

A-8546

Duplum

Aug. Gustavson

Merekooli õpetaja

Navigatsiooni õpperaamat

I jagu

Teine tööteldud ja täiendatud trükk



Tallinna Merekooli väljaanne — Tallinn, 1935. a.

Aug. Gustavson

Merekooli õpetaja

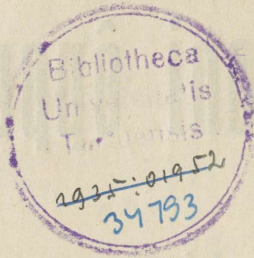
Navigatsioonõpperaamat

I jagu

Teine tööteldud ja täiendatud trükk



2. ✓



Trükikoda J. Roosileht & Ko. Tallinnas, Lühikejalg 4.

A-8546

2. trüki eessõna.

Navigatsiooni õpperaamatu I osa I trükk ilmus juba 1921. a., s. t. ca 15 a. tagasi. Vahepeal on merekeel tugevasti arenenud, on võetud tarvitusele uued oskussõnad jne., mispärast ongi ülim aeg teise trüki väljaandmiseks. Käesolev teine trükk ei sisalda I-ga võrreldes ainult uusi keelelisi parandusi, vaid see on ka sisuliselt põhjalikult tööteldud, värskendatud ja täiendatud. Sisu jaotus on aga üldiselt endine.

Täiesti uue peatükina esineb vurr-kompassi jämeda-jooneline kirjeldus, mis õieti oleks pidanud aset leidma Navigatsiooni õpperaamatu II osas. Et see aga seal puudub, siis paigutasin selle siia, kuna pole väga oluline, kus see leidub.

Käesoleva trüki eksemplaride arv on arvestatud nii, et kolmanda trüki puhul on võimalik I ja II osa anda välja koos ühise Navigatsiooni õpperaamatuna, mis on täiesti loomulik.

Mainin tänuga hrade E. Pasti ja K. Veski kaastööd jooniste valmistamisel.

Raamatus esinevaist vigadest, puudustest ja üldse igasugusesist soovidest palun lugupeetud meremehi mind lahkesti informeerida, et võiksin neid järgmises trükis kõrvaldada.

Tallinnas, oktoober 1935.

August Gustavson.

Kirjandus.

- Admiralty Manual of Navigation 1922. Vol. I & II.
Gustavson, A. Deviatsiooni teooria ja praktika, Tallinn
1933. a.
Fossum & Jensen, Navigasjon, Oslo, 1933.
Meldau-Steppes. Lehrbuch der Navigation, Bremen 1931.
The Sperry Gyro-Compass, The Sperry Gyroscope Co
väljaanne.
Сакеллари, Навигация, Москва 1933.

SAMALT AUTORILT VAREM ILMUNUD.

- Navigatsiooni õpperaamat I jagu, Tallinn. 1921. a.
Navigatsiooni õpperaamat II jagu, Tallinn. 1925. a.
Laevade kokkupõrgete seadus ja kokkupõrgete ärahoid-
mise reeglid seletustega. (Koos vann. adv. M. Grosholmiga)
Tallinn. 1931. a.
Avarii ja dispaši seadus seletustega. (Koos vann. adv.
M. Grosholmiga) Tallinn. 1932. a.
Navigatsiooni õpperaamat II jagu, 2. ümbertöötatud ja
täiendatud trükk. Tallinn. 1932. a.
Deviatsiooni teooria ja praktika. Tallinn. 1933. a.
Vanaduse-, invaliidsuse- ja järeljäänute kindlustus. Tal-
linn. 1934. a.
Tööõnnetuste vastu kindlustamise seadus seletustega.
(Koos dir. J. Soniniga). Tallinn. 1935. a.
-

Sissejuhatuseks.

Laevajuhi ülesanne merel on laeva ühest sadamast teise juhtida lühemat ja julgemat teed mööda. Et sellega tulla toime, peab laevajuht olema varustatud küllaldase merepraktilise vilumusega ja teoreetiliste teadmistega, ja tal peavad olema tarvilised vahendid selle ülesande sooritamiseks.

Laevajuht peab oskama käsitella merekaarte, kompasse, logisid, loode ja muid meresõidu instrumente, ta peab tundma meremärke, oskama määrata kursse, teha kindlaks laeva asukohta kaldalt nähtavate märkide järgi jne. Kõigi nende siin lühidalt loeteldud ja paljude loetlemata ülesannetega tutvustab laevajuhti meresõiduteadus ehk *navigatsioon*.

Avamerel peab laevajuht oskama oma asukohta määrata taevakehade vaatluste ja vastavate matemaatiliste arvutuste järgi. See osa laevajuhtimise oskusest moodustab *meresõidu astronoomia*.

Õhkonnas esinevad nähted — tuuled, tormid jne. — mõjutavad laeva tema teekonnal, samuti hoovused, ujuvad jääd jne. veekogudes. Siit järgneb, et laevajuht peab olema hädaohutu meresõidu huvides küllaldaselt kodus ka *meteoroloogias* ja *okeanograafias*.

Magneti-kompass allub raud-teras-laevas raua häirivaile mõjudele. Nende häiringute määramist ja vajaduse korral kõrvaldamist õpetab *deviatsiooniteooria* ja *praktika*.

Navigatsioon, *meresõidu astronoomia*, *meteoroloogia*, *okeanograafia* ja *deviatsiooniteooria* kokku moodustavad teadmiste kompleksi, mis on tarviline laevajuhile edukaks laevajuhtimiseks meredel lähtekohast sihtsadamasse. Neist teadmistest kuulub *navigatsioonile* põhjapanevaim, tähtsaim osa.

I. PEATÜKK.

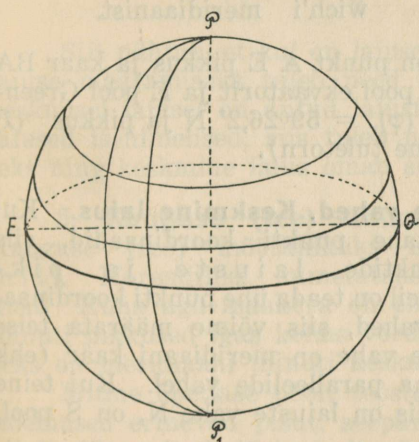
Algmõisted.

1. Maakera kuju ja suurus. Maakera on kerakuju-line keha, kuid teaduslikud mõõtmised ja arvutamised näitavad, et ta ei ole siiski täiesti geomeetiline kera, vaid erineb pisut sellest. Geomeetriliste kehadega võrreldes maakera sarnleb kõige rohkem pöördeellipsoidile.

Mitme teadlase (Bessel, Clarke, Helmert, Schubert jne.) poolt toimitud arvutuste järgi on maakeraellipsoidi suurtelg väikesest teljest kõigest umbes $\frac{1}{300}$ korda suurem, mispärast maakera erinevus kerast on tegelikult tähtsusetult väike.

Navigatsioonis, kus äärmine matemaatiline täp-sus on nii-kui-nii saavutamata, vaadeldakse seepärast maakeraku geomeetrilist kera, mille maht võrdub maa ellipsoidi mahuga. Sellise oletatava kera raadiuse pikkuseks loetakse (Helmerti järgi) 6371 km ja ümbermõõduks — 40 031,6 km.

2. Maakeratelg, poolused, ekvaator, meridiaanid ja paralleelid. Diameeter, mille ümber toimub maakera öö-päeva



Joon. nr. 1.

pöörlemine, on maakeratelg (PP. joon. nr. 1). Telje otspunkte nimetatakse poolusteks. Üks neist on N-, teine S-poolus. Suuring¹⁾, mille tasapind on risti maakerateljega, on ekvaator (EQ, joon. nr. 1). Suuringid, mis läbivad poolused (tasapinnad ühtuvad teljega), on meridiaanid. Ekvaatoriga paralleel-sed ringid on paralleelid. Meridiaani, millest loetakse teiste meridiaanide äraseisu ehk kaugust, nime-tatakse esimeseks ehk alg-meridiaaniks. Rahvusvaheliselt tunnustatult loetakse algmeridiaaniks Greenwichi²⁾ observatooriumi meridiaani.

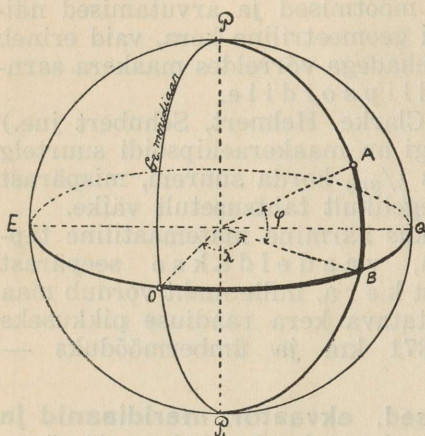
¹⁾ Suuringiks nimet. ringi keral, mille tasapind lõikab kera kesk-punkti.

²⁾ Greenwich — Londoni eeslinn.

Meridiaani, mis läbib teatud koha, nimetatakse k o h a m e r i d i a a n i k s.

3. Geograafilised koordinaadid: laius ja pikkus.

Punkti asendi maakera pinnal määravad tema geograafilised koordinaadid: laius ja pikkus. Geograafiline laius (φ) on punkti äraseis ekvaatorist meridiaani mööda. Või teisiti: laius on meridiaani kaar (ehk sellele vastav tsentrinurk) ekvaatorist vastava kohani.



Joon. nr. 2.

Laiust ekvaatorist põhja poole nimet. N- (ehk +) laiuks ja lõuna poole S- (ehk —) laiuks. Suurim laius võib olla 90° (poolus).

Geograafiline pikkus (λ) on ekvaatori kaar (ehk sellele vastav tsentrinurk) Greenwichi meridiaanist koha meridiaanini. Loetakse 0° — 180° -ni, ja lisatakse nimetus E (+) või W (—), selle järgi kuspool vastavat punkti meridiaan asub Greenwich'i meridiaanist.

Joonisel nr. 2 kaar OB on punkt A E pikkus ja kaar BA selle N laius. Tallinn asub N pool ekvaatorit ja E pool Greenwich'i meridiaani, selle laius (φ) = $59^{\circ}26,2'$ N ja pikkus (λ) = $24^{\circ}48'$ E. (Lasnamäe alumine tuletorn).

4. Laiuste ja pikkuste vahed. Keskmise laius. Kui meil on teada maakeral kahe punkti koordinaadid, siis võime määrata nende punktide laiuste ja pikkuste vahed. Või kui meil on teada ühe punkti koordinaadid ja laiuste ja pikkuste vahed, siis võime määrata teise punkti koordinaadid. Laiuste vahe on meridiaani kaar (ehk vastav tsentrinurk) kahe koha paralleelide vahel. Kui teine punkt on esimesest N pool, siis on laiuste vahe N, on S pool, siis on laiuste vahe S.

Pikkuste vahe on ekvaatori kaar kahe koha meridiaanide vahel. On teine punkt esimesest E pool, siis on pikkuste vahe E, on aga W pool, siis W.

Laiuste ja pikkuste vahede leidmiseks tuleb ühenimelised koordinaadid lahutada ja isenimelised liita. Kuna aga pikkuste vahet loetakse 180° -ni, siis, kui isenimeliste pikkuste

summa ületab 180°, tuleb see summa lahutada 360°-st, saame pikkuste vahe, mille nimetus on vastupidine eelmisele.

Näiteid: 1. Punkt A $\varphi = 52^\circ\text{N}$ ja $\lambda = 122^\circ\text{E}$. Punkt B $\varphi = 41^\circ\text{N}$ ja $\lambda = 128^\circ\text{E}$. Nüüd laiuste vahe ($\varphi_1 - \varphi_2$) = $52^\circ - 41^\circ = 11^\circ\text{S}$ (teine punkt on esimesest S pool) ja pikkuste vahe ($\lambda_1 - \lambda_2$) = $128^\circ - 122^\circ = 6^\circ\text{E}$ (teine punkt on esimesest E pool).

2. Punkt A $\varphi = 43^\circ\text{N}$ ja $\lambda = 82^\circ\text{W}$.

Punkt B $\varphi = 15^\circ\text{S}$ ja $\lambda = 176^\circ\text{E}$.

Laiuste vahe = $43^\circ + 15^\circ = 58^\circ\text{S}$ ja pikkuste vahe = $82^\circ + 176^\circ = 258^\circ\text{E} = 360^\circ - 258^\circ = 102^\circ\text{W}$.

3. Punkt A $\varphi = 39^\circ 5'\text{N}$ ja $\lambda = 47^\circ 10'\text{W}$. Laiuste vahe = $8^\circ 22'\text{N}$ ja pikkuste vahe = $5^\circ 7'\text{E}$.

Nüüd otsitava punkti B $\varphi = 39^\circ 5'\text{N} + 8^\circ 22'\text{N} = 47^\circ 27'\text{N}$ ja $\lambda = 47^\circ 10'\text{W} - 5^\circ 7'\text{E} = 42^\circ 3'\text{W}$.

Keskmiseks laiuseks nimetatakse kahe punkti laiuste keskmist.

Näiteid: 1. $\varphi_1 = 52^\circ\text{N}$ ja $\varphi_2 = 46^\circ\text{N}$, nüüd keskmine laius

$$\varphi_0 = \frac{52^\circ + 46^\circ}{2} = 49^\circ\text{N}$$

2. $\varphi_1 = 10^\circ\text{S}$ ja $\varphi_2 = 16^\circ\text{N}$.

$$\varphi_0 = \frac{16^\circ - 10^\circ}{2} = 3^\circ\text{N}.$$

Siit nähtub, et kui on laiused ühenimelised, siis keskmise laiuse määramiseks tuleb need liita ja jagada pooleks ning keskmisel laiusel on antud laiustega ühine nimetus. On aga laiused isenimelised, siis tuleb need lahutada ja jagada pooleks ning keskmine laius omab suurema laiuse nime.

5. Kauguse (tee) ühikud: meremiil ja kaabel.

Kauguse (tee) mõõtühikuks meresõidus on üks meremiil. Meremiiliks nimetatakse meridiaani minuti pikkust. Kuna aga maakera on ellipsoid, siis ei ole meridiaani minuti pikkused igas kohas võrdsed, mispärast meremiili aluseks on meridiaani minuti keskmine pikkus.

Mitme õpetlase poolt teostatud mõõtmiste ja arvestuste tulemused erinevad pisut, seepärast on meremiili pikkus tingitult fikseeritud järgmiselt: Inglismaal, P. Ameerikas jne., kus meetermõõdustik pole veel võetud tarvitusele, 1 meremiil = 6080 jalga, meetermõõdustiku maades on peaaegu igal pool 1 meremiil = 1852 m.

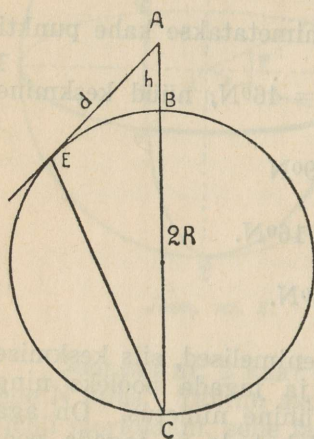
Kuigi 6080 jalga = 1853 m, ei ole sel, et mõnes riigis meremiili pikkuseks loetakse 1853 m, teises 1852 m, meresõidus olulist tähtsust, sest see vahe on väga väike.

Vähemaid kaugusi määratakse merel mõnikord ka kaab-
leis (kaabel = $\frac{1}{10}$ meremiili. Täpsemalt: 1 kaabel = 185 m =
= 608 jalga. Inglaste kaabel = 600 jalga = 100 sülda (6-ja-
last).

6. Nähtav silmapiir. Selle kaugus. Kui avamerel
vaatleja, kelle silm on veidi merepinnast kõrgemal, pöör-
dub kohal ringi, siis näeb ta ringitaolist osa maakera pin-
nast. Näivat piirjoont veepinna ja taevaskera vahel nimeta-
takse silmapiiriks ehk horison diks. Maakera ku-
meruse tõttu on see ringjooneline.

Selle ringi kaugust vaatleja kohast nimetatakse silm a-
piiri kauguseks.

Mida kõrgemal on silm, seda kaugemale me näeme, s. t.
seda suurem on silmapiiri kaugus. Silmapiiri kaugus ei muutu
siiski võrdeliselt silma kõrgusega. Madalal, veepinna lähedal, kõr-
gemale tõustes suureneb silmapiiri
kaugus võrdlemisi kiiresti, kõrgemal
silma kõrgust muutes muutub silma-
piiri kaugus aeglasemalt.



Joon. nr. 3.

Silmapiiri kaugus (sfääriline ra-
dius BE, või, maakera suurust ar-
vestades, ka puutuja AE. Joon.
nr. 3) sõltub, nagu juba üteldud,
silma kõrgusest.

Kuid on veel üks tegur, millest sõl-
tub silmapiiri kaugus.

Maakera on ümbritsetud ebaüht-
lase tihedusega õhukihtidega. Val-
guskiired ebaühtlase tihedusega õhu-
kihte läbides murduvad ja me näeme
selletõttu esemeid, mis peaksid olema

teoreetiliselt meile nägematud, silmapiiri taga. Kirjeldatud
kiirte murdumist nimetatakse maarefraktsiooniks.
Maarefraktsioon ei ole alati ühesugune. See sõltub õhu ja vee
temperatuurist, õhu niiskusest, õhu survest, tuulest jne. Üldi-
selt on maarefraktsioon võrdlemisi suur vaikse ilmaga ja
kõrge õhusurvega, ja siis, kui vee ja õhu temperatuurid eri-
nevad palju.

Refraktsiooni tõttu silmapiiri tegelik kaugus suureneb
võrreldes teoreetilise kaugusega.

Refraktsiooni suurust iseloomustab n.n. maarefraktsi-
iooni koefitsient. Maarefraktsiooni koefitsient on
arv, mis näitab, kuipalju tegelik silmapiiri kaugus on suurem
teoreetilisest silmapiiri kaugusest iga ühe meremiili kohta.
Maarefraktsiooni koef. kõigub, sõltudes atmosfäärilistest tin-
gimustest, 0,01—0,15-ni.

Keskmine maarefr. koef. on seega 0,08 ehk $\frac{1}{13}$.

Seda nimetatakse ka maarefr. normaalkoefitsiendiks. Kuna merel puuduvad võimalused täpse maarefraktsiooni suuruse määramiseks, siis tuleb arvestada refraktsiooni keskmist ehk normaalkoefitsienti, s. t. 0,08-sat.

Oletame, et teoreetiline silmapiiri kaugus $d = 8'$. Tegelik kaugus D on refraktsiooni tõttu suurem. Iga $1'$ asemel me näeme (arvestades keskmist refr. koef.) $1 + 0,08$ miili. Seega $D = (1 + 0,08)8$. Siit saame üldvalemi:

$$D = (1 + k) d = 1,08 d.$$

Vaatame, millega võrdub selles valemis d .

Joonisest nr. 3 võime kirjutada

$$\frac{2R + h}{d} = \frac{d}{h}, \text{ siit}$$

$$d = \sqrt{(2R + h) h}$$

Kuna h on väga väike võrreldes maakera läbimõõduga, siis võime kirjutada

$$d = \sqrt{2Rh} = \sqrt{2R} \cdot \sqrt{h}$$

Väljendame $2R$ meetreis ja jagame esimese teguri võrrandist 1852-ga, et saada silmapiiri kaugust meremiilides

$$d = \frac{\sqrt{12742000}}{1852} \cdot \sqrt{h} = 1,93 \sqrt{h}$$

Tegelik kaugus

$$D = 1,08 \cdot 1,93 \sqrt{h} = 2,08 \sqrt{h}$$

Meresõidus kasutatakse pisut lähedasemat valemit

$$D = 2,1 \sqrt{h_m}$$

Siin h ehk vaatleja silmakõrgus veepinnast olgu teada meetreis. Kui aga silma kõrgus on teada jalgades, siis

$$D = 1,15 \sqrt{h_j}$$

Ühel kui teisel juhtumil saame D meremiilides.

Kuigi me siin D nimetame tegelikuks silmapiiri kauguseks, ei või meresõidus kunagi olla kindel, et selliselt määratud D on absoluutselt õige. Siin arvestasime keskmist refraktsiooni, kuna merel kauguse määramise momendil võib olla refraktsioon erakordselt suur või vastupidi — väike. See pärast tõeline silmapiiri kaugus võib erineda tugevasti arvestatud kaugusest.

Silmapiiri kaugus on mitmesuguste silmakõrguste jaoks näidatud meretabelis (Breusing, 1929. a. väljaanne, lhk. 187).

Hilisemal ajal on rumbide asemel võetud tarvitusele suunade määramine kraadides. Praktikas on tarvitusel kaks kraadide arvestuse viisi. Vanem viis — kraade loetakse meridiaanist, kuid N-st ja S-st mõlemale poole E ja W-ni, s. t. veerandite järgi.

Selle viisi järgi N ja S rumbid mõlemad = 0° , E ja W = 90° . NE, SE, SW ja NW = 45° jne. (Vaata tabel lk. 14.)

Eksituse vältimiseks tuleb siin aga alati lisada veerandi nimetus.

Nii suundi väljendades loetakse NE ja SW veerandid positiivseiks, SE ja NW — negatiivseiks.

Uuem suunade määramise viis loeb suunade algpunktiks N rumbi, mis = 0° . Siit järgnevad kõik teised suunad 0° — 360° -ni, lugedes kella osuti liikumise suunas.

See viis on palju praktilisem, sest sama kraadide arv ei kordu ja seepärast ei tarvitse lisada veerandi nimetust, või teisi: selle viisi juures silmapiiri veerandite nimetusel pole mingit tähtsust ja neid ei tule üldse arvestada.

Uue süsteemi järgi N = 0° , E = 90° , S = 180° ja W = 270° .

Rumbe märgitakse ka numbritega, N ja S on null-rumbid, E ja W — kaheksandad, vahepealsed, nii nagu näidatud alljärgnevas tabelis. (Lk. 14.)

8. Üleminek ühelt süsteemilt teisele. Üleminek vanaalt süsteemilt uuele toimub järgmiselt.

NE veerandis kustutada vaid veerandi nimetus, kuna kraadide arv ei muutu.

SE veerandis — lahutada antud arv 180° -st.

SW veerandis — liita antud arv 180° -ga.

NW veerandis — lahutada antud arv 360° -st.

Näiteid:

	Vana süsteem.		Uus süsteem.
NE	27°	=	27°
SE	$18^{\circ} = 180^{\circ} - 18^{\circ}$	=	162°
SW	$32^{\circ} = 180^{\circ} + 32^{\circ}$	=	212°
NW	$56^{\circ} = 360^{\circ} - 56^{\circ}$	=	304°

Üleminek uueltsüsteemilt vanale toimub järgmiselt.

Kui uue süsteemi järgi näidatud suund = 0° — 90° , siis lisada vaid veerandi nimetus NE.

Kui antud suund = 90° — 180° , siis lahutada antud arv 180° -st ja lisada jäägile nimetus SE.

Kui antud suund = 180° — 270° , siis lahutada sellest 180° ja lisada jäägile nimetus SW, ja lõpuks, kui antud suund = 270° — 360° , siis lahutada see 360° -st ja lisada jäägile nimetus NW.

Näiteid:

Uus süsteem.		Vana süsteem.	
48° =		=	48° NE.
125° = 180° —	125°	=	55° SE.
216° = 216° —	180°	=	36° SW.
320° = 360° —	320°	=	40° NW.

Rumbid ja nende vastavad väärtused.

Rumbide nimetused	Väärtused kraadides 0°—90°	Väärtused kraadides 0°—360°	Numbriline tähendus
N	0°	0°	0
NtE ¹⁾	11¼°	11¼°	1
NNE	22½°	22½°	2
NEtN	33¾°	33¾°	3
NE	45°	45°	4
NEtE	56¼°	56¼°	5
ENE	67½°	67½°	6
EtN	78¾°	78¾°	7
E	90°	90°	8
EtS	78¾°	101¼°	7
ESE	67½°	112½°	6
SEtE	56¼°	123¾°	5
SE	45°	135°	4
SEtS	33¾°	146¼°	3
SSE	22½°	157½°	2
StE	11¼°	168¾°	1
S	0°	180°	0
StW	11¼°	191¼°	1
SSW	22½°	202½°	2
SWtS	33¾°	213¾°	3
SW	45°	225°	4
SWtW	56¼°	236¼°	5
WSW	67½°	247½°	6
WtS	78¾°	258¾°	7
W	90°	270°	8
WtN	78¾°	281¼°	7
WNW	67½°	292½°	6
NWtW	56¼°	303¾°	5
NW	45°	315°	4
NWtN	33¾°	326¼°	3
NNW	22½°	337½°	2
NtW	11¼°	348¾°	1

¹⁾ NtE = Nord ten Ost. Ten — hollandi keelest = saksa k. zu, inglise k. by jne.

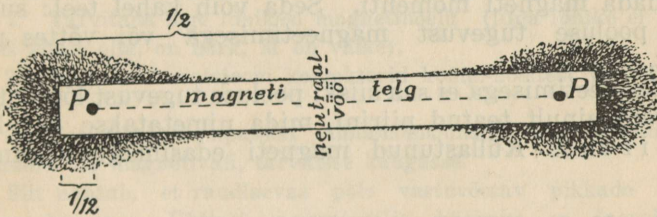
II. PEATÜKK.

Magnetism.

9. Loomulik ja kunstlik magnet. Mitmes kohas maa-keras leidub erilist raudkivi Fe_3O_4 , mis tõmbab rauatükikesi enda külge. Seda raudkivi nimetatakse loomulikuks magnetiks, ligitõmbe põhjust aga magnetismiks. Magnetismi võib anda edasi terasele, näiteks magnetiga hõõrumisel. Nii saavutame kunstliku magneti. Magnetismi tekitamise toimingut nimetatakse magneetimiseks. Magneetimisel edasiandev magnet ei nõrgene, samuti ei muutu kummagi keha kaal.

Tegelikult kasutatakse vaid kunstlikku magnetit.

10. Magneti eriomadused. Nagu üteldud, evib iga magnet rauda ja terast mõjutava ligitõmbe tungi. Tung ei ole igas punktis võrdne, vaid vardataolisel magnetil on see otste lähedal (umbes $1/12$ varda pikkusest otsast) tugevaim ja keskel puudub täiesti. Punkte, kus tung on tugevaim, nimetatakse magnetipooluseiks, tungivaba piirkonda



Joon. nr. 5.

keskel — neutraalvööks. (Joon. nr. 5.) Pooluseid ühendavat sirget nimetatakse magnetiteljeks, mis ei ühtu alati keha geomeetrilise teljega.

Igal magnetil on vähimalt kaks poolust. Ükskõik kui väikesteks tükikesteks magnetit murda, ikka esineb igas tükis kaks poolust.

Teravikule toetatud või niidile riputatud horisontaalne magnetinõel pöörduv pärast mõningaid võnkumisi ühe otsaga N, teiselega S poole. N poole sihtivat otsa ja vastavat poolust

nimetatakse positiivseks (+ ehk punaseks) ja vastupidist negatiivseks (— ehk siniseks). Magneti + magnetism = — magnetismiga.

Suunda, mida selline kõrvalmõjudeta magnetinõel näitab, nimetatakse magnetimeridiaaniks.

Kaht magnetit üksteisele lähendades näeme, et samanimelised poolused tõukuvad, isenimelised aga tõmbuvad. (Et vältida samanimeliste pooluste demagnetivat mõju üksteisele, tuleb magneteid hoida alati paarislikku, isenimeliste poolustega koos.)

11. Magnetite tugevus. Magnetipooluste tugevuse mõõtmiseks tarvitatakse n. n. ühikpoolust, s. t. poolust mis tõmbab või tõukab teist samasugust poolust 1 sm kaugusel 1 düüni tugevusest (1 düün = $1/981$ gr.). Pooluste vastastikust mõju selgitab Coulombi seadus. See kõlab: kahe magnetipooluse vastastikune mõju on võrdeline pooluste tugevuste korrutistega ja pöördvõrdeline nende omavahelise kauguse ruuduga. S. t.

$$F = \frac{m_1 m_2}{r^2} \text{ (düüni).}$$

F = tõmbe või tõuke tung düünides, m_1 ja m_2 vastavate pooluste tugevusi ning r pooluste vahe sentimeetris.

Ühe magneti kui terviku tugevust peegeldab magneti moment. Pooluste tugevuse m korrutist pooluste vahega l nimetatakse magneti momentiks.

$$M = lm.$$

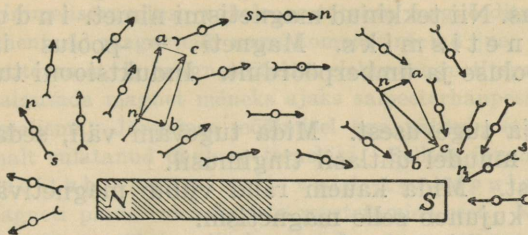
Kui tahame saavutada tugevamat magnetit, siis tuleb suurendada magneti momenti. Seda võib kahel teel: suurendades pooluse tugevust magneetimisega või võttes pikem magnet.

Magneetimisega ei saa siiski pooluse tugevust lõpmatuseni tõsta vaid ainult teatud piirini, mida nimetatakse küllastuspieriks. Küllastunud magneti edasimagneetimine on kasuta.

12. Magnetiväli ja tungjooned. Magnetit ümbritsevat ruumi, milles avaldub magneti mõju, nimetatakse magnetiväljaks. Mida suurem ja tugevam magnet, seda suurem magnetiväli.

Kui läheks korda eraldada mõnest magnetist üht positiivset osakest ja asetada lauale ühe suurema magneti positiivse otsa lähedale, siis see üksik positiivne magnetike hakkaks suure magneti kahe pooluse mõjul liikuma viimase positiivse pooluse poolt negatiivse pooluse poole. Teed, mida mööda see ühe-poolusega magnet liiguks magnetiväljas, nimetatakse tungjooneks. Tungjoone sihti vabas punktis nime-

tatakse ka magnetivälja sihiks. Selle määramiseks võime asetada magnetiväljale ühe vabalt liikuva väikese magnetinõela (joon. nr. 6). Nõela + ots näitab tungjoone sihti, sest,



Joon. nr. 6.

et tungjoone sihti loetakse, tingitult, magneti positiivsest poolusest, negatiivse pooluse poole. Mida tihedamini on graafiliselt kujutatult kuski tungjooni, seda tugevam on seal magnetiväli.

Magnetivälja nimetatakse ühtlaseks, kui tungjooned selles on paralleelsed ja välja tugevus igas punktis võrdne, vastupidisel korral — ebahürtlaseks. Üksiku magneti ümber, samuti kahe magneti samanimeliste pooluste vahel on väli ebahütlane, kahe magneti isenimeliste pooluste vahel aga ühtlane. Üksiku magneti õige väikest välja osa võime vaadelda ka kui ühtlast.

Kompassinõel raudlaevas viibib ebahütlases magnetiväljas. Kompassi korralik töötamine aga nõuab võimalikult ühtlast magnetivälja. Selle nõude rahuldamiseks tuleb:

1. Tarvitada õige lühikesi magnetinõelu (liiga lühike ei või magnetinõel siiski olla, on nõrk, M on väike).
2. Asetada deviatsiooni korrektorid komp.-nõeltest tarvilisse kaugusse.
3. Eemaldada kompassist dünamomasinad, elektrimootorid jne., mille ümber on magnetiväli, tarvilisse kaugusse.

Siit nähtub, et raudlaevas pole vastuvõetav pikkade magnetinõeltega kompass. Ühtlasi magnetivälja küsimus on laevakompassi suhtes väga tähtis.

Välja tugevuseks nimetatakse tungi, mida magnet saadab väljas asuvale N ühikpoolusele. Välja tugevust väljendatakse harilikult düünides.

Välja tugevus magnetitelje sihis asuva punkti suhtes väljendub vallemis $F_1 = \frac{2M}{r^3}$ ja punkti suhtes magnetiekvaatori sihis (ristsihis magnetiteljega) $F_2 = \frac{M}{r^3}$

Neist valemeist nähtub, et välja tugevus väheneb väga kiiresti kauguse suurenedes.

13. Induktsioon ja magnetisatsioon. Magnetismi võib edasi anda induktsiooni ja magnetisatsiooni ehk magneetamise teel. Induktsiooniks nimetatakse magnetismi tekkimist rauas või terases iseenesest, teise magneti mõjul, selle magnetiväljas. Nii tekkinud magnetismi nimet. *i n d u t s e e r i t u d m a g n e t i s m i k s*. Magnetit + -poolus indutseerib rauas — -pooluse ja ümberpöörduvalt. Induktsiooni tugevus ehk aste oleneb:

1. Välja tugevusest. Mida tugevam väli, seda tugevam induktsioon, muudel ühtlasil tingimusil.

2. Ajast. Mida kauem raud viibib magnetiväljas, seda tugevamaks kujuneb selle magnetism.

3. Raua sihist tungjoonte suhtes. Vardataoline raud indutseerib tugevamini tungjoonte sihis, kuna tungjoontega risti ei teki induktsiooni üldse. Seega induktsioon on võrdeline raua ja tungjoonte vahelise nurga *cos-ga*.

4. Raua koostusest ja omadustest.

Iga raud ei magnetiseeru ühtlaselt. Raud näit. magneetub kergesti, kuid kaotab magnetismi sama kiiresti, kui teda eemaldada magnetiväljast. Kui võtta hästi karastatud teras, mis sisaldab teatud protsendi volframi, teatud protsendi hapnikku, siis selline teras magnetiseerub väga visalt, kuid säilitab pärast magnetismi kaua ja õige püsivalt. Niisugust erilist terast nimetatakse *m a g n e t i t e r a s e k s*.

Kui aga lisada rauale umbes 20% niklit, siis selline raud peaaegu üldse ei magnetiseeru.

Siit näeme, et induktsioon kui ka magnetismi säilitamine sõltub väga suurel määral raua koostusest ja omadustest, peamiselt sellest, kuidas raud on karastatud.

Teraspulka võib muuta magnetiks või tema magnetismi suurendada hõõrumisel. Seda toimingut nimetatakse *m a g n e e t i m i s e k s*. Kõige mõjuvamalt võib magneetida nelja tugeva magnetiga. Paneme neist kaks lauale väikeste vahedega ühes sihis nii, et nad lamavad erinevate poolustega vastamisi. Asetame nende otstele magnetiseeritava teraspulga ja hakkame seda kahe ülejäänud magnetiga hõõruda, keskelt otste poole. Hõõruva magneti + otsaga veame sinna poole, kus on alumise magneti + ots ja teise magneti — otsaga alumise magneti — otsa poole, hoides neid magneteid umbes 30° nurga all magnetiseeritava terase suhtes. Saabudes otsteni tõstame magnetid üles ja laseme keskelt jälle alla.

Kui meil on nelja asemel ainult kaks, siis paneme magneeditava terase lihtsalt lauale ja hõõrume nagu ülal kirjeldatud.

Kõige mõjuvamini toimub magneetimine elektrivoolu (elektromagnet) abil. Elektrivoolu teatavasti ümbritseb magnetiväli, milles tungjooned liiguvad risti voolusihiga.

Magneetamiseks on vajaline alaline vool ja ordinaarne kaabel (mitte kaks kaablit — voolu viiv ja toov — kõrvuti). Pulga ümber,

mida tahetakse magneetida, mässitakse kaabel ja ühendatakse kaabli otsad voolu allikaga. Välja tugevus oleneb voolu tugevusest ja mähiste arvust.

Magneetamiseks võib kasutada ka elektromagneteid. Elektromagneti kahe erinimelise pooluse vahele asetatakse magneeditavad teraspulgad. Permanentseid magneteid, nagu kompassinöölad jne., valmistatakse heast magnetiterasest ja magneeditakse elektromagnetitega.

Kui paigutada magnet mõneks ajaks salpeeterhappesse, siis kaotab ta oma magnetismi. Jämeduse mõõtmisel aga nähtub, et salpeeterhape on selle pinnalt sulatanud õhukese teraskihi. Sellest järgneb, et magnetism peitub peamiselt vaid teraspulga pinnal, mispärast magneti pinda tuleb kaitsta roostetamise eest. Kuna magnetis on just pinna suurus tähtis, siis kasutatakse tugevate magnetite saavutamiseks peentraadi kimpe. (Väikese raskuse juures suur pind.)

14. Kõva, poolkõva ja pehme raud. Magneetimise ja magnetismi alalhoiu suhtes võime rauda jagada kolme rühma: 1) Raud, mis väga visalt omandab magnetismi, kuid ka püsivalt seda säilitab (näit. magnetiteras). Sellist rauda nimetatakse **kõvaks rauaks**. 2) Raud, mis väga kiiresti, peaaegu momentselt, omandab magnetismi, kuid niisama kiirest selle kaotab, kui eemaldatakse magnetiväljast. Seda nimetatakse **pehmeks rauaks**. 3) Tavaline tegelikult tarvitav teras, näit. laevateras, ei kuulu täiesti ei ühte ega ka teise rühma, vaid on nende vahepealne (kuigi lähem kõvale rauale), s. t. omandab magnetismi kaunis visalt ja säilitab võrdlemisi püsivalt, kuid siiski mitte nii püsivalt kui näiteks hea magnetiteras. Nimetatakse **poolkõvaks rauaks**.

Kuna aga poolkõva ja kõva raud annavad ühesuguse karakteriga deviatsiooni, siis deviatsiooni seisukohalt jaotame raudu ainult kahte rühma: kõva ja pehme raud.

Praktikas, laevaehitusel, tarvitava raua juures on kahe liigi vahel raske teha kindlat vahet.

Vastavalt võib magnetismi jagada ka kolme liiki: püsiv magnetism, 2) püsimatut magnetism, 3) poolpüsiv magnetism. Deviatsiooni seisukohalt vaatleme ainult püsivat ja püsimatut magnetismi.

15. Põrutuste ja temperatuuri mõju magnetile. Katsetes näitavad, et magneetimise ajal põrutused ja temperatuuri tõus soodustavad magnetisatsiooni, pärast magneetimist aga ümberpöörduvalt — vähendavad magnetismi. Igal metallil on teatud temperatuur, millejuures magnetism kaob täiesti. Seda nimetatakse kriitiliseks temperatuuriks. Raua ja terase kriitiline temperatuur on 690°—870°C. (Absoluutne pehme raud kaotab oma magnetismi temperatuuri tõusuta juba siis, kui eemaldame selle mag-

netiväljast.) Normaalne temperatuuri kõikumine ei avalda mingit mõju magnetile, mis on valmistatud magnetiterasest. Halvemini mõjub põrutamine, seepärast tuleb magneteid hoida põrutuste eest.

16. Maakera magnetism. Elemendid. Kuna kompass töötab igal pool maakeral ja ka kõrgemal õhus, siis sellest nähtub, et maakera on ümbritsetud magnetiväljast. Teisiti — maakerale võime vaadata kui suurele magnetile.

Kuna me nimetame N poole sihtivat magnetinõela otsa + otsaks ning pooluseks, siis peame ütlema, et maakera N osas on kuski magneti — ja S poolkeras + poolus. Viimaseil andmeil on maakera magnetipoolused umbes: negatiivne poolus $=71^{\circ}\text{N}$ ja $\lambda=96^{\circ}\text{W}$, positiivne $-\varphi=73^{\circ}\text{S}$ ja $\lambda=158^{\circ}\text{E}$.

