus, millede abil hiljem tõmbame kaardile ortodroomi. Nimelt, kui kõik punktid on nende koordinaatide järgi märgitud merkaatori kaardile, tõmmatakse nendest lekaaliga läbi vastav joon, mis ongi ortodroomi projektsioon kaardil.

Selleks et mitte arvutada vahepealsete punktide mõlemaid koordinaate, võetakse need punktid tavalisesti teatava arvu pikkusekraadide takka, näit. üle 5^0 või 10^0, sõltuvalt siht- ja lähtepunkti pikkuste vahest, ja arvutatakse vaid vahepealsete punktide laiused.



Joonis 148.

Nendeks arvutusteks sobivad järgmised valemid.

Võtame (joon. 148) sfääril mingisuguse vahepealse punkti M suurringi kaarel, laiusega φ ja pikkusega λ, ja tõmbame sellest läbi meridiaani PMK. Nurk $PAB = k_1$, nurk $PBC = K_2$. Vahekorra alusel nelja kõrvutise elemendi vahel võime $\triangle$-st APM kirjutada, et

$$\operatorname{ctg} k_1 \cdot \sin(\lambda - \lambda_1) = \operatorname{tg}\varphi \cos\varphi_1 - \sin\varphi_1 \cos(\lambda - \lambda_1),$$

kust

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\operatorname{ctg} k_1 \sin(\lambda - \lambda_1)}{\cos\varphi_1} + \operatorname{tg}\varphi_1 \cos(\lambda - \lambda_1).$$

Asendades ctg k_1 valemite (96) alusel tema väljendiga äärmiste punktide koordinaatidest saame:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\cos\varphi_1 \operatorname{tg}\varphi_2 \operatorname{cosec}(\lambda_2 - \lambda_1) - \sin\varphi_1 \operatorname{ctg}(\lambda_2 - \lambda_1)}{\cos\varphi_1} \cdot \sin(\lambda - \lambda_1) + \\ + \operatorname{tg}\varphi_1 \cos(\lambda - \lambda_1),$$

ehk

$$\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}\varphi_2 \operatorname{cosec}(\lambda_2 - \lambda_1)\sin(\lambda - \lambda_1) + \operatorname{tg}\varphi_1 [\cos(\lambda - \lambda_1) - \operatorname{ctg}(\lambda_2 - \lambda_1)\sin(\lambda - \lambda_1)].$$

Väljend nurksulgudes teise liikme parempoolses osas on kergesti muundatav, nimelt:

$$\cos(\lambda - \lambda_1) - \operatorname{ctg}(\lambda_2 - \lambda_1)\sin(\lambda - \lambda_1) =$$

$$= \frac{\cos(\lambda - \lambda_1)\sin(\lambda_2 - \lambda_1) - \cos(\lambda_2 - \lambda_1)\sin(\lambda - \lambda_1)}{\sin(\lambda_2 - \lambda_1)} = \frac{\sin(\lambda_2 - \lambda)}{\sin(\lambda_2 - \lambda_1)}.$$

Järelikult

$$\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}\varphi_1 \operatorname{cosec}(\lambda_2 - \lambda_1)\sin(\lambda_2 - \lambda) + \operatorname{tg}\varphi_2 \operatorname{cosec}(\lambda_2 - \lambda_1)\sin(\lambda - \lambda_1),$$

ehk

$$\operatorname{tg}\varphi = A\sin(\lambda_2 - \lambda) + B\sin(\lambda - \lambda_1), \tag{98}$$

kus

$$\left.\begin{aligned} A &= \operatorname{tg}\varphi_1 \operatorname{cosec}(\lambda_2 - \lambda_1) \\ B &= \operatorname{tg}\varphi_2 \operatorname{cosec}(\lambda_2 - \lambda_1) \end{aligned}\right| \tag{99}$$

Valem (98) on hea selles suhtes, et **koefitsiendid** A ja B jäävad **samadeks kõikidele vahepealsetele punktidele,** kui palju me neid ka ei võtaks. Võttes λ üle kindla kraadide arvu, leiame ka vahepealsete punktide laiused valemi (98) järgi.

Näidis 101. Arvutada 8 vahepealsete punktide laiused suurringi kaarele, mille määravad näidise 98 tingimused (New York ja Hea Lootuse neem).

Kuna vaadeldava suurringi kaar asub $\lambda_1 = 73^0 59'$ W ja $\lambda_2 = 18^0 30'$ Ost vahel, siis leiame ortodroomi ja meridiaanide lõikepunktide laiused: $\lambda^{I} = 60^0$ W, $\lambda^{II} = 50^0$ W, $\lambda^{III} = 40^0$ W, $\lambda^{IV} = 30^0$ W, $\lambda^{V} = 20^0$ W, $\lambda^{VI} = 10^0$ W, $\lambda^{VII} = 0^0$ ja $\lambda^{VIII} = 10^0$ Ost.

Kõigepealt leiame lg A ja lg B suurused valemite järgi:

$A = \operatorname{tg}\varphi_1 \operatorname{cosec}(\lambda_2 - \lambda_1)$
$B = \operatorname{tg}\varphi_2 \operatorname{cosec}(\lambda_2 - \lambda_1)$

$\lambda_2 = 18^0 30'$ Ost	lg cosec $(\lambda_2 - \lambda_1)$ 0,0004
$\lambda_1 = 73^0 59'$ W	lg tg φ_2 9,8347 n
$\lambda_2 - \lambda_1 = 92^0 29'$	lg B 9,8351 n
lg A 9,9350	
lg tg φ_1 9,9346	

Nüüd arvutame vahepealsete punktide laiused φ valemi järgi:

$$\operatorname{tg}\varphi = \underbrace{A\sin(\lambda_2 - \lambda)}_{\text{I}} + \underbrace{B\sin(\lambda - \lambda_1)}_{\text{II}}.$$

Sooritanud osutatud arvutused, me saame peale lähte- ja sihtpunkti laiuse ja pikkuse veel ortodroomi 8 vahepealse punkti laiused ja pikkused.

Jääb üle vaid kanda need 10 punkti merkaatori kaardile ja tõmmata lekaali abil neist läbi vastav kõverjoon, mis ongi ortodroomi projektsioon merkaatori kaardil.

Vahepealsete punktide arv sõltub ortodroomi pikkusest ja kõverusest kaardil. Tuleb võtta nii palju punkte, et nendest läbi saab kindlasti tõmmata kõverjoone.

Sõites ortodroomi mööda tuleb teoreetilises mõttes ühtelugu muuta kurssi, mida tegelikult teostada on raske. Sellepärast, et võimalikult lähemal olla ortodroomile, toimitakse tegelikus meresõidus järgmiselt.

Leidnud valemite (96) järgi alg- ja lõppkursi, arvestatakse, kui mitu kraadi tuleb muuta kurssi kogu reisi kestel. Kuna roolija ei suuda ideaalse täpsusega pidada kurssi, siis muuta kurssi üle 1^0 on mõtet vaid väga pikkadel sõitudel ja võrdlemisi väikese kursimuutusega kogu reisi kohta. Kui aga lõpp- ja algkursi vahe on suur, siis jätkub suurringi kaare kinnipidamiseks kursi muutmisest 2^0—3^0 takka. Sellepärast, jagades kogu ettenähtava kursimuutuse kraadide arvu 2 või 3-ga, saame pöördepunktide arvu, jagades aga kogu retke miilide arvu pöörete arvuga, leiame miilide arvu, mis tuleb sõita igal otsekursil, s. o. loksodroomil.

