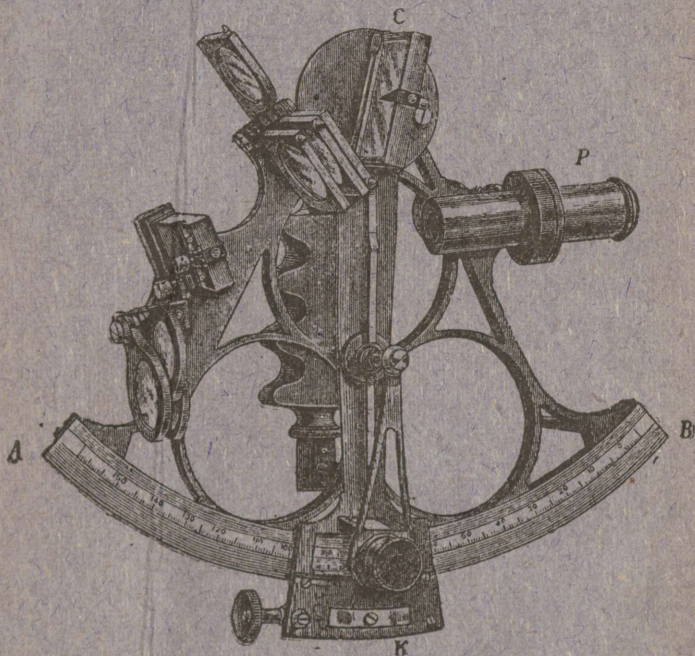


13

K. Larens

Käsmu merikooli juhataja

Meresõidu astronoomia



49 joonistusega

I jagu

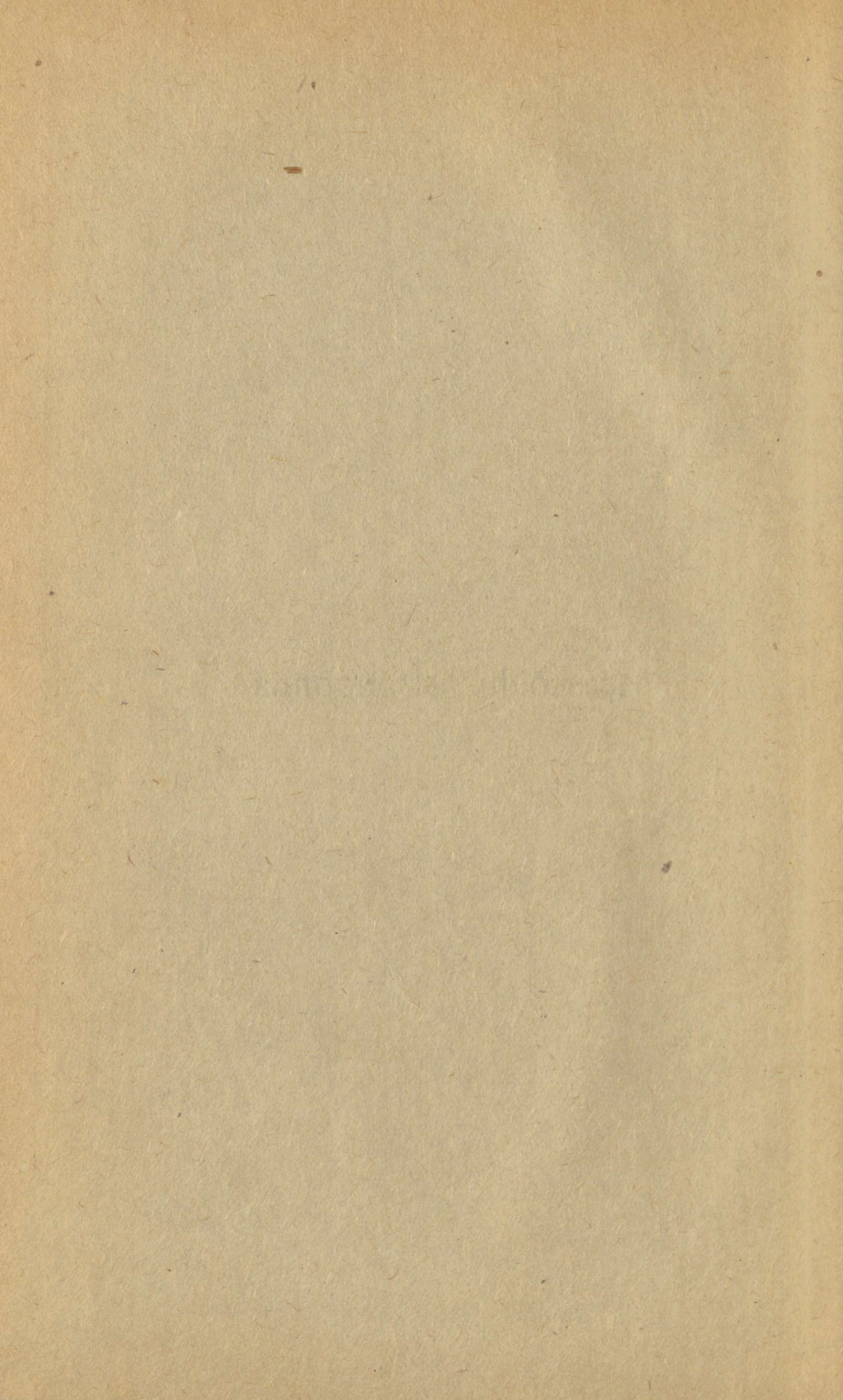
Tallinnas, 1921

K./ü. „KOOL“



Meresõidu astronoomia





K. Larens

Käsmu merikooli juhataja.