Kuna geograafiline ja magnetipoolus ei ühtu, siis tekib kõrvalmõjudeta magnetinõela ja geograafilise meridiaani vahel nurk, mida nimetatakse variatsiooniks (d). Kui magnetinõela N (+) ots kaldub geograafilisest meridiaanist ehk N suunast paremale, siis nimetatakse seda E (ehk +), vastupidisel korral aga W (ehk —) variatsiooniks. Variatsioon on maakeral ebahütlane ja kõigub 0° — 180° -ni (180° variatsioon on suures laiuses geogr. ja magnetipooluse vahel).

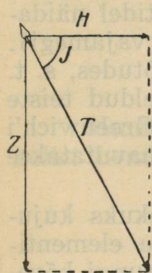
Kuna suunda, mida näitab vertikaalteljele toetuv kõrvalmõjudeta magnetinõel, nimet. magnetimeridiaaniks, siis võime ütelda, et variatsioon on nurk geograafilise ja magnetimeridiaani vahel.

Kui magnetinõela raskuse keskpunktist on läbistatud horisontaaltelg, mille ümber nõel võib vabalt võnkuda (niisugust instrumenti nimet. inkliinaatoriks), siis näeme, et magnetinõel ei püsi horisontaalsena, vaid N poolkeral kaldub N ehk +, S poolkeral aga S ehk — ots mingisuguse nurga võrra alla.

Sellist nähtust, või teisiti — nurka horisontaaltasapinna ja nõela vahel nimetatakse inklinatsiooniks ehk magneti laiuseks. Magneti laius ei ühtu geograafilise laiusega. Kuna N poolkeras kaldub nõela + ja S poolkeral — ots alla (vastavalt nimetatakse ka inklinatsiooni + või —), siis kusagil vahepeal peab olema asend, kus nõel on horisontaalne. Niisugune ring ümbritseb maakera ja seda nimetatakse magnetiekvaatoriks. Viimane ei ühtu geograafilise ekvaatoriga, vaid lõikab seda kahes kohas, nimelt — Atlandi ja Vaikses ookeanis. Inklinatsioon kõigub 0° (magn. ekv.) — 90° -ni (magn. poolused).

Kui konstrueerida instrument, kus magnetinõel võib vabalt võnkuda horisontaal- ja ka vertikaaltasapinnas, siis selline nõel näitab meile maakera magnetismi tungjoone sihti. Maakera magnetismi tungi, mis selle joone sihhis avaldub, nimetatakse maakera magnetismi üldtunngiks ehk pinevuseks ja

selle sümbolina tarvitatakse T. Maakera magnetismi üldtung on ebahütlane, üldiselt on see ekvaatoril vähim ja suureneb pooluste poole. Tegelikult evib see tung aga maksim. väärtused n. n. magnetifookuseil, missuguseid praegu tuntakse 4, kaks kummaski poolkeras. (Ligikaudsed koordinaadid: 52°N ja 92°W; 70°N ja 120°E; 70°S ja 145°E ning 50°S ja 130°E.)



Joon. nr. 7.

Düünides (C.G.S. süsteem) väljendatult kõigub T 0,28 — 0,71d. Maakera magnetivälja tugevust väljendatakse ka gaussi ühikuis. 1 gauss = 0,1 düüni.

Maakera magnetismi üldtung T jaguneb kaheks komponendiks: horisontaalseks H ja vertikaalseks — Z (joon. nr. 7).

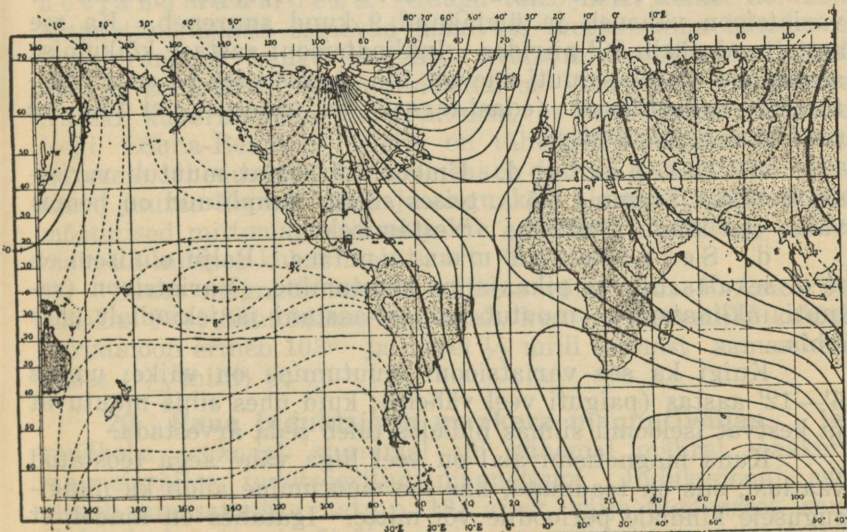
$$T = \sqrt{H^2 + Z^2} \quad \frac{Z}{H} = \tan i \quad Z = H \tan i$$

$$H = Z \cot i \quad H = T \cos i \quad Z = T \sin i$$

Tallinnas on T ca 0,5 d., i aga ca 70°. Siit $H = 0,5 \cdot \cos 70^\circ = 0,15$ düüni (umbes).

Variatsioonid, inklinatsioonid ja pinevust nimetatakse maakera magneti elementideks.

17. Magnetikaardid. Deviaatsiooni tegelikul määramisel ja hävitamisel on meil mõnikord vaja teada kõiki maa-



Joon. nr. 8.

keramagnetielemente. Need on näidatud erilisel magnetikaartidel. (Variatsiooni vajame alati kursside õiendamisel, see on näidatud seepärast ka igal merekaardil.)

Üldtungi T asemel on harilikult magnetikaartidel näidatud selle komponendid H ja Z (neid me tegelikult vajamegi). H ja Z on peaaegu alati väljendatud suhtelisis mõõtudes, s. t. teatud koha H on võetud ühikuks ja sellega võrreldud teiste kohtade H-sid. Nii on inglise magnetikaartidel Greenwich'i $H = 1$, saksa kaartidel Hamburgi $H = 1$ jne. Z saavutatakse sama H suhtes, kasutades valemit $Z = H \tan i$.

Magnetikaartidel on magnetielementide näitlikuks kujutamiseks kasutatud graafilist viisi: kohad ühtlaste elementidega on ühendatud vastavate kõverjoontega. Samatungi kõverikku nimetatakse — isodüüniks, samavariatsiooni kõverikku — isogooniks (joonis nr. 8) ja samainklinatsiooni kõverikku isokliiniks.

18. Maakera magnetielementide muutused. Vaatlused näitavad, et maakera magnetielemendid muutuvad järjekindlalt, eriti aga variatsioon. Variatsiooni muutumist võime rühmitada järgmiselt.

a. **Öö-päevane muutumine.** N poolkeras hommiku pool, kuni kella 1—2 p. l., magnetinõela + ots kaldub järjekindlalt W poole ja pärast lõunat ja öösi tagasi E poole. Amplituud pole kuigi suur, kõigest 6'—12', mispärast sel pole mingit meresõidupraktilist tähtsust. Ka inklinatsioonil on samasugune öö-päevane muutumine, kuigi vähem kui eelmine.

b. **Aastane muutumine.** Aprillist juulini W variatsioon väheneb ja ülejäänud 9 kuud suureneb. Ka see amplituud püsib 10' piirides. Inklinatsiooni aastase kõikumise amplituud ulatub samuti vaevalt 15'. Arvestades ka selle muutumise perioodilisust (edasi-tagasi) ja vähesust, ei tule see praktikas arvestamisele.

c. **11-a. periood.** Umbes 4,5 aastat muutub variatsioon ühes, järgmine 6,5 a. teises sihis. Amplituud on hoopis väike ega kuulu praktikas arvestamisele.

d. **Sekulaarne muutumine.** Palju olulisem on n. n. sekulaarne ehk pikaajaline muutumine. Variatsioon (samuti inklinatsioon) muutub aastast-aastani järjekindlalt ühes sihis.

Kuigi ka see variatsiooni muutumine on väike, umbes 6'—12' aastas (paiguti veel vähem), kuid ühes sihis muutuvat ja kestvate iseloomu silmas pidades tuleb seda arvestada.

Kuna magnetismi alal on veel liiga vähe aega teostatud vaatlusi, siis on teadmata, kas see muutumine allub ka mingisugusele kindlale perioodile või mitte. Igatahes on kindel, et muutumine toimub ühele ja teisele poole. Nii oli Londonis variatsioon:

Aasta.	Variatsioon.
1580	11°15'E
1657	0°
1819	24°41'W
1865	21° 6'W
1917	15° W
1935	12°30'W

Muutlik on ka inklinatsioon, mis nähtub järgnevast tabelist Londoni suhtes:

Aasta.	Inknanatsioon.
1576	71°50'
1723	74°42'
1838	69°17'
1917	umbes 67°

e. Magnetitormid. Tugeva äikese, virmaliste, vulkaanide tegevuse jne. korral, üldse siis, kui tekivad õhk-konna elektris mõjuvad korratud, muutuvad ka maakera magnetielemendid. Kuid, et need n. n. magnetitormid mõjutavad siiski harilikku laevakompassi võrdlemisi vähe (välja arvatud väga suures laiuses), mööduvad kiiresti ja puudub korrapärasus, siis ei kuulu need arvestamisele. Suures laiuses tuleb vaid virmaliste ajal olla kompassi tarvitamises ettevaatlik.

19. Magnetianomaalid. Maakeral on palju kohti, kus magnetielemendid, eriti variatsioon, erineb palju ümbruses olevast normaalvariatsioonist. Neid kohti nimetatakse magnetianomaalideks. Uduka tuleb neist kohist hoiduda. Magnetianomaalid esinevad maal või merel ranna läheduses, kuna rannast kaugel sügaval avamerel neid pole leitud. Suurim senituntud magnetianomaal on Venemaal, keskkohaga Kurski kubermangus, ja arvatakse, et selle ääred ulatuvad isegi Lõuna-Eestisse. Merel on tähtsamad magnetianomaalid meie läheduses Bornholmi saare juures Läänemerel, Jussaare juures Soome lahes ja nagu kpt. Gernet'i magnetilised mõõtmised mittemagnetilisel jahil „Cecilie'l“ näitasid, vähemaid ka mitmes kohas meie saarte ümbruses.

Suure magnetianomaali näitena võiks tuua P.-Ameerika Alaskas Fort Snettishami anomaali, kus $\frac{1}{3}$ meremiilil kaldal, variatsioon erineb 103° ja merel $\frac{1}{2}$ miili rannast samas kauguses ($\frac{1}{3}$ miili) 55°.

20. Raua induktsioon maakera magnetiväljas. Iga raudkeha omandab suuremal või vähemal määral maakera magnetiväljas indutseeritud magnetismi. Induktsiooni aste oneneb siin samuti (vaata p. 13) ajast, välja tugevusest, raua sihist ja koostisest või õigemini raua magnetisatsiooni koefitsiendist.

Vertikaalses raudvardas tekib N poolkeras all + ja ülal — poolus. S poolkeras ümberpöördult. Magnetiekvaatoril vertikaalne raud ei indukteeru üldse. Horisontaalses raudvardas tekib N poole suunatud otsas + ja vastupidises — poolus. Vertikaalset raudvarrast indutseerib maakera magnetismi vertikaalne komponent Z ja horisontaalset —H.

Mõjuvaim induksioon esineb, kui raud hoida tungjoonte sihis ja kui rauda siis tugevasti põrutada või kuumendada.

Asetame pehmest rauast varda risti tungjoontega, siis ei indutseeru raud üldse, põrutusile vaatamata.

Pehmes rauas tekkinud poolused muudavad oma asendit, kui muuta raua sihti, kuna kõvas rauas need püsivad enam-vähem kestvalt.

21. Variatsiooni valik. Kuna magnetinõel variatsiooni tõttu ei ühtu geograafilise meridiaaniga, siis tuleb meil määramiseks kursside määramiseks arvestada alati kohalist variatsiooni. Teisiti: me peame teadma, kui suur on variatsioon seal, kus viibime laevaga.

Variatsioon on näidatud merekaardil siin-seal laiali paisatud punktides. Tuleb alati võtta kaardilt laeva asukohale lähim variatsioon; kui laev asub aga kaardil näidatud kahe variatsiooni koha vahel, siis arvutada variatsioon võrdeliselt. Edasi tuleb vaadata, missugusele aastale kaardil näidatud variatsioon kuulub ja kui suur on siin aastane muutumine (see on kõik merekaardil märgitud). Korrutada aastane muutumine aastate arvuga, mis saame variatsiooni kasutamise aasta ja kaardil antud aasta vahelt, ja siis korrutis liita või lahutada (otsustades selle järgi, kas variatsioon antud kohas suureneb või väheneb) kaardi variatsiooniga.

Nii vastavale aastale taandatud variatsioon kuulub kasutamisele kursside (ja peilungite) õiendamisel nagu alamal selgitatud. (Peatükk III)

Näide:

1918. a. oli variatsioon antud kohas 6° W. Aastane vähenemine $8'$. Määrata variatsioon 1936. a.? Aastate vahe = 18 a.

Variatsiooni vähenemine = $8' \cdot 18 = 144' \approx 2,5^{\circ}$.

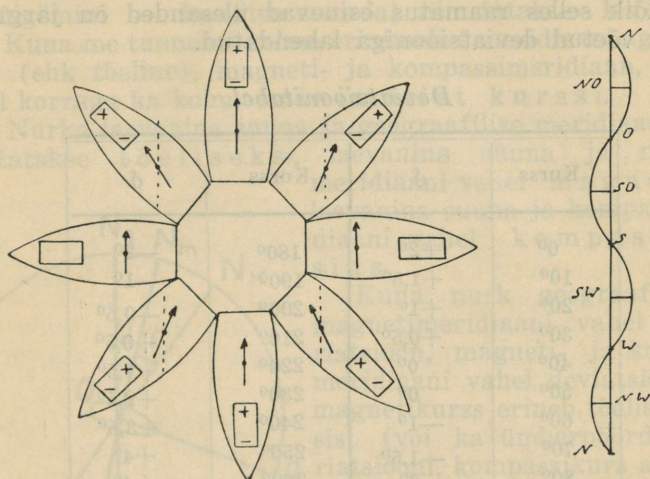
1936. a. var. = $6^{\circ} - 2,5^{\circ} = 3,5^{\circ}$ W.

22. Kompassideviatsioon. Igas laevas leidub enam või vähem kõva ja pehmet rauda. See laevaraud magneeditakse maakera magnetismist, mille tagajärjel laevas, nagu igas teiseski magnetis, ilmuvad oma magnetipoolused.

Seega on kompassinõel laevas peale maakera magnetismi veel laevaraua magnetismi mõju all. See laevaraua magnetism kisub kompassinõela magnetimeridiaani sihist kõrvale.

Sihti, mida kompassinõel laevas laevaraua mõjul näitab, nimetatakse kompassimeridiaaniks. Laevaraua häirivad mõju kompassinõelale või teisiti — nurka magneti meridiaani ja kompassimeridiaani vahel — nimetatakse kompassideviatsiooniks. (δ).

Joonisel nr. 9 on näidatud, kuidas üks laevadekil asuv pehme raua latt mõjub kompassile, teisiti — missugust deviatsioonit see annab. N ja S kursil deviatsioonit ei teki, sest et



Joon. nr. 9.

siin raua magnetipoolused asuvad kompassinõelaga (magnetimeridiaaniga) ühes sihis. Samuti ei teki deviatsioonit E ja W kursil, sest siis on pehme raua latt risti magnetimeridiaaniga ega indutseeru üldse (vaata punkt 20). Kui raud siin ka indutseerukski, ei tekiks neil kurssidel deviatsioonit, sest et raua magn.-poolused asuksid kompassinõela kummastki magn.-poolusest võrdses kauguses.

Suurim deviatsioon tekib joonisel näidatud rauast NE, SE, SW ja NW kurssidel. Joonisest nähtub, et NE ja SW veerandeis kaldub kompassinõela + ots E poole, SE ja NW veerandeis aga W poole magnetimeridiaanist. Siit järgneb, et deviatsioonit oleneb kursist.

Kui kompassinõela N (+) otsa kaldub magnetimeridiaanist E poole, siis nimetatakse deviatsioonit E ehk + deviatsiooniks, kaldub see aga W poole, siis W ehk — (miinus) deviatsiooniks.

Kuna laevas leidub pehmet ja kõva rauda igasuguses asendis horisontaalselt ja vertikaalselt, kompassi lähedal ja kaugemal, siis on deviatsioonit väga komplitseeritud nähtus. Selle üksikasjaline selgitamine on deviatsioonit teooria ülesanne.

23. Deviatsioonitabel. Raudlaevas võib deviatsioon tõusta mitmekumne (iseegi üle 100) kraadini. Sel juhtumil kuulub deviatsioon hvitamisele, missuguste võimalustega tutvustab meid deviatsiooni praktika.

Kuna deviatsiooni hvitamist on raske teostada nullini, siis jäab pärast hvitamist harilikult püsima mnekraadiline jääk. See jääk määratakse kindlaks ja koostatakse deviatsioonitabel. Tabelisse märgitud deviatsioone kasutatakse siis meresidus kursside (ja peilungite) arvutamistel.

Kik selles raamatus esinevad lesanded on jrgnevast tabelist vetud deviatsiooniga lahendatud.

Deviatsioonitabel.

Kurss	δ	Kurss	δ
0 ^o	+2 ^o	180 ^o	-2 ^o
10 ^o	+1,5 ^o	190 ^o	-1 ^o
20 ^o	+1 ^o	200 ^o	-0,5 ^o
30 ^o	+0,5 ^o	210 ^o	+0,5 ^o
40 ^o	0 ^o	220 ^o	+1,5 ^o
50 ^o	0 ^o	230 ^o	+2,5 ^o
60 ^o	-1 ^o	240 ^o	+3,5 ^o
70 ^o	-1,5 ^o	250 ^o	+4 ^o
80 ^o	-2 ^o	260 ^o	+4 ^o
90 ^o	-3 ^o	270 ^o	+4,5 ^o
100 ^o	-3,5 ^o	280 ^o	+4,5 ^o
110 ^o	-4 ^o	290 ^o	+4 ^o
120 ^o	-4 ^o	300 ^o	+4 ^o
130 ^o	-4,5 ^o	310 ^o	+4 ^o
140 ^o	-4 ^o	320 ^o	+3,5 ^o
150 ^o	-4 ^o	330 ^o	+3 ^o
160 ^o	-3,5 ^o	340 ^o	+3 ^o
170 ^o	-2,5 ^o	350 ^o	+2,5 ^o

- Mrkmeid. 1. Mrk + tabelis thendab E-, ja mrk - W-nimelist δ .
 2. Kurss, millele deviatsioon valitakse, olgu kas kompassi- või magnetikurss, mitte aga tõeline kurss.
 3. Selles tabelis on δ suurem kui normaalselt laevas pärast δ hvitamist Harilik δ jääk raudlaevas pärast hvitamist ulatub 1^o-2^o-ni.

III. PEATÜKK.

Kursside ja peilungite õiendamine.

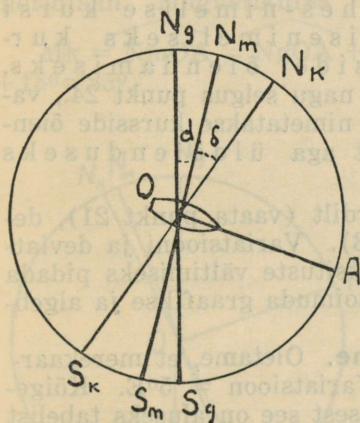
24. Kursid. Iga suuna määrab nurk, mille see suund moodustab meridiaaniga. Nii määrame ka laevanina suuna meridiaani ja laevanina vahel oleva nurgaga. Laevanina suunda (õigemini — laevatee suunda) nimetatakse kursiks.

Kuna me tunneme kolme erinimelist meridiaani: geograafilise (ehk tõeline), magneti- ja kompassimeridiaani, siis on laeval korraga ka kolm erinimelist kurssi.

Nurka laevanina suuna ja geograafilise meridiaani vahel nimetatakse tõeliseks-, laevanina suuna ja magnetimeridiaani vahel magneti- ja laevanina suuna ja kompassimeridiaani vahel kompassikursiks.

Kuna nurk geograafilise ja magnetimeridiaani vahel on variatsioon, magneti- ja kompassimeridiaani vahel deviatsioon, siis magnetikurss erineb tõelisest kursist (või ka ümberpöörduvalt) variatsiooni, kompassikurs aga magnetikursist (või ka ümberpöörduvalt) deviatsiooni võrra (Joon. nr. 10).

Kui variatsioon võrdub nulliga, siis tõeline ja magnetikurss ühtuvad. Kui variatsioon ja ka deviatsioon on null, siis ühtuvad kõik kolm kurssi.



Joon. nr. 10.

25. Kursside õiendamisest üldse. Merel laevaga ühest kohast teise minek toimub järgmiselt. Leitakse vastaval merekaardil see koht, kus laev asub (lähtekoht), ja see koht (sihtkoht), kuhu tahetakse tulla. (Muidugi ei tarvitse alati lõplik sihtkoht olla samal merekaardil. Kuid samal kaardil on siiski mõni koht, kuhu tahetakse tulla, et seal jätkata teekonda lõpliku sihtkoha poole. Näiteks, mõni tulelaev, poi, rifi otsa tooder jne. Sel juhtumil nimetame ka seda kohta, algkursi suhtes, sihtkohaks.)

Lähtekohast kaardil tõmmatakse pliiatsiga sihtkohta sirge. (Vaadates, muidugi, et see ei lähe üle hädaohtude. Kuid selles eespool pikemalt.)

Kaardile tõmmatud sirge kujutab nüüd teed, mida mööda laevaga tuleb liikuda, et saabuda sihtpunkti. Mõõdame mal-

liga, kui suure nurga moodustab see joon kaardimeridiaaniga. Kuna kaardil esinevad geograafilised meridiaanid, siis on seliselt määratud nurk — tõeline kurss.

Kuna aga laevas näitab suundi, s. t. kurssi kompass, siis tuleb teha kindlaks, kui suur on see nurk kompassimeridiaanist loetult. Teisiti: tõeline kurss tuleb muuta kompassikursiks. Sellist toimingut, s. t. tõelise kursi muutmist kompassikursiks, nimetatakse kursi õiendamiseks.

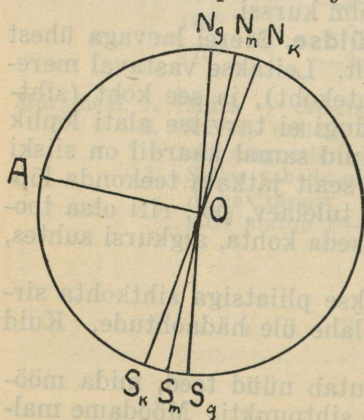
Mõnikord tuleb lahendada ka vastupidine ülesanne. Näiteks, purjelaev loovib. Tuul ei luba laeva tüürida otse lähtepunktist soovitud sihtpunkti, vaid tuleb tüürida nii, nagu võimaldab tuul. Kuid merel tuleb igasugune laeva edasiliikumine märkida merekaardile, et oskaksime oma asukoha suhtes orienteeruda. Loovimisel tuleb teatud ajavahemikul tüüritud kurss tagant järgi, s. t. kompassikurss, muuta tõeliseks kursiks ja märkida see siis merekaardile.

Nii võime ütelda, et mistahes-nimelise kursi muutmist vastavaks teisenimeliseks kursiks nimetatakse kursside õiendamiseks.

Kursside õiendamine toimub, nagu selgus punkt 24., variatsiooni ja deviatsiooniga. Neid nimetatakse kursside õiendusteks, nende algebralist summat aga üldõienduseks ehk üldkorrektsiooniks.

Variatsiooni leiame merekaardilt (vaata punkt 21), deviatsiooni aga tabelist (v. punkt 23). Variatsiooni ja deviatsiooni nimetusi (E või W) tuleb eksituste vältimiseks pidada silmas. Kursside õiendamine võib toimuda graafilise ja algebralise meetodi järgi.

26. Tõelise kursi õiendamine. Oletame, et merekaardilt saime tõelise kursi = 273° . Variatsioon = $5^{\circ}E$. Kõigepealt tuleb määrata magnetikurss, sest see on aluseks tabelist deviatsiooni valikuks. Lahendame ülesande esialgu graafiliselt. Tõmbame paberile joone NgOSg, (joon. nr. 11), mis kujutab geograafilist meridiaani (alustada tuleb geograafilise meridiaaniga seepärast, et meil on tõeline kurss antud). Siis tõmbame silma järgi 273° suunas joone OA, mis kujutab laevateed ehk laevanina suunda.



Joon. nr. 11.

Variatsioon on $5^{\circ}E$, s. t. otsitav magneti N on teada olevast geograafilisest N-st $5^{\circ}E$ pool. Tõmbame magn.-meridiaani $N_m O S_m$, nii et kahe meridiaani vahele jääb (silma järgi) 5° nurk. Nüüd magn.-kurss

$$Mk = \widehat{NmOA} = \widehat{NgOA} - \widehat{NgONm} = Tlk - d = 273^\circ - 5^\circ = 268.$$

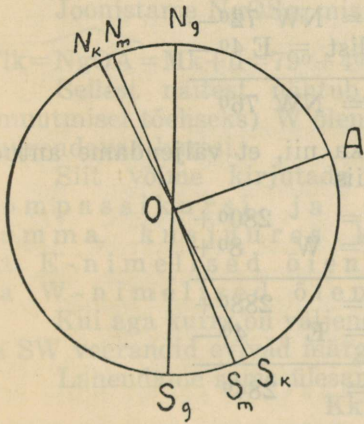
Valime dev.-tabelist deviatsiooni 268° peale, $\delta = 4,5^\circ E \approx 4^\circ E$ (268° peal on δ lähem 4° kui 5°). S. t. kompassi N on magneti N-st $4^\circ E$ pool. Kujutame komp.-meridiaani, saame joone NkOSk ja kompassikursi.

$$Kk = \widehat{NkOA} = \widehat{NmOA} - \widehat{NmONk} = Mk - \delta = 268^\circ - 4^\circ = 264^\circ.$$

Võtame veel teise näite. $Tlk. = 70^\circ$, $d = 15^\circ W$, määrata vastav kompassikurss.

$NgOSg$ (joon. nr. 12) kujutab jälle geograafilist meridiaani, OA — laevanina suunda. Variatsioon on $15^\circ W$, s. t. magn. N on $15^\circ W$ poolt geograafilist N. $NmOSm$ on magn.-meridiaan. Magnetikurss

$$Mk = \widehat{NmOA} = \widehat{NgOA} + \widehat{NmONG} = Tlk + d = 70^\circ + 15^\circ = 85^\circ.$$



Joon. nr. 12.

braline summa, kusjuures õiendatav kurss (eeldusel, et kurssi loeme $0^\circ-360^\circ$) ja W-nimelised õiendused evivad märgi +, E-nimelised õiendused aga märgi —.

Kui aga kurse väljendame veerandeis, siis kursid NE ja SW veerandeis on +, SE ja NW veerandeis — (miinus).

Lahendame nüüd veel kord samad ülesanded algebraliselt.

Deviatsioon tabelist = $2,5^\circ W \approx 3^\circ W$. NkOSk on kompassimeridiaan ja NkOA = kompassikurss.

Kompassikurs

$$Kk = \widehat{NkOA} = \widehat{NmOA} + \widehat{NmONk} = Mk + \delta = 85^\circ + 3^\circ = 88^\circ.$$

Neist näiteist selgub, et W-nimelised õiendused suurendavad, E-nimelised aga vähendavad õiendatavat kurssi.

W-nimelistele õiendustele võime anda siis märgi + ja E-nimelistele märgi — (miinus). Ja nüüd võime kirjutada lause:

Kompassikurss on tõelise kursi ja õienduste (d ja δ) algebr-

$$1. \text{ Tõeline kurss} = 273^{\circ} +$$

$$d = E \quad 50^{\circ}$$

$$\text{Mk} = 268^{\circ} +$$

$$\delta = E \quad 40^{\circ}$$

$$\text{Kk} = 264^{\circ}$$

$$2. \text{ Tlk.} = 70^{\circ} +$$

$$d = W \quad 15^{\circ} +$$

$$\text{Mk} = 85^{\circ} +$$

$$\delta = W \quad 30^{\circ} +$$

$$\text{Kk} = 88^{\circ}$$

Võtame veel järgmise näite:

Tlk = NW 80°, d = 80°W, määrata Kk?

$$\text{Tlk} = \text{NW } 80^{\circ}$$

$$d = W \quad 80^{\circ} +$$

$$\text{Mk} = \text{NW } 72^{\circ}$$

$$\delta \text{ tabelist} = E \quad 40^{\circ}$$

$$\text{Kk} = \text{NW } 76^{\circ}$$

Sama ülesande võime lahendada ka nii, et väljendame antud kursi süsteemi järgi 0°—360°. Siis

$$\text{Tlk} = 280^{\circ} +$$

$$d = W \quad 80^{\circ} +$$

$$\text{Mk} = 288^{\circ} +$$

$$\delta = E \quad 40^{\circ}$$

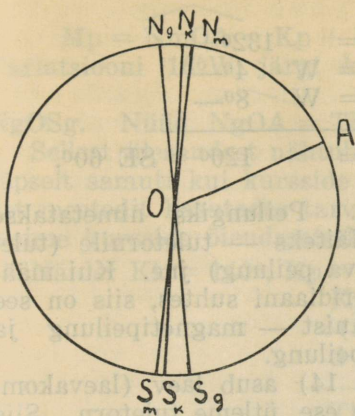
$$\text{Kk} = 284^{\circ}$$

Aga NW 76° = 284°, seega resultaat on ühesugune, kas väljendame kursi veerandeis või 0°—360°, silmas tuleb aga pida veerandeis väljendades veerandi märki.

27. Kompassikursi õiendamine. Nagu punktis 25 on kirjeldatud, tuleb mõnikord merel ka kompassikurss muuta tõeliseks. Siin on töökäik vastupidine eelmisele. Ka kompassikursi võib õiendada graafiliselt ja algebraliselt. Lahendame järgneva ülesande esiteks graafiliselt.

Näide: Kk = 60°, δ (tabelist) = 1° W., d (merekaardilt) = 4° E. Määrata tõeline kurss?

Kuna nüüd on antud kompassikurss, siis tuleb alustada tööd kompassimeridiaaniga.



Joon. nr. 13.

NkOSk (joon. nr. 13) kujutab kompassimeridiaani, OA — aga laevanina suunda, $\widehat{NkOA} = Kk = 60^\circ$.

Edasi teame, et deviatsioon (nüüd on δ esimene õiendus) $= 1^\circ W$. S. t. kompassi N on magneti N-st $1^\circ W$ pool. Kompassi N on meil teada, otsime magneti N-i. Loomulikult on siis otsitav magn. N teada olevast kompassi N-st $1^\circ E$ pool. Joonestame NmOSm—, mis kujutab magnetimeridiaani.

$$\widehat{Mk} = \widehat{NmOA} = Kk - \delta = 60^\circ - 1^\circ = 59^\circ.$$

Variatsioon on $4^\circ E$. S. t. magneti N on (otsitavast) geograafilisest N-st $4^\circ E$ pool. Otsitav geograafiline N asub siis teada olevast magneti N-st $4^\circ W$ pool.

Joonistame NgOSg, mis kujutab geograafilist meridiaani.

$$Tlk = \widehat{NgOA} = Mk + d = 79^\circ + 4^\circ = 63^\circ.$$

Sellest näitest nähtub, et kompassikursi õiendamisel (muutmisel tõeliseks) W õiendused vähendavad ja E-nimelised suurendavad kurssi.

Siit võime kirjutada lause: tõeline kurss on kompassikursi ja õienduste algebraline summa, kusjuures kurss (lugedes $0^\circ - 360^\circ$) ja E-nimelised õiendused evivad märgi + ja W-nimelised õiendused märgi —.

Kui aga kurss on väljendatud veerandis, siis endiselt NE ja SW veerandid evivad märgi + ja SE ning NW märgi —.

Lahendame sama ülesande ka algebraliselt.

Kk	=	60° +
δ	=	W 1° —
d	=	E 4° +
<hr/>		
Tlk	=	63°

Kompassikursi õiendamisel ei tarvitse eraldi enne tõelist kurssi määrata magnetikursi, sest kompassikurss ise on argument, millele võime tabelist valida δ .

Näide:

$Kk = SE 48^\circ, \delta$ (tabelist) $= 4^\circ W, d = 8^\circ W$. Määrata Tlk?

Kk	=	SE 48° —
δ	=	W 4° —
d	=	W 8° —
<hr/>		
Tlk	=	SE 60°

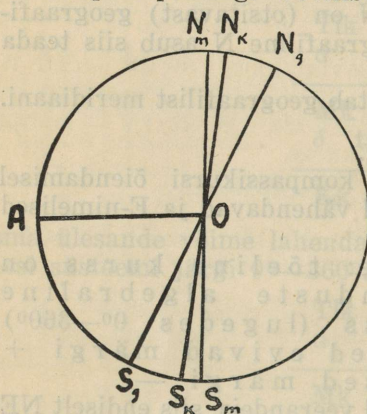
Või sama ülesanne teisiti:

Kk	=	132° +
δ	=	W 40—
d	=	W 80—
Tlk	=	120° = SE 60°.

28. Peilungite õiendamine. Peilungiks nimetatakse suunda mingisugusele esemele. Näiteks — tuletornile (tuletorni peilung), teisele laevale (laeva peilung) jne. Kui määrame selle suuna geograafilise meridiaani suhtes, siis on see tõeline peilung, magnetimeridiaanist — magnetipeilung ja kompassimeridiaanist — kompassipeilung.

Näiteks punktis O (joon. nr. 14) asub laev (laevakompass), punktis A aga mingisugune ese, ütleme tuletorn. Siis

\widehat{NgOA} = tõeline peilung, \widehat{NmOA} = magnetipeilung ja \widehat{NkOA} = kompassipeilung. Jooniselt näeme, et need peilungid erinevad



Joon. nr. 14.

viatsioon valida kompassikursile, mitte kunagi aga peilungile.

Peilungit võib õiendada, nagu kurssigi, graafiliselt ja algebraliselt. Teostame siin ühe peilungi õiendamise graafiliselt.

Kk = 330°. Sel kursil peiliti laeva asukohast O-st tuletorni A-d — 268°; variatsioon = 16°W.

Määrata tõeline peilung?

Kujutame kõigepealt kompassimeridiaani (sest kompassipeilung on antud) NkOSk (joon. nr. 14). OA — on valguskiire tee laevast peilitavale esemele.

\widehat{NkOA} = k. peil. = 268°.

Kompassikursi 330° peale leiame tabelist δ = 3°E. \widehat{NmOSm} on magnetimeridiaan.

$$M_p = NmOA = K_p + \delta = 268^\circ + 3^\circ = 271^\circ.$$

Variatsiooni $16^\circ W$ järgi kujutame geograafilise meridiaani

$$NgOSg. \quad Nüüd \quad NgOA = Tlp = M_p - d = 271^\circ - 16^\circ = 255.$$

Sellest ülesandest nähtub, et peilungite õiendamine toimub täpselt samuti kui kursside õiendamine, seega võime algebralist meetodit kasutades tarvitada samu juhtlauseid, mis koostasime kursside õiendamiseks.

Näide: $Kk = 140^\circ$, $K_p = NW 68^\circ$, $d = 8^\circ W$. Määrata Tlp ?

$$\begin{array}{rcl} K_p & = & NW \ 68^\circ \\ \delta(\text{tab.}) & = & W \quad 4^\circ \\ d & = & W \quad 8^\circ \end{array}$$

$$Tlp = NW \ 80^\circ$$

Praktikas tuleb enamasti tegeleda kompassipeilungite muutmisega tõelisteks (peilime kompassi järgi tuletorne jne. ja muudame need siis tõeliseks merekaardile panemiseks), kuid mõnikord tuleb lahendada ka vastupidine ülesanne — kaardilt võetud tõeline peilung muuta kompassipeilungiks. See toimub täpselt samuti kui tõelise kursi muutmine kompassikursiks (kuid pidada meeles: deviatsioon valida kompassikursile!).

Näide: $Kk = 250^\circ$, $Tlp \ SW \ 28^\circ$, $d = 5^\circ W$, δ (valitud k. kursile 250°) = $4^\circ E$. Määrata K_p ?

$$\begin{array}{rcl} Tlp & = & SW \ 28^\circ + \\ d & = & W \quad 5^\circ + \\ \delta & = & E \quad 4^\circ \end{array}$$

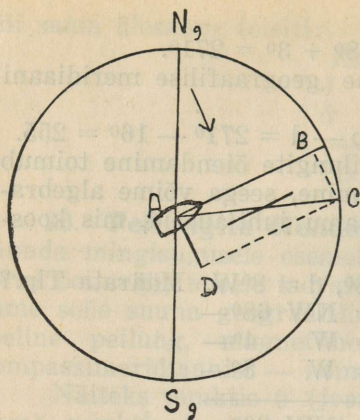
$$K_p = SW \ 29^\circ$$

29. Triiv. Kui laev liigub merel, kus puudub hoovus ja ilm on vaikne, siis ühtub laeva tegelik liikumise suund laevanina suunaga. Sel juhtumil määrab tõeline kurss laevatee suuna maakeral kindlaks.

Mõjutab aga laeva tema edasiliikumisel külje pealt kas hoovus või tuul, siis kandub laev nende kõrvaltegurite mõjul tõelisest kursist ehk ninasuunast kõrvale. Laevanina suuna ja laevatee vahele tekib suurem või vähem nurk. Kuna hoovuse mõju arutelu järgneb eespool eraldi, siis vaatleme siin vaid tuule mõju.

Oletame, et $NgSg$ kujutab geograafilist meridiaani (joon. nr. 15), AB laevanina ehk tüürimise suunda. Laev asub punktis A , nool näitab tuule suunda.

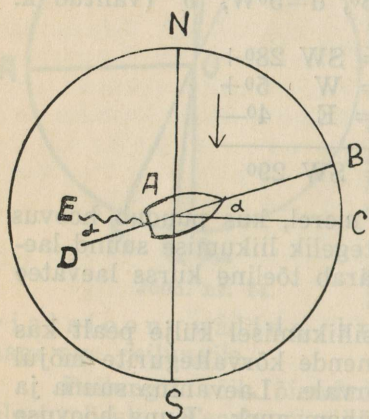
Tuule puududes oleks laev, ütleme, 1 tunni pärast olnud punktis B , kuid nüüd kannab tuul laeva 1 tunni jooksul $AD = BC$ võrra alla. Laeva tegeliku edasiliikumise suuna määramiseks konstrueerime tungide parallelogrammi. Joon AC näitab laeva tõelist teed.



Joon. nr. 15.

suund küljelt (või purjekal — loovtuul¹⁾), suurem pealvee ja vähem allveepind, seda suurem on triiv.

Triivi tegeliku määramist võimaldab jäljend, mis jääb veele laeva edasi liikudes. Selle jäljendi siht näitab laevatee sihti.



Joon. nr. 16.

varem selgitatud, tõmbame kaardile neid punkte ühendava joone, mõõdame kui suure nurga ta moodustab geograafilise meridiaaniga, nimetame seda nurka tõeliseks kursiks ja muu-

¹⁾ Purjelaeva suhtes liigitatakse tuult: kui tuul puhub otse tagant, siis on taga- või pärituul, puhub täiesti küljepealt (90° kiilile), siis külgtuul, on aga tuul nende kahe suuna vahelt („ahtri nurgalt“), siis täistuul, ja kui laev loovib, siis on tiht- ehk loovtuul. Muidugi võib tuult ka auriku suhtes, kui vaja, liigitada niisama.