Näidises 100 me leidsime, et algkurss $k_1 = 116{,}1^0$ ja lõppkurss $k_2 = 124{,}5^0$. Kursi muutus kogu reisi kohta on järelikult $8{,}4^0$. Miilide üldarv aga ortodroomi mööda on 6 796, ja kui muudame isegi 1^0 takka, tuleb seda teha $\frac{6\,796}{8{,}4} = 809$ ehk ümmarguselt 800 miili takka.

Näidises 99 kursi muutus $k_1 = 54{,}4^0$ ja $k_2 = 106^0$ vahel moodustab $52{,}9^0$. Reisi üldpikkusel 2 849 miili ja muutmisel 1^0 miili takka tuleks seda teha iga 55 miili järele. Nii sagedasti aga kurssi muuta ei ole mõtet, siin on küllalt muuta iga 3^0 takka, see on iga 165 miili sõidu järele loksodroomi mööda. Üldse püütakse muuta kurssi mingi ümmarguse miilide arvu järele ja mitte sagedamini kui 1—2 korda ööpäevas.

§ 45. SUURRINGI KAARE MÄRKIMISE LIGIKAUDSEID VÕTTEID.

Kuna vahepealsete punktide laiuse arvutamine vajab kogemusi ja aega, ja suurringi kaare täpsel kaardilemärkimisel polegi mõtet, sest tuule ja triivi mõjul laev saab ettemääratud teed pidada ikkagi vaid ligikaudselt, siis kasutataksegi täpse, väljaarvutatud punktide järgi märkimise asemel mingit ligikaudse märkimise võtet. Mõni näide neist:

1. Alg- ja lõpp-punkti läbivad nii ortodroomi projektsioon kaardil kui loksodroom. Vahepealsetes punktides ortodroom üha rohkem kaugeneb loksodroomist, saavutab kaugenemise maksimumi ja hakkab jälle

Laiuste φ arvutamine antud pikkustele λ.

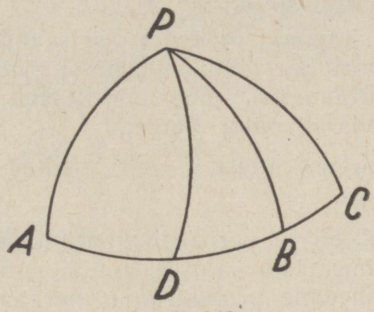
Antud laiused λ'	$\lambda_2 - \lambda'$	lg sin $(\lambda_2 - \lambda')$	$\lambda' - \lambda_1$	lg sin $(\lambda' - \lambda_1)$	lg I	lg II	Gaussi tabeli argument	β	lg tg φ	φ
60°W	78°30′ O st	9,9912	13°59′ O st	9,3832	9,9262	9,2183 n	0,7079	9,9053	9,8315	34°09,3′ N
50° „	68°30′ „	9,9687	23°59′ „	9,6090	9,9037	9,4441 n	0,4596	9,8149	9,7186	27°37,0′ „
40° „	58°30′ „	9,9308	33°59′ „	9,7474	9,8658	9,5825 n	0,2833	9,6805	9,5463	19°23,0′ „
30° „	48°30′ „	9,8745	43°59′ „	9,8416	9,8095	9,6767 n	0,1328	9,4207	9,2302	9°38,6′ „
20° „	38°30′ „	9,7941	53°59′ „	9,9079	9,7291	9,7430 n	0,0139	9,4982	9,2412 n	0°59,9′ S
10° „	28°30′ „	9,6787	63°59′ „	9,9536	9,6137	9,7887 n	0,1750	9,5207	9,3094 n	11°31,4′ „
0° „	18°30′ „	9,5015	73°59′ „	9,9828	9,4365	9,8179 n	0,3814	9,7668	9,5847 n	21°01,3′ „
10°O st	8°30′ „	9,1697	83°59′ „	9,9976	9,1047	9,8327 n	0,7280	9,9101	9,7428 n	28°56,7′ „

lähenema. Järelikult samal meridiaanil asetsevate ortodroomi ja loksodroomi punktide laiuste vahe on muutlik suurus. Punkti, kus see laiuste vahe on kõige suurem, nim. **suurima eraldumise punktiks laiuses.** Selles punktis ortodroomi ja loksodroomi kurss on omavahel võrdsed, s. t. ortodroomi riivaja suurima eralduse punktis on paralleelne loksodroomiga.

Punkti suurringil, mille osaks on meie ortodroom, mis on kõige kaugemal ekvaatorist, nim. **suurringi tipuks** ehk **verteksiks.** Selles punktis ortodroom on paralleelne ekvaatoriga, s. t. ortodroomi riivaja suurringi tipus ühtub tipu paralleeliga.

Leiame verteksi C ja suurima eraldumise punkti D laiuse ja pikkuse.

Oletame (joon. 149), et A (φ_1, λ_1) on lähtepunkt, B (φ_2, λ_2) — sihtpunkt, C (φ, λ) — verteks ja D (φ_0, λ_0) — suurima eraldumise punkt,



Joonis 149.

$PAB = K_1$ — algkurss, $PBC = K_2$ — lõppkurss. Kuna $\triangle PCB$ on õigenurkne punktis C, siis

$$\sin PC = \sin PB \cdot \sin PBC,$$
$$\cos PB = \operatorname{ctg} CPB \cdot \operatorname{ctg} PBC$$

ehk

$$\left.\begin{aligned} \cos\varphi &= \cos\varphi_2 \cdot \sin K_2 \\ \operatorname{ctg}(\lambda - \lambda_2) &= \sin\varphi_2 \cdot \operatorname{tg} K_2 \end{aligned}\right\} \qquad (100)$$

Kontrolliks võib verteksi φ ja λ määrata ka $\triangle$-st APC.

Valemite (100) järgi arvutame suurringi tipu pikkuse ja laiuse. Märgime siinjuures, et punkti C laius annab meile antud suurringi kaldenurga ekvaatori tasapinnaga.

Õigenurksest sfäärilisest $\triangle$-st DPC, arvestades, et $PDC =$ loksodroomilise kursiga K, leiame:

$$\sin PC = \sin PD \cdot \sin PDC,$$
$$\cos PDC = \cos PC \cdot \sin DPC,$$

see on

$$\left.\begin{aligned}\cos\varphi_0 &= \cos\varphi \cdot \operatorname{cosec} K\\ \sin(\lambda - \lambda_0) &= \operatorname{cosec}\varphi \cdot \cos K\end{aligned}\right\} \qquad (101)$$

Valemite (101) järgi leiame suurima eraldumise punkti laiuse φ_0 ja pikkuse λ_0.

Märkides merkaatori kaardile 4 punkti: lähte- ja sihtpunkt, suurima eraldumise punkt ja suurringi tipp — verteks, tõmbame lähtepunktist algkursi-joone ja sihtpunktist lõppkursi-joone, suurima eraldumise punktist loksodroomilise kursijoone ja verteksist — paralleeli.

Siis tõmbame lekaali abil läbi nende 4 punkti kõverjoone, mis riivab kõiki kaardile tõmmatud nelja joont. See joon ongi suurringi kaare ligikaudne projektsioon kaardil.