Meresõidu astronoomia

49 joonistusega

I jagu

Tallinnas, 1921

K./Ü. „Kool“.

A. Kummel'i (end. G. Kalla) trükk, Tallinnas.

A 3440.

1607

115276089

See teaduse raamatukene, kui meresõidu astronoomia õpperaamat Eesti keeles, astub esimesena Eesti Wabariigi pinnale ja tahab sellest suurest emakeele eriteaduse õpperaamatute puudusest, mis meie merikoolides ja merierateadlaste keskel walitseb, ühe osa wähendada.

Et merekoolide täieliku õppekawa järele walmistatud õpperaamat ühes kaustas liig suureks ja seega liig kalliks maksma oleks läinud, arwasin mina paremaks esiteks I jagu walmistada, mis wastab enamalt jaolt ligisõidu tüürimeeste õppekawale; II, see on wiimane jagu saab ilmuma 1921 aastal. Raamatut kokku seades olen abiks tarwitanud Wene meresõidu astronoomia õpperaamatuid Sõibina Schulgini omi, peale nende weel Saksa Breusingi „Steuermannskunst“.

Joonistuste ja ülesannete näituste tõttu on selle õpperaamatu abil wõimalik ka nendel ennast meresõidu astronoomiaga tutvustada, kes merekoolis ei ole käinud.

K. Larens.

Meresõidu astronoomia.

Navigatsiooni teadus on meile juba selgeks teinud, mil teel on meil võimalus igal momendil oma juhitawa laewa seisukohta lahtisel merel leida, kuid täpisealt seda navigatsiooni abil teada on võimalik ainult siis, kui rand weel silmapiiril näha. Kaob laewajuhi silmapiirilt maa, siis peab ta teisi abinõusid, peale nende, mis meil navigatsioonis juba tuttawad, tarwitama, et laewa seisukoht igal ajal teada oleks; sest teadmata kompassi wead wiivad laewa õigelt teelt kõrwale ja teadmata logi wead ei anna võimalust laewajuhil õigest distantssi teada; sellepärast on laewajuhil tingimata tarwis navigatsiooni kõrwal weel teist teadust omandada ja see on Meresõidu astronoomia.

Astronoomia abil wõime meie lahtisel merel sõites, ilma et maad meil näha oleks, igal ajal, kui taewa kehad näha, laewa seisukoha, kohaliku aja ja kompassi wead leida.

Peatükk I.

§ 1. Maakerakuju. Maa on kerasarnane, telje otsades natukene kokku litsitud. Tema kerasarnadus on sellega seletud, kui meie ühe tornile ehk muu kõrge asjale läheneme, siis näeme esiteks selle ülemist jagu;

mida lähemale meie liigume, seda suurem jagu selle asja kõrgusest paistab meile silma, kuna wiimaks see täielikult kuni aluseni meile näha on; ümberpöördult, kui meie ühest täielikult nähtawast asjast kaugeneme, siis jääb see asi ikka madalamaks ja madalamaks, kuni ta waatleja silmapiirilt üsna ära kaob.

Lahtisel merel paistab waatleja silma esiteks lähenuwa laewa masti otsad; mida lähemale laew tuleb, seda rohkem saab ta waatlejale nähtawaks, kuni wiimaks terwe laew näha on; sellesamas korras kaob laew waatleja silmist, kui ta kaugemale liigub. Et seesugused nähtused igal pool, kus waatleja iial maa ehk mere pinnal oleks, korduwad, siis on selge, et see nähtus ainult maa kerasarnadusest tuleb; oleks maa tasapinnaline, siis peaks iga asi, mis waatlejale nähtawaks saab, kohe täielikult näha olema, see on, tipust kuni aluseni.

Maa kerasarnadus on ka sellega seletatud, et kui meie lahtisel merel seda joont waatleme, mis wee pinna taewa laotusega ühendab, siis näeme, et see joon igal pool, kus meie iial oleksime, täieliku ringi piirjoone kujutab, mille raadius seda suurem, mida kõrgemal waatleja seisab, ja ümberpöördult. Et nähtaw horisont waatlejale kui koonuse põhi kujuneb, mille tipp waatleja silmas on, ja sünnitajad kui riwawad jooned maapinnale, siis on silmanähtaw, et ainult maa kerasarnadus wõib niisuguse korrapärase ringi sünnitada.