Laeva kõrvalekaldu- mist tuule mõjul tüüri- tavast kursist või tei- siti: nurka laevanina suuna (tüüritav suund) ja tõelise tee vahel ni- metatakse triiviks.

Kui tuul puhub laevale vasa- kult pardalt (laev kandub pare- male), siis nimetatakse triivi va- saku halsi, puhub aga tuul paremalt pardalt, siis parema halsi triiviks.

Triivi suurus oleneb laeva kiirusest, tuule tugevusest, tuule suunast laeva suhtes, laeva peal- ja allveepindade suurusel. Mida aeglasem laev, tugevam tuul ja

Nii kujutab joon DB (joon. nr. 16) laevakiili sihti, AC — aga tee suunda ja AE — jäljendit.

$\widehat{EAD} = \widehat{BAC} = \text{triiv}$ (joonisel = α).

Nii: nurk laevakiili sihi ja jäljendi vahel võrdub triiviga.

Praktikas määratakse selle nurga suurus silma järgi. Kui kompass on ahtris, siis võib selleks kasutada ka kompassi ja peilin- gaatorit.

30. Kursside õiendamine triiviga. Kaardikurss.

Kui ta- hame saabuda laevaga lähtepunk- tist sihtpunkti, siis, nagu juba

dame selle kompassikursiks. Selle kursi järgi tüürides loodame saabuda sihtpunkti.

Selline arvestus on põhjendatud ainult siis, kui puudub triiv. Esineb aga triiv, siis on selge, et me kaldume tüüritavast kursist kõrvale (vaata joon. nr. 15). Kui tahame aga tingimata saada soovitud punkti, siis tuleb tüürida laeva triivi võrra vastutuult. Teisiti — kurss tuleb õiendada ka triiviga.

Praktikas toimub aurikuis (ja ka purjekais, kui tuul seda võimaldab) triiviga arvestamine väga lihtsalt: võetakse tõeline kurss kaardilt ja muudetakse see kompassikursiks. Asutakse siis selle kursi järgi laeva tüürima. Kui nüüd selgub, et tuule mõjul laev triivib, siis tehakse kindlaks triivi suurus ja muudetakse kurssi selle võrra vastutuult. S. t. triiviga kursi õiendamine toimub puht-praktiliselt, matemaatilise arvutamisetä. Näiteks, tõeline kurss = 58° , muudame selle kompassikursiks, saame 55° . Asudes laeva selle kursi järgi tüürima, selgub, et NNW tuule mõjul laev triivib 3° paremale. Selle võrra tuleb nüüd kurssi muuta vasemale. S. t. laeva tüürime kursi järgi 52° .

Kui loovitakse purjelaevaga, siis tuleb arvutamisel paratamatult arvestada triivi, et leida tegelikku laevatee suunda merekaardile panemiseks. Kõigepealt muudetakse kompassikurss deviatsioonide ja variatsioonidega tõeliseks kursiks. Siis õiendatakse tõeline kurss triiviga. Triiviga õiendatud kurssi, mis kujutab laeva tee suunda, nimetatakse kaardikursiks. Kui triiv puudub, siis tõeline ja kaardikurss ühtuvad. Oletame, et me muutsime kompassikursi tõe-

liseks ja NAB (joon. nr. 16) kujutab seda. Tuul on N, s. t. esineb vasaku halsi triiv, mis = 10° . Määrata kaardikurss?

Jooniselt näeme, et triivi tõttu kurss suureneb. Siit järele, et kompassikursi (tõelise kursi) muutmisel kaardikursiks vasaku halsi triiv evib märgi + ja endastmõistetavalt siis parema halsi triiv märgi — (miinus).

Näiteid. 1. Komp. k. = SE 58° , $\delta = 4^{\circ}W$, $d = 2^{\circ}W$, triiv vasakul halsil 8° . Määrata Krk.?

$$Kk = SE 58^{\circ} -$$

$$\delta = W 4^{\circ} -$$

$$d = W 2^{\circ} -$$

$$tr. v. h. = 8^{\circ} +$$

$$Krk = SE 56^{\circ}$$

2. $Kk = 182^{\circ}$, $\delta = 2^{\circ}W$, $d = 3^{\circ}E$, triiv par. h. 6° . Määrata Krk .?

$$\begin{array}{r} Kk = 182^{\circ} + \\ \delta = W \quad 2^{\circ} - \\ d = E \quad 3^{\circ} + \\ \text{tr. p. h.} = 6^{\circ} - \\ \hline \end{array}$$

$$Krk = 175^{\circ}$$

Kui meil kursi kaardilt võtmisel ja kompassikursiks muutmisel triiv on ette teada (varemate kogemuste põhjal), siis võime kaardikursi muuta tõeliseks (ja edasi tõelise kursi kompassikursiks) ka arutamisel.

Kompassikursi (tõelise kursi) muutmisel kaardikursiks oli vasaku halsi triiv märgiga + ja parema halsi triiv märgiga — (miinus), loomulikult on siis vastupidise töö juures ka märgid vastupidised.

S. t. kaardikursi muutmisel tõeliseks (kompassi) kursiks on vasaku halsi triiv märgiga — ja parema halsi triiv märgiga +.

Näide: $Krk = 87^{\circ}$, triiv 5° vas. halsil. Määrata Tlk .

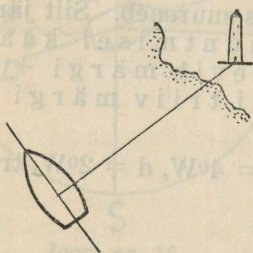
$$\begin{array}{r} Krk = 87^{\circ} + \\ \text{tr. v. h.} = 5^{\circ} - \\ \hline \end{array}$$

$$Tlk = 82^{\circ}$$

Tõelise kursi muutmine kompassikursiks toimub, nagu varem selgitatud.

31. Traaversi siht. Ristsihti

laeva kiiliga nimetatakse traaversi sihiks või lihtsalt traaversiks (\perp). Kui mingisuguse eseme, näit. tuletorni suund moodustab laeva kiiliga täisnurga, siis üteldakse, et laev on selle eseme traaversil (joon. nr. 17).



Joon. nr. 17.

Laeva asukoha määramisel tuleb sagedasti merekaardile märkida traaversi siht. Selleks peab olema teada tõeline traavers. Tõeline traavers = $Tlk. \pm 90^{\circ}$. Kui kaardil on kujutatud tõeline kurss (triiv puudub), siis võime tõmata sellele kaardil ristsihti, mis on traavers.

IV PEATÜKK.

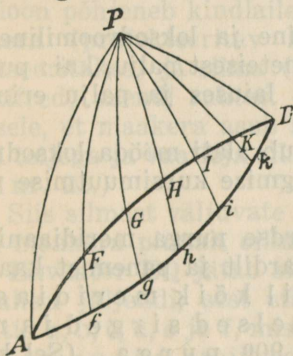
Merekaardid.

32. Plaanid ja kaardid. Maakera pinna vähema või suurema osa kujutamisel tasapinnal saame kas plaani või kaardi. Plaaniks nimetatakse sellist maakera pinna osa kujutust tasapinnal, kus pole üldse arvestatud maakera pinna kumerust. Loomulikult võib siis plaanil kujutada ainult väikest osa maakera pinnast, näiteks linna, sadamat, reidi jne.

Suuremate pinnaosade kujutamisel tuleb arvestada juba maakera pinna kumerust. Sellist kujutust, kus on arvestatud pinna kumerust, nimetatakse kaardiks.

Kuna maakera pind on kumer (maa on kera), siis võib maakera pinda tasapinnal kujutada vaid projekteerimisel. Kaartide valmistamisega tegeleb kartograafia; mitmesuguseid projekteerimise viise nimetatakse kartograafilisteks projektsioonideks.

Kartograafilisi projektsioone on suur hulk, neist tähtsaimad ortograafiline, stereograafiline, merkaatori ja gnomooniline projektsioon. Esimest kaht kasutatakse mitmesuguste geograafiliste kaartide valmistamisel, kuna merekaardid kujutatakse merkaatori projektsioonis. Abikaartidena kasutatakse meresõidus ka gnomoonilisi kaarte. Tutvume seepärast kahe viimase projektsiooniga.



Joon. nr. 18.

sihtpunkti kõige otsemat teed, tuleks kogu tee järjekindlalt muuta pisut kurssi. Seda on tegelikult võimatu teostada. Laevaga ühest punktist teise (järgmise kursimuutmise punktini) minek toimub muutmata kursiga. Kaht punkti kera pinnal

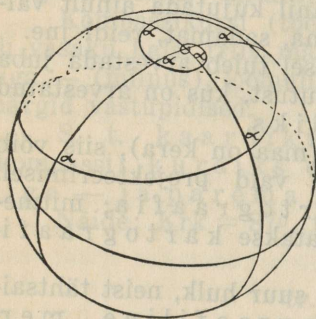
33. Ortodroom ja loksodroom.

Kõige otsem tee kahe punkti vahel kera pinnal on neid punkte ühendava suurringi lühem kaar. Seda kaart nimetatakse ortodroomiks. (Kr. keelest = otsejooks). Kuid ortodroom moodustab meridiaanidega erinevad nurgad (joonisel nr. 18 kõver A F G H J K D = ortodroom). Seepärast, kui me tahaksime laevaga liikuda lähtepunktist

ühendavat kõverikku, mis moodustab võrdse nurga kõigi vahepealsete meridiaanidega, nimetatakse loksodroomiks. (A f g h i k D — joonisel nr. 18). (Kr. keelest = kõverjooks).

Loksodroomiline kaugus keral kahe punkti vahel on suurem kui ortodroomiline, kuid nurk meridiaanidega (kurs) ei muutu.

Kui tõmmata mistahes punktist kerale mistahes suunas (välja arvatud E — W) loksodroom, siis kujutab see loksodroom kerale spiraalitaolise kõveriku (joon. nr. 19) ja lõpeb ühes või teises pooluses. (Sõltudes sellest, kas loksodr. oli suunatud N või S veerandesse.)



Joon. nr. 19.

Ortodroomiline ja loksodroomiline kaugus (kahe punkti vahe, möödunud mööda ortodroomi ja loksodroomi) erinevad teineteisest vähe, kui punktid asuvad: 1. teineteise lähedal, 2. ekvaatori läheduses (väikeses φ), 3. veidi erinevais pikkustes (ligi N — S sihti).

Ümberpöörduvalt: ortodroomiline ja loksodroomiline kaugus kahe punkti vahel erinevad teineteisest palju, kui: punktid asuvad teineteisest kaugel, suures laiuses ja palju erinevais pikkustes (ligi E — W sihti).

Laeva tegelik tüürimine toimub alati mööda loksodroomi (ühest kursimuutmise punktist järgmise kursimuutmise punkti).

Teisiti: kurs moodustab võrdse nurga meridiaanidega. Et hõlbustada kursside võtmist kaardilt ja panemist kaardile, selleks peaksid merekaardil kõik meridiaanid olema üksteisega paralleelsed sirged ja moodustama paralleelidega 90° nurga. (Sel korral kujuneb laevatee jäljend kaardile ka sirgena, missugust on kerge kujutada.) Sellele nõudele vastab merkaatori projektsioon. (Selle projektsiooni avastaja oli flaami matemaatik Gerhard Kremer, varjunimega Merkator, elas 1512—1594.)

Siit nähtub, et on tegemist eksitusega, kui ütleme, et väljudes maakeralt mõnest punktist ja liikudes kogu aeg muutmata kursiga, tehes ringi ümber maakera, saabume samasse punkti tagasi. Ainult kaks suunda, E ja W toovad meid samasse punkti tagasi. Iga teine muutmata kurss viib meid poolusesse. (Ka meridiaani mööda liikudes saabume samasse punkti, kuid ka siin muutub kurss.)

Ortodroom ja loksodroom ühtuvad, kui punktid asuvad kas meridiaanil või ekvaatoril.

Enne kui asuda selle projektsiooniga tutvumisele, vaatleme, missugune suhe on ekvaatori ja paralleelide ümbermõõtude vahel.

34. Ekvaatori ja paralleelide ümbermõõtude suhe. Oletame, et EQ (joon. nr. 20) kujutab ekvaatorit, AC aga paralleeli, mille laius = φ .

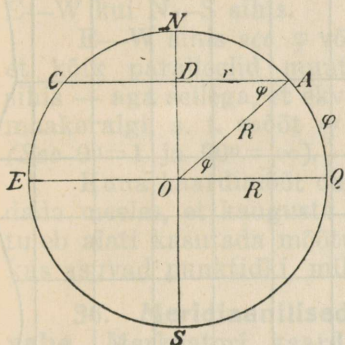
$$\widehat{QA} = \widehat{AOQ} = \widehat{DAO} = \varphi$$

AD on paralleeli raadius = r ; AO = QO = ekvaatori raadius = R .

Kolmnurgast ADO võime kirjutada:

$$\frac{R}{r} = \sec \varphi; \text{ siit:}$$

$$R = r \sec \varphi$$



Joon. nr. 20.

Geomeetriast teame, et paralleeli ümbermõõt = $2 \pi r$ ja ekvaatori ümbermõõt = $2 \pi R$. Asendades võrdseid võrdsetega, saame:

$$EQ = 2 \pi R = 2 \pi r \sec \varphi = AC \sec \varphi.$$

Siit:

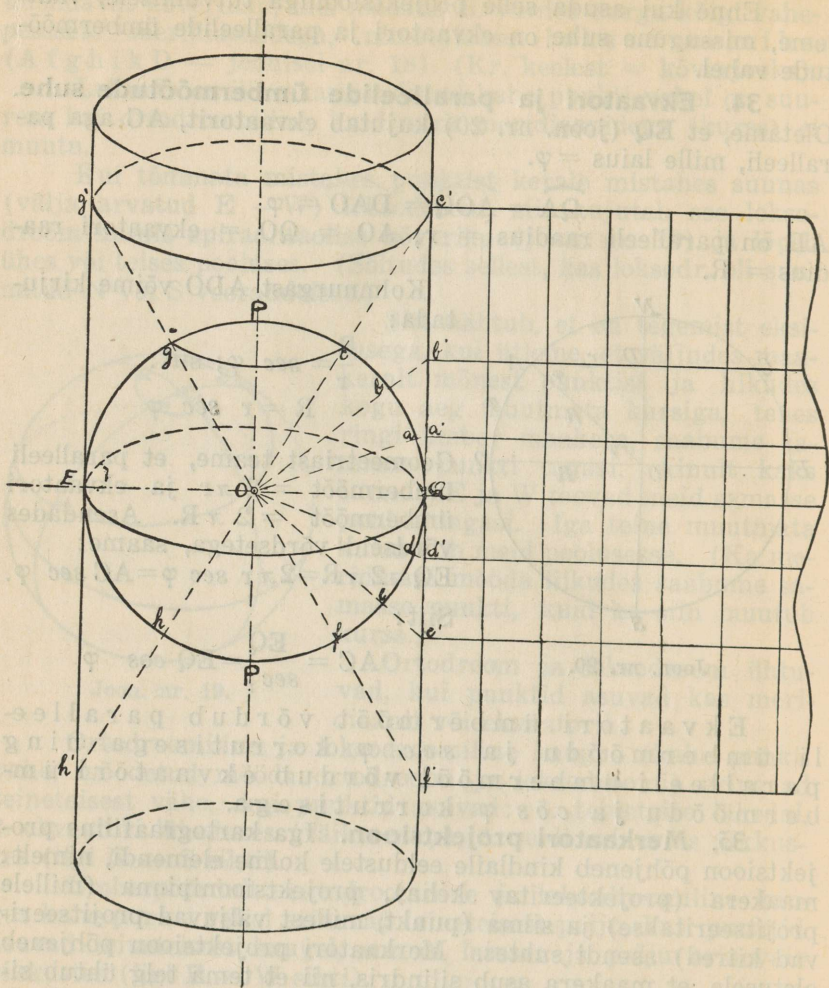
$$AC = \frac{EQ}{\sec \varphi} = EQ \cos \varphi.$$

Ekvaatori ümbermõõt võrdub paralleeli ümbermõõdu ja $\sec \varphi$ korrutisega ning paralleeli ümbermõõt võrdub ekvaatori ümbermõõdu ja $\cos \varphi$ korrutisega.

35. Merkaatori projektsioon. Iga kartograafiline projektsioon põhjeneb kindlaile eeldustele kolme elemendi, nimelt: maakera (projekteeritav keha), projektsioonipinna (millele projitseeritakse) ja silma (punkt, millest väljuvad projitseerivad kiired) asendi suhtes. Merkaatori projektsioon põhjeneb oletusele, et maakera asub silindris, nii et tema telg ühtub silindri teljega ja vaatleja silm asub maakera keskel. (Punktis O, joon. nr. 21.)

Siis silmast väljuvate kiirtega projitseeritakse kõik kujutused maakera pinnalt silindri sisemisele pinnale.

Ekvaator EQ jätab silindri sisemisele pinnale otsese ehk loomuliku jäljendi, sest silinder riivab maakera ekvaatoril. Punktid a, b, c, d, e ja f, mis asuvad maakeral üksteisest võrdses kauguses, projitseeritakse silindrile punktidesse a', b', c', d', e' ja f', kuid juba ebäühtlasesse kaugusesse üksteisest. Jooniselt näeme: mida kaugemal asub punkt maakeral ekvaatorist, seda suurem on tema äraseis eelnevast punktist silindril. Poolust ei saa üldse selles projektsioonis kujutada (vaatluskiir on paralleelne silindri pinnaga). Ka on raske kujutada



Joon. nr. 21.

siin pooluse lähemat ümbrust. Maakera paralleel gc kujuneb silindrile paralleelina $g'c'$. Meridiaani kaar cf kujuneb silindril sirgena $c'f'$, samuti $gh - g'h'$ -na jne.

Siit nähtub, et merkaatori projektsioonis ekvaator jääb samaks, nagu ta on keral, paralleelid muutuvad võrdseks ekvaatoriga (s. t. suurenevad $\sec \varphi$ võrra), meridiaanid kujunevad isekeskis paralleelseiks sirgeiks ja on \perp paralleelidega.

Joonisel kujutatud punktide ja ringide eeskujul projitseeritakse kõik maakeral asuvad kujutused, ringid jne. silindri sisemisele pinnale. Teisiti: projitseerimisega muudame kera

(projitseerimisele kuuluva osa temast) silindriks. Edasi oletame, et punkte a, b, c, d, e ja f (ning vastavalt pärast projitseerimist a', b', c', d', e' ja f') läbivad paralleelid ja keral on meridiaane rohkem kui näidatud. Lõikame nüüd silindri üht meridiaani mööda lahti ja sirutame tasapinnale, siis saame merkaatori kaardivõrgu, nii nagu näidatud silindri kõrval.

Siit näeme, et see projektsioon vastab varem püstitatud nõudele: meridiaanid on sirged, isekeskis paralleelsed ja lõikavad paralleele 90° nurga all (nagu maakeralgi).

Kaardimõõt aga muutub ning niisama palju (*sec* φ võrra) E—W kui N—S sihis.

E—W sihis *sec* φ võrra muutumine on tõestatav sellega, et kõik paralleelid muutuvad võrdseiks ekvaatoriga, N—S sihis — aga sellega, et ekvaatori juures kaardimõõt on nii nagu maakeralgi, s. t. mõõt = 1, poolusel aga muutub lõpmatuks. (*Sec* $0^\circ=1$ ja $90^\circ=\infty$).

Kuna kaardimõõt on igas laiuses isesugune, siis tuleb pidada meeles, et kauguste mõõtmisel merkaatori projektsioonil tuleb alati kasutada mõõtu, mis on kaardi küljel samal kohal, kus asuvad punktidki, millede vahel kaugust mõõdetakse.

36. Meridiaanilised osad ja meridiaaniline laiuste vahe. Merkaatori kaardil on kaheksaüheksa kaareminutid: ekvaatoriminutid — ühtlased ja meridiaaniminutid — ebahühtlased. Viimaseid nimetatakse ka merkaatori-minutiteks.

Ekvaatori ja näiteks 10° paralleeli vahel on 600 meridiaaniminutit, kuid, et ekvaatoriminutid on lühemad kui meridiaaniminutid, siis võime ekvaatori ja sama paralleeli vahele paigutada ekvaatoriminuteid rohkem kui 600. (Nimelt — 603,1.)

Ekvaatoriminutite arvu, millist võime mahutada merkaatori kaardil ekvaatori ja mistahes paralleeli vahele, nimetatakse selle paralleeli meridiaanilisteks osadeks. Nii 10° paralleeli meridiaan. osad = 603,1.

Kuna mõningate navigatsiooniliste ülesannete lahendamisel vajame meridiaanil. osasid, siis on need antud meretabelis (Breusing, tabel nr. 14).

Meridiaanil. osade arvutamine toimub kõrgemas matemaatikas tuletatud valemite järgi, mis pärast me seda küsimust siin ei puuduta.

Merkaatori kaardile kahe paralleeli vahele mahutatavate ekvaatoriminutite arvu nimetatakse nende paralleelide meridiaaniliseks laiuste vaheks.

See on kahe paralleeli meridiaanil. osade algebraline vahe. Näiteid: 1) $\varphi_1 = 48^\circ 16'N$; $\varphi_2 = 51^\circ 17'N$. Määrata mer. laiuste vahe ($M_1 - M_2$)?

$$51^{\circ}17' \text{ mer. osad } M_1 = 3595,9$$

$$48^{\circ}16' \text{ mer. osad } M_2 = 3315,5$$

$$M_1 - M_2 = 280,4$$

$$2) \varphi_1 = 1^{\circ}27' \text{S ja } \varphi_2 = 4^{\circ}14' \text{N.}$$

$$1^{\circ}27' M_1 = 0087 \text{ S}$$

$$4^{\circ}14' M_2 = 0254,2 \text{ N}$$

$$M_1 - M_2 = 341,2$$

37. Merekaardi kasutamine. Merekaardil tuleb lahendada rida navigatsioonilisi ülesandeid otse graafiliselt. Näiteks, kursside panemine kaardile ja võtmine kaardilt; peilungite märkimine jne.

Nende ülesannete sooritamisel vajame joonlauda, kolmnurka, malli, sirklit ja pliiatsit. Ja lõpuks kummi vajaduseta joonte kustutamiseks. Kõik vajalised riistad olgu heas seisukorras, täiesti töökõlvulised. Nii: joonlaua ja kolmnurga ääred olgu sirged. Kui hariliku joonlaua asemel tarvitatakse paralleel-joonlauda, siis ei tohi see vabalt logiseda, vaid peab liikuma kindlalt, et paralleelsus püsiks.

Sirkel olgu kergesti koomale-laiemale lükatav, kuid siiski niivõrd kindel, et see ise ei liigu.

Kaardil töötamiseks olgu õieti kaks sirklit — üks, mille mõlemad otsad on teravad ja teine, mille üks ots on pliiatsiga. (Võib olla ka üks sirkel, kuid ühe vahetatava otsaga.)

Sirklit kasutades tuleb hoiduda kaardi rikkumise eest sirkli otstega.

Mall olgu õigete ja selgete jaotustega ja küllalt suur. Eelistatavaim on tselluloidist mall (paistab läbi) ja kolmnurkne (täidab ka kolmnurga aset).

Joonte tõmbamiseks kaardile tuleb kasutada terava otsaga nr. 2 pliiatsit. Kõik jooned tõmmata kergelt ja puhtalt. Kaardile ei tule tõmmata ainustki liigset joont ega teha vajaduseta kirjutusi. Peale vajaduse k o h e kõik jooned kustutada.

38. Mõningate algülesannete lahendamine merekaardil. Kaardi kasutamisel peab igaüks oskama lahendada kõigepealt järgmisi algülesandeid.

1. Mõõta kahe punkti vahelist kaugust. Selleks pannakse sirkli üks ots ühele ja teine teisele antud punktile. Asetatakse siis sirkel kaardi äärel (paremal või vasakul) olevale skaalale, (hoolitsedes, et sirkel ei läheks koomale ega laiemale) ja loetakse ära, mitu minutit on sirkli otste vahel. Iga meridiaani minut annab 1 meremiili. Kuna merekaardil meridiaani minutid ei ole võrdsed (vastava projektsiooni tõttu), vaid pikenevad ekvaatorilt pooluse poole (vähe-
mas laiuses on lühemad, suuremas pikemad), siis peab alati

mõõtma skaalalt samalt laiuselt, kus asuvad punktid, mille vahelist kaugust mõõdeti.

Kui punktid asuvad üksteisest nii kaugel, et sirkel ei haara korraga punktide vahet, siis tuleb mõõta osade kaupa. Võtta näiteks 20' sirkli otste vahele ja mõõta, mitu korda see mahub nende punktide vahele ja jääk siis mõõta nii, nagu ülemaal selgitatud.

2. Antud punktist antud joont mööda märkida kaardile antud kaugus. See on vastupidine ülesanne eelmisele. Võetakse kaardi küljel olevalt skaalalt antud arv miile sirkli otste vahele ja paigutatakse siis sirkli üks ots antud punktile, teine ots vastavale joonele. Teine sirkli ots märgib otsitava punkti asukoha kaardil.

Kui miilide arv on suur ja ei mahu korraga sirkli otste vahele, siis jagada see arv osadeks ja paigutada joonele osade kaupa.

3. Määrata antud punkti koordinaadid. Pannakse sirkli üks ots antud punktile ja teine ots otsejooneliselt lähemale paralleelile. Nüüd viiakse sirkel samas olekus kaardi küljel olevale skaalale. Üks ots pannakse samale paralleelile, kus ta oli varem, ja loetakse, mitu kraadi ja minutit on teise otsa all. See on laiuse koordinaat. Andmed pannakse kirja. Nüüd asetatakse sirkel uuesti ühe otsaga antud punktile ja teine ots otsejooneliselt lähemale meridiaanile. Viiakse siis sirkel kaardi all- või ülaläärel olevale skaalale. Üks ots pannakse samale meridiaanile, siis teise otsa alt loetakse pikkuse koordinaadi kraadid ja minutid.

4. Punkt kaardile panna antud laiuse ja pikkuse järgi. Antud koordinaatide järele otsutatakse kõigepealt, missuguses ruudus asub otsitav punkt. Siis pannakse sirkli üks ots kaardi küljel olevale skaalale lähemale paralleelile ja teine ots täpselt antud laiusele vastavale jaotusele. Viiakse sirkel siis samas seisundis sama paralleeli mööda sellele ruudule, kus punkt asub. Nüüd hoitakse sirkli üks ots endisel paralleelil ja märgitakse teise otsa asend pliiatsiga meridiaanile, mis piirab varem määratud ruutu. Sama tehakse ka teisel pool ruutu oleval meridiaanil. Ühendatakse need punktid kergelt pliiatsiga tõmmatud sirgega. See joon kujutab paralleeli või teisiti: otsitava punkti laiuse koordinaati. Nüüd võetakse sirkli otste vahele kaardi all- või ülaläärelt vastav pikkus ja märgitakse pliiatsiga tõmmatud paralleelile, see on otsitava punkti pikkuse koordinaat. Pikkuse ja laiuse koordinaatide lõikepunkt ongi otsitava punkti asukoht.

5. Kaardil kindlaks määrata antud joone siht. Mõõdetakse malliga antud joone ja mistahes meridiaani lõikenurk. Kui joon on lühike ja ei ulatugi mõne meridiaanini, siis paigutatakse joonlaud joonele ja mõõdetakse joonlaua ja meridiaani vaheline nurk. Nurk joone ja meridiaani vahel määrab joone sihi.

6. Tõmmata kaardile antud siht (suund) antud punktist. Moodustatakse malliga antud nurk meridiaani ja kolmnurga vahel, mitte kaugel vastavast punktist. Nüüd viiakse see siht kolmnurga ja joonlaua või paralleeljoonlaua abil antud punktile. Tõmmatakse pliatsiga joon kaardile.

7. Üle kanda punkti asukoht ühelt kaardilt teisele. Määratakse ühel kaardil punkti koordinaadid ja samade koordinaatide järgi pannakse punkt teisele kaardile.

39. Gnomoonilised kaardid. Peale merkaatori projektiooniliste harilike merekaartide kasutatakse meresõidus mõnikord veel n. n. gnomoonilisel projektioonil põhjenevaid kaarte.

Neid kaarte kasutatakse: 1) polaarpiirkondade kujutamiseks ja seal navigeerimisel (polaarpiirkonna kujutamiseks, nagu üteldud, merkaatori projektioon ei kõlba), 2) suuringi ehk ortodroomi määramisel kahe punkti vahel ja 3) mõnikord ka laevakoha määramisel raadiopeilungite järgi.

Gnomooniline projektioon põhjeneb oletusel, et vaatleja silm asub maakera keskel ja maakera puutub mingisuguses punktis üks tasapind (n. n. projektsoon-tasapind). Silmast väljuvate kiirtega projitseeritakse siis kõik kujutused maakera vastava osa pinnalt projektsoon-tasapinnale.

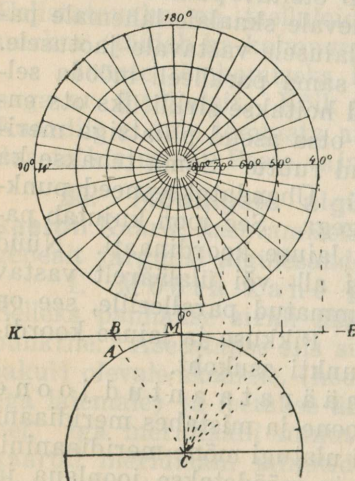
Projektsoon-tasapind võib puutuda maakera ekvaatoril, poolusel ja ekvaatori ja pooluse vahel.

Esimesel juhtumil nimetatakse projektsooni gnomoonilis-ekvaatoriliseks, teisel — gnomoonilis-polaarseks ja kolmandal — gnomoonilis-horisontaalseks projektsooniks.

Kuna see projektsoon eeldab, et vaatleja silm asub kera keskel ja projitseerimine toimub kera puutuvale tasapinnale, siis on selge, et kõik suuringi kaared kujunevad sellele projektsoonile sirgetena (suuringide tasapinnad läbistavad kõik kera keskpunkti).

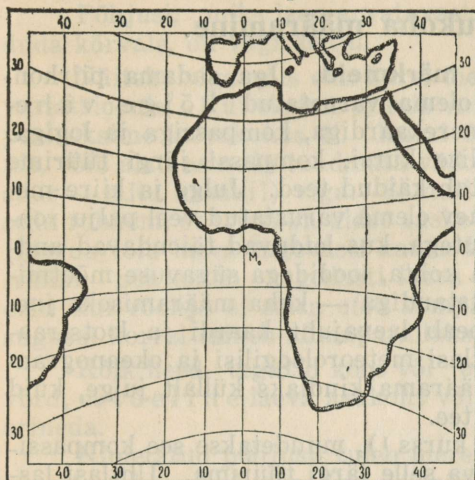
Selles ongi selle projektsooni tähtsaim hea omadus. Joonisel nr. 22 on näidatud gn. polaarprojektsoon. Keskpunkt (ühtlasi puutepunkt), kujutab poolust, mille ümber asuvad kontsentreeritud ringidena paralleelid. Paralleelide raadiused kasvavad $\cot \varphi$ -ga.

Seda projektsooni, nagu üteldud, kasutatakse polaarpiirkondade kujutamiseks. Jääkaardid, tähekaardid jne. on sagedasti valmistatud selles projektsoonis.



Joon. nr. 22.

Gn. ekvaatoriline proj. on kujutatud joonisel nr. 23. Punkt M_0 on puutepunkt. Meridiaanid on siin paralleelsed sirged. Iga meridiaani äraseis kaardi keskpunktist suureneb *tan* pikkuse võrra (lugedes pikkust keskpunkti meridiaanist). Paralleelid on siin hüperboolid.



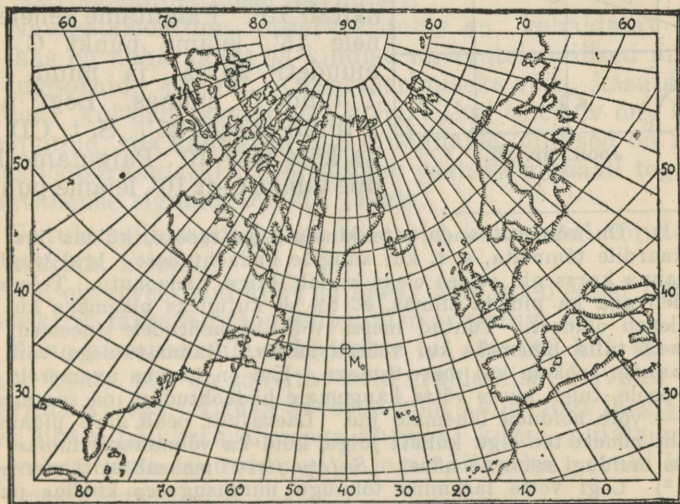
Joon. nr. 23.

olgu vaid üteldud, et gnom.-kaartidel muutub kaardimõõt igas suunas, mispärast kauguste mõõtmine on siin väga raske. Muutuvad ka nurgad, mispärast ka suuna määramine on siin raskestatud.

Gnom.-horisontaalne projektsioon on kujutatud joonisel nr. 24. Siin meridiaanid jooksevad kokku poolusele (kaardil kujutamata).

Ekvaator, kui see on näidatud, on sirge, paralleelid mitmesuguse kõverdusega kõverikud. Meridiaanide äraseis keskmisest meridiaanist muutub võrdselt nende pikkuste tangensiga (lugedes pikkust keskmisest meridiaanist).

Nende kaartide kasutamine selgub eespool. (Peatükk X). Üldiselt



Joon. nr. 24.

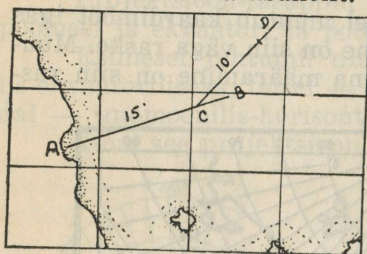
V PEATÜKK.

Laeva asukoha määramine.

40. Sissejuhatavaid märkmeid. Iga sadama piirkonnast eemalduv laev peab olema varustatud kõige vähemalt vastava piirkonna merekaardiga, kompassiga ja logiga. Merekaardilt saame tarvilise kursi, kompassi järgi tüürime laeva sel kursil ja logi näitab käidud teed. Julge ja kiire meresõidu huvides peab aga laev olema varustatud veel palju rohkemaga. Nii lootsiraamatutega, kus leiduvad täiendavad andmed vastava mere ja ranna kohta, loodidega sügavuse mõõtmiseks, peilingaatoriga ja sekstandiga — koha määramiseks jne.

Väljudes sadamast peab laevajuht kaardi ja lootsiraamatu järgi, arvestades ühtlasi meteoroloogilisi ja okeanograafilisi andmeid ja olusid, määrama kindlaks küllalt julge, kuid ka võimalikult kasulikema tee.

Kaardile tõmmatakse kurss ¹⁾, muudetakse see kompassikursiks ning hakatakse laeva selle järgi tüürima. Ühtlasi lastakse logi vette ²⁾, mis näitab käidud teed. Nii peaks igal ajal olema teada laeva asukoht.



Joon. nr. 25.

Näiteks punkt A kujutab laeva lähtepunkti (joon. nr. 25), siit liigub laev suunda AB mööda 1,5 tundi edasi. Selle aja jooksul logi näitab 15'. Paigutame sellele joonele 15', leiame punkt C. Siin muudeti kurssi ja mindi edasi 1 tund D suunas. Logi näitab 1 tunni pärast 25'. S. t. CD mööda käis laev 10'. Paigutame kaardile punkt C-st 10', leiame punkt D.

¹⁾ On võimatu anda ette kindlaid juhtnöore, kuidas just tuleb kurss kaardile tõmmata, s. t. kui kaugelt hädahohtudest. Igal tingimusel tuleb panna kurss nii, et see oleks küllalt julge, hädahohtu. Teisest küljest tuleb aga ka pidada silmas, et tee ei kujuneks pikemaks kui vaja. Kõik oleneb oludest. Tuntud meres võib hädahohtudele (neemed, rand, rifid jne.) tulla lähemale kui võõras meres. Ranna-tuulega võib läheneda rannale rohkem kui mere-tuulega. Kui on hoovus avamerelt hädahohtude poole, tuleb kurss võtta kaugemale hädahohtudest, on see aga vastupidi — võib hoiduda lähemale jne. Laevajuht peab alati pidama silmas kaht nõuet: tee olgu küllalt julge, kuid ka võimalikult lühike. Esi kohal on muidugi esimene nõue. „Safety first“ maksab eriti meresõidus.

²⁾ Logi vette laskmine toimugu mingisuguses kindlas punktis, nagu poi või toodri juures, tuletorni \perp jne., et navigatsiooniliste arvestuste algpunkt oleks kindel. Vette laskmisel logi jaotus ja kella aeg kirja panna — päevaraamatusse märkimiseks.

Teoreetiliselt peaks laev olema 2,5 tunni pärast punktis D. Seda kohta nimetatakse arvatud laevakohaks.

Praktika näitab, et laev sagedasti hoopiski navigatsiooniliste arvestuste järgi arvatud kohas ei ole, vaid sellest ühele-teisele poole rohkem-vähem võib kalduda kõrvale.

Põhjusi, miks laev arvatavast kohast ja kursist võib kalduda kõrvale, on väga palju.

Näiteks viga võis olla kursi õiendustes — deviatsioonis ja variatsioonis. Kui eksime kursis vaid 1^o, siis, meie laiuses, 60' peal eksime laevakohas 1'. Kursi õiendustes, eriti variatsioonis, võib alati esineda tundmata väike (mõnikord aga ka kaunis suur — mitu kraadi!) viga. Samuti võib viga esineda triivis, seda rohkem, et triivi on üldse raske määrata kraadi täpsusega. Hoovus võib laeva tugevasti kanda kursist kõrvale. Halb tüürimine põhjustab sagedasti laeva kursist kõrvalekaldumist, eriti kui roolija ei seisa otse kompassi taga vaid küljel, misgusugusel korral esineb silmaparallaks jne.

Kõik need tegurid koos või eraldi mõjuvad laevale niivõrd, et tõeline laeva asukoht võib arvatud kohast tugevasti erineda.

Nimetatud põhjusil tuleb merel alati aeg-ajalt graafilist arvestust kaardil kontrollida ja määrata laeva tõeline asukoht.

Seda tööd nimetatakse observeerimiseks ja observeerimisel määratud laeva asukohta — observeeritud kohaks.

Observeerimine võib olla navigatsiooniline ja astronoomiline. (Praktikas mõteldakse harilikult observeerimise all ainult astronoomilist observeerimist).

Navigatsiooniline observeerimine on kohaldatav ainult seal, kus on näha kallas ja kindlad navigatsioonilised märgid, nagu tuletornid, paagid. Observeerimiseks võib kasutada ka tulelaevu, kui nad asuvad oma kohal (kui tulelaev on kohalt ära triivunud, siis kannavad nad erisignaale, millised on näidatud kas lootsiraamatuis, või toimub vastava signaali tegemine rahvusvahelise signaalraamatu järgi).

Ei tule peilida poisid ega toodreid, kuna need võivad kergesti nihkuda kohalt.

Kui observeeritud koht on käes, siis tuleb edasi juba sellest punktist jätkata navigatsioonilist arvestust. ¹⁾

Kuna merekaardile märgitakse nii arvatud kui ka observeeritud koht, siis on soovitatav neid eraldamise huvides tähistada erimärkidega. Laeva arvatud koht (koht logi järgi) märgitakse lihtsa põikriipsukesega kursile, kuhu pliitsiga kergesti märgitakse juurde aeg ja logi näitamine (vahi lõpul),

¹⁾ Kui observeeritud koht erineb arvatud kohast niipalju, et tekib kahtlus selles, siis on soovitatav mõlemast punktist edasi kurss kaardile panna, järgmise observeerimiseni.