2. Airy esitas järgmise lihtsa võtte:

a) kui lähte- ja sihtpunkt mõlemad asetsevad samal poolkeral, siis tuleb need merkaatori kaardil ühendada sirgjoonega, s. t. tõmmata nende vahele loksodroom, selle sirgjoone keskelt püstitada perpendikulaar ja pikendada seda ekvaatori poole;

b) arvutades keskmise laiuse $\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}$, valitakse selle järgi abitabelist „vastav paralleel";

c) vastava paralleeli ja perpendikulaari lõikepunkt ongi tsentrum kaare ringjoonele, mis läbib kaardil antud punktid. See kaar ongi ortodroomi väga lähedane projektsioon merkaatori kaardil. Loksodroom on selle kaare kõõl;

d) kui lähte- ja sihtpunkt on eri poolkeradel, siis tõmmatakse nende vahele loksodroom ja joonestatakse ülalosutatud reegli järgi eraldi kaks kaart: ühe lähtepunkti, ekvaatori ja loksodroomi lõikepunkti vahel, teise — viimase ja sihtpunkti vahel.

„Vastava paralleeli" arvutuse valem tuletatakse järgmiselt.

Olgu (joon. 150) A (φ_1, λ_1) — lähtepunkt, B (φ_2, λ_2) — sihtpunkt, punktiirjoon — suurringi kaare täpne projektsioon merkaatori kaardil, pidev kõverjoon — teatava raadiusega ringi kaar.

Kasutades Napier'i teist analoogiat sfäärilises kolmnurgas pooluse, lähte- ja sihtpunkti vahel, saame:

$$\operatorname{tg}\frac{A+B}{2} = \frac{\cos\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}}{\sin\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}} \cdot \operatorname{ctg}\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2}.$$

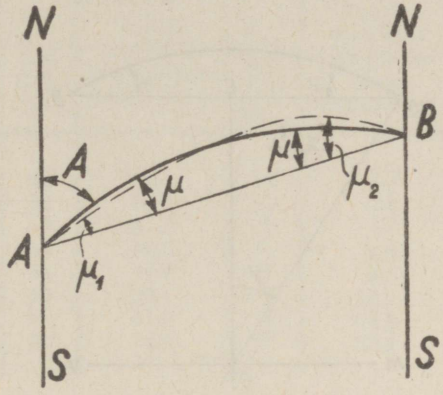
Kaardil (joon. 150) punktiirjoon tähistab ortodroomi täpset projektsiooni, pidev joon — mingi ringi kaare raadiust, kõõl AB — lokso-

droomi. Märkides nurgad täpse kaare ja loksodroomi vahel punktis A — μ_1 ja punktis B — μ_2, saame et

$$A + \mu_1 + B + \mu_2 = 180^0.$$

Järelikult

$$\frac{\mu_1 + \mu_2}{2} = 90^0 - \frac{A+B}{2}.$$



Joonis 150.

Kui nurka pideva joonega joonestatud kaare ja loksodroomi vahel tähistada μ, siis võib võtta, et

$$\mu = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} = 90^0 - \frac{A+B}{2}.$$

Siis

$$\operatorname{ctg} \mu = \frac{\cos \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}}{\sin \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}} \operatorname{ctg} \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2}.$$

Väikeste laiuste vahede kohta võib võtta:

$$\cos \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} = 1,$$

siis

$$\operatorname{ctg} \mu = \operatorname{cosec} \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \operatorname{ctg} \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2}.$$

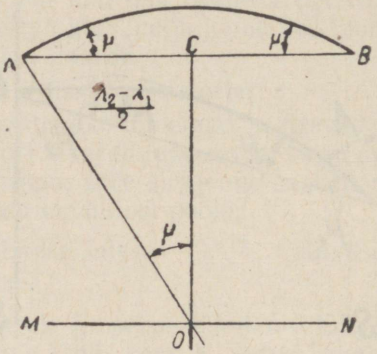
Me oletasime, et

$$\cos\frac{\varphi_2-\varphi_1}{2}=1,$$

ehk teiste sõnadega, A ja B asetsevad samal paralleelil.

Tõmbame (joon. 151) joone AB keskpunktist C püstitatud perpendikulaari CO ja AB-ga nurga $90^0-\mu$ tõmmatud raadiuse lõikepunktist läbi paralleeli MN, mida Airy nimetas „vastavaks paralleeliks". $\triangle$-st ACO saame, et

$$y=OC=AC\operatorname{ctg}AOC,$$



Joonis 151.

ehk kuna

$$AC=\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2},\quad AOC=\mu,$$

siis

$$y=\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}\operatorname{ctg}\ \mu=\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}\operatorname{cosec}\frac{\varphi_1+\varphi_2}{2}\operatorname{ctg}\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}.$$

Väikeste pikkuste vahede puhul võib võtta, et

$$\operatorname{ctg}\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}=\frac{1}{\operatorname{tg}\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}}=\frac{1}{\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}\cdot\sin 1'}.$$

Järelikult

$$y=\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}\cdot\frac{1}{\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}\sin 1'}\operatorname{cosec}\frac{\varphi_1+\varphi_2}{2}=\operatorname{cosec}\frac{\varphi_1+\varphi_2}{2}\operatorname{cosec}\ 1'.$$

Selle valemi järgi on kerge arvutada laiuste meridiaaniline vahe punktide A ja B paralleeli ja „vastava paralleeli" MN vahel, s. t. leida see viimane.

Tabel 25 on võetud inglise meretabelitest (Inman „Nautical Tables") ja on Airy poolt arvutatud eelpool osutatud valemi järgi keskmise laiuse igasuguste suuruste kohta $\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$.

Tabel 25. Airy abitabel suurringi kaare märkimiseks.

Keskmine laius	Vastav paralleel **vastupidise** nimetusega	Keskmine laius	Vastav paralleel **vastupidise** nimetusega	Keskmine laius	Vastav paralleel **vastupidise sama** nimetusega	Keskmine laius	Vastav paralleel **sama** nimetusega
20°	81,2°	36°	50,6°	52°	11,5°	68°	30,5°
22	78,3	38	46,0	54	6,4	70	35,9
24	75,0	40	41,3	56	1,2	72	41,2
26	71,4	42	36,5	58	4,0	74	46,6
28	67,6	44	31,6	60	9,3	76	52,0
30	63,6	46	26,7	62	14,5	78	57,4
32	59,4	48	21,7	64	19,8	80	62,9
34	55,1	50	16,6	66	25,1	—	—

Inmani tabelites „vastav paralleel" antakse üle iga keskmise laiuse 0,5° 20°—80° piires.

Selle tabeli kasutamine lihtsustab palju suurringi kaare ligikaudse projektsiooni märkimist merkaatori kaardile. Seejuures ei tule unustada, et kuni keskmise laiuseni 56° „vastav paralleel" asetseb lähte- ja sihtpunktist erineval poolkeral, 56°-st alates aga samal poolkeral.

Mida väiksem on lähte- ja sihtpunkti laiuste ja pikkuste vahe, seda lähedasem on Airy meetodi järgi tõmmatud kaar tõelisele.

3. Rossel esitas suurringi kaare merkaatori kaardile märkimiseks graafilise meetodi. Ta valmistas kaks merkaatori kaarti samas mastaabis. Ühel esinevad: meridiaanide ja paralleelide võrk, kalda äärjooned ja tähtsamad sadamad, teisel — samasugune meridiaanide ja paralleelide võrk; edasi on joonestatud suurringide projektsioonid, mis läbivad ekvaatori kaht vastuseisvat punkti iga 2° takka nende kallakus ekvaatoriga.

Suurringi leidmiseks, mis läbib lähte- ja sihtpunkti, märgitakse need esimesele kaardile, asetatakse sellele läbipaistev paber, kuhu kantakse kaardilt ekvaator ja mõlemad punktid.