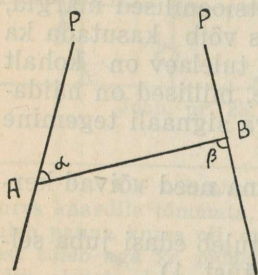
kuna observeeritud koha märkimiseks tehakse väike sõõriga ümbritsetud ristike.

Alamal on selgitatud kogu navigatsioonilisi laevakoha määramise viise. Need ei ole kõik võrdse väärtusega täpsuse suhtes. Eelistada tuleb muidugi alati täpsemaid.

41. Peilungitest üldse. Laevakoha navigatsiooniline määramine peamiselt toimub peilungite järgi. Laevast peilitakse kompassi järgi kaldal asuvaid navigatsioonilise märke, (kas üht, kaht või kolme, olenedes sellest, kuipalju peilimiseks sobivaid esemeid on silmapiiril näha ja millist meetodit kasutatakse) ja muudetakse need saas tõelisteks peilungiteks.

Laeva asukoha määramiseks merekaardil arutatakse järgmiselt: kui laev peilis tuletorni näiteks NE 50° suunas, siis tuletorn oleks samal ajal võinud peilida laeva vastupidises suunas, s. t. SW 50°. Kuna kaardil on tuletorn märgitud, laeva asukohta aga otsime, siis tõmmatakse kaardile peilung tuletornist vastupidises suunas laevast võetud peilungile. Sel joonel pidi siis laev asuma peilimise ajal. Seda joont nimetatakse *positsioon-jooneks*. Üks positsioon-joon üksi ei määra veel laeva asukohta (nagu ei määra punkti üks koordinaat). Laeva asukoha määramiseks peab olema veel teada ka teine positsioon-joon, nurk või kaugus, olenedes meetodist.

Nagu siit näeme, põhjeneb laevakoha määramine peilungite järgi oletusel, et ühel ajal kahest eripunktist (laev ja tuletorn) vastastikku võetud peilungid erinevad 180° (on vastupidi võrdsed: näiteks NE 50° ja SW 50°). See oleks õige siis, kui neid kaht punkti (laeva asukoht ja tuletorni asukoht) läbivad meridiaanid oleksid paralleelsed.



Joon. nr. 26.

Meridiaanid ei ole aga üksteisega paralleelsed mujal, kui ainult ekvaatoril. Joonisel nr. 26 punkt A kujutab, ütleme, laeva asukohta, AP = laeva asukohast läbiv meridiaan, B-tuletorn ja BP-tuletorni meridiaan. AB on positsioon-joon (peilungi-joon).

On selgesti näha, et nurgad α ja β ei ole võrdsed. Teisiti: ei ole õige, kui ütleme, et kui laev peilib tuletorni NE 50°, samal ajal tuletorn oleks peilind laeva SW 50°. Positsioon-joon AB on küll üks ja ühine, kuid kumbki määrab selle suuna (nurga) oma meridiaani suhtes.

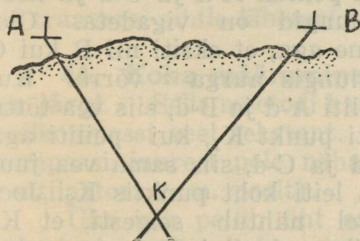
Kui punktid asuvad teineteisele võrdlemisi lähedal, siis on meridiaanid teineteisele ka peaaegu paralleelsed, ja peilungite vahel pole tegelikult märgatavat erinevust.

Silma järgi peilimine toimub merel ka tegelikult lähedalt (kauged esemed pole meile näha), seepärast võime nõustuda, et

oletus, millele põhjened laevakoha määramine viisuaalsete peilungite järgi (laeva ja tuletorni vastupidised üheaegsed peilungid on vastupidi võrdsed, s. t. erinevad 180°), on tegelikult õige. Teisiti on aga lood akustiliste peilungitega (raadio-peilungid), kuid neist eraldi järgnevail lehekülgedel.

Laevakoha määramine kahe eseme järgi.

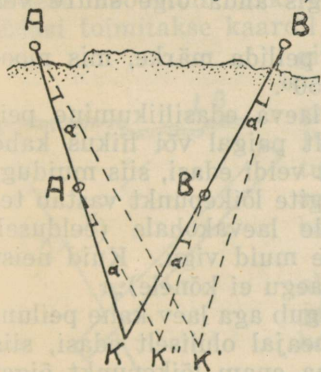
42. Laevakoha määramine kahe eseme üheaegsel peilimisel. (Ristpeilung.) Kui silmapiiril on kaks kaardil märgitud eset, siis peilitakse neid kompassi järgi võimalikult kiiresti üksteise järele. Vaadatakse ühtlasi kella ja logit¹⁾. Muudetakse peilungid tõelisteks ja pannakse kaardile peilitud esemeist vastupidises suunas. Peilungite lõikepunkt annab laevakoha.



Joon. nr. 27.

Oletame, et tuletorni A tõeline (õiendatud) peilung on laevast vaadatult $NW 40^\circ$ ja B peilung $NE 45^\circ$. Nüüd oletame, et kui laev nägi tuletorni A-d suunas $NW 40^\circ$, siis samal ajal tuletorn nägi laeva $SE 40^\circ$. Tõmbame kaardile tuletornist positsioon-joone suunas $SE 40^\circ$ (joon. nr. 27). Samuti B-st suunas $SW 45^\circ$. Lõikepunktis K asus laev peilimise ajal.

43. Esemete valik. Võimalikke viga. Kui silmapiiril on peilimiseks kõlvulisi esemeid rohkem kui kaks, siis tuleb peilida lähemaid ja neid, mille peilungid lõikuvad ligi 90° nurga all. Mida lähemad on esemed laevale ja mida lähem on lõikenurk 90° -le, seda parem, sest et siis juhuslikud vead peilungis mõjutavad koha täpsust vähem.



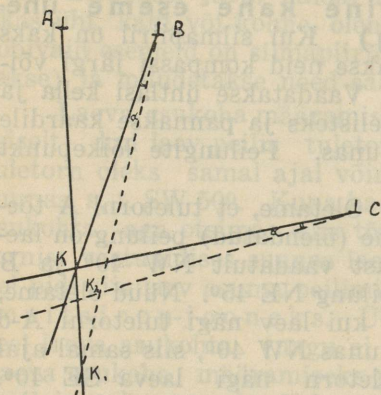
Joon. nr. 28.

Oletame, et laev asub tõeliselt punktis K (joon. nr. 28). Kui peilungid ei sisalda mingit viga, siis on ükskõik, kas peilime kaugemaid esemeid A-d ja B-d või lähemaid A'-d ja B'-d. Lõikepunkt on ikka K. Oletame aga, et peilungite õiendus ($\delta + d$) sisaldab vea, mis võrdub nurgaga α . Selle vea tõttu peilungid

¹⁾ Kella vaadatakse selleks, et teaksime edaspidisteks arvestusteks, millal just laev asus määratud kohas. Ka märgitakse peilimise toiming vastava aja järgi laevapävaraamatusse. Logit vaadatakse selleks, et sellest punktist edasi käidud tee pikkust märkida kaardile.

jooksevad kaardile nii, nagu näitavad punktiirjooned. Kui peilisime kaugemaid esemeid A-d ja B-d, siis vigu sisaldavad peilungid lõikuvad punktis K'.

Peilisime aga lähemaid esemeid A'-d ja B'-d, siis lõikuvad sama viga (α) sisaldavad peilungid punktis K". Joonisel nähtub selgesti, et K" on lähem tegelikule laevakohale K kui K'. Seepärast tuleb eelistada alati lähemaid märke.



Joon. nr. 29.

lähemal tegelikule ehk õigele kohale kui K₁ (löikenurk on ligi 20°. Seepärast: mida lähem on peilungite löikenurk 90°-le, seda parem.

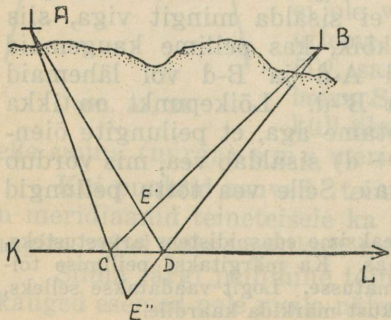
Eriti halb on muidugi siis, kui märgid on laevast kaugel ja üksteisele nii lähedal, et peilungid lõikuvad terava nurga all, siis võib juhuslik väike viga peilungis anda õige suure vea laevakohas.

Igal tingimusel ei ole soovitatav peilida märke, mis moodustavad löikenurga alla 30° või üle 150°.

Vaatame nüüd, kuidas mõjub laeva edasiliikumine peilimise ajal? Kui laev oli liikumatult paigal või liikus kahe peilungi võtmise vaheajal tähtsusetult veidi edasi, siis muidugi peilungite löikepunkt vastab tegelikule laevakohale (eeldusel, et pole muid vigu. Kuid neist me praegu ei kõnele).

Liigub aga laev kahe peilungi vaheajal oluliselt edasi, siis ei anna enam löikepunkt õiget laevakohta.

Oletame, et KL (joon. nr. 30) kujutab laeva tegelikku teed. Peilimise ajal oli laev esiteks punktis C ja pärast — tei-



Joon. nr. 30.

se peilungi ajal — punktis D. Kui laev olles punktis C peilis märki A-d ja punktis D märki B-d, siis peilungid lõikuvad punktis E', vastupidises järjekorras peilides (enne B-d ja siis A-d) aga peilungid lõikuvad punktis E'. Kumbki pole õige laevakoht. Mida pikem on tee CD, seda suurem on viga.

Siit järgneb, et peilimine peab toimuma kiiresti üksteise järele. Kui aga ühel või teisel põhjusel kiiresti peilida ei saa (mõnikord öösi, tuled plingivad harva) ja laev on kiire käiguga, siis on soovitatav peilida üht märki kaks korda, enne ja pärast teise peilimist. S. t. peilime I, II ja I. Kahest esimesest (I) võtame keskmise ja opereerime sellega (õiendame ja paneme kaardile).

Ka on soovitatav laeva edasiliikumise mõju vähendamiseks peilida enne seda märki, mis on laeva diametraal-tasapinnale lähemal (selle peilung muutub aeglaselt) ja hiljem seda, mis on traaversi sihile lähemal.

44. Koha määramine peilungi ja horisontaalse nurga järgi. Selle meetodi kasutamiseks peab olema laevas peale peilkompassi veel sekstant. Kasutatakse peamiselt siis, kui kompassi juurest pole näha teist eset (on varjatud korstna, ventilaatori v. m. poolt).

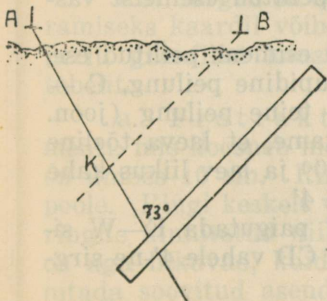
Üks isik peilib üht eset kompassi järgi, teine mõõdab samal ajal nurga kahe eseme vahel. Võib toimida ka üks isik — mõõdab sekstandiga nurga ja kohe kiiresti selle järele peilib. (Kui on kiire käiguga laev, siis ta toimib nii: peilib, mõõdab nurga ja peilib uuesti. Siis võtab peilungeist keskmise). Kella ja logit mitte unustada¹⁾.

Nüüd õiendatakse peilung, liidetakse või lahutatakse sellest mõõdetud nurk — leiame teise eseme tõelise peilungi. Edasi toimitakse kaardil nii nagu eelmise meetodi juures selgitatud.

Laevakoha kaardil võib määrata ka graafiliselt, teist peilungit arvutamata. Paneme kaardile peilitud esemest vastupidise tõelise peilungi. Moodustame sel peilungil joonlaua ja malli abil vabas punktis mõõdetud nurga.

Nüüd toome joonlaua paralleelselt algsihile teise esemeni. Peilungi ja joonlaua ääre lõikepunkt annab laevakoha (joon. nr. 31).

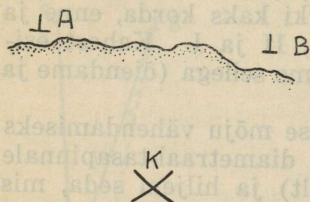
Sel meetodil on peaaegu kõik samad head ja halvad omadused, mis eelmisel-



Joon. nr. 31.

¹⁾ Kella ja logi vaatamine ja ülesmärkimine on nõuetav laevakoha määramisel alati. Ükskõik missugust meetodit laevakoha määramisel kasutatakse. Seepärast järgnevate meetodite kirjeldamisel seda enam ei mainita.

gi, mispärast ka nõudeid eelmise suhtes siin tuleks arvestada. See meetod võib siiski anda pisut täpsema resultaadi kui eelmine: siin esineb ainult üks peilung, seega peilungi õienduste viga mõjutab selle meetodi järgi määratud laevakoha vähem kui eelmisel. Nurga saame siin rohkem kui küllaldase täpsusega (kui me just otseselt ei eksi kas mõõtmises või jaotuste lugemises!). Nurka ei tarvitsegi täpsemalt määrata kui 10°.

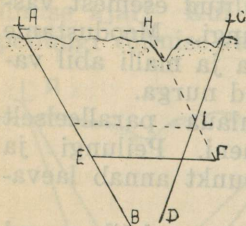


Joon. nr. 32.

Laevakoha täpsus oleneb, endastmõistetavalt, kauguste täpsusest. Kui kahe kauguse mõõtmine ei toimu ühel ajal ega ka kiiresti üksteise järele, siis tuleb üht kaugust mõõta kaks korda (enne ja pärast teist) ja võtta keskmine.

46. Koha määramine kahest esemest iseägedel võetud peilungite järgi. Seda meetodit kasutatakse siis, kui silmapiiril on ainult üks peagi kaduv ese ja me teame ette, et varsti pärast esimese kadumist ilmub silmapiirile uus peilimiseks kõlvuline ese.

Kui esimene ese hakkab silmapiirilt kaduma, siis peilitakse seda. (Logi ja kell!). Samuti toimitakse teise esemega, kui see ilmub silmapiirile. (Logi ja kell!). Ka kaardikursu olgu teada, mille järgi liiguti edasi kahe peilungi vahel. Nüüd õiendatakse peilungid ja kantakse need peilitud esemest vastupidiselt kaardile.



Joon. nr. 33.

Oletame, et A on esimene peilitud ese, AB — esimene vastupidine peilung, C — teine ese ja CD — teine peilung (joon. nr. 33). Edasi oletame, et laeva tõeline (kaardi) kurss oli 90° ja laev liikus kahe peilungi vahel edasi 4'.

Nüüd tuleb meil paigutada E—W sihis peilungite AB ja CD vahele 4'-ne sirg-lõik.

Selle ülesande sooritame järgmiselt. Mistahes punktist esimesel peilungil, näiteks punktist E, pane me kaardile kursi (praegusel korral 90° suunas) ja mõõdame sellele 4', saame punkti F. Siit tõmbame paralleelse esimese peilungiga (joonisel punktiirjoon) kuni lõikumiseni tei-

se peilungiga. Leiame punkti L, mis kujutab laevakohta teise peilungi kella ajal.

Võime toimida ka teisiti. Paneme kaardile esimesest esemest kursi ja märgime sellele kahe peilungi vahel käidud tee pikkuse. Saame punkti H. Tõmbame siit vastupidise esimese ja teisest esemest vastupidise teise peilungi; nende lõikepunkt L annab laevakoha teise peilungi kella ajal.

See meetod ei ole enam nii täpne kui eelmised, sest see sisaldab kurssi ja laevateed. Kuid mõlemad võivad sisaldada vigu. Üldiselt, mida lühem tee kahe peilungi vahel, seda parem, resultaat on õigem. Ei ole üldse soovitatav kasutada seda viisi, kui tee ulatub üle 5'—6'. Kirjeldatud meetodi täpsus kannatab veel selleläbi, et peilimine siin toimub harilikult suurest kaugusest (kui esemed kaovad või ilmuvad silmapiirile), mispärast juhuslik peilungi viga mõjub nii-kui-nii palju täpsusele.

Laevakohamääramine kolme eseme järgi.

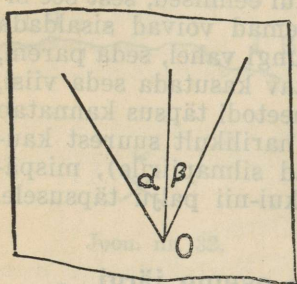
47. Laevakoha määramine kolme eseme vahel mõõdetud kahe nurga järgi. Kui silmapiiril on kolm hästinähtavat ja kaardil märgitud eset, siis võime laevakohta väga täpselt määrata järgmise meetodi järgi.

Mõõdetakse sekstandiga nurgad esimese ja teise ning teise ja kolmanda eseme vahel. Mõõtmine peab toimuma kiiresti üksteise järele, või kui kiiresti mõõtmine osutub võimatuks ja laeval on suur kiirus, siis, et kõrvaldada laeva edasiliikumisest tekkida võivat viga, võib mõõta esimest nurka kaks korda — enne ja pärast teise nurga mõõtmist. Neist kahest võetakse siis keskmine ja arvestatakse seda. Nurkade mõõtmisel on küllalt $\frac{1}{2}^{\circ}$ täpsusest.

Kui nurgad on sekstandiga mõõdetud, siis laevakoha määramiseks kaardil võib kasutada: protraktorit, läbipaistvat paberit, graafilist konstruktsiooni või laiuste vahe ja äraseisu tabelit.

a. **Protraktor.** Protraktoriks nimetatakse instrumenti, mis koosneb metall- või tselluloid-ringist, mille läbimõõt on umbes 10 sm. Ring on jaotatud 0° — 180° ühele ja teisele poole. Ringi keskelt väljuvad kolm osutit, millest keskmine on ringile kinnitatud nii, et selle üks äär püsib 0° -l. Äärmised on aga liikuvad, kuid neid võib väikeste pidurkruvidega kinnitada soovitud asendisse. Protraktori kasutamine toimub järgmiselt. Moodustatakse protraktori keskmise ja äärmiste osutite vahel mõõdetud nurkadele võrdsed nurgad. Tuleb hoolitseda selle eest, et nurk, mis laevast vaadates oli paremal, ka protraktori keskelt vaadatult oleks samal poolel, vasak nurk samuti protraktoril vasemal. Eksituste vältimiseks tuleb hoida protraktor ringidega enda, osutitega aga väljapoole.

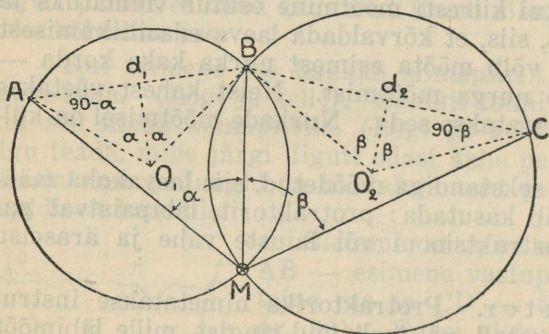
On vastavad nurgad protraktoril moodustatud, siis panakse see merekaardile nii, et keskmise osuti 0° seisev äär tuleb keskmisele esemele kaardil. Seda äärt kogu aeg keskmisel esemel hoides liigutatakse protraktorit kaardil seni, kuni välimiste osutite siseääred tulevad ka äärmistele esemetele. Siis vajutatakse kergesti protraktori keskel olevale nõelale, mis jätab märgi kaardile ja kujutab laeva asukohta.



Joon. nr. 34.

b. Läbipaistva paberi tarvitamine. Protraktori puuduses võib kasutada ka läbipaistvat paberit järgmiselt. Joonestatakse paberile vabas punktis vastavad nurgad (joon. nr. 34) ja kasutatakse paberit siis samuti kui protraktoritki, s. t. keskmine joon juhatakse keskmisele esemele ja paberit liigutades tuuakse äärmised jooned äärmistele esemetele. Nurkade tipus rõhutakse kergesti pliitsiga punkt kaardile, mis kujutab laeva asukohta.

c. Graafiline konstruktsioon kaardil. Protraktori ja läbipaistva paberi puuduses võime toimida järgmiselt. Oletame, et A, B ja C (joon. nr. 35) kujutavad esemeid merekaardil, millede vahel nurgad mõõdeti. A ja B vahel mõõdetud nurk = α ja B ja C vahel mõõdetud nurk = β .



Joon. nr. 35.

Ühendatakse kaardil punktid A ja B, samuti B ja C kergeste pliitsijoontega. Konstrueeritakse malli abil joonele AB punktides A ja B nurgad $90^\circ - \alpha$ ja BC-le punktides B ja C nurgad $90^\circ - \beta$. (Nurgad konstrueeritakse sinna

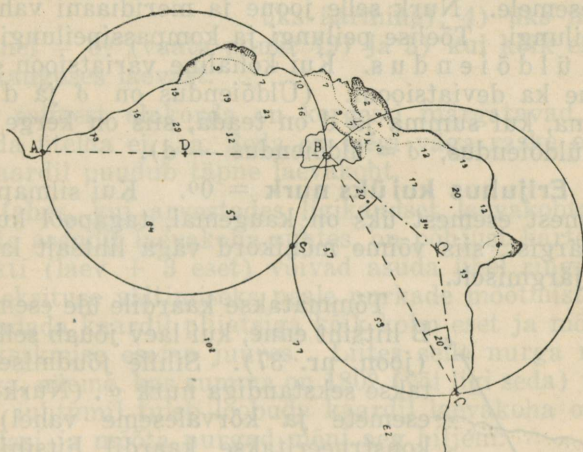
poole kus asub laev.) Neid külgi pikendatakse, kuni nad lõikuvad punktides O_1 ja O_2 . Saame kaks kolmnurka — ABO_1 ja BCO_2 .
Nüüd joonestatakse punktist O_1 küljega $O_1A = O_1B$ ring MAB, samuti punktist O_2 raadiusega $O_2B = O_2C$ ring MBC. Nende ringide lõikepunkt annab laeva asukohta.

Tõestus. Tuleb tõestada, et $\widehat{AMB} = \alpha$ ja $\widehat{BMC} = \beta$. Selleks tõmbame punktist O_1 perpendikli joonele AB ja punktist

O_2 joonele BC. Saame $\triangle O_1Ad_1 = \triangle O_1Bd_1$ ja $\triangle O_2Bd_2 = \triangle O_2Cd_2$. Kui $\widehat{O_1AB} = \widehat{O_1BA} = 90^\circ - \alpha$ (see võrrand on õige konstruktsiooni põhjal), siis $\widehat{AO_1B} = 2\alpha$. Kui aga $\widehat{AO_1B} = 2\alpha$, siis $\widehat{AMB} = \alpha$. Seda oligi vaja tõestada. Samuti tõestame, et $\widehat{BMC} = \beta$.

Laevas tegelikult ei tarvitse teha mingit tõestust ega kujutada kaardile terveid ringe. Piisab lühikestest kaartest lõikepunkti määramiseks.

Kui mõõdetud nurk on alla 90° , siis tuleb täiendusnurk konstrueerida sinna poole, kus asub laev, on aga nurk üle 90° , siis on täiendusnurk negatiivne ja see tuleb konstrueerida teisele poole („maa poole“). Kui aga mõõdetud nurk on 90° , täiendusnurk on 0° , siis tuleb kaardil märke ühendav joon jagada pooleks ja selle keskkohalt poole joonega kujutada kaar. Joonisel nr. 36 on kujutatud juhtum, kus A ja B vahel mõõdeti 90° ja B ja C vahel 110° nurk.



Joon. nr. 36.

d. Laiuste vahe ja äraseisu tabelite kasutamine. Laevakoha kaardil võib õige kergesti määrata ka järgmiselt. Mõõdetakse sirkliga kaardilt esemete A ja B ning B ja C vahe miilides. Jagatakse pooleks. Võetakse sekstandiga mõõdetud nurk α kursiks ja pool A ja B vahet äraseisuks (a), tabelist leitud vastav distant (d) annab raadiuse (d), millega kujutatakse punktide A ja B kaardile kaared. Nende kaarte lõikepunkt annab kolmnurga tipu O_1 (joon. nr. 35) või teisiti — selle ringi tsentri, mil asub laev. Kaarte lõikepunktist (O_1) kujutatakse veel kord sama raadiusega pikem kaar kaardile.

Teise nurgaga toimitakse samuti, nimelt: võetakse nurk β kursiks ja pool B ja C vahet äraseisuks ning tabelist saame dis-

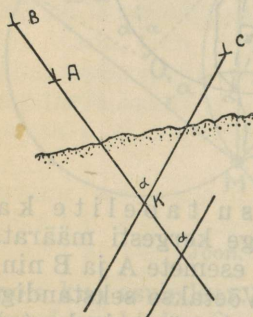
tantsi lahtrist raadiuse. Selle raadiusega B-st ja C-st kujutatud kaarte lõikepunkt annab kolmnurga tipu O_2 . Siit sama raadiusega veel kord kujutatud kaar annab eelmise kaarega lõikepunktis laevakoha.

Kui mõõdetud nurk on üle 90° , siis lahutatakse see 180° -st ja jääki kasutatakse nagu kurssi. Kaared tuleb aga siis kujutada esemeist maapoole (võrdle punkt c eelmisel leheküljel), kuid lõplik kaar — leitud keskpunktist merepoole. Kui nurk oli täpselt 90° , siis jagatakse esemete vahe pooleks ja kujutatakse joone keskelt poole vahega kaar. Sel kaarel asub laev. Teise kaarega lõikumine annab koha.

48. Kompassi õienduse määramine siinjuures. Sel meetodil on peale suure täpsuse veel see hea omadus, et siin võib määrata ka kompassi õiendust. Selleks peilib üks isik, samal ajal kui teised mõõdavad nurki, lähimat ja parimini nähtavat eset kompassi järgi.

Nurkade abil määratakse laeva asukoht kaardil, nagu ülimal selgitatud. Laeva asukohast kaardil tõmmatakse sirge peilitud esemele. Nurk selle joone ja meridiaani vahel annab tõelise peilungi. Tõelise peilungi ja kompassipeilungi vahe on kompassi üldõendus. Kui kohaline variatsioon on teada, siis leiame ka deviatsiooni. (Üldõendus on δ ja d algebraalne summa, kui summa ja d on teada, siis on kerge leida δ . $\delta + d =$ üldõendus, $\delta =$ üldõendus $- d$).

49. Erijuhused kui üks nurk = 0° . Kui silmapiiril asuvaist kolmest esemest üks on kaugemal, tagapool kummastki teisest märgist, siis võime mõnikord väga lihtsalt laevakohta määrata järgmiselt.

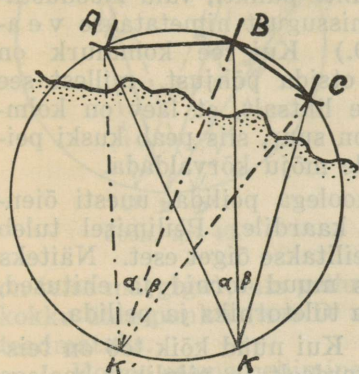


Joon. nr. 37.

Tõmmatakse kaardile üle esemete A ja B liitsiht enne, kui laev jõuab sellele sihile (joon. nr. 37). Sihile jõudmisel mõõdetakse sekstandiga nurk α . (Nurk liituvate esemete ja kõrvaleseme vahel). Nüüd konstrueeritakse kaardil liitsihile vabas punktis nurk α ja viiakse see nurk joonlaua ja kolmnurga abil edasi seni, kui joonlaua äär ühtub punktiga C. Tõmmatakse kaardile joon lõikumiseni liitsihiga. Joonte lõikepunkt annab laevakoha. Kuna see viis annab kiiresti ja lihtsalt (ainult üks nurk tuleb mõõta, teine nurk A ja B vahel = 0°) täpse laevakoha, siis on seda kõigiti soovitatav alati kasutada, kui selleks esineb võimalus.

50. Erijuhused, kui kahe nurga meetod ei kõlba. Kui mõõdetud nurgad α ja β ning nurk keskmise eseme juures summas = 180° , siis ei määra see meetod laevakohta, sest siis asuvad kõik kolm eset ja laev ühel ringil (joon. nr. 38). Nüüd

võime protraktorit (või läbipaistvat paberit) keerata ükskõik kui palju, ikka seisavad tema osutid esemeil ja protraktori keskpunkt kirjutab kaare. Graafilisel konstrueerimisel saame kaks kolmnurka ühise tipuga.



Joon. nr. 38.

eseme vahel = 0° (vaata punkt 49) ja 5) kui kõik esemed on võrdses kauguses laevast.

Neli esimest olukorda on kergesti märgatavad, kuna 5. kohta seda ütelda ei saa. Seda on isegi väga raske otsustada, sest et kaardil puudub täpne laevakoht.

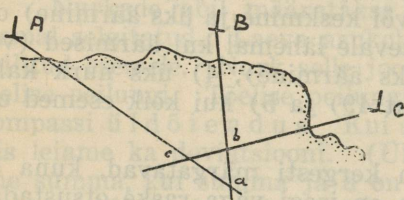
Igatahes, kui arvestades ligikaudset laevakohta kaardil ja esemete asendit laevakoha suhtes, on põhjust karta, et kõik neli punkti (laev + 3 eset) võivad asuda ühel ringil, siis on soovitatav eksituse vältimiseks peale nurkade mõõtmist sekstandiga ühendada kaardil pliiatsiga kõik kolm eset ja mõõta nurk malliga keskmise eseme juures. Liites selle nurga mõõdetud nurkadega, näeme, kas summa on 180° (või ligi seda) või mitte. Esimesel juhtumil tuleb loobuda kaardil laevakoha otsimisest, minna edasi ja mõõta nurgad mõni aeg hiljem.

51. Laevakoha määramine kolme peilungi järgi. Kui silmapiiril on vähemalt kolm navigatsioonilist eset, siis peilitakse neid kompassi järgi võimalikult kiiresti, et vältida viga laeva edasiliikumisest. Selle vea vähendamiseks on soovitatav peilida enne seda eset, mis on laeva kiilisihile lähemal, ja viimasena seda, mis on kõige lähemal \perp -le. (Peilimise ajal märkida logi ja aeg.)

Kui on väga kiire laev ja peilimine ei saa toimuda ruttu, siis võib peilida kaht eset kaks korda, järjekorras: I, II, III, II ja I. Määratakse I ja II keskmised peilungid ja muudetakse need koos kolmandaga tõelisteks. Pannakse peilungid esemeist vastupidiselt kaardile, lõikepunkt annab laevakoha.

Kui peilungid on võetud kiiresti üksteise järele, või arvestatud keskmisi, siis peaksid kõik peilungid jooksema kokku ühte punkti. Mitmesuguste juhulike vigade, nagu peilimise, kompassi õienduse, instrumendi jne. viga, tõttu, ei jookse need peilungid peaaegu kunagi täpselt ühte punkti, vaid moodustavad suurema või vähema nurga, missugust nimetatakse veakolmnurgaks. (Joon. nr. 39.) Kui see kolmnurk on võrdlemisi väike, siis ei tarvitse otsida põhjust, millest see võib olla tekkinud, vaid oletatakse lihtsalt, et laev on kolmnurga keskel. Kui aga kolmnurk on suur, siis peab kuski peituma mõjuv viga ja meil tuleb selle mõju kõrvaldada.

Kõigepealt tuleb uuesti ja hoolega peilida, uuesti õiendada peilungid ja õigesti kanda kaardile. Peilimisel tuleb eriti hoolega veenduda selles, kas peilitakse õiget eset. Näiteks mõnikord on tuletornide läheduses muud tornid ja ehitused, missuguseid võib eksikombel pidada tuletorniks ja peilida.



Joon. nr. 39.

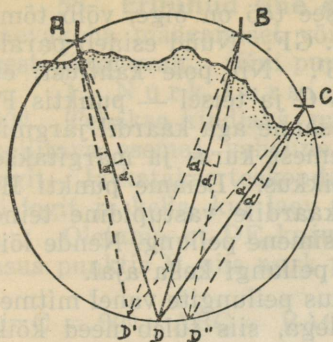
Kui nüüd kõik töö on teiskordselt ja piinliku hoolega sooritatud, ja kui selle tõttu veakolmnurk kaob või muutub väikeseks, siis on asi korras. Kui aga kolmnurk püsib endisena, siis on põhjust arvata, et viga peitub kompassi õiendustes. Kompassi õienduste vea puhul ei kao vea-

kolmnurk, vaid püsib. Nüüd tehakse arvutamisel kindlaks peilungite vahelised nurgad ja kasutatakse neid, nagu sekstandiga määratuidki.

Näiteks: peilung A-st = NW 10°; B-st = NE 40° ja C-st = SE 84°. Nurk A ja B vahel = 50°, B ja C vahel = 56°. Neid nurki kasutatakse protractoril, paberil või graafiliselt kaardil, nagu ülemaal eelmise meetodi juures selgitatud.

52. Kompassi õienduse määramine siinjuures. Kui selle meetodi kasutamisel tekkis kaardile suur veakolmnurk ja seepärast laevakoht eelmise punkti lõpul selgitatud teel määrati nurkade järgi, siis võib ühes sellega määrata ka kompassi õiendust. Nurkade abil kindlakstehtud laevakoht kaardil ühendatult sirgega mistahes peilitud esemega annab tõelise peilungi. Tõelise peilungi ja varem võetud kompassipeilungi vahe on kompassi üldõiendus.

Leitud üldõiendust võib kontrollida järgmiselt. Peilitakse veel kord samu esemeid ja õiendatakse uue üldõiendusega. Kui õiendatud peilungid kaardile pandult ühes punktis jooksevad kokku või annavad väikese veakolmnurga, siis on määratud kompassi üldõiendus õige.



Joon. nr. 40.

on teise märgiga), siis peilungid jooksevad ikkagi, nagu näeme, kokku ühte punkti (kas D' või D'') ja vea olemasolu jääb meile teadmatuks.

Kolme eseme peilimine annab alati parema resultaadi kui kahe eseme oma seepärast, et kahe peilungi puhul me ei avasta võimalikke vigu (kaks peilungit lõikub ikka kuski), kuna kolme peilungi puhul kolmas peilung on n. n. kontrollpeilung.

Veakolmnurk näitab kohe, et kuski esineb viga, mis vajab kõrvaldamist.

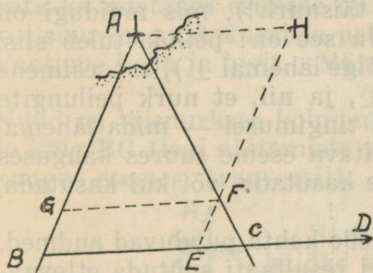
Laevakoha määramine ühe eseme järgi.

53. Ühe eseme kahekordne peilimine. Kui silmapiiril on vaid üks peilimiseks sobiv ese, siis toimitakse laevakoha määramisel järgmiselt.

Enne traaversile jõudmist peilitakse eset, märgitakse logi ja aeg. Toimitakse samuti pärast traaversit.

Peilungite vaheajal käidud tee suund (kurs) peab ka olema teada. Kompassipeilungid muudetakse tõelisteks.

Nüüd võiks laevakohta kaardil määrata järgmiselt. Oletame, et punkt A (joon. nr. 41) kujutab peilitud eset. Sellest esemest tõmmatakse kaardile vastupidised peilungid AB ja AC. Nende joonte vahele tuleb paigutada peilimiste vaheajal käidud tee pikkus. Selleks pannakse esimese peilungi mistahes punktist, näiteks punktist B, kaardile kurs (BD) ja sellele käidud tee pikkus. Oletame, et peilimiste vaheajal käidud tee pikkus = $6'$ ja see = kaardil sirglõiguga BE. Punktist E tõmmatakse esimese peilungi paralleeljoon lõikumiseni teise peilungiga, saadakse punkt F, mis kujutab laevakohta teise pei-

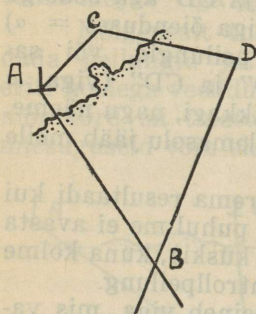


Joon. nr. 41.

lele käidud tee pikkus. Oletame, et peilimiste vaheajal käidud tee pikkus = $6'$ ja see = kaardil sirglõiguga BE. Punktist E tõmmatakse esimese peilungi paralleeljoon lõikumiseni teise peilungiga, saadakse punkt F, mis kujutab laevakohta teise pei-

lungi kella ajal. Tõestamiseks, et see töö on õige, võib tõmmata kaardile paralleelse BE-ga s. o. GF. Nüüd esineb parallelogramm GBEF. Siin $BE=GF=6'$. Nii pole kahtlust, et laev esimesel peilimisel asus punktis G ja teisel — punktis F.

Tegelikult lahendatakse see ülesanne aga kaardil järgmiselt. Pannakse kaardile peilitud esemest kurss ja märgitakse sellele peilungite vahel käidud tee pikkus. Leiame punkti H. Peilitud esemest (A) tõmmatakse kaardile vastupidine teine ja leitud punktist (H) vastupidine esimene peilung. Nende lõikepunkt (F) annab laevakoha teise peilungi kella ajal.



Joon. nr. 42.

Kui laev liikus peilungite vahel mitmesuguste kurssidega, siis tuleb need kõik järjekorras panna kaardile, võttes arvesse iga kursiga käidud tee pikkust (joon. nr. 42).

54. Meetodi täpsus. Täpsuse suhtes on see meetod halvem kui eelmised, sest siin esineb ülesande ühe elemendina kurss ja tee. Kuid just tee arvel tekib navigatsioonilistes arvutustes kõige rohkem vigu. (Hoovus ja triiv, halb roolimine, komp. õienduste ja logi vead.) Mida pikem on tee, seda rohkem jõuavad mitmesugused vead avaldada mõju. Siit järg-

neb: mida lühem on peilungite vahel käidud tee, seda parem. Kuid teisest küljest, kui tee on väga lühike, siis peilungid lõikuvad (punktis A ehk F joon. nr. 41) väga terava nurga all. Terava nurga all lõikumisel aga väike juhuslik viga peilungis annab suure vea laevakohas (varem selgitatud. V. punkt 43).

Mida lähem on lõikenurk 90° -le, seda parem. On aga lõikenurk 90° , siis esineb paratamatult pikk tee, eriti kui laev on peilitavast esemest kaugel. Seega tuleb rahuldada siin kaks vastupidist nõuet (lühike tee ja täisnurk!), mis muidugi on võimatu. Tuleb leida kesktee. Ja see on: peilida tuleb siis, kui ese on kõige lähemal (ese on kõige lähemal \perp), s. t. esimene kord enne ja teine kord pärast \perp , ja nii, et nurk peilungite vahel oleks umbes 45° — 60° . Igal tingimusel — mida lähemal on peilitav ese, seda parem. Peilitava eseme suures kauguses olles (üle $20'$) seda meetodit mitte kasutada, või kui kasutada, siis suhtuda resultaati kahtlevalt.

Kui esineb tugev hoovus ja selle kohta puuduvad andmed, siis tuleb selle meetodi kasutamisel resultaati suhtuda ettevaatusega.

On aga hoovuse kohta andmed, siis peilungite vaheline tee arvestada hoovusega. S. t. käidud tee lõpp-punktist (punkt H, joon. nr. 42) pannakse kaardile hoovus (suund ja tee, arvestades hoovuse kiirust ja peilungite vahelist aega) ja hoovuse lõpp-punktist pannakse vastupidine esimene peilung.

55. Erijuhud ühe eseme peilimisel. Ühe eseme järgi laevakoha määramisel võime laevakoha saavutada väga kergesti järgnevalt. (Kui puudub hoovus või ta on väga nõrk.)

1. Nurk kursi ja peilungi vahel on 45° ja 90° . Tehakse kindlaks, millal kursi ja peilungi (laevanina ja peilitava eseme) vaheline nurk on 45° . Vaadatakse kella ja logit. Jatkatakse teekonda endise kursiga ja vaadatakse uuesti logit ja kella, kui laev on eseme \perp (nurk = 90°).

Oletame, et DE kujutab kurssi (joon. nr. 43). Kui laev asus punktis B, siis nurk peilungi ja kursi vahel = 45° ; punkti

C = 90° . $\widehat{ABC} = \widehat{BAC} = 45^\circ$ ja $BC = AC$ -ga. S. t. laeva kaugus esemest traaversil = käidud tee pikkusega 45° ja \perp vaheajal. Nüüd ei ole üldse vaja võtta kompassipeilungit, tuleb vaid teha kindlaks, millal nurk laevanina ja eseme vahel = 45° ja \perp , mis võib toimuda kompassilehe, asimuutringi ja ka sekstandi abil. Tuleb hoolitseda, et laev nurga määramisel oleks täpselt antud kursil.

Paljudes laevades on töö hõlbustamiseks kajuti või kaardiruumi jne. laele tõmmatud alatised jooned 45° nurga all laeva kiilile, mõnes laevas on jälle osa kaardiruumi seinast ehitatud sama nurga all jne. Traavers määratakse nii-kui-nii harilikult mõne põikseina järgi.

Laevakoha määramine kaardil toimub väga lihtsalt. Kuna BC (seda näitab logi) = AC-ga, siis tõmmatakse kaardile esemest \perp suund (tõeline \perp) ja mõdetakse selle kahe momendi vahel käidud tee pikkus. Saadud punkt kujutab laevakoha \perp kellaajal.

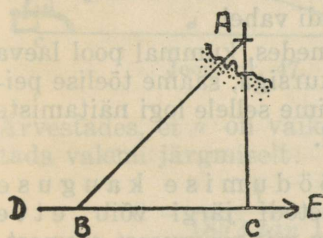
2. Mistahes nurk ja 90° . Laevakoha võime määrata ka mistahes esimese nurga ja \perp järgi. Teeme kindlaks, kui suur on nurk kursi ja peilungi (laevanina ja eseme) vahel. Vaatame kella ja logit. Märgime traaversil uuesti aja ja logi.

Nüüd on täisnurkses kolmnurgas ABC (joon. nr. 44) teada B ja külge BC (logi näitamiste vahe). Otsitakse külge AC (laeva kaugus esemest traaversil).

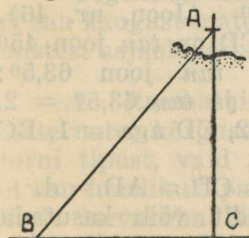
$$AC = BC \tan B.$$

S. t. korrutame kahe momendi vahel käidud tee pikkuse esimese nurga tangensiga, saame laeva kauguse esemest traaversi kellaajal.

Järgnevalt paneme kaardile traaversi suuna ja paigutame sellele korrutamisel saadud kauguse, leiame laevakoha traaversi kellaajal.

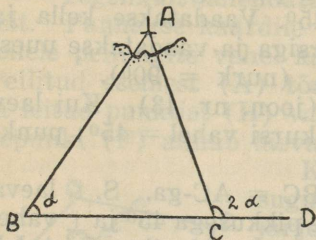


Joon. nr. 43.



Joon. nr. 44.

Tangensiga korrutamise asemel võib kasutada ka laiuste vahe-äraseisu tabelit: esimene nurk võetakse kursina, käidud tee laiuste vahena (b), vastav äraseis (a) annab laeva kauguse esemest.

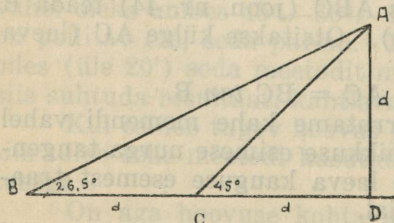


Joon. nr. 45.

nr. 45). Nüüd $\widehat{ABC} = \widehat{BAC}$ ja külg $BC = AC$. S. t. laeva kaugus esemest teisel kellaajal võrdub käidud tee pikkusega kahe momendi vahel.

Nüüd lahutame või liidame (olenedes, kummal pool laeva asub peilitav ese) teise nurga tõelise kursiga, saame tõelise peilungi. Paneme selle kaardile ja märgime sellele logi näitamiste vahe, leiame laevakoha teisel kellaajal.

4. Esemest laevaga möödumise kauguse ettemääramine. Järgneva meetodi järgi võib ette kindlaks teha, kui kaugelt möödub laev mingisugusest esemest. Määratakse, millal on nurk laevanina ja eseme vahel $26,5^\circ$, vaadatakse logit ja kella. Minnes edasi sama kursiga tehakse kindlaks, millal on nurk 45° , vaadatakse uuesti logit ja kella. Nüüd logi näitamiste vahe võrdub laeva kaugusega esemest traaversil (eeldusel muidugi, et laev jätkab endist kurssi). S. t. olles veel kaugel traaversist, teame juba ette kauguse esemest, milles asub laev, kui ta saabub traaversile. Selle kauguse kaardile pannes näeme kohe, kas möödume küllaldases kauguses, või peame kurssi muutma.



Joon. nr. 46.

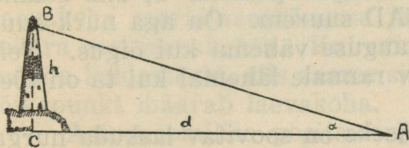
Tõestus. Kui $\widehat{B} = 26,5^\circ$ ja $\widehat{C} = 45^\circ$, siis $\widehat{BAD} = 63,5^\circ$, ja $\widehat{CAD} = 45^\circ$ (Joon. nr. 46). $CD = AD$. CD on \tan joon 45° ja BD on \tan joon $63,5^\circ$; $\tan 45^\circ = 1$ ja $\tan 63,5^\circ = 2$. S. t. $BD = 2$, CD aga $= 1$, BC siis $ka = 1$.

Siit: $BC = CD = AD = d$.

Seda meetodit võib kasutada ainult siis, kui puudub hoovus, või kui see on tähtsusetult väike.

56. Laevakoha määramine peilungi ja kauguse järgi.

Kui laevas on kaugusemõõtja, siis on väga lihtne laevakohta määrata järgmiselt. Peilitakse eset ja mõõdetakse samal ajal (või kiiresti pärast peilimist) kaugus. Nüüd pannakse õiendatud peilung kaardile ja sellele mõõdetud kaugus esemest, saame laevakoha. Kuna aga kaubalaevadel ei kasutata kaugusemõõtjat, siis ei saa tulla see võimalus seal kohaldamisele. Kui kaldal asetsev ese on küllalt kõrge ja selle kõrgus on teada (tuletornide tulede kõrgus on antud tuleraamatuis), siis võime ka sekstandiga vertikaalnurga mõõtmisel määrata laeva kauguse tuletornist. Oletame, et BC (joon. nr. 47) on tuletorni laterna kõrgus merepinnast = h . Nurk α mõõdeti sekstandiga. Määrata tuletorni kaugus d .



Joon. nr. 47.

$$d = h \cot \alpha.$$

Kui h on antud meetreis, siis kauguse d määramiseks meremiilides evib valem järgmise kuju.

$$d = \frac{h}{1852} \cot \alpha = \frac{h}{1852} \cdot \frac{1}{\tan \alpha}$$

Arvestades, et α on väike nurk ($\tan \alpha = \tan 1'$), võime kirjutada valemi järgmiselt:

$$d = \frac{1}{1852 \tan 1'} \cdot \frac{h}{\alpha} = 1,857 \cdot \frac{h}{\alpha} = \frac{13}{7} \cdot \frac{h}{\alpha}$$

Siin, nagu üteldud, h olgu meetreis ja α kaare minuteis (võib esineda ka minuti murdarv, kuid mitte minutid ja sekundid). Kui aga h on antud jalgades, siis sama valem evib kuju

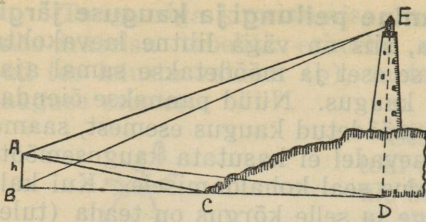
$$d = \frac{4}{7} \cdot \frac{h}{\alpha}$$

Näide: tuletorni (tule) kõrgus $h = 64$ m veepinnast, laevast mõõdeti vertikaalne nurk α laterna asendi ja veepinna vahel $34'$. Määrata laeva kaugus d tuletornist.

$$d = \frac{13}{7} \cdot \frac{64}{34} = 3,5 \text{ meremiili.}$$

Tegelikult laevas sekstandiga nurka mõõtes ja arvutades ei saa kaugust matemaatilise täpsusega. Vead on tingitud järgmistest asjaoludest:

1. Raamatuis ei ole näidatud tuletornide, vaid tulede (laternate) kõrgused, mispärast mõõtmine tuleb teostada mitte torni tipust, vaid pisut madalamalt. Kuna latern tuletornis ei asu harilikult palju tipust allpool, siis ei mõju see väga oluliselt laevakoha täpsusele. Soovitav on siiski nurka mõõta mitte torni tipuni, vaid laterna kohani.



Joon. nr. 48.

2. Vaatleja silm ei asu merepinnal, vaid veidi kõrgemal, (punktis A, joon. nr. 48), mispärast ei teki täiesti täisnurkne \triangle vaid $\triangle ADE$.

Kuid selle nähtuse lähem analüüs näitab, et see viga mõjub hoopis vähe laevakoha täpsusele (ainult mõned meetrid).

3. Kui kohe tuletorni jala juures on vesi, siis saame nurga EAD. On aga rannajoon (vesi) torni jalast kaugemal, näiteks punktis C, siis saame nurga EAC, mis on nurgast EAD suurem. On aga nurk suurem, siis saame arvutamisel kauguse vähema kui õigus. Teisiti, meile näib, nagu oleks laev rannale lähemal kui ta on tõeliselt.

Selle vea mõju vähendamiseks on soovitatav laskuda nurga mõõtmise ajaks võimalikult madalale, veepinna lähedale. (Punkt B-s suunad BC ja BD ühtuvad.)

Kui vaatleja asukoht on rannajoonest kaugemal kui torn, ($BC > CD$), siis ei mõju ka see viga oluliselt laevakoha täpsusele, eriti kui observeerija asub laevas võimalikult madalal.

Ka avaldab pisut mõju refraktsioon. Kuid selle mõju on lähemate kauguste juures väike.

Kauguse määramiseks punkti alul tuletatud valem on kohaldatav ainult siis, kui ese on näha tervikuna, alates rannajoonest, s. t. kui see ei asu laevast kaugemal kui 5'—6'. On aga ese kaugemal, siis on tema alus (veepind) juba silmapiiri taga. Sel juhtumil valem enam ei kõlba.

Kauguse määramine on võimalik ka siis, kui eseme alus (rannajoon) on silmapiiri taga, mõõtes nurga tornitipu ja horisondi vahel. Kauguse arvutamise asemel võib edukalt kasutada kpt. Lecky' poolt koostatud tabelit „The Danger Angle and Off-Shore Distance Tables“. See tabel koosneb kahest osast. Esimene osa annab kaugused $\frac{1}{10}$ —5'-ni (esemete kõrgused 50—1100 jalani), teine osa, alajaotus A — kaugused 5'—75' (kõrgused 200—6000 jalga) ja alajaotus B — kaugused 8'—85' (kõrgused 6000—12.000 jalga).

Selle tabeli käsitlemine on äärmiselt lihtne.

Kui kaugus esemeni on alla 5', siis mõõdetakse vertikaalne nurk tule (laterna) ja veepinna (kaldajoon) vahel ja õiendatakse sekstandi indeksi õiendusega. Siis tule kõrguse (saame tuleramatust) ja vertikaalnurga α järgi valime tabelist (I osa) kauguse.

Kui kaugus on üle 5', siis mõõdetakse kõrgus horisondini, õiendatakse indeksiveaga, horisondi depressioniga (lahuta-

takse) ja $\frac{1}{12}$ arvatud kaugusega. (Õiendus maarefraktsiooni arvel. Ka see lahutatakse.) Nurga ja eseme (tule) kõrguse järgi leitakse kaugus tabeli II osast.

Vähemate kauguste puhul tuleb arvestada ka veepinna seisundit. Tulede kõrgused on näidatud harilikult keskmisest kõrgest veest, mispärast madala veega on tuli kõrgemal. Veepinna nivoo tuleb arvestada ainult seal, kus esineb suur tõusmõõn. Kaugete esemete nurkkõrgusi mõõtes on soovitav tõusta veepinnast nii kõrgele, kui see on vähegi teostatav.

57. Laevakoha määramine segameetodi järgi. Mõnikord võib merel määrata laevakohta astronoomiliste ja navigatsiooniliste positsioon-joonte segameetodi järgi.

Näiteks on väga kerge määrata laeva asukoha paralleeli taevakeha meridiaanikõrguse järgi. Kuid paralleel üksi ei määra veel laevakohta. Kui samal ajal esineb võimalus peilida mõnda kaldamärki, siis saame siit teise positsioonjoone. Nende lõikepunkt määrab laevakoha.

Astronoomilise positsioonjoonega võib mõnikord ühendada ka raadio-peilungijoont jne. Neid võimalusi peab laeva-juht ise selgitama ja võimaluste korral kohe kasutama.

Ligikaudse laevakoha määramine. Hädaohunurgad ja peilungid.

58. Ligikaudse laevakoha määramine selge ilmaga. Kui mõningail põhjusil pole võimalust kasutada mõnd ülal selgitatud meetodit, siis võib laevakohta ligikaudu määrata mõnikord ka järgmiselt.

1. Peilungi ja sügavuse järgi. Laeva asudes niisuguses piirkonnas merel, kus sügavused muutuvad kiiresti, võib laevakoha ligikaudseks määramiseks toimida järgmiselt.

Peilitakse silmapiiril asuvat navigatsioonilist eset ja mõõdetakse mere sügavus. Õiendatakse peilung ja pannakse kaardile. Leitakse siis peilungil mõõdetud sügavus. Abiks võib ju võtta veel laeva kauguse silma järgi määramise rannast (esemest). Viibides laevaga niisuguses meres, kus esineb tugev tõusmõõn, tuleb arvestada ka vee pinna seisuga, pidades meeles, et peaaegu igas riigis on sügavused merekaardil näidatud keskmisest madalast veest.

Kui sügavused on suuremas piirkonnas enam-vähem ühesugused, siis ei anna see meetod mingit tulemust.

2. Peilungi ja silmapiiri kauguse järgi. Tuletorni (või tule) ilmudes (või kadudes) silmapiirile, peilitakse seda. Õiendatakse peilung ja pannakse kaardile. Nüüd määratakse eseme nähtavuse kaugus vaateleja suhtes valemiga järgi

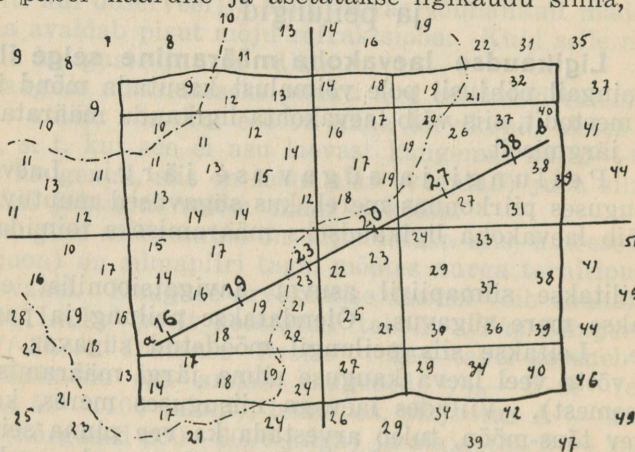
$D = 2,1 \sqrt{h_1} + 2,1 \sqrt{h_2}$, kus h_1 = silmakõrgus meetreis merepinnalt ja h_2 = tule torni (tule) kõrgus samuti meetreis merepinnalt. Refraktsiooni ja õhu läbipaistvuse ebahürtluse tõttu võib nii määratud laevakoht erineda tugevasti õigest kohast.

59. Ligikaudne laevakoha määramine udus. Ükski ülalkirjeldatud laevakoha määramise meetod ei kõlba udus. Ka ei või usaldada udusignaale¹⁾. Uduga merel olles ei tule kunagi unustada kaht asja: äärmine ettevaatus ja lood. Ligikaudu võime üksikuil kordadel laevakohta siiski määrata järgmiselt.

1. Sügavuste järgi. Laevaga viibides udu ajal piirkonnas, kus sügavused muutuvad kiiresti, võib mõnikord laevakohta ligikaudu määrata järgmiselt. Võetakse tükk läbipaistvat paberit ja joonestatakse sellele mõned vertikaalsed ja horisontaalsed jooned. Esimesed kujutavad meridiaane ja teised paralleele. Pannakse sellele kaardikurss.

Nüüd mõõdetakse loega kindlate vaheaegade ja kauguste järgi rida sügavusi. Need sügavused märgitakse, alates välist algpunktist, vastavate kauguste järgi paberile kursijoonele. Kaugused võetakse sellelt kaardilt, kus on kurss.

On niiviisi rida sügavusi ja punkte pandud paberile, viiakse paber kaardile ja asetatakse ligikaudu sinna, kus ar-



Joon. nr. 49.

vame end olevat. Nüüd liigutatakse paberit edasi-tagasi, üles ja alla, meridiaane paberil meridiaanidega kaardil hoides paralleelselt, seni kui sügavus paberil vastab sügavusele kaardil (joon. nr. 49). Täpset ühtumist võib ainult harva esineda,

¹⁾ Udusignaalide usaldavusest pikemalt: A. Gustavson, Navigatsiooni õpperaamat II jagu, punkt 15 ja 16.

eriti veel seal, kus olemas tõus-mõõn, kuid sügavuste ühtlane erinevus annab ka võimaluse laeva asukohta määrata. Esineb selles piirkonnas ka hoovus, tuleb paberi kursihoont väikeste kalduvustega liigutada ühele ja teisele poole kaardi kursist.

Esinevad meres üksikud erinevad sügavused, siis võib laeva kohta määrata ligikaudu ka nende järgi. Niisugusele erinevale sügavusele lähenedes tuleb hakata aegsasti loodima, et teha kindlaks sellele jõudmine.

Kui udus mitmesuguste arutluste ja loodimiste järele näib, et laev võib olla kahes või kolmes punktis ja raske on ütelda, missugune on neist tõenäolisem, siis tuleb edaspidist arvestust jätkata kõigist punktidest, kuni avaneb võimalus täpselt koha määramiseks. Läheb ükski neist punktidest kaardile pandud kurssidest üle hädaohu, tuleb kurss muuta, sest parem on veidi pikemat teed käia kui randuda.

Asub tulelaev või udusignaali poi küllalt sügavas vees, võib ettevaatlikult läheneda ka neile, kas teatud sügavuseni või kauguseni koha kindlaks määramiseks.

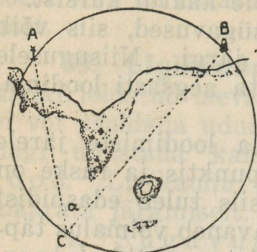
2. Allvee-signaali järgi. Allvee-udusignaali järgi võib, kui laev on varustatud sellekohase vastuvõtjaga, võrdlemisi hästi teha kindlaks laeva koht. Allvee-signaali kostab tugevamini sealtpoolt küljest, kuspool asub signaaljaam, kuna teiselt küljelt ei kosta hoopis või kostab väga nõrgalt. Hääl ei kosta, kui laev on nina või ahtriga jaama suunas. See loobki võimaluse jaama peilimiseks, mis toimub järgmiselt. Nii pea kui hääl kummaltki poolt hakkab kostma, vähendatakse käiku ja pööratakse laeva aeglaselt hääle kostvuse suuna poole. Kuulatakse hääle kostvust. Pannakse tähele kurss, mil hääl kaob ja samuti kurss, mil ta teiselt poolt hakkab kostma. Keskmise kurss annab hääle peilungi. Tagasipööramisel endisele kursile korratakse samuti peilimist, ja kui kaks peilungit erinevad, võetakse keskmine. See on hääle peilung. (Kell ja logi!) Kui hääl ei kao täiesti, siis määratakse kurss, mil ta kostab mõlemalt poolt võrdselt.

Nüüd jätkatakse teekonda ja mõne aja pärast määratakse samuti teine peilung (Kell ja logi!) Nüüd toimitakse laevakoha määramisel nagu ühe eseme kahekordsel peilimisel. Suurema täpsuse saavutamiseks on peilimise ajal soovitatav mõõta ka sügavust.

Praegusel ajal on võimalik laeva kohta uduga võrdlemisi rahuldava täpsusega määrata raadiopeilungite järgi. Raadiopeilingaatorite kirjeldamine ei kuulu siia, kuid peilungite kasutamine laevakoha määramisel toimub täpselt samuti kui visuaalsete peilungite juures, välja arvatud nende märkimine merekaardile, millest alamal.

60. Hädaohu-nurgad. 1. Horisontaalne hädaohunurk. Laeva ranna ääres liikudes või sellele lähene-

des, kus esinevad mitmesugused hädaohud, nagu allvee kivid, kaljud, madalikud jne., võib järgmise lihtsa meetodi abil hoiduda hädaohust.



Joon. nr. 50.

Oletame, et punktid A ja B (joon. nr. 50) kujutavad rannalolevaid nähtavaid ja kaardile märgitud esemeid. Ranna ääres on rida madalikke, millele eest laeva peab hoidma. Kujutame ringi, mis läheb üle mõlema rannaloleva eseme ja ümbritseb madalikke. Ring tuleb tõmmata nii, et selle ja madalike vahele jääb laeva liikumiseks vaba vesi.

Nüüd võtame vaba punkti C ringil, ühendame selle mõlema esemega ja mõõdame joonte lõikamisest moodustatud nurga, mida nimetatakse *h ä d a o h u n u r g a k s*.

Laev võib julgesti liikuda seni, kui sekstandi või kompassi abil laevast mõõdetud nurk samade esemete vahel kaardi nurgast on teravam. Nurga nürimaks muutumine tähendab ringi sisse jõudmist ja nõuab kaugemale hoidumist. On nurk niisama suur kui kaardil, siis oleme just ringil.

2. *V e r t i k a a l n e h ä d a o h u n u r k*. On kaldal ainult üks, kuid hästinähtav ja kõrge ese, näit. tuletorn, mille kõrgus on teada, siis võime laeva ka vertikaalse hädaohunurga abil hoida soovitud kaugusel madalikest.

Selleks kujutame kaardile nähtavast esemest A kui keskpunktist (joon. nr. 51) ringi, mis ümbritseb kõiki madalikke ja ka laeva liikumiseks vajalist osa vabast veest. Mõõdame selle ringi raadiuse d kaardil (meremiilides), arvutame selle ja antud tuletorni kõrguse järgi vertikaalse nurga, mille all tuletorn nähtub ringilt. On tuletorni kõrgus jalgades, siis tarvitame nurga arvutamiseks järgmist valemit:



Joon. nr. 51.

$$\cot \alpha = \frac{6080 \cdot d}{h}$$

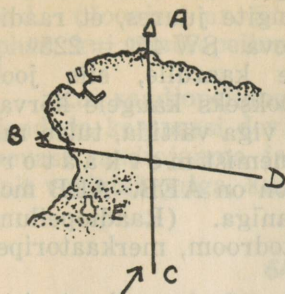
On aga kõrgus h meetreis, siis

$$\cot \alpha = \frac{1852 \cdot d}{h}$$

Arvutamise asemel võib edukalt tarvitada *Lecky'* tabelit.

Kui see nurk on teada, võib laevaga jälle julgesti liikuda edasi seni, kui vertikaalne nurk on teravam määratud nurgast.

61. Hädaohupeilung. Teades hästi kompassi korrektiooni, võib rannale lähenedes hädaohtude vältimiseks tarvitada ka n. n. hädaohupeilungit.



Joon. nr. 52.

Oletame, et laev liigub suunas, mida näitab nool (joon. nr. 52) ja tahab minna sadamasse F. Tuleb hoiduda rifi E eest.

Kaldal on kaks nähtavat eset (torn ja veski) A ja B, tõmbame neist sihid kaardile nii, et nad mõlemad mööduvad vabalt rifist. Muudame need kompassipeilungeiks, saame sihid, missuguseid ei tohi ületada.

Nii näitab peilung AC, kui palju võib läheneda rannale, ja BD, millal võib muuta kurssi sadamasse minekuks.

62. Navigatsiooniliste laevakoha määramise meetodite täpsuse võrdlus. Kõigi ülaltoodud meetodite üldine täpsus oneneb eeskätt tööriistade ja ka töö enese täpsusest, mispärast alati tuleb töötada parimate riistadega ja võimalikult hoolega. Resultaadi täpsuses erinevad siiski kirjeldatud meetodid üksteisest. Klassifitseerides neid saaksime järgmise järjekorra:

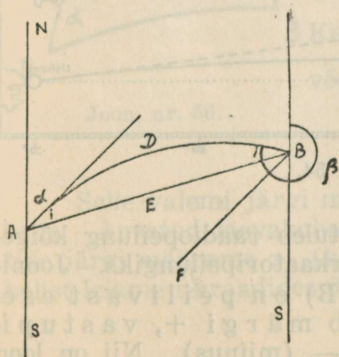
- 1) Kolme eseme vahel mõõdetud kahe nurga meetod.
- 2) Kolme peilungi meetod.
- 3) Peilungi ja horisontaalse nurga meetod.
- 4) Kahe peilungi meetod.
- 5) Peilungi ja kauguse meetod.
- 6) Kahekordne peilung.
- 7) Eseme silmapiirile ilmumise, allveekella, kursi ja sügavuse meetod.

Esimese viie meetodi järgi leitud kohta võib nimetada observeeritud kohaks, kuuenda ja eriti seitsmenda meetodi järgi määratud aga — poolobserveeritud kohaks.

63. Raadiopeilungite panemine merekaardile. Valguskiired ja helilained levivad maakeral kõige otsemat sihti mööda.

Teisiti: peilungijoon ühtub suurringi kaarega. Suurringi kaar kujuneb aga merkatoorikaardile pooluse poole kõverdunud kõverikuna (joon. nr. 53).

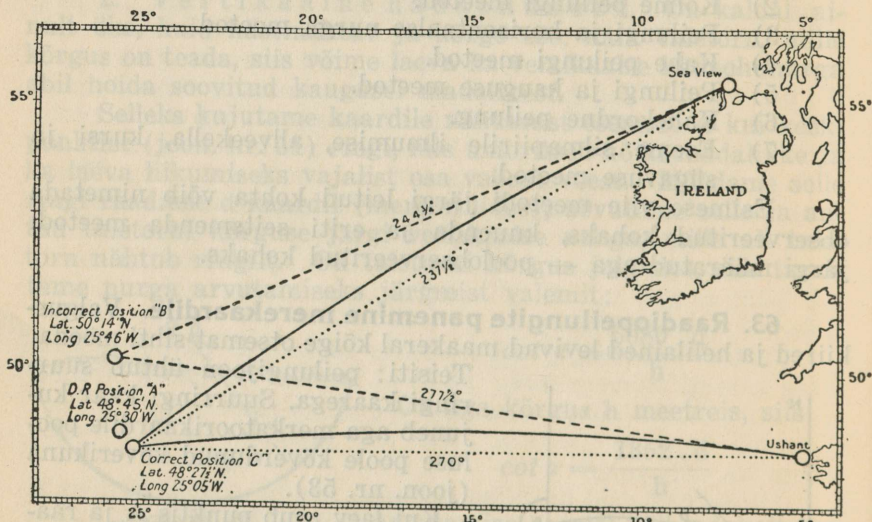
Kui laev asub punktis A ja raadiojaam punktis B, siis raadiosignaali tuleb laeva juure teed BDA, s. t. ortodroomi mööda. Laev, peilides raadiojaama, saab peilungi $= a$. (Kui raadiojaam oleks peilind laeva, siis ta oleks saanud peilungi β).



Joon. nr. 53.

Oletame, et α (ehk raadiopeilung) = 45° NE. Kui nüüd oletada samuti, nagu visuaalsete peilungite juures, et raadiojaam oleks samal ajal peilunud laeva SW $45^\circ = 225^\circ$ ja see peilung raadiojaamast pannakse kaardile, siis jookseks see kaardile suunas BF, s. t. jookseks kaugele kõrvale laeva asukohast, punkt A-st. Et sellist viga vältida, tuleb raadiopeilung muuta enne merekaardile panemist merkaatoripeilungiks. Merkaatoripeilungi joon on AEB. AEB moodustab võrdse nurga mõlema meridiaaniga. (Raadiopeilung, üldse igasugune tegelik peilung, on ortodroom, merkaatoripeilung aga on loksodroom.)

Jooniselt nähtub, et raadiopeilung erineb merkaatoripeilungist nurga i võrra. Seda väikest nurka i-d nimetatakse raadiopeilungi ehk meridiaanide kokkujooksu (konvergenst) õienduseks. (Tuleb sellest, et meridiaanid ei ole maakeral paralleelsed, vaid jooksevad poolustesse kokku.) Teisiti: i on loksodroomi ja ortodroomi vaheline nurk laeva ja raadiojaama asukohas. i on suur, kui mõlemad punktid (laev ja raadiojaam) asuvad suures laiuses, üksteisest kaugel ja palju erinevais pikkusis. Väikses laiuses, üksteise läheduses ja vähe erinevais pikkusis (siht ligi N—S), ei ole olulist vahet radio- ja merkaatoripeilungite vahel.

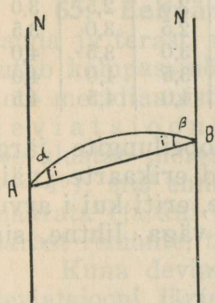


Joon. nr. 54.

Raadiopeilungite kasutamisel tuleb raadiopeilung kõigepealt õiendada i-ga, s. t. muuta merkaatoripeilungiks. Jooniselt näeme: kui peilitavese (B) on peilivastestest (A) E pool, siis i evib märgi +, vastupidisel juhul aga märgi — (miinus). Nii on lood

N poolkeral, S poolkeral on märgid vastupidised. (Joonisel nr. 54 on näidatud, millise vea saame laevakohas, kui raadiopeilungid on õiendamata i-ga.)

Kui raadiopeilung on õiendatud i-ga, siis tuleb see edasi õiendada kompassi deviatsiooniga ja variatsiooniga, kui peiliti laevast raadiojaama ja kui laevas on magnetikompass, ja ainult variatsiooniga, kui maalt peiliti laeva.



Joon. nr. 55.

64. Õienduse määramine. Jooniselt nr. 55 nähtub, et $\alpha + i + \beta + i = 180^\circ$; siit $i = 90^\circ - \frac{1}{2}(\alpha + \beta)$.

Sfäärilisest trigonomeetriast (joon. nr. 56) teame, et

$$\tan \frac{1}{2}(\alpha + \beta) = \cot \frac{\lambda}{2} \cdot \cos \frac{1}{2}(a - b) \cdot \sec \frac{1}{2}(a + b).$$

Siin $a = 90^\circ - \varphi_2$, $b = 90^\circ - \varphi_1$, $\lambda = A$ ja B (laev ja raadiojaam) pikkuste vahe; $\frac{1}{2}(a - b) = \frac{1}{2}(\varphi_1 - \varphi_2)$ ja $\frac{1}{2}(a + b) = 90^\circ - \frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2) = 90^\circ - \varphi_0$, kus $\varphi_0 =$ punktide A ja B keskmine laius.

Asetades väärtusi ümber saame

$$\cot i = \cot \frac{\lambda}{2} \cdot \cos \frac{1}{2}(\varphi_1 - \varphi_2) \cdot \operatorname{cosec} \varphi_0$$

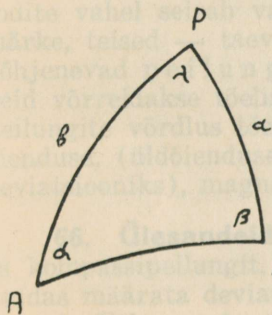
Kuna $\varphi_1 - \varphi_2$ on väike suurus, siis võib ütelda, et $\cos \frac{1}{2}(\varphi_1 - \varphi_2) = 1$, millega korrutada pole mõtet.

Minnes üle ümberpööratud väärtustele, saame

$$\tan i = \tan \frac{\lambda}{2} \cdot \sin \varphi_0$$

Kuna i ja $\frac{\lambda}{2}$ on väikesed nurgad, siis võime kirjutada

$$i = \frac{\lambda}{2} \cdot \sin \varphi_0$$



Joon. nr. 56.

Selle valemi järgi määratud i on näidatud järgnevas tabelis. Arvatud laevakoha ja raadiojaama asukoha koordinaatide järgi määrame φ_0 (keskmine laius) ja pikkuste vahe. Tabelist leiame i kraadides 0,50 täpsusega.

VI PEATÜKK.

Deviatsiooni määramine.

65. Eelmärkmeid. Iga laev sisaldab enam või vähem rauda ja terast, mis maakeras magnetismist magneeditult mõjutab kompassinõela. Kompassinõela kõrvalekaldumist magneti meridiaanist laevaraua mõjul nimetatakse, nagu teame, *deviatsiooniks*. Deviatsioon tuleb igas uues laevas, kui see alustab meresõitu, teha kindlaks, ja kui see on suur (üle 3° — 4°), siis enne vähendada 1° — 2° piirideni. Samuti tuleb määrata (ja kui vaja, siis enne vähendada) deviatsioon laevas pärast remonte, talveseisakut jne.

Kuna deviatsioon on muutlik, siis tuleb kord määratud deviatsiooni järjekindlalt hoolega kontrollida.

Deviatsiooni vähendamine ja algmääramine on *deviatori* ülesanne, deviatsiooni järjekindlalt kontrollimist peavad aga teostama laeval kapten ja tüürimees. Deviatsiooni määramist võib teostada navigatsiooniliste ja astronoomiliste meetodite järgi. Vahe navigatsiooniliste ja astronoomiliste meetodite vahel seisab vaid selles, et esimesed kasutavad kalda-märke, teised — taevakehi peilimisesemeina. Need meetodid põhjenevad peilungite võrdlustele. Kompassipeilungeid võrreldakse tõeliste või magnetipeilungitega. Kompassipeilungite võrdlus tõeliste peilungitega annab kompassi üldõienduse, (üldõienduse võime muuta kohalise variatsiooniga deviatsiooniks), magnetipeilungitega aga — deviatsiooni.

66. Ülesandeid. Oletame, et teame mõne eseme tõelist ja kompassipeilungit, samuti kohalist variatsiooni, selgitame, kuidas määrata deviatsioon.

1. Ütleme, et mistahes eseme tõeline peilung = NE 35° ja kompassipeilung = NE 30° . Var. = 1° W. Geograafilisest N-st peilungijooneni on E poole 35° , kompassi N-st aga sama jooneni 30° . Siit järgneb, et kompassi N on 5° geograafilisest N-st E pool, või teisiti: kompassi üldõiendus = 5° E ehk + 5° . Sellest näitest võime tuletada puht-praktilise juhise: Kui kompassi peilung on tõelisest (magneti) vasakul (NE 30° on NE 35° -st vasakul), siis on üldõiendus (või deviatsioon, kui arvestada kompassi- ja magnetipeilungid) + määrgiga

(E-nimeline), on see aga paremal, siis — (mii-
nus) märgiga (W-nimeline¹).

Kui üldõendus on käes, siis leiame δ .

Üldõendus = $\delta + d$; siit

$$\delta = \text{üldõendus} - d.$$

Teisiti: δ leidmiseks liidame vastupidise märgiga variatsiooni
üldõendusega.

$$\delta = +5^{\circ} + 1^{\circ} = 6^{\circ}.$$

2. Tõeline peilung = NW 28°; kompassipeilung = NW
32°; $d = 3^{\circ}E$.

Määrata δ ?

$$Tlp. = NW 28^{\circ}$$

$$Kp. = NW 32^{\circ}$$

$$\text{Üldõendus} = +4^{\circ}$$

$$\delta = +4^{\circ} - 3^{\circ} = +1^{\circ}.$$

Deviatsiooni määramise ülesandeid võib lahendada ka tei-
siti. Muudetakse esiteks tõeline peilung variatsiooniga mag-
netipeilungiks, siis magneti- ja kompassipeilungite vahe annab
deviatsiooni. Nii toimitakse siis, kui tahetakse määrata deviat-
sioon rohkem kui ühel kursil.

67. Eeltõid deviatsiooni määramisel. Asudes deviat-
siooni määramisele, tuleb hoolitseda, et:

1. kõik raudesemed oleksid õiges kohas;

2. laev oleks täiesti otse;

3. kompass ja peilingaator oleksid kõigiti korras.

Enne kui peilida, olgu laev minutit 4—5 vastaval kursil,
et võimaldada laevarauale selle kursi järgi ümbermagnetisee-
ruda.

Laeva käigus olles saadakse paremad tagajärjed deviat-
siooni määramisel kui käiguta, näiteks mõne paali ümber
pöördes.

Kui laevaš on rohkem kui üks kompass, siis peakompassi
deviatsioon määratakse peilungite järgi, tüürikompassi deviat-
sioon aga kursside võrdlemisega.

Deviatsiooni määramine toimub harilikult 8 peakursil²).
Teiste kursside jaoks saame deviatsiooni kas arvutamisel (ka-
sutades selleks deviatsiooni teoorias tuletatud valemeid), inter-
poolimisel või graafilisel teel (diagrammi abil).

¹) See juhis ei ole sisuliselt õige, sest peilungijooni on vaid üks,
kuna meridiaane on mitu. Kuid, et see sisuliselt küll ebaõige prakti-
line juhis on kerge pidada meeles ja annab õige tulemuse, siis leiab
see väga laialist kohaldamist.

²) Kui juhuslikult deviatsioon on väga suur (üle 10°), nagu mõni-
kord raualastiga, siis tuleb deviatsioon määrata vähemalt 16 rumbil.

Andmete koondamiseks on soovitatav valmistada enne deviatsiooni määramist järgmine tabel.

I	II	III	IV	V	VI	VII	
m p	k p	p k δ	p k k	m k	t k k	t k δ	Märkmeid.

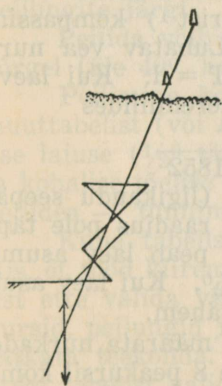
I-sse lahtrisse märgitakse peilitavate esemete magnetipeilungid; II-se lahtrisse aga kompassipeilungid, mida saadakse tegelikul peilimisel. Nende kahe esimese lahtri väärtuste vahe annab peakompassi deviatsiooni (III-as lahter). IV-sse lahtrisse kirjutatakse (deviatsiooni määramisel) peakompassi kursid, missugused olid laeval siis, kui peiliti. Peakompassi kurs + peakompassi deviatsioon (III-as ja IV-s lahter) annavad võimaluse määrata magnetikursi (V-s lahter). VI-sse lahtrisse märgitakse tüürikompassi kursid, missugused olid peilimise ajal. V-da ja VI-da lahtri vahe annab tüürikompassi deviatsiooni.