Edasi asetatakse läbipaistev paber teisele kaardile, nii et ekvaatorid ühtuksid, ja liigutades paberit paremale ja vasakule (nii et ekvaato-

rite ühtumine püsiks) püütakse leida asend, kus mõlemad punktid oleksid samal suurringi projektsioonil või sellest ühesuguses kauguses.

Kui selline suurring on leitud, joonestatakse tema kaar läbipaistvale paberile ja kantakse selle abil esimesele kaardile. Võttes siis sellelt kaardilt märgitud kaare mõnede vahepealsete punktide laiused ja pikkused, kantakse see kaar punktide järgi merkaatori kaardile.

Rosseli kaardilt võib võtta ka ortodroomi pikkuse. Selleks joonestatakse teisele kaardile peale suurringide kaarte projektsioonide ka väikeste ringide projektsioonid, mis on perpendikulaarsed ekvaatoriga ja tõmmatud üle 10^0. Järelikult Rosseli kaardil joonestatud suurringi kaar kahe naaber-väikeringi vahel võrdub 600 miiliga. Kaare osa, mis ei ulatu järgmise väikeringini, mõõdetakse meridiaanilise mastaabi järgi kaardi vertikaalraamil.

4. Kõige lihtsamalt toimub suurringi kaare projektsiooni märkimine merkaatori kaardil selleks eriliselt valmistatud gnomooniliste ookeani-kaartide abil. Inglise admiraliteedi poolt on kirjastatud viis sellist horisontaalses tsentraalprojektsioonis koostatud kaarti: kaks — Atlandi, kaks — Vaiksest ja üks — India ookeanist (vt. § 51).

Nende kaartide kasutamine on väga lihtne: kuna gnomoonilisel kaardil iga suurringi kaar esineb sirgjoonena, siis ühendades lähte- ja sihtpunkti sirgjoonega, saamegi sel kaardil otsitava ortodroomi. Edasi võtame kaardilt punktide laiused, kus see sirgjoon lõikub kaardile joonestatud meridiaanidega, ja saamegi meie ortodroomi mõnede vahepealsete punktide laiused ja pikkused. Kanname kõik need punktid üle merkaatori kaardile ja tõmbame lekaaliga neist läbi suurringi kaare projektsiooni.

Laevale, kus on olemas sellised gnomoonilised kaardid, on selline ortodroomi projektsiooni märkimise viis kõige lihtsam.

§ 46. KOMPOSIITSÕIT.

Mõnel juhul, ja nimelt, kui suurringi tipp on lähte- ja sihtpunkti vahel, tuleb laeval ortodroomi mööda sõites minna suuremasse laiusesse, kui on tema tee mõlema äärpunkti laiused. Alati aga ei ole soovitav minna liiga suurde laiusesse, kuna seal võib olla ujuvat jääd, vastastuuli, halb ilmastik jne. Sellepärast sõites ortodroomi mööda püütakse hoiduda teatava laiuse ületamisest. Neil juhtudel, et siiski sõita loksodroomist lühemat teed, määratakse sõit mööda suurringi kaart ettenähtud laiuseni, siis antud laiuse paralleeli mööda ja edasi jälle suurringi kaart mööda kuni sihtkohani.

Sellist sõitu nim. „komposiitsõiduks" (Composite track, navigation mixte).

Kui P on poolus (joon. 152), A (φ_1, λ_1) — lähtepunkt, B (φ_2, λ_2) — sihtpunkt, φ_0 — paralleeli laius, millest kõrgemale pole soovitav minna,

siis tõmmates punktidest A ja B suurringide kaared AM ja BN, mis riivavad antud paralleeli φ_0, me leiame kergesti punktide M ja N pikkused, kus tuleb muuta kurssi. Õigenurksest punkti M juures olevast sfäärilisest $\triangle$-st AMP meil on:

$$\operatorname{tg} MP = \operatorname{tg} PA \cdot \cos APM$$

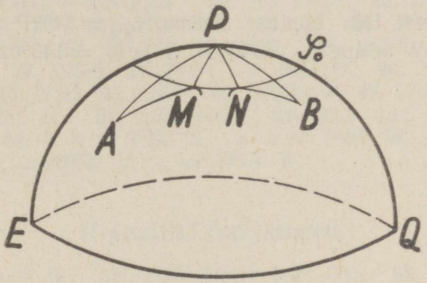
ehk

$$\cos APM = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi_2},$$

ja $\triangle$-st NPB:

$$\cos NPB = \frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg} \varphi_0}.$$

Nende valemite järgi arvutame punktide M ja N pikkuse, ja kuna nende laius φ_0 on antud, siis järelikult punktide M ja N asetus on täiesti teada.



Joonis 152.

Paneme tähele, et antud ülesande lahendamiseks on vajalik, et

$$\varphi_0 > \varphi_1 \text{ ja } \varphi_0 > \varphi_2,$$

sest ka cos APM ja cos $NPB < 1$.

Kui on määratud punktide M ja N asetus, jääb üle vaid kanda kaardile suurringi kaarte projektsioonid A ja M, ning B ja N vahel. Sõit paralleeli mööda M ja N vahel toimub muidugi kursiga Ost või W.

Selleks et suurringi kaart mööda sõites läbi saada ilma arvutusteta, peale eelkäsiteldud ortodroomi ligikaudse märkimise võtete merkaatori kaardile, on olemas veel igasuguseid abitabeleid ja kaarte. Nimetame siin vaid Towsoni inglise ja admiral Perrin'i prantsuse tabeleid.

Nende tabelite ja kaartide kasutamise juhendid leiduvad sealsamas ja neid tuleb tähelepanelikult uurida. Kaardid on koostatud tsentraalprojektsioonis. On katsetatud ehitada sellist kaardi ka polaarses stereograafilises projektsioonis.

Ameerika kapten Kirby leiutas isegi eriseadise, nn. „Circumnavigatori", mille abil kõik ülesanded sõitmiseks mööda suurringi kaart võib lahendada mehaaniliselt.

§ 47. HARJUTUSI „TÄIENDUSTELE."

Arvutada suurringi kaare pikkus, alg- ja lõppkurss, kaare vahepealsed punktid üle pikkuse 10^0 ning võrrelda ortodroomi ja loksodroomi pikkust järgmistel reisidel:

303.	Bermuda . . .	$\varphi_1 = 32^0 19'$ N $\lambda_1 = 64^0 49'$ W	—	Lizardi neem	$\varphi_2 = 49^0 58'$ N $\lambda_2 = 5^0 12'$ W
304.	Hea Lootuse neem	$\varphi_1 = 34^0 21'$ S $\lambda_1 = 18^0 30'$ Ost	—	Horni neem	$\varphi_2 = 55^0 59'$ S $\lambda_2 = 67^0 16'$ W
305.	Lizardi neem . . .	$\varphi_1 = 49^0 58'$ N $\lambda_1 = 5^0 12'$ W	—	Montevideo	$\varphi_2 = 34^0 55'$ S $\lambda_2 = 56^0 12'$ W
306.	Valparaizo	$\varphi_1 = 33^0 02'$ S $\lambda_1 = 71^0 39'$ W	—	Petropavlovsk	$\varphi_2 = 52^0 58'$ N $\lambda_2 = 158^0 44'$ Ost

307. Arvutada sõit Hea Lootuse neeme ($\varphi_1 = 34^0 21'$ S ja $\lambda_1 = 18^0 30'$ Ost) ja Tasmaania saare SW-neeme ($\varphi_2 = 43^0 34'$ S ja $\lambda_2 = 146^0 02'$ Ost) vahel ületamata 47^0 S laiuse paralleeli.

Ülesannete vastused.

I peatüki harjutused.

1. $m = \frac{2\pi R}{360 \cdot 60} = 1853$ m. **2.** 64,8°. **3.** OSO. **4.** NOtN. **5.** NtW. **6.** SWtW¾W. **7.** SO¼O. **8.** NtO½O. **9.** SSO½O. **10.** NtO — StW. **11.** NNW½W — SSO½O. **12.** OSO — WNW. **13.** NtW — StO. **14.** NW½W — SO½O. **15.** SW — NO. **16.** W — Ost. **17.** Ost — W. **18.** OSO½O — WNW½W. **19.** SO 11,2°. **20.** SW 56,2°. **21.** SO 28°. **22.** NW 81,5°. **23.** SW 28°. **24.** NW 5,5°. **25.** W. **26.** SO 50,5°. **27.** SO 37,5°. **28.** NW 25,2°. **29.** 117°. **30.** 167,5°. **31.** 282°. **32.** 13,5°. **33.** 358°. **34.** 269,5°. **35.** 180°. **36.** 235,5°. **37.** 270°. **38.** 319°. **39.** StO¼O. **40.** NW½W. **41.** WSW¼W. **42.** OtN. **43.** OtS¾O. **44.** N½O. **45.** N¾W. **46.** WSW½W. **47.** 73,4 miili. **48.** 25 meetrit. **49.** 18,9 miili. **50.** 291 m. **51.** 15,8 miili. **52.** 22,5 min. **53.** l. v. = 4°54′ N, p. v. = 1°55′ Ost. **54.** l. v. = 3°25′ S, p. v. = 4°49′ W. **55.** l. v. = 1°10′ N, p. v. = 6°34′ W. **56.** $\varphi_2 = 26°52'$ N, $\lambda_2 = 18°19'$ W.

II peatüki harjutused.

57. 14°36′ W = 14,6° W. **58.** 0°10′ Ost = 0,2° Ost. **59.** 0°40′ Ost = 0,7° Ost. **60.** +7°. **61.** —5°. **62.** —14° (14° W). **63.** —19° (19° W). **64.** —23,5°. **65.** +13,5°. **66.** —4°. **67.** —4° (4° W). **68.** +14,5° (14,5° Ost). **69.** +11° (11° Ost). **70.** —13° (13° W). **71.** +11° (11° Ost). **72.** 148°. **73.** 295°. **74.** 342,5°. **75.** 114,5°. **76.** 17°. **77.** 345°. **78.** 347°. **79.** 196°. **80.** NO 35°. **81.** NW 83°. **82.** SO 2°. **83.** NO 4°. **84.** 104°. **85.** 351°. **86.** 152°. **87.** 0°. **88.** 114°. **89.** 356°. **90.** 201°. **91.** 12°. **92.** SW 18°. **93.** SW 7°. **94.** SW 74°. **95.** NW 2°. **96.** +3°. **97.** —8,5°. **98.** —2°. **99.** +1°. **100.** —3°. **101.** +9°. **102.** +10,5°. **103.** +1,5°. **104.** +4°. **105.** +6,5°. **106.** +5°. **107.** —2°. **108.** +0,4°. **109.** —4,0°. **110.** +1,8°. **111.** +2,4°. **112.** +2,9°. **113.** + 0,4°. **114.** + 0,4°. **115.** — 2,0°. **116.** — 2,5°. **117.** 145°. **118.** 34,5°. **119.** 1°. **120.** 199°. **121.** 356°. **122.** 303,5°. **123.** 185°. **124.** 0. **125.** NO 87,5°. **126.** NW 3°. **127.** NO 2,2°. **128.** SO 86,5°. **129.** 32°. **130.** 151°. **131.** 253°. **132.** 82,7°. **133.** 38,5°. **134.** 2°. **135.** 355°. **136.** 347°. **137.** NW 82°. **138.** NW 1°. **139.** SW 2°. **140.** NW 86½°. **141.** 210°. **142.** 35°. **143.** 164°. **144.** 358,5°. **145.** 127,5°. **146.** 16,5°. **147.** 45,5°. **148.** 21°. **149.** SO 7°. **150.** SW 79°. **151.** NO 13°. **152.** NO 70½°. **153.** 149°. **154.** 39,5°. **155.** 355°. **156.** 1°. **157.** 247°. **158.** 16°. **159.** 347°. **160.** 0°. **161.** SO 14½°. **162.** SO 74½°. **163.** SO 21½°. **164.** NW 87°.

III peatüki harjutused.

165. 13,9 meetrit. **166.** Ei või, selle kaardi mastaabi suurim täpsus on 1¼ kaab. **167.** Konformses projektsioonis püsib lõpmatu väikeste pindalade kujutiste sarnasus, ekvivalentses aga — pindalade suhe. **168.** Sest kera pinda ei saa lahti keerata

tasapinnale ilma voltide ega lõhedeta. **169.** Mõõtes millimeetrilise joonlauaga ühesuguse minutite arvu pikkuse kaardi vertikaalsel ja horisontaalsel raamil, võtame saadud arvude suhte, mis võrdub ligikaudu laiuse sekansiga. **170.** 1,58 korda suurem. **171.** Loksodroom on sirgjoon, kaart on konformne. **172.** 1,55 ekvatoriaalminutit. **173.** Mõõtmiste süstemaatilisus ja üksikasjalikkus ning kaardistamistööde aasta. **174.** Teatmelised, navigatsioonilised, erikaardid ja plaanid. **175.** Plaani raame ei jaotata osadeks, neil ei tõmmata meridiaane ega paralleele. **176.** Merkaatori kaartidel mastaap muutub laiusega. **177.** Meremiili kujutis merkaatori kaardil. **178.** a) suurringide kaarte märkimine, b) pooluselähedaste maa-alade kujutamine, c) raadiopeilungite märkimine. **179.** Nurkade moondumine.

IV peatüki harjutused.

180. 1) 98,5°; 2) kell 9.20; 3) 70,2°; 4) 5,5 miili; 5) kell 11.39; 6) 100°; 7) 302,2°; 8) 245°; 9) $\varphi = 59°51{,}4'$ N, $\lambda = 28°28{,}0'$ Ost; 10) 77,3 miili.