Muidugi ei tarvitse deviatsiooni määramise ajal kõiki lahtreid kohe korraga täita. Täidetakse lahtrid I, II, IV, ja VI. Lahtreid III, V ja VII võib täita hilisemal arvutamisel.

68. Deviatsiooni määramine liitsihi märkide järgi.

Kui rannal on liitsihi märgid, siis võib nende järgi määrata deviatsiooni. Võetakse merekaardilt nende märkide tõeline suund ja muudetakse see kohalise variatsiooniga magnetipeilungiks (kui rannal ei ole erilisi liitsihi märke, siis võib neid sinna ise ajutiselt püstitada mistahes nähtavate varraste näol. Suuna määramiseks viiakse kompass maale ja peilitakse teist varrast esimese juurest. Nii saadakse nende magnetipeilung).

Siis määratakse kursside järjekord, et vältida asjatuid kurssse (Joon. nr. 57). On laev merekorras ja kõik eeltööd tehtud, siis sõidetakse laevaga määratud järjekorras kurssidega (8 peakursi) üle liitsihi (ringides liitsihist nii kaugel, et sihile jõudmiseni kulub 4—5 minutit) ja igakord sihil olles peilitakse märke ¹⁾.



Joon. nr. 57.

¹⁾ Kuigi teoreetiliselt laev peaks peilimise ajal asuma täpselt mõnel peakursil (N, NE, E jne.), ei ole sel olulist tähtsust, kui laev on mõne kraadi võrra soovitud kursist kõrval (eriti kui δ on väike). Tuleb vaid hoolitseda, et laev oleks püsivalt kursil ja teiseks, et kirjutatakse täpselt üles, missugusel kursil asus laev peilimisel. Viimasel nõudel pole olulist tähtsust siis, kui laevas on peilkompass ühtlasi ka tüürikompassiks ja kui määratakse ainuüksi selle ühe kompassi δ.

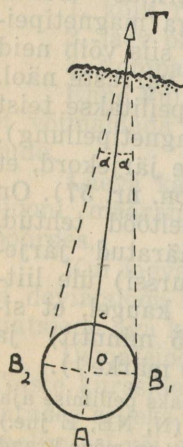
Kompassipeilungid ja kursid märgitakse tabelisse ja tehakse siis arvutamisel kindlaks deviatsioon 8 peakursil.

Kui on võimalus valida märke, siis eelistada õhemaid ja üksteisest kaunis kaugel seisvaid. Mida peenemad on märgid, seda täpsemalt määratav on liitumise moment.

Mitmes sadamas on deviatsiooni määramiseks asetatud erimärgid, samuti paalid, mille ümber laeva võib kohal pöörata ringi ja peilida vastavaid märke.

69. Deviatsiooni määramine kauge eseme peilungi järgi. Kui silmapiiril on kolm merekaardil märgitud navigatsioonilist eset, kuid puuduvad liitsihi märgid, siis võime deviatsiooni määrata ka järgmiselt. Ankrume laeva (ketti võimalikult vähe merre lastes) ja määrame nurkade järgi laeva koha kaardil kindlaks. Nüüd saame merekaardilt laeva asukohast mistahes märgile kaldal tõelise peilungi; see muudetakse magnetipeilungiks. Laeva kohal 8 peakursile pöörates ja peilides saame kompassipeilungid. Magneti- ja kompassipeilungite vahe annab deviatsiooni.

Nagu seletusest järeldub, põhjeneb see meetod oletusel, et laeva asukohast kaldamärgile on vaid üks magnetipeilung. Tõeliselt ei ole see nii. Oletame, et laev nurkade mõõtmise ajal seisis ninaga (või ahtriga) peilitava eseme suunas (nii ta peabki seisma nurkade mõõtmise ajal). Sellele seisundile vastab tõeline peilung OT (joon. nr. 58). Kui me laeva pöörame kohal ringi, siis kujutab laeva kompass ringi AB_1CB_2 . Punkt



Joon. nr. 58.

B_1 -st peilides peaksime võrdlema kompassipeilungit peilungiga B_1T , kuid võrdleme peilungiga OT . Seega saame vea $= \alpha$. Kui see viga on $1/2^\circ$ või vähem, siis on tegelikult kõik korras. Et see viga ei oleks suurem, peab laev asuma tarvilises kauguses peilitavast esemest. Tarvilist kaugust võib kergesti määrata arvutamisel. Laeva pikkus vöörist¹⁾ kompassini on teada, see $= OB' = l$. Lubatav vea nurk on $1/2^\circ$. Otsime kaugust $OT = d$. Kui laeva pikkus l on meetreis, siis meremiilides

$$d = \frac{l}{\sin 1/2^\circ \cdot 1852}$$

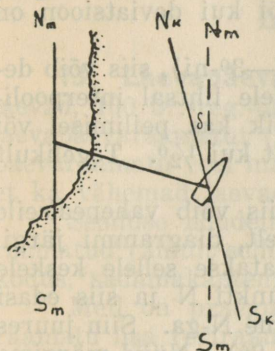
Nii määrame ligikaudu (ligikaudu seepärast, et laeva tsirkulatsiooni raadius pole täpselt teada) kauguse, milles peab laev asuma märgist, et viga ei ületaks $1/2^\circ$. Kui laev asub kaugemal, siis on viga veel vähem.

Kui on võimata laeva asukohta kaardil määrata nurkade järgi, siis võib toimida järgmiselt. Võetakse 8 peakursil kom-

¹⁾ Õieti tuleks võtta arvesse kaugust ankrukohast kompassini.

passipeilungid ja määratakse nende aritmeetiline keskmine. Saadud keskmist kasutatakse magnetipeilungina (mis enamasti on ka õige), s. t. sellega võrreldakse kompassipeilungeid deviatsiooniga määramiseks.

70. Deviatsiooni määramine vastastikku-peilungite järgi. Laeva asudes jões, kanalis, sadamas või sügava veega ranna läheduses, võib kasutada deviatsiooni määramiseks alljärgnevat viisi. Paigutatakse üks peilkompass maalt statiivile või mistahes alusele tarvilisele kaugusele laevast (2—3 laeva pikkust) ja maalt asuvaist raudadest (raudeseist).



Joon. nr. 59.

Nüüd peilitakse ühel ajal maalt laevakompassi ja laevast maakompassi. Laevast saame kompassi-, maalt (vastupidise) magnetipeilungi. Nende vahe = δ (joon. nr. 59).

Laev pööratakse kõikidele soovitud kurssidele, nagu ikka, kas ankrul või käigul. Üheaegselt peilimiseks lepikakse enne kokku mingisuguste signaalide suhtes. Kui laev on mõni minut seisnud (4—5 m) vastaval kursil, siis peilitakse laevast maakompassi ja maalt laevakompassi. Mõlemad kirjutavad peilungid üles järjekorras (kui ei kosta hüüdmine maalt laevale) ja pärast võib siis peilungeid võrrelda. Laeva tüürikompassi deviatsioon saadakse, nagu ikkagi, võrreldes kompassikursi magnetikursiga (peakomp. kurss + peakomp. δ).

71. Deviatsiooni määramine taevakehade peilungite järgi. Avamerel puudub võimalus kaldamärkide peilimiseks. Siin toimub deviatsiooni (üldõienduse) määramine taevakehade peilungite järgi.

Peilida võib kõiki taevakehi, kui nad ei asu vaid väga kõrgel (üle 40° , halvemal juhtumil kuni 60°).

Peilimine kompassi järgi annab kompassipeilungi, asimuuttabelist (või ABC tabelist) saadakse tõeline peilung kohalise laiuse ($1\frac{1}{2}^\circ$ täpsus), taevakeha deklinatsiooni (1° täpsus) ja kohalise tõelise aja (kui peilitakse päikest. Teisi taevakehi peilides — tunninurk. Nõutav täpsus 2 minutit) järgi.

Kuna tabelist tõelise asimuudi valik nõuab pisut aega, siis, et tööd kiiremini viia lõpule, võib vastava aja jaoks tabelist ette valida välja rida asimuute, või esialgu vaid peilida, kursid, peilungid ja kellaajad märkida üles ja kohe selle järgi jätkata teekonda. Hiljem on küllalt aega märgitud aegade järgi tabelist valida tõelisi asimuute ja määrata deviatsiooni.

Ei ole soovitatav avamerel, eriti kaugel ran-

nast, määrata deviatsioonid, vaid piirduda kompassi üldõienduse määramisega vastava kursi õienduse kontrollimiseks, sest avamere variatsioon pole täpselt teada, vaid merekaardil näidatud andmed sisaldavad sagedasti õige suuri vigu.

72. Deviatsioonitabeli koostamine. Kui 8-l peakursil on deviatsioon peilungite järgi tehtud kindlaks, siis tuleb koostada deviatsioonitabel, s. t. määrata deviatsioon rohkemaile kurssidele, kas üle 10° , üle 1 rumbi, või kui deviatsioon on väike, siis üle 20° (üle 2 rumbi).

Kui deviatsioon on väike (ulatab 20° — 30° -ni), siis võib deviatsiooni määrata vahepealseile kurssidele lihtsal interpoleerimisel. (Deviatsiooni määramine, ükskõik kas peilimisel või arvutamisel, ei tarvitse toimuda täpsemalt kui $\frac{1}{2}^\circ$. Tegelikult on rahuldav isegi 1° täpsus.)

Kui aga deviatsioon on suurem, siis võib vahepealseile kurssidele määrata deviatsioon graafiliselt, diagrammi järgi. Võetakse n. n. millimeeterpaber, tõmmatakse sellele keskele ülalt alla sirge. Märgitakse sirge algpunkti N ja siis edasi 10° , 20° , 30° , 40° , 50° jne, kuni all lõpetame N-ga. Siin juures 1 mm loeme võrdseks 1° (või ka 1 mm = 2°). Nüüd märgime siia peilimisel saadud deviatsioonid vastavaile kurssidele, paremale poole püstjoonest E ja vasakule W deviatsioonid. Kui deviatsiooni maksimum oli võrdlemisi suur (üle 10°), siis võime 1 mm lugeda võrdseks ka 1° deviatsiooniga. Kui aga deviatsioon oli alla 10° , siis, et saavutada selgemat diagrammi, võime 2 mm või ka 3 mm lugeda võrdseks 1° . Kui nüüd paberile on märgitud 8 punkti, mis vastavad 8-le deviatsioonile, siis tõmmame üle nende punktide vastava kõvera, missugust nimetatakse deviatsioonikõveraks. Määrame selle kõvera kauguse püstjoonest iga 10° , 20° , või rumbi kohalt ja märgime tabelisse.

Deviatsiooni määramiseks varematal aegadel kasutati erilisi diagramme (Napieri, saksa jne.), nüüd toimub deviatsiooni arvutamine vahepealsetel kurssidel harilikult deviatsiooni teoorias selgitatud meetodi järgi (koeffitsientide määramisel) ja diagrammi koostamine jääb üldse ära.

VII PEATÜKK.

Laevapävaraamat.

73. Laevapävaraamatu pidamine. Kõik eesti kaubalaevad, 100 br.-reg.-tonni ja suuremad, on kohustatud pidama laevapävaraamatut (aurikud ja mootorlaevad peale n. n. dekipävaraamatu veel masinapävaraamatut). On väga soovitav, et ka vähemad laevad peaksid laevapävaraamatut.

Seaduse nõudeile vastavad kindlavormilised laevapävaraamatud (ainult sellised on lubatud) on saadaval meremeestekodus, sadamakaptenitelt ja välismaal konsulaatides.

Meil on praegu tarvilisel laevapävaraamat ja pävaraamatu lisa (eriraamat). Pävaraamatusse tehakse kõik sissekanded lühidalt, kuna pikemad, üksikasjalised kirjeldused tehakse lissasse.

Kõik sissekanded peavad olema loogilised ja lühidad, kuid siiski küllaldased, et saada selget pilti laeva elust ja kirjeldatavast sündmusest. Kuna laevapävaraamatul on väga kaaluv osa mitmesuguste küsimuste lahendamisel, siis tuleb kõik sissekanded teostada erilise hoolega.

Laevapävaraamatu esiosas on trükitud järgmised juhtnöörid laevapävaraamatu pidamiseks. Neid juhtnööre tuleb täita täpselt, sest ebaõiged sissekanded on karistatavad.

Juhtnöörid pävaraamatu ja pävaraamatu lisa pidamiseks.

1. Laevas peetakse pävaraamatut ja selle lisa. Laeva pävaraamatusse kirjutatakse igapäevased olulised sündmused võimalikult lühidalt. Pävaraamatu lissasse aga tarbekorral üksikute tähtsamate sündmuste pikemad seletused, mis pävaraamatus nõuaksid liiga palju ruumi, nagu: protokollid, tunnistajate seletused, juurdlused, karistused, õnnetusjuhtumid jne. Pävaraamatus näidatakse sellisel korral pävaraamatu lisa leheküljel, kus leidub vastav selgitav tekst.

2. Laevapävaraamatul kui ka pävaraamatu lisal on dokumentaalne tähtsus, ja neid on kohustatud pidama laeva-juht ise või tüürimees laevajuhi vastutusel ja järelevalvel.

Kõik sissekanded peab tehtama tindiga kronoloogilises järjekorras, päevaraamatus — sadamas iga päev ja merel iga vahi kohta, päevaraamatu lisas aga ainult tarviduse korral. Sissekanded peab tehtama kohe pärast vahi või päeva lõppu.

Sissekandeid päevaraamatusse ja päevaraamatu lisasse peab kirjutama korralikult ja loetavalt. Sissekirjutatut ei tohi kraapida välja või teisiti teha mitteleotavaks. Eksitusi või valesissekandeid peab kergesti tõmbama läbi ja all „märkuste“ kohal õiendama. Õiendusele peab kirjutama alla õiendaja.

3. Päevaraamatusse ja tarbekorral päevaraamatu lisasse kirjutatakse kõik tähtsaimad juhtumid, andmed ja seletused, mis puutuvad:

a) laeva juht- ja meeskonda (koosseis; teenistuse algus ja lõpp; teenistusest vabastamise põhjused; erilised juhtumid laevaperes; karistused ja muud laevajuhi korraldused laevapere suhtes jne.).

b) laeva ja selle juhtimist (laeva merekõlvulisus sadamast lahkumisel; süvis; vesi pilssides ja tankides; kompasside deviatsioon ja andmed deviatsiooni kontrollimisel; kursid ja laeva asukoht; peilungid; kiirus; andmed tuule, ilma ja lainetuse kohta; triiv; lootsi saabumine ja lahkumine laevast ja lootsi nimi; manööverdamised; tarvitusele võetud abinõud õnnetuste vastu või laeva päästmiseks; harjutused pääste- ja tulekustutamise abinõudega; remondid; avariid jne.).

c) last (lasti nimetus; seisukord; kaal või arv; paigutamine laevas; lastimise algus ja lõpp; lastimist takistavad tegurid; lastimise juures tarvituselolev võõras tööjõud; ettevootuse abinõud lasti kaitseks või tarvitusele võetud abinõud lasti päästmiseks jne.).

d) laeval olevaisse reisijaisse (nende arv; erilised juhtumid nendega jne.).

4. Päevaraamatus vasakul leheküljel allolevad lahtrid täidetakse iga vahi lõpul, muutumised vahi kestel aga tekstis.

5. Iga vahi või päeva sissekandeid peab tõestama päevaraamatus oma allkirjaga isik, kes selle on kirjutanud (laevajuht või tüürimees). Reisi lõpul kui ka päevaraamatu lõpetamisel peab tõestama tehtud sissekandeid peale tüürimehe ka laevajuht.

Päevaraamatu lisasse kirjutatut tõestab samuti ühes tüürimehega laevajuht, tarbekorral ka tunnistajad või teised asjaosalised.

6. Iga päeva algus loetakse keskööst ja päeva kestus 0—24 tunnini.

VIII PEATÜKK.

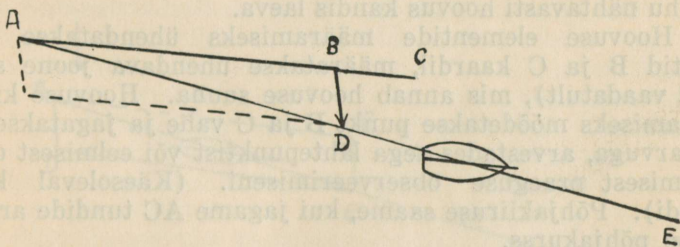
Hoovus.

74. Hoovus. Põhjakurss ja -kiirus. Nagu okeanograafiast teada, nimetatakse hoovuseks veemasside kaugema ulatusega edasiliikumist, ookeanides ja meredes. Hoovuse suunda väljendatakse geograafilise meridiaani suhtes selle järgi, kuhu poole vesi liigub (kompassist välja), kiirust aga miilides tunnis ehk sõlmedes.

Kuna hoovus kannab laeva tüürimise kursist kõrvale, siis tuleb navigatsioonis hoovust arvestada kui tähtsat tegurit.

Oletame, et AC (joon. nr. 60) on kaardikurss (kurss vett mööda). Ühe tunni pärast oleks laev olnud hoovuseta vees punktis B. Kuid oletame, et vesi (hoovus) liigub koos laevaga noole suunas 2-sõlmelise kiirusega edasi. Hoovus kannab laeva seega 1 tunnis 2' BD suunas edasi ja laev asub 1 tunni pärast tegelikult punkt D asemel punktis E. ($BD=2'$).

Laeva tegeliku edasiliikumise suunda näitab tungide parallelogrammi diagonaal AD. 2 tunni pärast oleks laev, kui parallelogrammi elemendid ei muutunud, punktis E.



Joon. nr. 60.

Suunda, mida mööda laev hoovuse ja omaliikumise mõjul tegelikult liigub edasi, nimetatakse põhjakursiks. Resultant kiirust (AD) aga põhjakiiruseks. Põhjakiirus võib olla võrdne, suurem (maksim. = laeva kiirus + hoovuse kiirus) ja vähem (minim. = laeva kiirus - hoovuse kiirus) kui laeva n. n. logikiirus (omakiirus), olenedes hoovuse suunast laeva kursi suhtes.

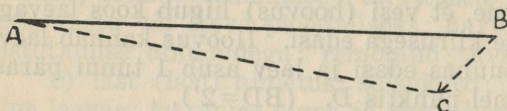
Hoovuse esinedes tuleb meresõidus lahendada kolm ülesannet. Need on: 1. hoovuse navigatsiooniline määramine, 2. põhjakursi ja kiiruse määramine kui laeva omaliikumine ja hoovus on teada ja 3. tüürimise kursi (kaardikursi) ettemääramine hoovuse puhul, et saabuda soovitud punkti.

75. Hoovuse navigatsiooniline määramine. Mõnikord on hoovus merel juba teada ette erikaartidelt, käsiraamatutest jne. Palju sagedamini tuleb aga meresõitjal see määrata endal. (Ka siis, kui on antud andmed hoovuse kohta erikaartidel, atlastes jne., ei või kunagi olla kindel, et need andmed vastavad tegelikele oludele.)

Hoovuse navigatsiooniline määramine toimub järgmiselt.

Kui laev on ankrul, siis määratakse hoovus parda või käsilogiga, nagu toimub laeva kiirusegi määramine. Hoovuse suuna annab käsi- või pardalogi laevast eemaldumise suund. (Kompassisuund muudetakse tõeliseks.)

Laeva käigus olles, kui tüüriti õieti, ja kõik õiendused ja instrumendid olid õiged, peaksid arvatud ja observeeritud koht enam-vähem ühtuma. Esineb aga neis suur vahe, siis tuleb oletada, et selles on süüdi hoovus.



Joon. nr. 61.

Oletame, et punkt A (joon. nr. 61 kujutab lähtekohta (viimane observeeritud punkt) ja B punkti, kuhu laev oleks pida-

nud (arvestamata hoovust) 2 tunni pärast saabuma. Observeerimisel aga määrati 2 tunni pärast laeva asukoht punktist C, kuhu nähtavasti hoovus kandis laeva.

Hoovuse elementide määramiseks ühendatakse nüüd punktid B ja C kaardil, määratakse ühendava joone suund (B-st vaadatult), mis annab hoovuse suuna. Hoovuse kiiruse määramiseks mõõdetakse punkt B ja C vahe ja jagatakse tundide arvuga, arvestades aega lähtepunktist või eelmisest observeerimisest praeguse observeerimiseni. (Käesoleval korral 2 tundi). Põhjakiiruse saame, kui jagame AC tundide arvuga. AC on põhjakurs.

Sellisel määratud hoovust arvestame juba edasiminekul. (Nii määratud hoovus on vaevalt õige, sest laeva kõrvalekaldumine võib olla tingitud paljudest muudest asjaoludest, nagu halb roolimine, kursiõienduste vead, logi eksimine jne. Õigem oleks nimetada arvatud ja observeeritud koha vahet ä r a k a n n e. Kuid nimetus pole oluline. Peaasi, et me teame, kui palju on laev kaldunud kõrvale ja oskame seda arvestada).

Kui laev jätkab endist kurssi ja kiirust ja pole põhjust arvata, et hoovus on muutunud, siis pikendatakse kaardil põh-

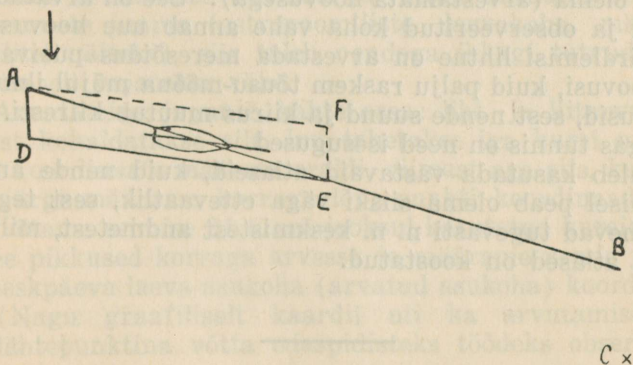
jakurssi ja märgitakse sellele põhjakiiruse järgi määratud tee pikkus.

76. Põhjakursi ja -kiiruse määramine, kui hoovus ja laeva omaliikumine on teada. Kui laeva omaliikumine (kurss ja kiirus) ja hoovus on teada, siis määratakse laeva põhjakurss ja -kiirus nii, nagu selgitatud punktis 74. S. t., pannakse kaardile kaardikurss (tõeline kurss) ja märgitakse sellele 1, 2 või rohkem tundidel käidud tee pikkus logi järgi. Saadud punktist (punkt B, joonisel nr. 60) tõmmatakse kaardile hoovuse suund ja märgitakse sellele samale tundidele vastav hoovuse kiirus. Saadud punkti (punkt D joonisel nr. 60) ühendame lähtepunktiga, saame põhjakursi. Algpunkti (punkt A) ja hoovuse lõpp-punkti (punkt D) vahe, jagatud tundide arvule, annab põhjakiiruse. Kui kurssi ja laevakiirust ei muudeta, siis pikendatakse põhjakurssi, millele märgitakse põhjakiirus edaspidisteks arvestusteks. Kui aga midagi muutub (kas kurss või kiirus), siis toimitakse jälle endiselt: kaardile kaardikurss, sellele tee pikkus logi järgi, siis hoovus jne.

Niisugune toiming esineb mõnikord merel näiteks purjelaevas loovimise puhul, kui tuul ei luba oma soovi kohaselt muuta kursse (hoiduda vastu hoovust).

77. Soovitud kursi määramine hoovuse puhul. Kui on hoovus (suund ja kiirus) teada ja koht, kuhu laev tingimata tahab saabuda, siis määratakse tüürimise kurss järgmiselt.

Oletame, et punkt A (joon. nr. 62) kujutab laeva asukohta, punkt B aga sihtkohta, s. t. punkti, kuhu tingimata tahetakse saabuda. Nool näitab hoovuse suunda. Ühendame punktid A ja B kaardil sirgega. See on tee, mida mööda laev peab liikuma, et saabuda punktisse B.



Joon. nr. 62.

Kui laev tüürida seda suunda mööda, siis kannaks hoovus laeva allapoole ja laev saabuks, ütleme, punktisse C, mis on vastuvõtmatu.

Et saabuda punktisse B, tuleb laeva nina hoida hoovuse mõju võrra vastu hoovust.

Tüürimise kursi (kaardikurss, tõeline kurss) leidmiseks toimitakse järgmiselt. Pannakse laeva asukohast, punktist A, kaardile hoovuse suund ja mõõdetakse sellele 1 või 2 (või rohkem, sõltuvalt kaardimõõdust) tunni hoovus, saame punkt D.

Punktist D joonestatakse 1 või 2 tundi¹⁾ logi järgi käidava laeva tee pikkusega (logi kiirus) kaar kaardil olevale kursile AB. Saame punkti E.

Kaare lõikepunkti E ühendame hoovuse lõpp-punktiga D, saame kursi, mille suunas tuleb tüürida laeva. See kurss (DE) tuleb muuta kõigi õiendustega (triiv, variatsioon, deviatsioon) kompassikursiks.

Et see konstruktsioon on õige, tõestame järgmiselt. Täiendame $\triangle ADE$ parallelogrammini, $AF \parallel DE$ ja $AF = DE$; $AD \parallel FE$ ja $AD = FE$. Tüürides laeva AF suunas (AF suund = DE suund) saabuksime hoovuseta meres punktisse F. Nüüd aga hoovus kannab laeva $AD = FE$ võrra alla, mispärast laev saabub punktisse E ja liigub tegelikult AE suunas. Jätkates sama kurssi saabub laev punktisse B (kui vahepeal ei muutu laeva omaliikumine ega hoovus). Joon AB kujutab seega põhjakurssi ja jagades AE tundide arvuga saame põhjakiiruse.

Kui järgneval observeerimisel peaks selguma, et arvestatud hoovus pole enam õige (observeeritud koht asub kaardil olevast põhjakursist oluliselt kõrval), siis tuleb määrata uus hoovus. Selleks pannakse kaardile eelmisest observeeritud punktist hoovuseta kurss (kaardikurss, tõeline kurss) ja määratakse koht, kus laev viimase observeerimise ajal pidi logi järgi olema (arvestamata hoovusega). See on arvatud koht. Arvatud ja observeeritud koha vahe annab uue hoovuse.

Võrdlemisi lihtne on arvestada meresõidus püsivama ilmehoovusi, kuid palju raskem tõusu-mõõna mõjul ilmnevaid vee voolusid, sest nende suund ja kiirus muutub kiiresti. Keskmiselt igas tunnis on need isesugused.

Tuleb kasutada vastavaid atlaseid, kuid nende andmete kasutamisel peab olema siiski väga ettevaatlik, sest tegelikud olud erinevad tugevasti n. n. keskmistest andmetest, mille alusel need atlased on koostatud.

¹⁾ Kui hoovus võeti 1 tunnile, siis tuleb võtta ka logi järgi käidava tee 1 tunnile, kui hoovus 2 tunnile, siis logi tee ka 2 tunnile jne.

IX PEATÜKK.

Laevakoha määramine navigatsioonilisel arvutamisel.

78. Eelmärkmeid. Nagu teada, pannakse merel laevakursi kaardile ja märgitakse sellele käidud tee pikkus. Nii leitakse kaardil punkt, kus laev teatud kurssi mööda tüüritult ja teatud tee pikkuse järgi peaks asuma.

Selle punkti võib määrata ka matemaatilisel arvutamisel, kui vaid kurss ja käidud tee pikkus on teada.

Arvutamisel kindlaks tehtud laeva asukoht on niisama õige (või ebaõige) nagu graafilisel teel kursi ja tee pikkuse järgi kaardil määratudki, kuid palju tülikam on tööd teostada, mispärast arvutamist praktikas tarvitatakse hoopis vähe. Mõnikord vaid ookeanis, kus kaart on väga väikese mõõduga, kasutatakse veel seda viisi. Arvutamine seisab selles, et käidud tee pikkuse ja kursi järgi määratakse laiuste ja pikkuste vahe ja liidetakse siis need lähtepunkti (viimase observeeritud punkti, või kui see puudub, siis — arvatud punkti) koordinaatidega. Nii saame sihtpunkti (saabumispunkti) koordinaadid. Selle punkti võib nüüd panna merekaardile, et oleks näha, kus laev arvutamise järgi asub.

Kuna arvutamise valemeid ja võtteid kasutatakse ka teiste ülesannete juures (astronoomiliste laevakoha määramise meetoditel näiteks), siis tuleb nendega ikkagi tutvuda, kuigi neid otseselt vajatakse vähe.

Arvutamine jaguneb kahte ossa: liht ja liitarvutamine. Esimest kohaldatakse siis, kui tahetakse iga kursi muutmise punkti koordinaate määrata eraldi, viimast aga siis, kui mitme kursi järgi määrame korruga lõpp-punkti koordinaadid. Näiteks, võtame eelmise 24 tunni jooksul kasutatud kursid ja käidud tee pikkused korruga arvesse ja määrame nende järgi tänase keskpäeva laeva asukoha (arvatud asukoha) koordinaadid.

(Nagu graafiliselt kaardil nii ka arvutamisel tuleb alati lähtepunktina võtta edaspidisteks töödeks observeeritud punkt.)

Navigatsiooniline arvutamine kokkuvõttes tegeleb järgmistele ülesannetega. Kui lähtepunkti koordinaadid on teada, samuti kurss ja käidud tee pikkus, siis määratakse laiuste ja pikkuste vahe ja nende järgi juba sihtpunkti koordinaadid.

Kui on aga antud mõlema punkti (lähte- ja sihtpunkti) koordinaadid, siis võib arvutamisel määrata ka kursi ja nende vahelise tee pikkuse.

79. Lihtarvutamine. Arvutamisel tuleb eraldada 4 erijuhtumit: laev liigub mööda meridiaani (kurs 0° või 180°), laev liigub mööda ekvaatorit (kurs 90° või 270°), laev liigub mööda paralleeli (kurs 90° või 270°) ja laevakurs on suunatud meridiaani ja paralleeli vahele.

Kui laev liigub mööda meridiaani, siis ei muutu laevakoha pikkus, vaid ainult laius ja nimelt käidud tee võrra. S. t., käidud tee pikkus = laiuste vahe. Sihtpunkti laiuse määramiseks tuleb tee pikkus = laiuste vahe, algebraliselt liita lähtepunkti laiusega.

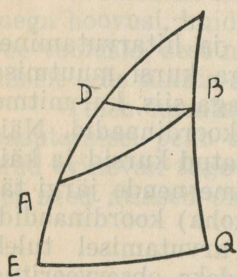
Kui laev liigub mööda ekvaatorit, siis ei muutu geograafiline laius, vaid ainult geograafiline pikkus, ja käidud tee pikkuse võrra. Nüüd tee = pikkuste vahe. Sihtpunkti geograafiline pikkus = tee pikkus (pikkuste vahe) algebraliselt liidetud lähtepunkti geograafilise pikkusega.

Kui laev liigub mööda paralleeli, ka siis ei muutu laius, vaid ainult pikkus. Käidud tee pikkus meremiilides = lähte- ja sihtpunkti vahelise paralleeli kaarega. Pikkuste vahe on aga ekvaatori kaar ja = paralleeli kaar (tee) korrutatud $\sec \varphi$ -ga. (V. punkt 34.)

Praktikas ei tarvitse teostada korrutamist, vaid kasutatakse eritabeleid (neist alamal).

Pisut keerulisem on määrata sihtpunkti koordinaate siis, kui kurs on suunatud meridiaani ja paralleeli vahele; siis muutub nii laius kui ka pikkus.

Oletame, et punkt A (joon. nr. 63) kujutab lähtekohta-, B aga sihtkohta, kuhu saabus laev käies tee = AB ja kursiga = \widehat{DAB} .



Joon. nr. 63.

Tõmbame sihtpunktist B paralleelikaare BD lähtepunkti meridiaanini. Nii tekkis $\triangle ABD$. Selle kolmnurga üks külg on suurringi kaar, nimelt AD, ja = laiuste vahe. Üks külg on lokso-droom, nimelt AB, ja = tee pikkusega. [Kuna saksa keeles, ka inglise keeles, nimetatakse seda distants (Distanz, distance), siis märgime seda külge tähega d, et hõlbustada saksa ja inglise tabelite kasutamist.]

Kolmas külg BD on paralleelikaar, seda nimetatakse ä r a s e i s u k s. Kolmnurka ABD aga nimetatakse n a v i g a t s i o o n i l i s e k s k o l m n u r g a k s. (Sfääriliseks kolmnur-

gaks ei või seda nimetada, sest kõik küljed pole suuringi kaared.)

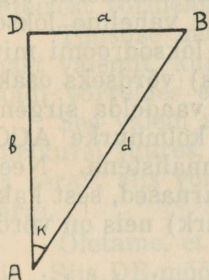
Navigatsioonilise kolmnurga külgedeks on, nagu nägime, tee pikkus ehk distants, laiuste vahe ja äraseis. Nurk lähtepunktis = kurss. See on nurk geograafilise meridiaani ja laeva tee vahel, s. t. tõeline (kaardi) kurss.

Kui tee pole väga pikk, s. t. lähte- ja sihtpunkt on üksteisele võrdlemisi lähedal, siis võime navigatsioonilist kolmnurka vaadelda täisnurkse tasapinnalise kolmnurgana, (joon. nr. 64), milles on teada nurk DAB ($k =$ kurss) ja külg AB = tee pikkus ehk distants (d).

Laiuste vahe ja äraseisu määrame trigonomeetriliselt

$$\text{Laiuste vahe} = \text{tee pikkus} \cdot \cos k \dots\dots 1. \\ (b = d \cdot \cos k)$$

$$\text{Äraseis} = \text{tee pikkus} \cdot \sin k \dots\dots\dots 2. \\ (a = d \cdot \sin k)$$



Joon. nr. 64.

Kui äraseis (paralleeli kaar) on teada, siis pikkuste vahe võime määrata varem tuntud valemi järgi:

$$PW = \text{Äraseis} \cdot \sec \varphi$$

Kui laiuste ja pikkuste vahe on käes, siis liidetakse need algebraliselt lähtepunkti koordinaatidega, saame sihtpunkti koordinaadid.

Arvutamise asemele kasutatakse nende ülesannete lahendamisel eritabeleid. Esimesed kaks võrrandit (laiuste vahe ja äraseisu määramine) lahendatakse tabeliga 11 (Breusing, 1929. a. väljaanne), kui kurss on antud

kraadides või tabeliga 12, kui kurss on rumbides. (Viimast tabelit ei kasutata enam.)

Nende tabelite kasutamine toimub järgmiselt.

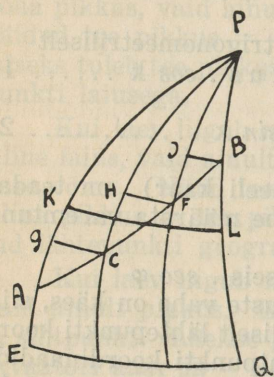
Avatakse lehekülg, millel leidub kursile vastav kraadide arv (kui kurss on alla 45° , vastaval leheküljel ülal, kui üle 45° , siis all), ja lahtris d leitakse arv, mis vastab käidud tee pikkusele, siis kõrval lahtris b saame otsitava laiuste vahe ja lahtris a — äraseisu. (Kui kurss on üle 45° , siis ka pealkirjad b ja a vaadata alt).

Kolmas võrrand (pikkuste vahe määramine äraseisu järgi) lahendatakse tabeliga 13. Siin vasakäärmises vertikaallahtris leitakse koha laiusele vastav väärtus, ülemine horisontaalne lahter on äraseisu jaoks. Esimese vastast ja teise alt leiame otsitava pikkuste vahe.

Kuna ülemises horisontaalses lahtris on arvud 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ja 100, siis siit vaevalt leitakse otseselt sobiv väärtus. Seepärast toimitakse järgmiselt:

Oletame, et äraseis = $68,4$ ja laius = $ca\ 54^\circ 20'$. Leiame laiuse (Breite) lahtris arvu $54^\circ 20'$.

Äraseisu lahtris puudub arv 68,4. Muudame esiteks pikkuste vaheks 60, siis 8 ja lõpuks 0,4 ja liidame saadud arvud. Ka 60 puudub, kuid on 6. Selle alt ja 54°20' vastast leiame arvu 10,29. Suurendame seda 10 korda (60 on 10 korda suurem 6-st). Saame 102,9. Nüüd 8 all on 13,7 (sajandikke ei tarvitse arvestada) ja 4 all 6,8. Viimast arvu vähendame 10 korda (0,4 on 10 korda vähem 4-st), saame 0,7. Nüüd liidame: 102,9 + 13,7 + 0,7 = 117,3. S. t. äraseis 68,4 laiuses 54°20' muudetult pikkuste vaheks = 117,3; või teisiti 117,3 on otsitav pikkuste vahe¹⁾.



Joon. nr. 65.

80. Arvestamine maakera kumerusega. Kui punktid A ja B asuvad teineteisest võrdlemisi kaugel, siis ei või enam lihtsalt oletada, et navigatsiooniline kolmnurk on tasapinnaline. Oletame, et punktid A ja B (joon. nr. 65) asuvad teineteisest maakeral õige kaugel. AB on nende vaheline lokso-droom. Jagame selle loksodroomi mitmeks (näiteks kolmeks) võrdseks osaks nii, et iga osa võime vaadelda sirgena ja vastavaid väikesi kolmnurke ACG, CHF ja FIB tasapinnalistena. Need kolmnurgad on kõik sarnased, sest kaks nurka (kurss ja täisnurk) neis on võrdsed.

Nüüd AG, CH ja FI on vastavais kolmnurkades laiuste vahed. Nad on kõik isekeskis võrdsed. Nimetame neid: b_1 , b_2 ja b_3 .

AC, CF ja FB on väikeste kolmnurkade suhtes käidud tee pikkused ehk distantsid. Nad on ka kõik isekeskis võrdsed (jagasime AB võrdseiks osadeks), nimetame neid vastavalt d_1 , d_2 ja d_3 .

GC, HF ja IB on kolmnurkades äraseisud. Nad ei ole isekeskis võrdsed, vaid vähenevad pooluste poole. Nimetame neid a_1 , a_2 ja a_3 vastavalt.

Nüüd

$$b_1 = d_1 \cos k; b_2 = d_2 \cos k \text{ ja } b_3 = d_3 \cos k \text{ ehk}$$

$$b_1 + b_2 + b_3 = (d_1 + d_2 + d_3) \cos k. \text{ Aga}$$

$$b_1 + b_2 + b_3 = AD = b = \text{laiuste vahe (A ja B vaheline)}$$

$$\text{ja } d_1 + d_2 + d_3 = AB = d = \text{tee pikkus tervikuna.}$$

Asendades võrdsed võrdsetega saame endiselt

Laiuste vahe = tee pikkus $\cdot \cos k$. S. t., laiuste vahe määramine ei sõltu sellest, kas lähte- ja sihtpunkt on teineteisest kaugel või lähedal.

¹⁾ Äraseisu võib muuta pikkuste vaheks ka tabeliga 11. Laius võetakse kursina, teada olev äraseis leitakse lahtris b, vastav arv lahtris d annab otsitava pikkuste vahe.

Edasi:

$a_1 = d_1 \sin k$; $a_2 = d_2 \sin k$ ja $a_3 = d_3 \sin k$
 ehk $a_1 + a_2 + a_3 = (d_1 + d_2 + d_3) \sin k$.

$d_1 + d_2 + d_3 = AB = d$, kuid $a_1 + a_2 + a_3 \neq DB$ -ga.