181. 1) 331°; 2) kell 12.46; 3) 3,3 miili; 4) 23,2°; 5) 90,8°; 6) k. 14.39; 7) $\varphi = 59°57{,}0'$ N, $\lambda = 28°33{,}0'$ Ost; 8) 45,8°; 9) k. 13.09 kuni 14.35; 10) 63 miili. **182.** 8,1 miili. **183.** Õhuringi raadius $\varrho = 4{,}9$ miili, hoovuse hälvitus $27 - 4{,}9 = 22{,}1$ miili. **184.** 261,5°. **185.** 113,8°. **186.** 9,8°. **187.** 356,5°. **188.** 6,2°. **189.** 32,5°. **190.** SW 18,8°. **191.** NO 1,5°. **192.** SO 40,2°. **193.** NW¾W. **194.** StO¾O. **195.** WSW. **196.** 107,5°. **197.** 102,5°. **198.** 375,2°. **199.** 198,8°. **200.** 9,2°. **201.** 311.5°. **202.** SW ¼°. **203.** NW 82½°. **204.** NW 39½°. **205.** WtS½W. **206.** NWtN¼W. **207.** SOtO¼O. **208.** 342,5°. **209.** 150,2°. **210.** 269,2°. **211.** 11,8°. **212.** 1,2°. **213.** 179,5°. **214.** SO 8½°. **215.** SO 61¾°. **216.** NW 27½°. **217.** NtW½W (NW 17¾°). **218.** OSO½O (SO 73°). **219.** WSW (SW 67¼°). **220.** 257,5°. **221.** 117,8°. **222.** 6.5°. **223.** 350,5°. **224.** 59,2°. **225.** 259,2°. **226.** SO 30½°. **227.** NW 87½°. **228.** SO 20¼°. **229.** N¼W (NW 3°). **230.** S¾W (SW 8½°). **231.** StO¼O (SO 13½°). **232.** 86,5° ja 16,8 sõlme. **233.** T. K. 233,5°, K.K. 245,5°, tõeline kiirus 11,7 sõlme. **234.** 192,5°, 19,6 sõlme. **235.** Hoovuse kiirus on 2,9 sõlme, laeva tõeline kiirus 12,3 sõlme. **236.** Logi järgi 11,6°, tõeline kiirus 10,7. **237.** $\varphi_2 = 59°06{,}9'$ N, $\lambda_2 = 20°39{,}7'$ Ost. **238.** l. v. = 11°41′ S, p. v. = 11°14′ W. **239.** $\varphi_2 = 0°41{,}7'$ S, $\lambda_2 = 71°50{,}9'$ Ost. **240.** $\varphi_2 = 6°41{,}5'$ S, $\lambda_2 = 177°27{,}5'$ Ost. **241.** 249,2°, S = 2 601 miili. **242.** 139,9°, S = 601,3 miili. **243.** $\varphi_2 = 1°21{,}2'$ S. $\lambda_2 = 179°8{,}2'$ W, 3 t. 51 min. **244.** $\varphi = 58°15{,}3'$ N, $\lambda = 18°58{,}2'$ Ost. **245.** $\varphi = 48°33{,}9'$ N, $\lambda = 7°23{,}1'$ W. **246.** $\varphi = 56°48{,}4'$ N, $\lambda = 36°$. **247.** $\varphi = 49°11{,}1'$ N, $\lambda = 16°47{,}0'$ W. **248.** $\varphi_2 = 56°03{,}3'$ N, $\lambda_2 = 13°21{,}9'$ W.

V peatüki harjutused.

249. 1) 275,5°; 2) k. 10.32; 3) 218°, 15,3 miili; 4) 123,2°; 5) 75,5°; 6) $\varphi = 59°33{,}5'$ N, $\lambda = 27°46{,}5'$ Ost; 7) k. 15.07; 8) k. 10.32, k. 11.49, k. 13.29; 9) $\varphi = 59°57{,}0'$ N, $\lambda = 27°28{,}4'$ Ost; 10) 85,4 miili. **250.** 1) 118°; 2) 0,8 miili kursil 210°; 3) k. 13.00; 4) k. 15.07; 5) 105°; 6) $\varphi = 60°05{,}5'$ N, $\lambda = 27°30{,}2'$ Ost; 7) $\varphi = 59°52{,}0'$ N, $\lambda = 29°01{,}1'$ Ost; 8) 80,3 miili; 9) 2,6 miili; 10) k. 15.22. **251.** 1) 2,8 miili; 2) 22,5°; 3) k. 13.43; 4) k. 15.14; 5) $\varphi = 59°40{,}3'$ N, $\lambda = 26°57{,}7'$ Ost; 6) 94°; 7) 89,8°; 8) 78,4 miili; 9) k. 12.01, k. 13.14, k. 15.05, k. 15.23, k. 17.02; 10) $\varphi = 59°45{,}0'$ N, $\lambda = 28°15{,}2'$ Ost. **252.** 1) 99,2°; 2) 135,2°; 3) 103°, 8,4 miili; 4) 130,2°; 5) k. 14.32; 6) $\varphi = 59°29{,}7'$ N, $\lambda = 27°59{,}0'$ Ost; 7) 68,1 miili; 8) $\varphi = 59°57{,}8'$ N, $\lambda = 27°21{,}9'$ Ost; 9) 10°; 10) k. 13.34. **253.** 1) 354,5°; 2) 11,2 miili, 3) 104,5°; 4) 3,2 miili; 5) 79,5°. **254.** 1) 298,8°; 2) 9,6 miili; 3) 40,2°, 17,0 miili; 4) 37°; 5) $\varphi = 60°02{,}6'$ N, $\lambda =$

$= 27^{0}28{,}8'$ Ost. **255.** 1) $103\frac{1}{2}^{0}$, 9,4 miili; 2) 3,3 miili; 3) $77{,}8^{0}$, 10,5 miili; 4) $\varphi =$ $= 60^{0}04{,}3'$ N, $\lambda = 27^{0}25{,}0'$ Ost; 5) k. 13.23. **256.** 1) $39\frac{1}{2}^{0}$, 16,2 miili; 2) $\varphi =$ $= 59^{0}49{,}2'$ N, $\lambda = 27^{0}27{,}2'$ Ost; 3) $14\frac{1}{2}^{0}$; 4) 0 miili; 5) $70{,}5^{0}$, 21,7 miili. **257.** 1) $119{,}5^{0}$, 10,1 miili; 2) k. 11.38; 3) 58^{0}, 16,5 miili; 4) k .13.40, 2,6 miili; 5) $106{,}8^{0}$, 15,4 miili. **258.** 1) $71\frac{1}{2}^{0}$, 9,9 miili; 2) 278.8^{0}, 7,9 miili; 3) $72{,}8^{0}$, 9,9 miili; 4) $\varphi = 59^{0}59{,}4'$ N, $\lambda = 27^{0}26{,}9'$ Ost, logi 44,2; 5) k. 14.39, logi 69,1. **259.** 1) $\varphi = 59^{0}39{,}5'$ N, $\lambda =$ $= 27^{0}19{,}4'$ Ost; 2) 27^{0}, 10,5 miili; 3) 7 miili; 4) k. 13.22, $293{,}5^{0}$; 5) $138{,}8^{0}$, 5,5 miili. **260.** 1) 299^{0}; 2) 209^{0}, 10,8 miili; 3) 32^{0}, 8 miili; 4) k. 16.38; 5) $\varphi = 60^{0}05{,}2'$ N, $\lambda = 27^{0}38{,}8'$ Ost. **261.** 1) 2,8 miili; 2) $66{,}5^{0}$; 3) $243{,}5^{0}$, 10,3 miili; 4) k. 13.42; 5) $\varphi =$ $= 60^{0}01{,}2'$ N, $\lambda = 26^{0}59{,}4'$ Ost. **262.** 1) 3,7 miili; 2) 3,5 miili; 3) 9,3 miili; 4) 123^{0}, 9,8 miili; 5) $\varphi = 59^{0}33{,}8'$ N, $\lambda = 27^{0}34{,}0'$ Ost. 263. 1) $\varphi = 60^{0}01{,}0'$ N, $\lambda = 28^{0}38{,}0'$ Ost; 2) 65^{0}; 3) k. 16.10 ja 16.25; 4) $167{,}5^{0}$, 50,5 kaab.; 5) k. 16.55; 6) 292^{0}; 7) $\varphi = 59^{0}65{,}5'$ N, $\lambda = 27^{0}24{,}5'$ Ost; 8) 16^{0}, k. 19.33. **264.** 1) $\varphi = 59^{0}55{,}6'$ N, $\lambda = 27^{0}41{,}5'$ Ost; 2) 317^{0}; 3) 49^{0}, k. 5.41; 4) $\varphi = 60^{0}12{,}0'$ N, $\lambda = 28^{0}03{,}8'$ Ost; 5) 333^{0}, 28 min.; 6) 258^{0}, 32 kaab.; 7) $\varphi = 60^{0}10{,}6'$ N, $\lambda = 28^{0}16{,}0'$ Ost; 8) $\varphi = 59^{0}50{,}4'$ N, $\lambda = 29^{0}14{,}6'$ Ost.

„Täienduste" harjutused.

303. $d = 2\,810$ miili, $k_1 = 49{,}8^{0}$, $k = 91{,}3^{0}$, $s = 2\,869$ miili, $k = 68{,}3^{0}$, $s - d = 59$ miili. Vahepealsed punktid:

φ	λ
$35^{0}34{,}3'$ N	60^{0} W
$41^{0}01{,}0'$ „	50^{0} „
$44^{0}56{,}5'$ „	40^{0} „
$47^{0}17{,}5'$ „	30^{0} „
$49^{0}15.0'$ „	20^{0} „
$49^{0}57{,}3'$ „	10^{0} „

304. $d = 3\,593$ miili, $k_1 = 220{,}2^{0}$, $k_2 = 287{,}8^{0}$, $s = 3\,791$ miili, $k = 70{,}0^{0}$, $s - d = 198$ miili. Vahepealsed puntid:

φ	λ
$41^{0}36{,}3'$ S	10^{0} Ost
$47^{0}49{,}0'$ ..	0^{0} „
$52^{0}07{,}3'$ „	10^{0} W
$55^{0}00{,}0'$ „	20^{0} „
$56^{0}47{,}1'$ „	30^{0} „
$57^{0}40{,}7'$ „	40^{0} „
$57^{0}46{,}0'$ „	50^{0} „
$57^{0}02{,}7'$ „	60^{0} „

305. $d = 5\,766$ miili, $k_1 = 219{,}9^{0}$, $k_2 = 210{,}2^{0}$, $s = 5\,778$ miili, $s - d = 12$ miili, $k = 208{,}2^{0}$. Vahepealsed punktid:

φ	λ
$40^{0}51{,}5'$ N	10^{0} W
$34^{0}01{,}5'$ „	20^{0} „
$16^{0}40{,}2'$ „	30^{0} „
$4^{0}52{,}4'$ S	40^{0} „
$25^{0}03{,}3'$ „	50^{0} „

306. $d = 8\,353$ miili, $k_1 = 314{,}7^0$, $k_2 = 261{,}3^0$, $s = 8\,570$ miili, $s - d = 217$ miili, $k = 307^0$. Vahepealsed punktid:

φ	λ
23°42,5′ S	80° W
13°45,7′ „	90° „
0°36,3′ „	100° „
12°36,5′ N	110° „
25°11,3′ „	120° „
33°38,4′ „	130° „
40°39,7′ „	140° „
45°45,5′ „	150° „
49°18,7′ „	160° „
51°39,7′ „	170° „
52°59,7′ „	180° „
53°27,3′ „	170° Ost
53°04,7′ „	160° „

307. $d = 5\,316$ miili, $k_1 = 144{,}9^0$, $k_2 = 40{,}9^0$, $s = 5\,962$ miili, $s - d = 646$ miili, $k = 95{,}3^0$.

Verteksi koordinaadid $\varphi = 61^0 40'$ S, $\lambda = 86^0 53'$ Ost.

Punktide M ja N pikkused paralleelil 47° S: $\lambda_m = 68^0 54'$ Ost, $\lambda_n = 118^0 33'$ Ost. Selviisil sõit jagub kolme ossa: 1) suurringi kaart mööda algpunktist kuni $\varphi = 47^0$ S ja $\lambda = 68^0 54'$ Ost, 2) laiuse 47° S paralleeli mööda kuni meridiaanini $118^0 33'$ Ost ja 3) punktist $\varphi = 47^0$ S ja $\lambda = 118^0 33'$ Ost suurringi kaart mööda sihtpunktini.

SISUKORD.

Lk.

Autorilt 3
Sissejuhatuseks 5
I peatükk. **Põhimõisted** 7
§ 1. Maakera kuju ja mõõtmed 7
§ 2. Laevajuhtimise tarvis on maa — kera 9
§ 3. Meremiil 10
§ 4. Mitmesugused pikkusühikud 11
§ 5. Geograafilised koordinaadid: laius ja pikkus 14
§ 6. Laiuste ja pikkuste vahed 15
§ 7. Põhijooned ja tasapinnad 19
§ 8. Rumbid, kursid ja peilungid 21
§ 9. Tõelise horisondi jagamine 32 rumbiks 22
§ 10. Horisondi jagamine kraadideks 25
§ 11. Üleminek ühelt süsteemilt teisele 26
§ 12. Nähtav horisont ja tema kaugus 27
§ 13. Eseme nähtavuse kaugus 29
§ 14. Atmosfääriliste tingimuste mõju 32
§ 15. Harjutusi I peatükile 33

II peatükk. **Suundade määramine merel** 35
§ 16. Laevajuhtimine muinasajal 35
§ 17. Kompassi leiutamine 35
§ 18. Kaasaegsed merekompassid 36
§ 19. Maakera magnetism 36
§ 20. Kompassi variatsioon 37
§ 21. Variatsiooni ajaline muutumine 39
§ 22. Magnetiliste kaartide kasutamine 40
§ 23. Valitud variatsiooni usaldatavus 41
§ 24. Magnetilised anomaaliad ja tormid 42
§ 25. Magnetilised rumbid, kursid ja peilungid 43
§ 26. Vana kaarekodarik 45
§ 27. Kompassi deviatsioon 46
§ 28. Kompassi rumbid, kursid ja peilungid 47
§ 29. Deviatsiooni sõltumus sõidurajoonist ja kursist 48
§ 30. Deviatsiooni hävitamise mõiste 49
§ 31. Deviatsiooni määramine 49
§ 32. Deviatsiooni määramine liitsihi järgi 51
§ 33. Deviatsiooni määramine kauge eseme peilungi järgi 54
§ 34. Deviatsiooni tabel 55
§ 35. Rumbide õiendamine 57
§ 36. Rumbide siirmine 60

Lk.

§ 37. Mnemoonilisi juhiseid 63
§ 38. Kokkuvõtteks 65
§ 39. Harjutusi II peatükile 65

III peatükk. **Merekaardid.** 69
§ 40. Kartograafilistest projektsioonidest 69
§ 41. Kaartide liigitus 71
§ 42. Kaartide mastaabid 71
§ 43. Mastaabi ülim täpsus 73
§ 44. Kartograafiliste projektsioonide liigitus 74
§ 45. Merekaardi valmistamise tingimused 76
§ 46. Merkaatori kaardi algteooria 76
§ 47. Meridiaanilised osad 79
§ 48. Meridiaaniline laiuste vahe 81
§ 49. Merkaatori kaardi koostamine 83
§ 50. Merkaatori kaartide kasutamine 86
§ 51. Gnomoonilised kaardid 91
§ 52. Merekaartide liigitus 96
§ 53. Kaardi väärtuse hindamine 98
§ 54. Harjutusi III peatükile 99