Väikeste kolmnurkade (ACG, CHF ja FIB) äraseisude summa on suurem kui DB (ekvaatori lähemal on meridiaanide vahe suurem kui pooluse pool). See summa võrdub ligikaudu A ja B vahel keskmisele äraseisule KL-le; teisiti äraseisule, mis asub keskmises laiuses. Siit järgneb, et pikemate teede puhul tuleb pikkuste vahe määramiseks korrutada äraseis *sec* φ_0 -ga.

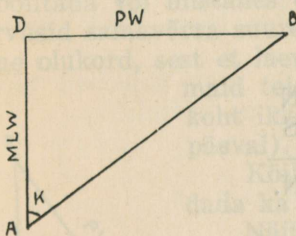
$$PW = \text{Ä r a s e i s . s e c } \varphi_0 \dots\dots\dots 3.$$

See on vormiliselt sama valem kui eelmine 3-s, kuid ainult sisuliselt kohaldatud olukorrale, kui lähte- ja sihtpunkt on teineteisest võrdlemisi kaugel.

Täpsuse mõttes on muidugi soovitatav kasutada alati viimast valemit, kui näeme, et see annab oluliselt erineva resultaadi võrreldes eelmisega.

See valem annab täpsema resultaadi vähemas laiuses ja nürikursi juures, sest siis *sec*(φ) muutub aeglasemalt. Kui kurss on terav, siis võime pikkuste vahet määrata järgneva valemi järgi.

Oletame, et $\triangle ABD$ (joon. nr. 66) asub merkaatori kaardil. Siis DB mõõdetult ekvaatori minuteis = pikkuste vahe.



Joon. nr. 66.

Selle määramiseks peab kumbki teine külg olema teada ka ekvaatori minuteis. Kui A ja B laiused on teada (A laius oli alguses teada ja B laius määrati. Valem 1), siis valime tabelist 14 neile vastavad meridiaanilised osad ja määrame meridiaanilise laiuste vahe (s. t. AD ekvaatori minuteis).

Nüüd

$$PW = MLW . \tan k . \dots\dots\dots 4.$$

Kuna *tan* muutub aeglaselt terava nurga juures, siis on soovitatav kasutada pikkuse vahe määramisel valemit 3 nüride (üle 45°) ja valemit 4 teravate (alla 45°) kursside juures.

Viimase võrrandi lahendamisel võime kasutada ka laiuste vahe ja äraseisu tabelit (tab. 11 või 12).

Kurss jääb ikka kursiks, meridiaaniline laiuste vahe leitakse lahtrist *b*, vastav väärtus lahtrist *a* on otsitav pikkuste vahe.

Näiteid.

1) $\varphi_1 = 56^{\circ}15' N$ ja $\lambda_1 = 16^{\circ}12' W$; kurss = NW 62°, tee pikkus 56'. Määrata φ_2 ja λ_2 ?

Tabelist 11:

$$\begin{aligned} a &= 49,4' = \text{Äraseis} \\ b &= 26,3' = \text{Laiuste vahe.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= 56^{\circ}15' N \\ \text{LW} &= 26,3' N \end{aligned}$$

$$\varphi_2 = 56^{\circ}41,3' N.$$

$$\varphi_0 = \text{ca } 56^{\circ}30'$$

Tabelist 13:

$$\begin{aligned} \text{Äraseis } 40' & \text{ p. w.} = 72,5' \\ \text{,, } 9' & \text{ ,, ,,} = 16,3' \\ \text{,, } 0,4' & \text{ ,, ,,} = 0,7' \end{aligned}$$

$$\text{PW} = 89,5'$$

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 16^{\circ}12' W \\ \text{PW} &= 1^{\circ}29,5' W \end{aligned}$$

$$\lambda_2 = 17^{\circ}41,5' W$$

2) $\varphi_1 = 61^{\circ}10' N$ ja $\lambda_1 = 8^{\circ}47' W$; kurss SE 17°, tee 92'. Määrata φ_2 ja λ_2 ?

Kuna nüüd on kurss alla 45°, siis tuleb kohaldamisele pikkuste vahe määramisel valem 4, mispärast pole vajadust äraseisu järgi.

Tabelist 11 — $b = 88'$.

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= 61^{\circ}10' N \\ \text{LW} &= 1^{\circ}28' S \end{aligned}$$

$$\varphi_2 = 59^{\circ}42' N.$$

Tabelist 14:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= 61^{\circ}10', m_1 = 4669,9 \\ \varphi_2 &= 59^{\circ}42', m_2 = 4491,6 \end{aligned}$$

$$\text{MLW} = 178,3'.$$

Tabelist 11, kurss 17°, b lahtris leiame 178,3', peale interpoolimist lahtris a saame 54,5' = pikkuste vahe.

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 8^{\circ}47' W \\ \text{PW} &= 54,5' E \end{aligned}$$

$$\lambda_2 = 7^{\circ}52,5' W$$

81. Kursi määramine. Ülesannete lahendamine graafiliselt. Kui on teada punkti koordinaadid, kus laev asub ja samuti punkti koordinaadid, kuhu laev kavatseb tulla, siis võime kergesti määrata kursi (ja tee) arvutamisel. Valemist 4 võime kirjutada

$$\tan k = \frac{PW}{MLW} \dots\dots\dots 5$$

Kui lähte- ja sihtpunkti koordinaadid on teada, siis leiame lahutamisel pikkuste vahe, ja tabelite järgi (tabel 14) meridiaanilise laiuste vahe ja $\tan k$ arvutamisel. Võrrandi lahendamiseks võime kasutada ka tabelit 11.

Leiame tabelis a lahtris arvu, mis = pikkuste vahe ja kõrval b lahtris arvu = meridiaaniline laiuste vahe, kraad leheküljel ülal (või all) annab kursi.

Kui $PW > MLW$, siis kurss on $> 15^\circ$ ja vastavad pealkirjad (a ja b) tulevad vaadata alt.

Kui kurss on leitud, siis võib, kui soovitakse, määrata ka nende punktide vahelise tee pikkuse valem 1 järgi. Kurss on nüüd teada, laiuste vahe leiame antud laiuste järgi ($\varphi_1 - \varphi_2$).

$LW =$ tee pikkus $\cdot \cos k$; siit

Tee pikkus = $LW \cdot \sec k$.

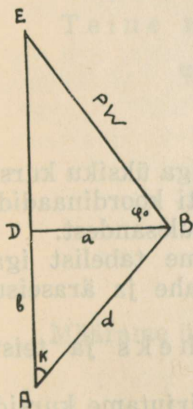
Ka tee pikkuse määramiseks kasutatakse tabelleid. Kursi ja LW järgi leitakse lahtrist d vastav arv, see = tee pikkusega.

Kui esinevad väga suured arvud (suur navigatsiooniline kolmnurk) ja tabelis need puuduvad, siis võime antud arvused poolitada või mistahes võrra vähendada. Pärast tuleb leitud arvused samavõrra suurendada. Tegelikult esineb vaevalt selline olukord, sest et laev käib muutmatu kursiga harva pikemaid teid. Ja arvutamisel määratakse laevakoht ikkagi vähemalt kord päevas (igal keskpäeval).

Kõiki siin esinevaid ülesandeid võib lahendada ka graafiliselt harilikul paberil.

Näiteks, on antud kurss ja tee pikkus, määrata laiuste ja pikkuste vahe.

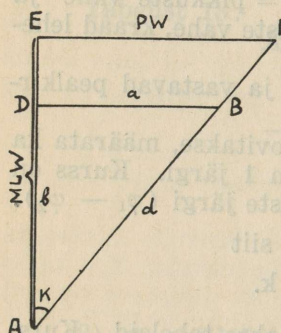
Paberil mistahes punktis A (joon. nr. 67) püstitame sirge. Konstrueerime malliga punktis A kursile vastava nurga k. Paigutame saadud nurga haarale vabas mõõdus käidud tee pikkuse, leiame punkt B. Tõmbame sellest punktist \perp püstjoonele, saame punkt D. Nüüd AD on otsitav laiuste vahe. Kasutame selle määramiseks samat mõõtu, millega märkisime tee pikkuse. BD on äraseis, kuid seda määrata ei tarvitse. Liidame (algebraliselt) leitud



Joon. nr. 67.

laiuste vahe lähtepunkti laiusega, leiame sihtpunkti laiuse (φ_2).
 Nüüd leiame $\varphi_0 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$ ja konstrueerime punktis B nur-
 ga $= \varphi_0$. Pikendame selle haara püstjooneni, saame punkt E.
 Nüüd BE annab pikkuste vahe (määratult endise moodsuga).
 Liidetult lähtepunkti pikkusega see annab otsitava sihtpunkti
 pikkuse ($PW = AS \cdot \sec \varphi_0$. Joonis vastab sellele valemile).

Kui tahame pikkuste vahet määrata valem 4 alusel, siis
 määrame laiuste vahe nagu eelmisegi töö juures. Nimelt
 AD = laiuste vahe. Leiame sihtpunkti laiuse ja siis (tabe-
 list 14) meridiaanil. osad ja MLW. Kuna esineb valem
 $PW = MLW \cdot \tan k$ ja kurss on juba joonisel (joon. nr. 68)
 olemas, siis paigutame püstjoonele
 punkt A-st ka MLW, leiame punkt E.
 Punkt E-st tõmbame paralleelse DB-ga
 hüpotenuusini, leiame punkt F. $EF =$
 $=$ pikkuste vahe (kasutada ikka sama
 mõtu).



Joon. nr. 68.

Ka kurssi võime määrata graafiliselt, kui lähte- ja sihtpunkti koordinaadid on teada. Nüüd teeme sama joo-
 nise, nagu joonis nr. 67, ainult alus-
 tame tööd punktist B. Tõmbame hori-
 sontaalse joone ja selle algpunktis (B)
 konstrueerime φ_0 . Paneme maha pik-
 kuste vahe. Selle lõpp-punktist tõm-
 bame alla sirge. Leiame punkt D. D-st alla poole mõõdame
 laiuste vahe, saame punkt A. Ühendame A B-ga. \widehat{DAB} = kurss.

82. Liitarvutamise. Oletame, et laev punktist, mille
 $\varphi = 52^{\circ}10' N$ ja $\lambda = 14^{\circ}27' W$, liikus edasi kurssidega:

NE	72°	käies	$65'$
SE	62°	"	$97'$
SE	16°	"	$14'$
SW	8°	"	$22'$

Määrata lõpp-punkti koordinaadid.

Selle ülesande võiksime lahendada nii, et iga üksiku kursi
 ja tee järgi määraksime kursi muutmise punkti koordinaadid,
 s. t. ülesanne koosneks neljast lihtarvutamise ülesandest.

Ülesanne lahendub kiiremini, kui võtame tabelist iga
 kursi ja tee pikkuse kohta vastava laiuste vahe ja äraseisu
 ning määrame siis mõlema algebralise summa.

Esimest nimetatakse üldlaiuste vaheks ja teist
 üldäraseisuks.

Selleks koostame tabeli. I-sse lahtrisse kirjutame kursid
 ja II-se tee pikkused, III-sse lahtrisse märgime (tabelist 11),

vastavalt N või S alalahtrisse, laiuste vahed ja IV-sse äraseisud (alalahtrid E ja W).

Kurss	Tee pikkused	L W		Ä S	
		N	S	E	W
72° NE	65'	20,1		61,8	
62° SE	97'		45,5	85,6	
16° SE	14'		13,5	3,9	
8° SW	22'		21,8		3,1
		20,1	80,8	151,3	3,1
			20,1	3,1	

ÜLW=60,7'S | 148,2'E=ÜÄS.

Liidame nüüd üldlaiuste vahe φ_1 -ga.

$$\varphi_1 = 52^{\circ}10' \text{ N}$$

$$\text{ÜLW} = 1^{\circ} 0,7' \text{ S}$$

$$\varphi_2 = 51^{\circ} 9,3' \text{ N}$$

Kuna nüüd suurem osa teest oli käidud kurssidega üle 45°, siis määrame üldpikkustevahe valem 3 alusel.

$\varphi_0 \approx 51^{\circ}40'$. Tabelist 13 saame üldäraseisu 148,2' järgi üldpikkustevahe = 238' E.

$$\lambda_1 = 14^{\circ}27' \text{ W}$$

$$\text{ÜldPW} = 3^{\circ}58' \text{ E}$$

$$\lambda_2 = 10^{\circ}29' \text{ W}$$

Teine näide.

$$\varphi_1 = 54^{\circ}27' \text{ N ja } \lambda_1 = 36^{\circ}50' \text{ W.}$$

Kursid.	Teed.
SW 80°	76'
NW 41°	56'
NW 19°	98'
NE 5°	19'

Määrata φ_2 ja λ_2 ?

Määrame üldlaiustevahe ja üldäraseisu, samuti φ_2 endiselt.

K	d	LW		ÄS	
		N	S	E	W
80° SW	76'		13,2		74,8
41° NW	56'	42,6			36,7
19° NW	98'	92,7			31,9
5° NE	29'	28,9		2,5	
		164,2	13,2	2,5	143,4
		13,2			2,5
		ÜLW = 151' N		ÜÄS = 140,9'	
		$\varphi_1 = 54^{\circ}27' N$			
		ÜLW = 2031' N			
		$\varphi_2 = 56^{\circ}58' N$			

Kuna nüüd suurem osa teest oli käidud kurssidega alla 45°, üldlaiustevahe on suurem üldäraseisust, siis määrame pikkuste vahe valem 4 alusel.

Määrame M L W

$$\varphi_1 = 56^{\circ}58' \quad M_1 = 4179,0$$

$$\varphi_2 = 54^{\circ}27' \quad M_2 = 3910,8$$

$$MLW = 268,2'$$

Leiame nüüd tabelist 11 n. n. keskmise kursi, s. t. kursi, millega oleksime otse võinud lähtepunktist saabuda lõpppunkti. Selle leiame üldäraseisu ja üldlaiustevahe järgi. Otsime, missugusel leheküljel esineb kõrvuti lahtreis a — 140,9 ja b — 151.

Need annavad keskmise kursi 43°.

Nüüd leiame samalt leheküljelt lahtris b arvu, mis vastab M L W, siis väärtus lahtris a annab otsitava üldpikkuste vahe. Nii suurt arvu (268,2) lahtris b üldse ei leidu. Jagame selle pooleks, saame 134,1. Vastav arv lahtris a (interpoolides) = 125,1. Korrutame 2-ga = 250,2 = üldpikkuste vahe.

$$\varphi_1 = 36^{\circ}50' \quad W$$

$$\text{ÜldPW} = 4^{\circ}10,2' \quad W$$

$$\varphi_2 = 41^{\circ}00,2' \quad W$$

Praktikas ülesandeid lahendades ei tarvitata minuti osi, vaid kõik arvud võetakse terveis minuteis. Kui meil on teada ka hoovus, siis arvestatakse seda nagu iseseisvat kurssi, kusjuures kogu aja peale arvestatud ära kanne võetakse teena.

X PEATÜKK.

Purjetamine mööda ortodroomi.

83. Eelmärgmeid. Nagu teada, on ortodroom kõige lühem kaugus kahe punkti vahel kerapinnal. (V. punkt 33.)

Lühim tee kahe punkti vahel ei ole meresõidus siiski aja suhtes kasulikem. Üle ookeani laevaga purjetades¹⁾ ei tule arvestada ainult üksi kaugust, vaid ka tuuli ja hoovusi. Otseimat teed, kuid vastu tuult ja hoovust liikudes võib merereis kesta palju kauem kui pikemat teed mööda, kuid soodsamais oludes.

Seepärast tuleb teha vahet kahe mõiste vahel: otseim tee ja kasulikem tee, otseim kurss ja kasulikem kurss.

Kasulikem tee on erinev eri laevatüüpidel. Purjekas peab palju rohkem arvestama tuuli ja hoovusi kui harilik kaubaaurik; viimane jälle omakorda rohkem kui kiire käiguga tugevajuline liiniaurik.

Kiire käiguga tugevajõulised aurikud sõltuvad tuultest ja hoovustest niivõrd vähe, et neil kujuneb otseim tee ühtlasi kasulikemaks. Neil tuleb peale kauguse veel hoolitseda küllaldase hädaohutuse eest, mis sunnib neid käima pikemaid teid. Näiteks N.-Atlandi teedel tuleb arvestada ujuvaid jääsid ja nende tõttu peab kurssi muutma S poole ja sellega teed pikendamata teatud aastaegadel (kevadekuud) rohkem kui teistel.

Kui tuuled ja hoovus on soodsad, siis on ka harilikule aurikule ja purjekale tee pikkus ainus (peale hädaohtude, muudugi) arvestatav tegur.

Nagu juba punktis 33 on üteldud, erinevad kaht punkti ühendav loksodroom ja ortodroom kauguselt (pikkuselt) vähe, kui punktid asetsevad väikeses laiuses, üksteisele lähedal ja vähe erinevais pikkustes (sama meridiaani läheduses).

Suures laiuses üksteisest kaugel ja E — W sihi läheduses võib aga ortodroomilise ja loksodroomilise kauguse vahe tõusta sadasesse miilidesse.

¹⁾ „Purjetamine“ ei tähenda siin toimingut otseses mõttes, vaid see on tehniline termin, mis tähendab tegelikku meresõitu (võrdle: inglise k. „Sailing“, saksa k. „Segeln“) teostagu seda kas purjekas või aurik.

Paratamatult tuleb laevajuhil näha vaeva ortodroomilise tee määramisega, et võita aeg ja sooritada ökonoomsemat reisi.

Vaatleme, kuidas toimub ortodroomilise tee määramine, jättes kõrvale esialgu muud küsimused (tee hädaohutus ja kasulikkus aja suhtes).

Kuna ortodroom kujuneb merkaatori kaardile (kaardi projektsiooni iseäralduse tõttu) kõverikuna, lähte- ja sihtpunkti ühendava kaarena, asetsedes pooluse pool loksodroomi, siis ei saa seda merkaatori kaardilt, vaid see tuleb määrata teisiti ja siis merkaatori kaardile panna.

Tegelik laeva tüürimine ei saa toimuda täpselt mööda ortodroomi (tuleks pidevalt muuta kurssi), vaid ortodroomil valitakse rida punkte (harilikult üle 10° pikkuse järgi üksteisest) ja tüüritakse siis laev ühest punktist teise mööda loksodroomi. Seega koosneb siis n. n. ortodroomiline purjetus reast loksodroomilistest ja merekaardile kujuneb murtud joon paljude murdudega.

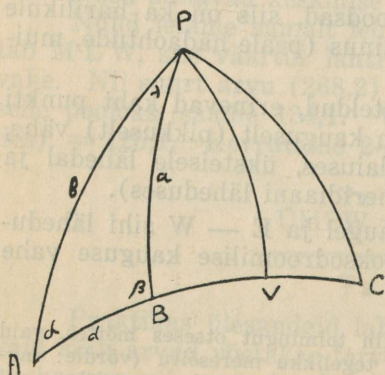
Ortodroomilise tee määramine võib toimuda:

1. arvutamisel;
2. erikaartidel;
3. tabelite järgi.

84. Ortodroomi määramine arvutamisel. Eelmärkmeid. Ekvaator lõikab iga suuringi kaheks võrdseks osaks. Punkti, kus ortodroomil on suurim laius, nimetatakse verteksiks. Neid on kaks, üks N, teine S laiuses.

Verteksid jagavad suuringi ka kaheks võrdseks osaks. Verteksid ja ekvaator jagavad seega suuringi neljaks veerandiks. Igal vastaval punktil igas vastavas veerandis on verteksi ja ekvaatori suhtes võrdsed koordinaadid.

Verteksi kohal on suuringi siht E—W, s. t. meridiaani



Joon. nr. 69.

ja suuringi vahel on 90° . Teisiti: verteksil muudab ortodroomiline kurss (nurk ortodroomi ja meridiaani vahel) veerandit.

Verteks võib asuda lähte- ja sihtpunkti vahel (sel puhul on laevakurss lähtepunktist sihtpunktini kahes veerandis). Ta võib olla ka väljaspool lähte- ja sihtpunkti. Oletame, et lähtepunkt on A ja sihtpunktiks esimesel juhul punkt B ja teisel — punkt C (joon. nr. 69). Esimesel juhul on verteks väl-

jaspool lähte- ja sihtpunkti, teisel — nende vahel. Jooniselt näeme, et kui verteks on kahe punkti vahel, siis mõlemad n. n. *seisnurgad* (nurgad ortodroomi ja kohaliste meridiaanide vahel lähte- ja sihtpunktis, kolmnurga sees. Neid nimeatakse ka lähtekurss ja saabumiskurss.) on alla 90° . Kui aga verteks on väljaspool lähte- ja sihtpunkti, siis üks seisnurk

(PBA) on üle 90° . Teisiti: kui verteks on kahe punkti vahel, siis lähtepunkti ja verteksi pikkuste vahe on vähem kui lähte- ja sihtpunkti pikkuste vahe. Kui aga verteks on väljaspool, siis lähtepunkti ja verteksi pikkuste vahe on suurem kui lähtepunkti ja sihtpunkti pikkuste vahe.

Need algteadmised olid tarvilised, et saada aru järgnevaist arutlustist.

Oletame nüüd, et punkt A (joon. nr. 67) kujutab lähte- ja B sihtpunkti. Nüüd tuleb määrata: 1) seisnurgad α ja β ; 2) ortodroomiline tee $AB = d$; 3) verteksi φ ja λ ja 4) vahepunktide koordinaadid.

Kolmnurgas ABP on teada: külg $AP = b = 90^\circ - \varphi_1$; külg $BP = a = 90^\circ - \varphi_2$ ja nurk $APB = \lambda =$ lähte- ja sihtpunkti pikkuste vahe.

85. Seisnurkade ja ortodroomilise tee pikkuse määramine. Seisnurgad, vähemalt üks neist, on tarviline, et määrata verteksi koordinaate. Nurgad α ja β määrame Napier'i analoogiate abil.

$$\tan^{1/2}(\alpha + \beta) = \frac{\cos^{1/2}(a - b)}{\cos^{1/2}(a + b)} \cdot \cot \frac{\lambda}{2} \text{ ja}$$

$$\tan^{1/2}(\alpha - \beta) = \frac{\sin^{1/2}(a - b)}{\sin^{1/2}(a + b)} \cdot \cot \frac{\lambda}{2}$$

Samuti võime kohe määrata distantsi d .

$$\tan \frac{d}{2} = \tan \frac{a + b}{2} \cdot \frac{\cos^{1/2}(\alpha + \beta)}{\cos^{1/2}(\alpha - \beta)}$$

Viies valemisse φ täienduste (a ja b) asemel koha laiused, saame

$$\tan^{1/2}(\alpha + \beta) = \frac{\cos^{1/2}(\varphi_1 - \varphi_2)}{\sin^{1/2}(\varphi_1 + \varphi_2)} \cdot \cot \frac{\lambda}{2} \text{ ja}$$

$$\tan^{1/2}(\alpha - \beta) = \frac{\sin^{1/2}(\varphi_1 - \varphi_2)}{\cos^{1/2}(\varphi_1 + \varphi_2)} \cdot \cot \frac{\lambda}{2} \text{ ja}$$

$$\tan \frac{d}{2} = \cot^{1/2}(\varphi_1 + \varphi_2) \cdot \frac{\cos^{1/2}(\alpha + \beta)}{\cos^{1/2}(\alpha - \beta)}$$

Ortodroomilise tee määramine võib meid ainult huvitada sellest seisukohast, et teada, kui palju on see tee lühem loksdroomilisest, mille võime mõõta otse merekaardilt.

N ä i d e. Oletame, et laev tahab minna Sandwichi saartelt ($\varphi_1 = 13^{\circ}20' N$ ja $\lambda_1 = 151^{\circ}47' W$) San-Francisco'sse ($\varphi_2 = 35^{\circ}15' N$ ja $\lambda_2 = 123^{\circ}45' W$).

Määrata: seisnurgad ja ortodroomilise tee pikkus.

Vastavad valemid on tuletatud ülal, siin asume kohe ülesande lahendamisele.

$$\begin{array}{l} \varphi_2 + \varphi_1 = 48^{\circ}35' \qquad \varphi_2 - \varphi_1 = 21^{\circ}55' \qquad \lambda_1 - \lambda_2 = 28^{\circ}2' \\ \frac{1}{2}(\varphi_2 + \varphi_1) = 24^{\circ}17',5 \quad \frac{1}{2}(\varphi_2 - \varphi_1) = 10^{\circ}57',5 \quad \frac{1}{2}(\lambda_1 - \lambda_2) = \lambda = 14^{\circ}1' \\ \frac{1}{2}(\varphi_2' - \varphi_1) = 10^{\circ}57',5 \quad \left. \begin{array}{l} \log \cos = 9.99201 \\ \log \operatorname{cosec} = 0.38575 \\ \log \cot = 0.60269 \\ \log \tan = 0.98045 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \log \sin = 9.27897 \\ \log \sec = 0.04026 \\ \log \cot = 0.60269 \\ \log \tan = 9.92192 \end{array} \\ \frac{1}{2}(\varphi_2 + \varphi_1) = 24^{\circ}17',5 \\ \frac{\lambda}{2} = 14^{\circ}1' \\ \frac{1}{2}(\alpha + \beta) = 84^{\circ}2' \qquad \frac{1}{2}(\alpha + \beta) = 84^{\circ}2' \\ \frac{1}{2}(\alpha - \beta) = 39^{\circ}53' \qquad \frac{1}{2}(\alpha - \beta) = 39^{\circ}53' \\ \alpha = 44^{\circ}9' \qquad \beta = 123^{\circ}55' \end{array}$$

$$\frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2) = 24^{\circ}17',5 \quad \log \cot = 0.34550$$

$$\frac{1}{2}(\alpha + \beta) = 84^{\circ} 2' \quad \log \cos = 9.01682$$

$$\frac{1}{2}(\alpha - \beta) = 39^{\circ}53' \quad \log \sec = 0.11501$$

$$\log \tan = 9.47733.$$

$$\frac{1}{2}d = 16^{\circ}42',5$$

$$d = 33^{\circ}25' = 2005 \text{ meremiili.}$$

86. Verteksi koordinaatide määramine. Verteksi koordinaatide määramist võimaldab täisnurkne sfääriline $\triangle APV$. Siin on teada nurk α ja külge $b = 90^{\circ} - \varphi_1$.

Otsime nurka APV , mis on verteksi ja lähtepunkti pikuste vahe ja külge $PV = 90^{\circ} - \varphi_v$ (õieti otsime φ_v).

1) Lähte- ja sihtpunkti koordinaate ei võeta kunagi sadamast, vaid sadama lähedalt avamerelt, kus laev võib vabalt navigeerida mööda ortodroomi.

Kirjutame valemid:

$$\frac{\sin PV}{\sin \alpha} = \frac{\sin b}{\sin 90^\circ}; \text{ s. t. } \frac{\sin 90^\circ - \varphi_v}{\sin \alpha} = \frac{\sin 90^\circ - \varphi_1}{1};$$

$$\text{ehk } \frac{\cos \varphi_v}{\sin \alpha} = \cos \varphi_1;$$

Siit

$$\cos \varphi_v = \sin \alpha \cdot \cos \varphi_1$$

Verteksi pikkuse määramine

$$\cot APV = \tan \alpha \cdot \cos b = \tan \alpha \sin \varphi_1$$

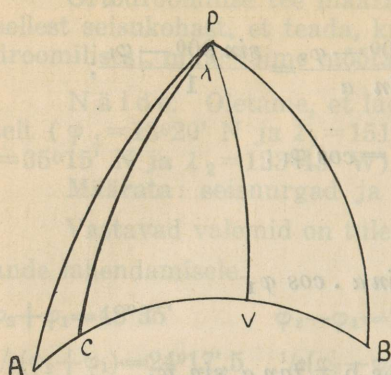
N ä i d e. Määrata eelmise ülesande juures verteksi laius ja pikkus.

$\alpha = 44^{\circ}09'$	$\log \sin = 9.84295$	$\log \tan = 9.98711$
$\varphi_1 = 13^{\circ}20'$	$\log \cos = 9.98813$	$\log \sin = 9.36289$
	$\log \cos \varphi_v = 9.83108$	$\log \cot APV = 9.35000$
$\varphi_v = 47^{\circ}20' \text{ N}$		$\widehat{APV} = 77^{\circ}23'$
		$\lambda_1 = 151^{\circ}47' \text{ W}$
		$PW = 77^{\circ}23' \text{ E}$
		$\lambda_v = 74^{\circ}24' \text{ W}$

Kui verteksi pikkus on teada lähtepunkti suhtes ($77^{\circ}23'$), siis võime määrata selle pikkuse ka Greenwichist lugedes, liites algebraliselt määratud pikkuste vahe lähtepunkti pikkusega (ülal teostatud). Seda tehakse aga ainult siis, kui verteks on lähte- ja sihtpunkti vahel, sest siis verteks esineb ühe vahepunktina. On see aga väljas, nagu käesoleval korral, siis pole selleks mingit tegelikku vajadust.

87. Vahepunktide määramine. Vahepunktideks nimetatakse punkte ortodroomil, kus kurse muudetakse. Need määratakse harilikult üle 10° pikkuse järgi üksteisest. Nii ei tarvitse vahepunktide pikkusi arvutamisel üldse määrata. Tuleb vaid järkjärgult 10° liita või lahutada (olenedes pikkuse nimetusest ja suunast, kuhu poole liigume) eelmise punkti pikkusest.

Laiused tulevad aga määrata arvutamisel.



Joon. nr. 70.

Tuleb määrata külj PC või õigemini selle täiendus ($PC = 90^\circ - \varphi_c$)

$$\cot PC = \cot PV \cdot \cos \lambda \text{ ehk}$$

$$\tan \varphi_c = \tan \varphi_v \cdot \cos \lambda.$$

λ all mõistame nurki, mida moodustavad vahepunktide meridiaanid verteksi meridiaaniga.

Kuna iga vahepunkti laiuse määramisel esineb sama φ_v , siis võime koostada alljärgneva tabeli ülesannete lahendamiseks.

Kui verteks on lähte- ja sihtpunkti vahel, siis võime võtta vahepunktid üle 10° verteksi meridiaanist ühele ja teisele poole.

Sellega lühendame tööd, sest punktil, mis asetseb verteksi meridiaanist 10° E pool, on sama laius kui vastaval punktil 10° W pool jne. Ka esinevad siis nurgad λ -d tervetes kümnetes kraadides.

Kui aga verteks on väljaspool lähte- ja sihtpunkti, siis tuleb muidugi arvestada vahepunktid lähtepunktist alates üle 10° .

Näide. Määrata eelmise ülesande suhtes vahepunktid üle 10° pikkuse järgi, lugedes lähtepunktist. Pikkuste vahe lähte- ja sihtpunkti vahel on ainult $28^\circ 2'$, seega tuleb määrata vaid 2 vahepunkti. Esimene vahepunkt moodustab verteksiga 10° vähema pikkuse vahe kui lähtepunkt, teine — 20° .

$$[\tan \varphi = \tan \varphi_v \cdot \cos \lambda \text{ (verteksist)}]$$

λ verteksist	$\log \cos \lambda$	$\varphi_v = 47^\circ 20'$	$\log \tan \varphi$	Vahepunktide φ -d	Vahep. λ Greenwichist
		$\frac{\log \tan \varphi}{\log \tan \varphi_v}$			
$67^\circ 23'$	9.58497	0.03541	9.62038	$22^\circ 39' \text{ N}$	$141^\circ 47' \text{ W}$
$57^\circ 23'$	9.73160	0.03541	9.76701	$30^\circ 19' \text{ N}$	$131^\circ 47' \text{ W}$

Oletame, et A ja B (joon. nr. 70) kujutavad vastavalt lähte- ja sihtpunkte. V on verteks, mille koordinaadid on juba määratud. C on vahepunkt, mis asub pikkuse järgi 10° E pool punkti A. Tuleb määrata selle laius. Kolmnurgas APV on teada

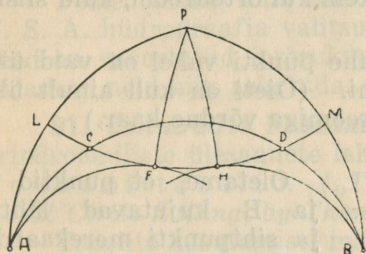
\widehat{APV} ja külj $PV = 90^\circ - \varphi_v$. Kolmnurgas CPV on samuti

teada \widehat{CPV} (see on 10° vähem nurgast APV) ja külj $PV = 90^\circ - \varphi_v$.

või õigemini selle täiendus

Nüüd märgime need vahepunktid merakaardile ja tüürime laeva lähtepunktist esimesse vahepunkti, siit teise jne.

88. Komposiitpurjetus. Komposiitpurjetuseks nimetakse seda, kui laev käib osa teed mööda ortodroomi ja osa mööda paralleeli. See esineb siis, kui lähte- ja sihtpunkti ühendav ortodroom läheb väga suurtesse laiustesse, kuhu jääolude tõttu laevaga minna ei tohi. Või on ees ka mõni muu takistus, näiteks saar, riff jne. Sellisel korral tõmmatakse kaardile äärmine paralleel, milleni võib julgesti minna. Nüüd tuleb minna laevaga lähtepunktist selle paralleelini mööda üht ortodroomi, siis osa teed mööda paralleeli ja siis jälle osa teed mööda uut ortodroomi sihtpunktini.



Joon. nr. 71.

Oletame, et joonisel nr. 71 punktid A ja B kujutavad vastavalt lähte- ja sihtpunkte. LM on paralleel, milleni võib minna. A. ja B. ühendav ortodroom aga läheb sellest paralleelist üle.

Tõmbame nüüd joonisele ortodroomi, mis läbib A ja riivab paralleeli LM, samuti B-st. Saame ortodroomi AF ja HB.

Laev võiks nüüd minna A-st B-sse järgmiselt. A-st algortodroomi mööda punktini C, siit mööda paralleeli punktini D ja sealt jälle sama ortodroomi mööda punktini B.

Või: A-st uut ortodroomi mööda punktini F, siit mööda paralleeli punktini H ja H-st mööda eriorodroomi punktini B.

Viimane tee on lühem. Punktist A punktini F on mööda neid ühendavat ortodroomi ligem kui tee ACF. Samuti punktist H punktini B on lühem HB kui HDB.

Täiendame joonist sellega, et tõmbame meridiaanid PF ja PH. Nüüd on meil kaks täisnurkset sfäärilist kolmnurka: $\triangle APF$ ja $\triangle BPH$.

Neist teame külgi AP ($= 90^\circ - \varphi_1$), PB ($= 90^\circ - \varphi_2$) ja PF = PH (= paralleeli laiuse täiendus). Tuleb määrata arvutamisel nurgad APF ja BPH, mis annavad paralleelile tuleku ja lahkumise pikkused, lugedes lähte- ja sihtpunktist. Neid nurki teades määrame nende punktide pikkused Greenwich'ist.

Endise eeskujul määrame vahepunktide koordinaadid, kuid nüüd juba verteksist (verteksi laius on mõlemal kolmnurgal ühine = paralleeli LM laiusega) alates üle 10° . Laiused määrame endise eeskujul trigonomeetrilisel arvutamisel, pikkused aga liites või lahutades 10° , alates F ja H pikkustest.

Kuna verteksi pikkuse ja vahepunktide koordinaatide määramise jaoks on valemid juba ülemal antud, siis ei tarvitse neid enam siin korrata.

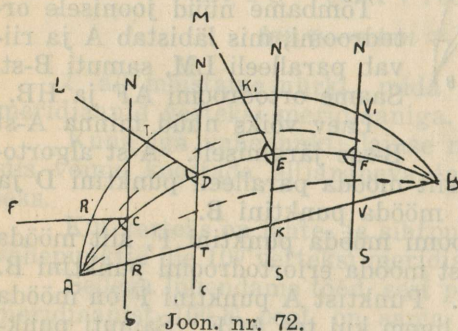
Ka tee üldpikkuse (kauguse) võime määrata arvutamisel. Selleks määrame küljed AF ja HB sfäärilise trigonomeetria valemite järgi, FH aga = F ja H pikkuste vahe ja $\cos \varphi$ korrutisega. Nende summa on otsitav tee.

89. Ortodroomi ja loksodroomi vahepealsed kaared.

Kui laev kaldub ortodroomist kõrvale, mida observeerimisel tehakse kindlaks, siis tuleb observeeritud kohast, kui ärakanne pole suur, uus kurss võtta järgmisele vahepunktile. Kui aga ärakanne on suur, siis tuleb määrata täiesti uus ortodroom laeva asukohast lõpliku sihtpunktini.

Mõnikord pole mitmesuguste takistuste (saared, rifid jne.) tõttu võimalik liikuda mööda ortodroomi, siis tuleb liikuda mööda kaart, mis on küll pikem kui ortodroom, kuid siiski lühem loksodroomist.

Tuleb arvestada seda, et kahe punkti vahel on vaid üks ortodroom, kuid kaks loksodroomi. (Õieti on küll ainult üks loksodroom, kuna teine on loksodroomiga võrdne kaar.)



Oletame, et punktid A ja B kujutavad lähte- ja sihtpunkti merekaardil (joon. nr. 72). ARB on nende loksodroom ja ADB — ortodroom. Jagame ortodroomi osadeks, nii et iga osa võime vaadelda sirgena, saame AC, CD, DE jne. Punktist C, D, E jne. tõmbame kaardile meridiaanid, samuti jooned

CF, DL, EM jne. nii, et need moodustavad ortodroomiga teisele poole sama suured nurgad kui meridiaanidki.

Mõõdame neile joontele sama palju miile, kui on loksodroomi ja ortodroomi vahe mõõtes mööda meridiaani, saame punktid R, T, K jne.

Nüüd lähtepunktist algav ja sihtpunktis lõpnev ja punkte R, T jne. läbiv kaar on maakeral miilide arvult võrdne loksodroomiga. Iga kaar, mis on nende äärmiste vahel, on pikem kui ortodroom, kuid lühem loksodroomist, ja seda lühem, mida lähemal see asetseb ortodroomile.

90. Ortodroomi määramine erikaartide abil. Praktikas ei toimu ortodroomi määramine peaaegu kunagi arvutamisel, sest on küllalt erikaarte ja eritabeleid, mis tööd märksa hõlbustavad. Erikaartidest võib eriti mainida inglise gnomoonilisi kaarte (*Gnomonic Charts for facilitating Great Circle Sailing*). Neid on arvult 5. 1 India, 2 Atlandi (N ja S osa) ja 2 Vaikse ookeani jaoks. Neil kaartidel otsitakse lähte- ja sihtpunkt ja

ühendatakse siis sirgega. Sellel sirgel võetakse oma soovi kohaselt kogu punkte (harilikult üle 10^0 pikkuse järgi), määratakse nende koordinaadid ja pannakse siis punktid koordinaatide järgi merekaardile.

Ka komposiitpurjetuse puhul kõlbavad need kaardid. Leitakse lähte- ja sihtpunkt (kui need pole kaardil varem märgitud, siis märgitakse need sinna koordinaatide järgi), samuti äärmine paralleel. Nüüd tõmmatakse siht- ja lähtepunkti sellele paralleelile puutuja. Määratakse puute- ja vahepunktide koordinaadid ja pannakse need merekaardile. Kui vastaval gnomoonilisel kaardil teist punkti ei ole (siht- ja lähtepunkti), siis ei ole neist kaartidest enam kasu.

Peale nende kaartide on veel hulk teisi (näiteks — U. S. A. hüdrograafia valitsuse, Rosseli jne. kaardid), kuid et need on varustatud instruksioonidega kasutamiseks, siis pole vajadust neid siin selgitada.