IV peatükk. **Laeva tee märkimine ja arvutamine** 100
§ 55. Märkimine ja arvutamine 100
§ 56. Sõidutee kaardile märkimise käik 101
§ 57. Eelmärkimine 102
§ 58. Sõidutee märkimise täpsus 103
§ 59. Laeva tsirkulatsiooni arvestamine 107
§ 60. Laeva kursid tuule suhtes 109
§ 61. Tuule mõju purjedele 110
§ 62. Triivi suuruse määramine 112
§ 63. Triivi arvestamine 114
§ 64. Triivimine 116
§ 65. Hoovuse mõju 116
§ 66. Sõtmine püsivas hoovuses 117
§ 67. Sõitmine tõusu-mõõna-hoovuses 119
§ 68. Hoovuse määramine vaatlustest 121
§ 69. Laeva hoovushälbimise arvestamine tabelite järgi 122
§ 70. Arvutamise põhivalemid 127
§ 71. „1933. a. Meretabelite" tabelid 34 ja 35 131
§ 72. Lihtarvutamine 134
§ 73. Koondarvutamine 135
§ 74. Navigatsiooni-päevik 141
§ 75. Harjutusi IV peatükile 145

V peatükk. **Laeva asukoha määramine** 149
§ 76. Vaatluste vajalikkus 149
§ 77. Navigatsiooniliste määrangute olemus 149
§ 78. Navigatsiooniliste määrangute täpsus 150
§ 79. Navigatsiooniliste määrangute vigade allikaid 151
§ 80. Koha määramine kahe nurga järgi 154
§ 81. Ebamäärane juhus asukoha määramisel kahe nurga abil . 156
§ 82. Kahe nurga abil asukoha määramise tegelik sooritamine . . 158
§ 83. Asukoha määramine kolme peilungi järgi 160

Lk.
§ 84. Kolme peilungi abil kohamääramise tegelik sooritamine . . 162
§ 85. Kohamääramine kahe peilungi järgi 164
§ 86. Kahe peilungi järgi kohamääramise tegelik sooritamine . . . 167
§ 87. Kohamääramine peilungi ja horisontaalnurga järgi 168
§ 88. Kohamääramine kahe kauguse järgi 169
§ 89. Kauguse määramine kaugusemõõtjaga 170
§ 90. Kauguse määramine vertikaalnurga järgi 171
§ 91. Kohamääramine peilungi ja kauguse järgi 173
§ 92. Kohamääramine ristpeilungi järgi 176
§ 93. Ristpeilimismeetodi täpsus 179
§ 94. Ristpeilungite teel asukoha määramise tegelik sooritamine . 182
§ 95. Ristpeilungite erijuhud 183
§ 96. Ohunurgad 187
§ 97. Ohtlik kaugus, ohtlik peilung 188
§ 98. Üldmärkmeid kohamääramisest 189
§ 99. Sõiduteemärkimise ülesandeid 191
§ 100. Harjutusi V peatükile 196

VI peatükk. **Sõitmine ja kohamääramine eri olukordades.** 198
§ 101. Sõitmine udus 198
§ 102. Vanad udusignaalid õhu kaudu 199
§ 103. Uusimaid õhu-helisaatjaid 200
§ 104. Kohamääramine kursi ja sügavuse järgi 203
§ 105. Kohamääramine veealuse kella abil 205
§ 106. Veealuse kella järgi kohamääramise tegelik sooritamine . . 207
§ 107. Membraan-ostsillaatorid 209
§ 108. Kohamääramine raadio järgi 210
§ 109. Raadiopeilimisseadmete ehituse alused 211
§ 110. Raadiopeilungite saamine kaldajaamalt 217
§ 111. Mereraadiosignaalide kirjeldused 219
§ 112. Saadavate raadiopeilungite täpsus 219
§ 113. Raadiopeilungite märkimine merekaartidele 221
§ 114. Asukohamääramise raadio-akustiline meetod 226
§ 115. Juhtkaabel 228
§ 116. Juhtkaabli tegevus 232
§ 117. Juhtkaabli kasutamine 235
§ 118. Prantsuse laevavastuvõtjad 236
§ 119. Arvutamine sõitmisel jääs 237
§ 120. Skäärides sõitmise erisusi 239
§ 121. Sõit soodsamaid teid mööda 241
§ 122. Harjutusi VI peatükile 242

Täiendused 243
§ 1. Maakera mõõtmete määramine 243
§ 2. Geoidi mõiste 246
§ 3. Meridiaani 1′ pikkus 247
§ 4. Ekvatoriaalne, geograafiline ja statuutne miil 249
§ 5. Rumbide lugemine inglastel ja sakslastel 249
§ 6. Vastas- ja perpendikulaarrumbid 250
§ 7. Maa refraktsiooni mõju nähtava silmapiiri kaugusele 250
§ 8. Liitsihi tundlikkus 251
§ 9. Kauge eseme valik 253
§ 10. Teisi deviatsiooni määramise viise 255
§ 11. Plaani mõõtmetest 256

Lk.

§ 12. Loksodroomi-võrrand 257
§ 13. Loksodroomi-võrrandi analüüs 264
§ 14. Merkaatori projektsioon 265
§ 15. Meridiaaniliste osade arvutamine 269
§ 16. Merkaatori kaardi võrgu arvutaminne 272
§ 17. Perspektiivprojektsioonid 277
§ 18. Nurkade moondumine tsentraalprojektsioonides 282
§ 19. Tõeliste asimuutide korrigeerimine 285
§ 20. Tsentraalprojektsioonide liigid 287
§ 21. Horisontaalne tsentraaiprojektsioon 287
§ 22. Polaarne tsentraalprojektsioon 292
§ 23. Ekvatoriaalne tsentraalprojektsioon 294
§ 24. Kaartide trükkimine 295
§ 25. Tsirkulatsiooni arvestamine pööretel 297
§ 26. Hoovuse määramine ühe eseme järgi 299
§ 27. Loksodroomilise kursi ja sõidu arvestus 302
§ 28. Pikkuste vahe ligikaudse valemi viga 304
§ 29. Arvutusvalemite analüüs 307
§ 30. Liitarvutamise mõiste 307
§ 31. Arvutatud φ_2 ja λ_2 vigadest 308
§ 32. Givry õiend 310
§ 33. Veakolmnurk 315
§ 34. Vea mõju mõõdetud nurgas 317
§ 35. Silma kõrguse mõju 318
§ 36. Refraktsiooni mõju 319
§ 37. Kauguse määramine vertikaalnurga järgi, kui eseme alus on varjatud 320
§ 38. Oigenurga-meetod 325
§ 39. Ristpeilung periskoobi kaudu 326
§ 40. Õiendatud ristpeilung 327
§ 41. Raadiopeilungite märkimine erikaartidel 329
§ 42. Sõit suurringi kaart mööda 332
§ 43. Põhivalemid 333
§ 44. Vahepealsete punktide arvutamine 337
§ 45. Suurringi kaare märkimise ligikaudseid võtteid 339
§ 46. Komposiitsõit 346
§ 47. Harjutusi „Täiendustele" 348
Ülesannete vastused 349

Vastutav toimetaja J. Jansen.
Keeleline toimetaja J. Väinaste.

Ladumisele antud 6. I 1947. Trükkimisele antud 17. IV 1947. Trükiarv 2200. Paber 61:86. 1/16. Trükipoognaid 22,25. Trükitähti trükipoognas 47632. Arvutuspoognaid 26,2. MB 01780. Trükikoda „Hans Heidemann", Tartu, Vallikraavi 4. Tellimise nr. 77.

На эстонском языке.

Н. Сакеллари. Навигация.

Rbl. 40.—

A-16407
A

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00545580 5