91. Eritabelite kasutamine. Mitmesuguseist eritabeleist ortodroomiliste ülesannete lahendamiseks on eriti levinud n.-n. *Towsoni tabelid*. („*Tables to facilitate the practice of Great Circle Sailing, by Thomas Towson*“.)

Tabelite kasutamisel määratakse kõigepealt verteksi laius ja verteksi pikkus lähtepunkti meridiaani suhtes.

Tabel on varustatud erilise diagrammiga („*Linear Index*“). Määratakse lähte- ja sihtpunkti pikkuste vahe ($\lambda_1 - \lambda_2$). Võetakse pikkuste vahe diagrammi all olevalt skaalalt (alt teine) sirkli otste vahele. Siis minnakse sirkliga diagrammile (hoolitseda, et sirkli harude vahe ei muutu!), paigutatakse sirkli parem ots diagrammil lähtepunkti laiusele vastavale kaarele ja hoides sirkli otsad paralleelselt diagrammi läbistavatele paralleelsetele joontele, sirkli liigutatakse seda kaart mööda seni, kui sirkli teise otsa alla tuleb kaar, mis vastab sihtpunkti laiusele¹). Nüüd horisontaalne joon, mis ühendab sirkli otsi, annab verteksi laiuse (lugeda diagrammi küljelt vertikaalselt skaalalt). Kirjutatakse üles. Sirkli parem ots hoitakse endisel kohal paigal, tuuakse teine (vasak ots) „*Meridian of Vertex*“ini ja mõõdetakse siis endiselt skaalalt, diagrammi all, sirkli otste vahe. See on verteksi pikkus lähtepunkti meridiaanist.

Nüüd avatakse tabelis lehekülg, kus esineb leitud verteksi laius. Kui verteks on kahe punkti vahel, siis vastava verteksi laiuse alt lahtrist „*Lat*“, kirjutatakse välja vahepunktide laiused üle 10^0 pikkuse järgi, lugedes verteksist. (Lahtrist „*Longitude from Vertex*“ saame vahepunktide pikkused verteksist: 10, 20, 30 jne. Hoolitseda, et ei lähe kaugemale kui vaja.)

¹) Kui sirkli otste vahele jääb vertikaalne joon, mil on nimetus „*Meridian of Vertex*“ juures, siis on verteks lähte- ja sihtpunkti vahel. Kui aga sirkli mõlemad otsad on ühel pool seda joont, siis on verteks väljaspool.

Vahepunktide pikkused viime üle Greenwich'i meridiaanile verteksi pikkuse järgi (verteksi pikkuse saame Greenwich'i suhtes, kui diagrammilt saadud verteksi pikkuse algebraliselt liidame lähtepunkti pikkusega). Saadud koordinaatide järgi viime vahepunktid merekaardile.

Kui aga verteks oli väljaspool teekonna otspunkte, siis saame vahepunktid üle 10° lähtepunktist verteksi poole. Näiteks — diagrammilt saime verteksi pikkuse lähtepunktist 68° . Esimene vahepunkt asub siis lähtepunktist 10° pikkuse järgi verteksi poole, või teisiti — 58° verteksist, järgmine 48° jne. Nii siis — verteksi laiuse alt lahtris „Lat.“ ja arvu 58° , lahtris „Longitude from Vertex“, vastu leidub esimese vahepunkti laius (pikkus on 10° erinev lähtepunkti pikkusest) jne.

Kui lähtepunkt asetseb ühe- ja sihtpunkt teise-nimelises (üks N, teine S) laiuses, siis tuleb sirkliga diagrammil töötada vasakpoolel nii, et vertikaaljoon „Equator“ on sirkli otste vahel. Muud erinevust ei ole.

Komposiitpurjetuse ülesannete lahendamine on nende tabelite abil veelgi lihtsam. Laius, milleni laevaga võime minna, on ise verteks (suuring riivab paralleeli). Seega ei tarvitse enam verteksi laiust otsida diagrammilt.

Avame tabelis lehekülje, kus leidub see laius ja otsime selle laiuse all „Lat.“ lahtris arvu, mis vastab lähtepunkti laiusele, siis väärtus lahtris „Longitude from Vertex“ näitab, kui kaugel asetseb puutepunkt pikkuse järgi lähtepunktist. Samuti määrame sama verteksi laiuse järgi teise ortodroomi puutepunkti kauguse sihtpunktist.

Vahepunktide laiused leiame samast „Lat.“ lahtrist endiselt.

Neid tabelleid võib kasutada ka ortodroomilise teepikkuse määramiseks, seda võimaldab lahter „Dist.“, mis näitab punktide kaugust vertekist.

92. Kõige kasulikuma tee ja kursi määramine. Nagu üteldud, ei ole kõige otsem tee merel alati kõige kasulikum, s. t. kõige lühem aja suhtes. Tugevajõulised kiiraurikud sõltuvad nii vähe tuulest ja hoovusest, et nad arvestavad tavaliselt ainult tee pikkust (hüdaotudest, nagu ujuvad jääd jne., me ei kõnele. Neid tuleb endastmõistetavalt igal laeval vältida), s. t. nad liiguvad peamiselt mööda ortodroome. Harilikud kaubaaurikud peavad aga kursside määramisel peale kauguse pidama silmas ka hoovusi, eriti tugevamaid, kuna purjekad peavad arvestama ka tuuli.

Neid tegureid (kaugus, hoovus, tuul) arvestades tuleb leida tee ja kurss, mis viib laeva kõige kiiremini sihile.

Kuna ookeanides esinevad enam-vähem kindlailmelised tuuled ja hoovused, siis on võimalik ette arvestada vastavat

teed ja kurssi. Selleks peab aga laevajuht olema varustatud küllaldaste ja usaldusväärsete andmetega. Laevajuht peab tutvuma vastavas meres esinevate tuultega, hoovustega ja muude navigatsiooniliste iseäraldustega vastavate käsiraamatute (Pilot, Sailing Directions etc.), atlaste ja kaartide järgi.

Esmajärgulise tähtsusega on kuukaardid (*Monthly Charts*, *Monatskarten*), mis ilmuvad järjekindlalt iga kuu kohta.

Need kaardid ilmuvad saksa ja inglise keeles; saksa keeles — Hamburgis, inglise keeles — Londonis ja Washingtonis, vastavate riiklike asutuste poolt.

Need kaardid on võrdlematu rikkasisulised, võimatu on mõne sõnaga kõike seda, mis nad sisaldavad, ära ütelda. Nimetame ainult mõnd tähtsaimat elementi: tuul, selle siht ja kiirus ja vaikuse %; keerdtormide harilikud teed vastavalt aastaegadele; voolud: siht ja äärmised kiirused; laevateed, eraldi aurikuile ja purjekaile; keskmised temperatuurid, jääpiirid, magneti variatsioon, udud jne. jne. Andmed, mis on muutlikud, on oletatavad ja põhjenevad mitmekümne-aastaseil vaatlusil ja teaduslikel uurimusil, ühtlasi arvestatakse eelmise kuu olusid. Neist andmeist võib arusaadavalt esineda ka kõrvalekaldumisi, millepärast laevajuht ei tohi unustada enda vaatlusi ja tähelepanekuid, vaid peab pidama meeles, et ettevaatus, *look-out*, on igal alal, eriti meresõidus, alati tarviline.

Peale nimetatud elementide sisaldavad need kaardid palju muid andmeid, juhatusi ja ülevaateid, mis ka vastavate sümbolitena kaardil, või märkustena ja isegi pikemate artiklitena on paigutatud kaardi äärtele ja tagaküljele.

Eriti tähelepanuväärt on P.-Ameerika hüdrograafia valitsuse poolt väljaantavad n.-n. Pilot Charts, Atlandi, Vaikse ja India ookeani ning Kesk-Ameerika vete jaoks (*Pilot Charts of the Central American Waters*). Viimased ühes Atlandi ookeani kaartidega on tarvilised ka meie kaugesõidulaevadele. P.-Atlandi ookeani kaartidega ühes ilmub erijääkaart — *Ice Supplement to North Atlantic Pilot Chart*, Newfoundlandi ümbruse vete jaoks, kus ujuvad jääd tulevad laevasõidu teedele külma Labradori hoovusega.

Oma äärmiselt mitmekülgse ja tarvilise sisu tõttu peab neid kaarte pidama väga tarvilisiks abinõudeks kursside valikul üleookeanilises sõidus.

Nende perioodiliselt ilmuvate kuukaartide sarnased on ka suurriikide poolt väljaantavad meteoroloogilised ja okeanograafilised atlased, mis sisaldavad sesoonide, või ka iga kuu jaoks, erikaardi varustatult vastavate keskmiste andmetega. Iga laev peab olema kaugesõidus varustatud vähemalt meteoroloogilise eriatlasega vastava ookeani jaoks, et määrata kasulikemat kurssi.

XI PEATÜKK.

Vurrkompass.

93. Eelmärkmeid. Tähtsaim navigatsiooniline instrument on kompass. Kahjuks on aga magnetikompassil kaks olulist puudust, mis selle instrumendi väärtust tugevasti vähendavad. Need on: 1. sõltuvus maakera ja, eriti laevaraua, magnetismist ja 2. nõrk juhtivtung.

Need põhjused sunnivad suhtuma magnetikompassile suure ettevaatusega ja laevas, kus esinevad tugevad põrutused (näiteks lahinglaevad) on on magnetikompass peaaegu üldse kõlbmatu.

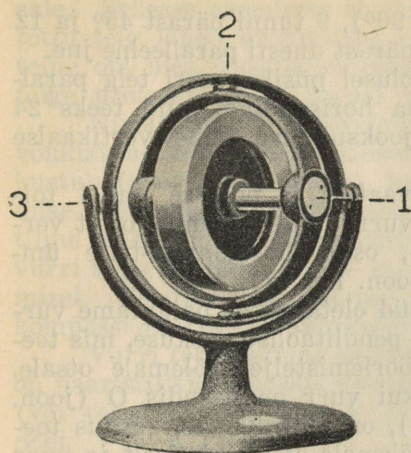
Neist mõlemast puudusest on vaba n.-n. giroskoop- ehk v u r r k o m p a s s. Vurrkompasil pole midagi tegemist maakera magnetismiga. Selle tähtsaimaks osaks on kiiresti pöörlev ketas ehk vurr, mille telg vurri eriomaduste ja vastava konstruktsiooni tõttu püüab asetuda maakera geograafilise meridiaani sihti. Kui see on toimunud, s. t. vurri telg on tulnud geograafilise meridiaani sihti, siis vurr püsib selles, hoolimata lainetusest, kursi muutustest jne. Seega näitab vurrkompas tõealisi suundi, mispärast puudub vajadus arvestada variatsiooni ja deviatsiooni.

Evides vurrkompassi ei tarvitse laevajuht tegeleda kurside õiendamisega ega närveerida ja muretseda deviatsiooni muutumise pärast.

Vurrkompas ei ole ka kunagi „laisk“, milline nähtus sagedasti esineb, eriti suuremas laiuses, magnetikompassil.

Enne kui asuda vurrkompassi vaatlemisele peatume lühidalt vurri (giroskoobi) tähtsamail omadusil. Vurrkompassi mõistmiseks peab olema meil selge arusaamine n.-n. kahest vurri seadusest (füüsika sead.).

94. Vurri omadusi. Vurriks nimetatakse kiiresti pöörlevat ketast (vurrkompasil ketas teeb 6000—8000 ja isegi rohkem pöördumist minutis), mis on asetatud kardanitelgedele nii, et see võib vabalt pöörduda 3 telje ümber. Kõneldakse, et niisugusel vurril on 3 vabadusastet.



Joon. nr. 73

Kolme vabadusastmega vurr on näidatud joonisel nr. 73. Siin näeme horisontaalset pöörlemistelge (1), siis vertikaalset telge (2) ja esimesega risti olevat veel üht horisontaalset telge (3). Telgede vahel on kardani-rõngad. Selle vurri alust võime asetada ükskõik kuidas, vurril on ikka võimalus säilitada oma pöörlemistelje sihti (joon. nr. 74).

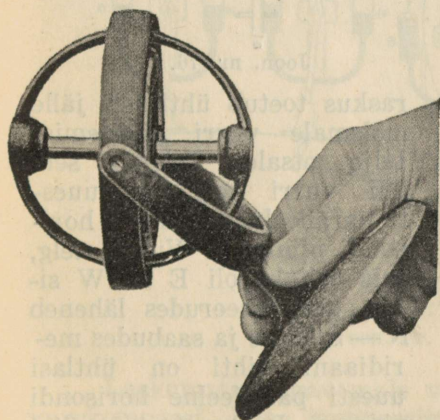
Kiiresti pöörleval vurril on kaks märkimisväärset eriomadust.

1. Vurr püüab säilitada oma pöörlemistelje sihti ilmaruumis. (Vurri esimene seadus).

2. Kui üks tungidepaar püüab muuta vurri pöörlemistelje sihti, siis avaldab vurr sellele suurt vastupanu ja tema telg ei järgne tungide-paarile, vaid kaldub 90° kõrvale. (Vurri teine seadus.) Sellist nähtust nimetatakse vurri telje pretseerimiseks ehk pretsessiooniks.

Pretsessioon nähtub joonisel nr. 75. Siin nool T näitab telge mõjutava tungi suunda ja P pretsessiooni suunda. (Vaadates vurri pöörlemistelje suunas sealtpoolt, kus tung püüab telge suruda alla siis, kui vurr pöörleb kella osuti liikumise sihis, telge ots pretseerub vasakule.)

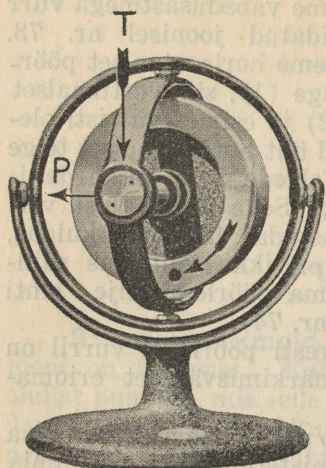
Kui asetada kiiresti pöörlev vurr vabalt ühe otsa all olevale toele, siis ei kuku vurr maha, vaid pretseerub selle toe ümber.



Joon. nr. 74.

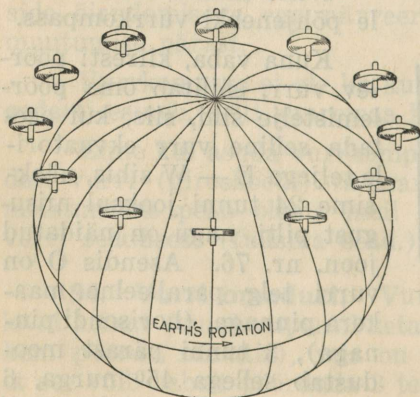
Neile kahele eriomadusele põhjenebki vurrkompass.

Kuna vaba, kiiresti pöörlev vurr, säilitab oma pöörlemistelje sihi, siis, kui asetada selline vurr ekvaatorile teljega E — W sihis, näeksime 24 tunni jooksul niisugust pilti, nagu on näidatud joon. nr. 76. Asendis O on vurri telg paralleelne maa-kera pinnaga, (horisondi pinnaga), 3 tunni pärast moodustab sellega 45° nurga, 6 tunni pärast on telg püsti



Joon. nr. 75.

ke pärast aga tõuseb vurril telje üks ots horisondi pinnast kõrgemale (maakera pöörlemisel) ja pendlitaoline raskus hakkab kohe seda otsa rohkem rõhuma alla kui teist madalamat telje otsa. Vurril telg ei allu sellele survele, vaid hakkab pretseesseeruma, s. t. liikuma meridiaani (N — S sihi) poole. Selline pretseesseerimine peaks kestma seni, kui



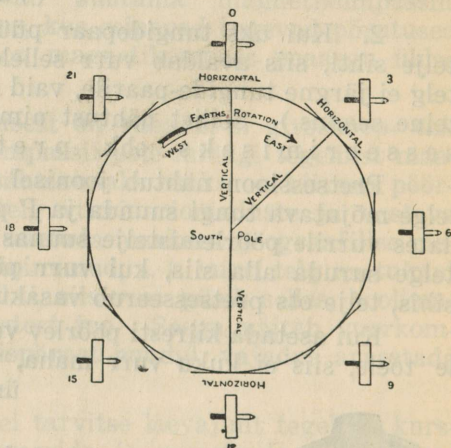
Joon. nr. 77.

(nurk 90°), 9 tunni pärast 45° ja 12 tunni pärast uuesti paralleelne jne.

Poolusel püsiks vurril telg paralleelsena horisondiga, kuid teeks 24 tunni jooksul tiiru ümber vertikaalse telje.

Ekvaatori ja pooluse vahel toimuks vurril telje liikumine osalt vertikaal-, osalt horisontaal-telje ümber (joon. nr. 77).

Nüüd oletame, et paigutame vurril alla pendlitaolise raskuse, mis toetub pöörlemistelje mõlemale otsale. Seni kui vurril on asendis O (joon. nr. 76), on kõik korras, raskus toetub mõlemale otsale võrdselt ja vurril ei reageeri sellele kuidagi. Ühe het-



Joon. nr. 76.

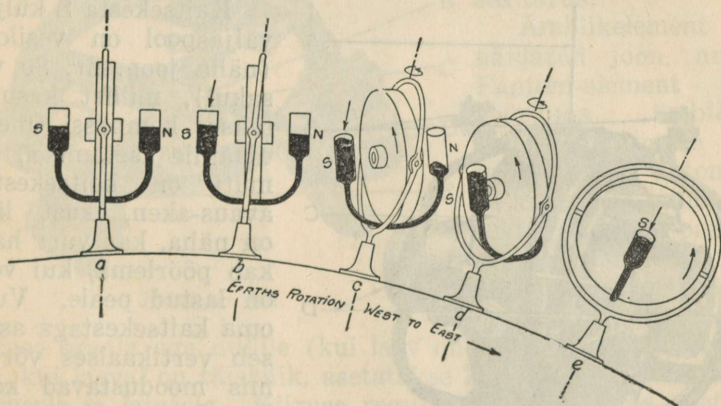
raskus toetub ühtlaselt jälle mõlemale vurril pöörlemistelje otsale. Teisiti: seni kui vurril telg on uuesti paralleelne maakera horisondi pinnaga. Vurril telg, mis esiteks oli E — W sihis, pretseesseerudes läheneb N — S sihile ja saabudes meridiaani sihti on ühtlasi uuesti paralleelne horisondi pinnaga. Raskus toetub nüüd võrdselt mõlemale telje ot-

sale. Sellesse asendisse ei jää vurr aga püsima, vaid inertsi tõttu telg läheb meridiaani sihist üle. Sellega tõuseb telje teine ots üles, raskus mõjutab nüüd seda rohkem ja sunnib telge pretseesseeruma tagasi vastupidises suunas.

Niisugune üle meridiaani edasi-tagasi (ja osalt üles-alla) võnkumine kestab teoreetiliselt lõpmatult, tegelikult aga siiski kustub (hõõrdumise tõttu), kuid väga aeglaselt. Selle võnkumise kustumise kiirendamiseks asetatakse raskus (n. n. ballistiline raskus) pisut ekstsentriliselt vurri alla, nii et see mõjutab vurri telge nii horisontaal- kui ka vertikaal-telje ümber pöörlemisel. Pendlitaolise raskuse aset täidab edukalt (seda vurr-kompassi juures kasutataksegi) elavhõbe.

Vurri telje suunas on kaks (või neli) elavhõbeda nõu, mis on paaristikku isekeskis ühendatud peenikese torukesega. Üks (või kaks) nõu on telje N, ja üks (või kaks) — telje S otsa pool.

Kui vurri telg on horisontaalne, siis on elavhõbeda hulk mõlemas nõus võrdne. Kaldub aga telje üks ots horisondi pinnast kõrgemale, siis hakkab elavhõbe voolama läbi ühendava toru kõrgemast nõust madalamasse. Sellega läheb aga selles ot-sas raskus suuremaks ja see sunnib telge pretseesseeruma, mis kestab seni, kui telg on paralleelne horisondi tasapinnaga ja meridiaani suunas, s. t. nii konstrueeritud vurr püüab asetada oma telge paralleelselt maakera teljega. Elavhõbeda mõju vurri-le on näidatud joon. nr. 78. Ka elavhõbeda ballistiline raskus asetatakse telje võnkumise kustutamiseks ekstsentriliselt (pisut E poole vurri keskpunkti suhtes).



Joon. nr. 78.

Laskumata sügavamale vurri teoriasse vaatleme nüüd vurrkompassi, kuna kompassist arusaamiseks tohiks piisata neist eelmärkmeist.

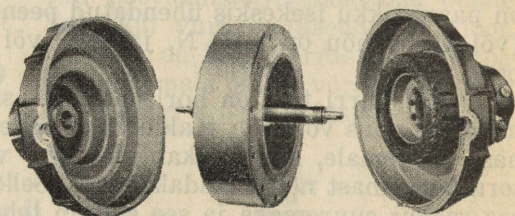
95. Sperry-kompass. Vurrkompassi nimetatakse nende autorite nimede järgi. Nii tuntakse Anschütz- (saksa), Browni- (inglise) ja Sperry- (ameerika) kompasse.

Kuna viimane neist on levinuim (neid valmistatakse nüüd ka Euroopas) ja lihtsaim käsitelult, siis peatume sel kompassil. Vaatleme kaubalaevadel tarvitatavat tüüpi.

Sperry-kompass koosneb peaa- (inglise k. Master Compass, saksa k. — Mutterkompass) ja abikompassidest (inglise k. — repeater, saksa k. — Tochterk.).

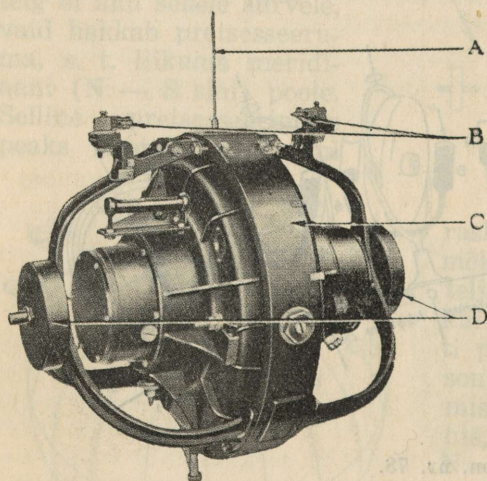
Peakompass asetseb sügaval laeva ruumis, hästi kaitstud kohas, kuna abikompassid kui lihtsad peakompassi näitamise kordajad, asetsevad sillal, kaardiruumis ja mujal, kuhu neid leitakse tarviliseks asetada.

Peakompass koosneb järgmistest peaosadest. Pöörlev pronks vurr, mille diameeter on 10 ja paksus 3 tolli. Kaal umbes 53 inglise naela. Joon. nr. 79 on näha vurr (rootor) ja selle kaitsekest (staator) avatult. Siin nähtub osaliselt ka käimapanev mootor.



Joon. nr. 79.

Vurr (rootor) vajab pöörlemiseks umbes 2,5 amprit voolu ja selle pöörlemine sünnib magnetivälja induksiooni mõjul dünamo-rootori eeskujul.

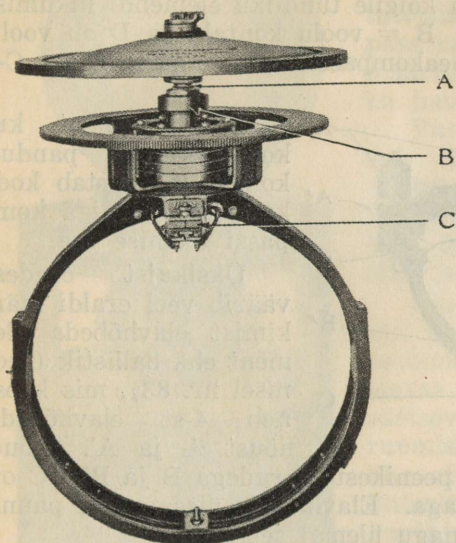


Joon. nr. 80.

Kaitsekesta S küljes väljaspool on vesilood (näha joon. nr. 80 vasakul), millist kasutatakse kompassi meridiaanile asetamisel, samuti on kaitsekestas avaus-aken, kust läbi on näha, kas vurr hakkab pöörlema, kui vool on lastud peale. Vurr oma kaitsekestaga asetseb vertikaalses võrus, mis moodustavad kokku kompassi n. n. tundliku elemendi. Tundlik element on näidatud joon. nr. 80.

Siin C = vertikaalne võru, milles asetseb kaitsekest vurriga, D ja D on n. n. kompensatsiooni raskused, millede ülesanne on

paigutada raskust sümmeetriliselt vertikaal-telje suhtes. B ja B on voolu kontaktid (kullatud rattad) ja A on traat, mille otsas ripub kogu süsteem.



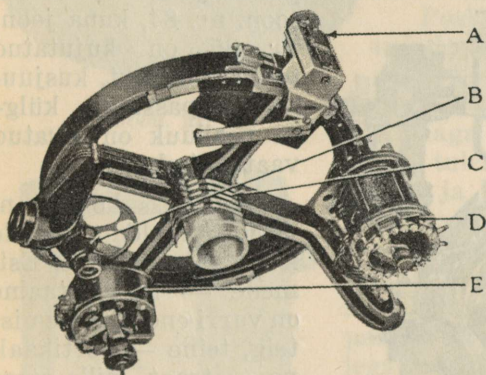
Joon. nr. 81.

Tundlik element asetseb välisrõngas ehk n. n. fantom - elementis (joon. nr. 81). Tundlikku elementi kandev traat läheb läbi fantom-elementi õõnsa toru A. C on pind, millele toetub tundliku elementi voolu kontakt-ratas (B joon nr. 80). Fantom-elementi peal on näha kompassikaart.

Kompassikaardi keskele on kinnitatud tundlikku elementi kandev traat.

B on laager, mis hoiab fantom-elementi ühenduses järgneva osaga, n. n. ämblikelementiga. Nimelt asub laager B ämblikelementi keskmises torus.

Ämblikelement on näidatud joon. nr. 82. Fantom-element võib pöörduda ämblikelementis. Viimase küljes on näha automaatne kiiruse ja laiuse korrektor A. Kui pannakse kompass tööle, siis asetatakse laiuse skaala kohe vastavale laiusele,



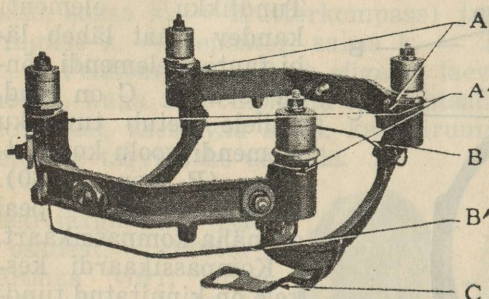
Joon. nr. 82.

kiiruse skaala aga nullile (kui laev on veel sadamas), ja vast siis, kui laeval on täiskäik, asetatakse kiiruse skaala vastavale kiirusele ja laiusele. Kiiruse regulaator tuleb hoida vastaval laeva kiirusel 2 sõlme täpsusega ja laiuse regulaator vastaval laiusel 30 täpsusega.

Laiuse regulaatori ülesanne on reguleerida maakera pöörlemise mõju vurrile, sest maakera pöörlemise nurk-kiirus vastava pinnapunkti suhtes on ekvaatoril maksimaalne ja = nulliga poolusel.

Kiiruse regulaatori ülesanne on laeva kiiruse mõju reguleerimine.

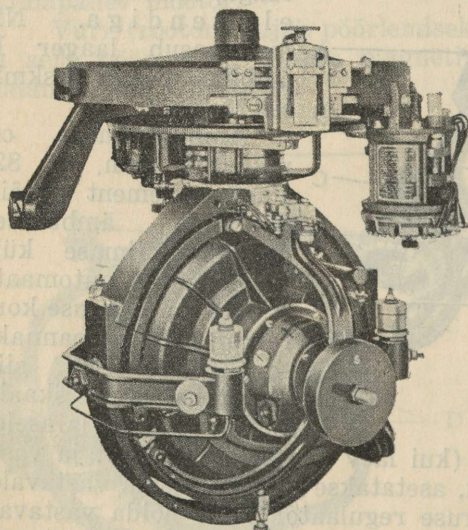
E on väike asimuut-mootor, mille ülesanne on fantom-elementi sundida järgnema kõigile tundliku elemendi liikumistele vertikaal-telje ümber. B = voolu kontakt ja D on voolu ülekandja (transmitter) peakompassilt abikompassidele. C-s on näha hõbekontaktid.



Joon. nr. 83.

on ühendatud paaristikku peenikeste torudega B ja B'. C on ühendusklamber vurri kestaga. Elavhõbeda ülesanne on panna kompassi pretsesseerima, nagu ülemaal selgitatud.

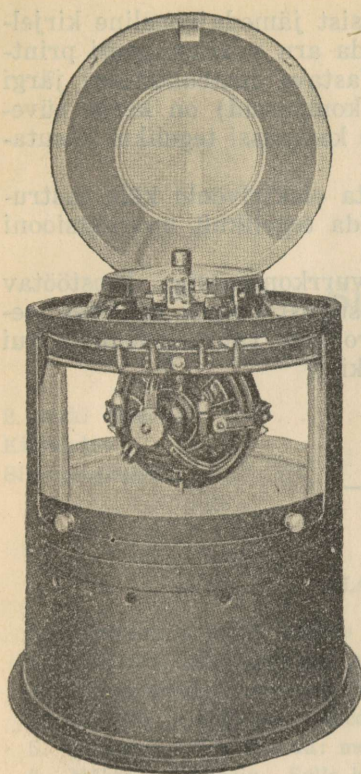
Kõik kirjeldatud osad kokkupandult, ainult väljas kompassikojast, on näha joon. nr. 84, kuna joon. nr. 85 on kujutatud terve komplekt, kusjuures kompassikoja külge ja pealluuk on avatud vaatlemiseks.



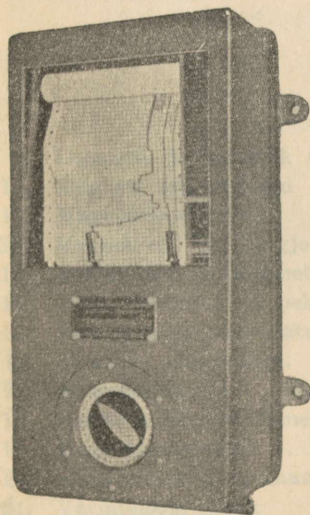
Joon. nr. 84.

Kompass kokkupandult võimaldab vurrile kolm vabadustelge. Esimene — horisontaalne on vurri enda pöörlemistelg, teine — vertikaalne — traat, mille otsas ripub tundlik element ja kolmas — ka horisontaalne, ülal kardanitelgede näol kompassi ühenduses kompassikojaga.

Nagu sellest kirjeldusest näeme on vurrikompass täiesti sõltumatu maakera- ja laevaraua-magnetismist, s. t. näitab alati tõelist suunda. See on vurrikompassi esimene tähtsaim omadus. Teine on tema väga tugev juhtiv tung, mis ületab



Joon. nr. 85.



Joon. nr. 86.

mitmekümnekordselt juhtiva tun-
gi magnetikompassil. Vurrkom-
passi käsitlus, kui kord sellega
tutvuda, on äärmiselt lihtne, kom-
pass vajab vaid küllaldast hoolt
määrimise, korraliku käimapane-
ku jne. suhtes.

Vurrkompassi levikut pidur-
dab selle kõrge hind (10.000—
15.000 krooni), mispärast võrdle-
misi vähesed kaubalaevad on sel-
lega varustatud (praegu umbes
3000 kaubalaeva maailmas).

Peale peakompassi, millist ei
saa kasutada oma asukoha tõttu
peilimiseks ja roolimiseks, on igas
laevas *abikompassid*, mis
asetsevad komandosillal, tüüri-
ruumis, kaptenikajutis, raadiopei-
lingaatoris jne. Abikompassid on
lihtsalt peakompassi näitamise
kordajad (repeteeriad). Ülekanne
peakompassilt abikompassile toi-
mub elektri teel.

Peakompassil kulub käimapa-
nekul umbes 4 tundi aega, kui see
on 30° või rohkem meridiaani si-
hist ära, meridiaanile tulekuks.
Kui aga kompass töötab ka sada-
maste tulekul laeva kohale kinnita-
miseni ja laeva asendit vahepeal ei
muudeta, siis võib, kui kompassi
seismapanekul kurss ja vesilood kir-
jutada üles, enne sadamast lahku-
mist kompassi käima laskmisel kom-
pass tuua endisesse asendisse, mil-
lega meridiaanile tulek teostub mõ-
nekümne minuti jooksul.

Peale abikompasside on peakom-
passiga ühenduses elektrivoolu abil
veel n.-n. *kursimärkija* (*The
Course Recorder*), kus kella mehha-
nismi abil pöörleva tsilindri ümber
liigub kraadidesse ja tundidesse jaotatud paberist lint (30-päevane) ja kuhu sulg kirjutab peale kõik tüüri-
tud kursid ja kursi muutmised
(joon. nr. 86).

Sellega on antud vurrkompassist jämedajooneline kirjeldus, kuid küllaldane selleks, et saada aru vurrkompassi printsiibist ja tähtsamaist osadest. Vastava instruksiooni järgi (missugusega on varustatud kõik kompassid) on kerge süveneda üksikasjadesse ja käsitlemisse kompassi tegelikul kasutamisel.

Meelega on jäetud selgitamata elektrivoolu käik instrumendis, kuna seda pole raske jälgida tegelikult instruksiooni järgi, kuid siin vajaks erijooniseid.

Samuti jääb puudutamata vurrkompassiga koostöötav automaat-tüürija (Gyro-Pilot), missugust hoopis vähestes laevades kasutatakse ja mis kuulub rohkem tüürieadeldiste kui navigatsiooniliste instrumentide liiki.

Sisukord.

2. trüki eessõna	3
Kirjandus	4
Sissejuhatusesks	5

I PEATÜKK.

ALGMÕISTED.

1. Maakera kuju ja suurus	7
2. Maakera telg, poolused, ekvaator, meridiaanid ja paralleelid	7
3. Geograafilised koordinaadid: laius ja pikkus	8
4. Laiuste ja pikkuste vahed. Keskmise laius	8
5. Kauguse (tee) ühikud: meremiil ja kaabel	9
6. Nähtav silmapiir. Selle kaugus	10
7. Silmapiiri jaotus: rumbid, kraadid	12
8. Üleminek ühelt süsteemilt teisele	13

II PEATÜKK.

MAGNETISM.

9. Loomulik ja kunstlik magnet	15
10. Magneti eriomadused	15
11. Magnetite tugevus	16
12. Magnetiväli ja tungjooned	16
13. Induktsioon ja magnetisatsioon	18
14. Kõva, poolkõva ja pehme raud	19
15. Põrutuste ja temperatuuri mõju magnetile	19
16. Maakera magnetism. Elemendid	20
17. Magnetikaardid	21
18. Maakera magnetielementide muutused	22
19. Magnetianomaalid	23
20. Raua induktsioon maakera magnetiväljas	23
21. Variatsiooni valik	24

22. Kompassideviatsioon	24
23. Deviatsioonitabel	26

III PEATÜKK.

KURSSIDE ÕIENDAMINE.

24. Kursid	27
25. Kursside õiendamisest üldse	27
26. Tõelise kursi õiendamine	28
27. Kompassikursi õiendamine	30
28. Peilungite õiendamine	32
29. Triiv	33
30. Kursside õiendamine triiviga. Kaardikurss	34
31. Traaversisihth	36

IV PEATÜKK.

MEREKAARDID.

32. Plaanid ja kaardid	37
33. Ortodroom ja loksodroom	37
34. Ekvaatori ja paralleelide übermõõtude suhe	39
35. Merkaatori projektsioon	39
36. Meridiaanilised osad ja meridiaaniline laiuste vahe	41
37. Merekaardi kasutamine	42
38. Mõningate algülesannete lahendamine merekaardil	42
39. Gnomoonilised kaardid	44

V PEATÜKK.

LAEVA ASUKOHA MÄÄRAMINE.

40. Sissejuhatavaid märkmeid	46
41. Peilungitest üldse	48
42. Laevakoha määramine kahe eseme üheaegsel peilimisel. (Ristpeilung)	49
43. Esemete valik. Võimalikke vigu	49
44. Koha määramine peilungi ja horisontaalse nurga järgi	51
45. Koha määramine kahe kauguse järgi	52
46. Koha määramine kahest esemest iseägedel võetud peilungide järgi	52
47. Laevakoha määramine kolme eseme vahel mõõdetud kahe nurga järgi	53
48. Kompassi õienduse määramine siinjuures	56
49. Erijuhused kui üks nurk = 0°	56
50. Erijuhused kui kahe nurga meetod ei kõlba	56
51. Laevakoha määramine kolme peilungi järgi	57
52. Kompassi õienduse määramine siinjuures	58

53.	Ühe eseme kahekordne peilimine	59
54.	Meetodi täpsus	60
55.	Erijuhud ühe eseme peilimisel	61
56.	Laevakoha määramine peilungi ja kauguse järgi	63
57.	Laevakoha määramine segameetodi järgi	65
58.	Ligikaudse laevakoha määramine selge ilmaga	65
59.	Ligikaudse laevakoha määramine udus	66
60.	Hädaohunurgad	67
61.	Hädaohupeilung	68
62.	Navigatsiooniliste laevakoha määramise meetodite täpsuse võrdlus	69
63.	Raadiopeilungite panemine merekaardile	69
64.	Õienduse määramine	71

VI PEATÜKK.

DEVIATSIOONI MÄÄRAMINE.

65.	Eelmärkmeid	73
66.	Ülesandeid	73
67.	Eeltöid deviatsiooni määramisel	74
68.	Deviatsiooni määramine liitsihi märkide järgi	75
69.	Deviatsiooni määramine kaugse eseme peilungi järgi	76
70.	Deviatsiooni määramine vastastikku-peilungite järgi	77
71.	Deviatsiooni määramine taevakehade peilungite järgi	77
72.	Deviatsioonitabeli koostamine	78

VII PEATÜKK.

LAEVAPÄEVARAAMAT.

73.	Laevapäevaraamatu pidamine	79
-----	--------------------------------------	----

VIII PEATÜKK.

HOOVUS.

74.	Hoovus. Põhjakurss ja -kiirus	81
75.	Hoovuse navigatsiooniline määramine	82
76.	Põhjakursi ja -kiiruse määramine, kui hoovus ja laeva omaliumine on teada	83
77.	Soovitud kursi määramine hoovuse puhul	83

IX PEATÜKK.

LAEVAKOHA MÄÄRAMINE NAVIGATSIOONILISEL ARVUTAMISEL.

78.	Eelmärkmeid	85
79.	Lihtarvutamine	86

80.	Arvestamine maakera kumerusega	88
81.	Kursi määramine. Ülesannete lahendamine graafiliselt	91
82.	Liitarvutamine	92

X PEATÜKK.

PURJETAMINE MÖÖDA ORTODROOMI.

83.	Eelmärkmeid	95
84.	Ortodroomi määramine arvutamisel. Eelmärkmeid	96
85.	Seisnurkade ja ortodroomilise tee pikkuse määramine	97
86.	Verteksi koordinaatide määramine	98
87.	Vahepunktide määramine	99
88.	Komposiitpurjetus	101
89.	Ortodroomi ja loksodroomi vahepealsed kaared	102
90.	Ortodroomi määramine erikaartide abil	102
91.	Eritabelite kasutamine	103
92.	Kõige kasulikuma tee ja kursi määramine	104

XI PEATÜKK.

VURRKOMPASS.

93.	Eelmärkmeid	106
94.	Vurri omadusi	106
95.	Sperry-kompass	110

A-8546