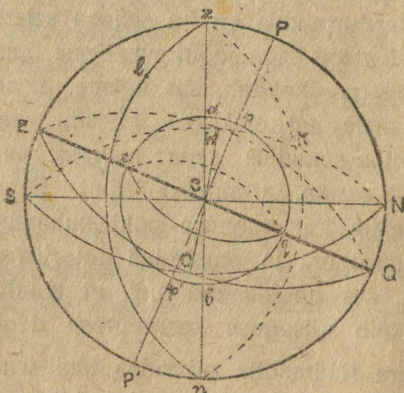
Maakera läbimõõtja pikendus läbi waatleja seisukoha nimetakse loodjooneks; selle sihti maakera pinnal wõib nõõriga, mille ülemine ots ühe asja külge on seotud ja alumise otsale raskus pandud, leida.

Punkt, kus waatleja seisab, nimetakse waatleja seisukohaks; wastaspunkt teisel pool maakera nimetakse waatleja antipoodiks.

§ 2. Taewa wõlw. Kõik meile nähtawad taewakehad seisawad meist faktiliselt mitmesuguses kauguses, kuna waatlejale näitab, nagu oleks nad kõik ühes kauguses, millegi kummitud kera pinna külge kinnitud; see nähtaw kummitud kera pind nimetaksegi taewa wõlwiks.

§ 3. Taewa sfäär. Nähtaw, wabalt wõetud raadiusega kera pind, mille peal meie wõime kujutada taewakehade nähtawad seisukohad, mitmesugused suured ja väiksed ringid ja punktid, nimetatakse taewa sfääriks; taewa sfääri keskpunkt (tsentr) on maakera keskpunktis ehk waatleja seisukohas, kus tema iial maakera pinnal ka ei seisaks.

§ 4. Mitmesugused ringid ja jooned taewa sfääri peal. Waatleja õige horisont, taewakehade vertikaalid ja almikantaraadid. ppp'e (joon. 1) kujutab



Joon N1

maakera, punkt a on waatleja seisukoht, p ja p' kujutawad põhja ja lõuna poolusi (nabad), õige joon pp , — maakera telge ja suur ring eq — maakera poolitajat (ekwaatori). Kujutame nüüd enesele waba raadiusega

kontsentrilise maakera pinnale ühe suurema kerapinna PQP'E, siis saame taewa sfääri. Diameeter ab, mis waatleja seisukohast läbi läheb, kujutab loodjoone sihti antud punktis, ja punkt b — waatleja antipoodi. Kui meie loodjoone ab pikendame mõlematel maakera pooltel, kuni sfäärini, siis saame kaks punkti Z ja n. Z on waatleja senit ja n tema nadir. Suur ring NOSW, mille tasapind loodjoonele perpendikulaaris seisab, nimetakse waatleja õigeks horisondiks. Igal waatlejal maakera pinnal on oma loodjoon ja õige horisont; ainult sel juhtumisel, kui kaks waatlejat 180° üksteisest kaugel seisavad, on nendel ühine horisont ja ühine loodjoon.

Et waatleja õigel horisondil taewa sfääri peal kindel seisukoht on, võime meie sfääril selle abil taewakehade nähtawaid seisukohti leida. Selleks kujutame enesele ette suured ringid, mis üle seniti ja nadiri tõmmatud ja waatleja õige horisondile loodis seisavad; neid nimetakse vertikaalideks, nende tasapinnad lähewad waatleja loodjoonest läbi.

Taewakeha nähtawa seisukoha otsimiseks tõmmatakse mõttes ainult üks vertikaal üle taewakeha ja see pool, mis üle taewakeha läheb, näituseks: taewakehal vertikaaliks nimetakse suure-ringi pool Zln (joon. 1). Kui meie aga selle terwena loeme, siis saame suure-ringi Zlnk.

Taewakeha vertikaali seisukoha leidmiseks on meil tarwis teada nurk, mis see vertikaal sünnitab ühe teise kindlasti seiswa vertikaaliga; wiimaseks loetakse vertikaal ZNnS, mille tasapind läbi maakera telje pp' läheb.

Wäiksed-ringid, mis waatleja õige horisondile paralleelis seisavad, nimetakse almikantaraatideks, see almikantaraat, mis üle taewakeha on tõmmatud, nimetakse taewakeha almikantaraadiks; need on seda wäiksemad, mida kaugemal nad waatleja horisondist

seisawad ja ümberpöördult, kõige suurem almikantaraat on nii suur, kui waatleja õige horisont.

Taewakeha nähtaw seisukoht on punktis; kus selle vertikaal ja almikantaraat endid läbi lõikawad.

Taewa telg, taewa nabad, meridiaanid ja paralleelid. Kui me pikendame maatelge pp' (joon. 1) kuni nähtawa taewa sfäärini, siis saame seal punktid P ja P', mis nimetakse taewa nabadeks (poolusteks), punkt P, mis maakera põhjanabale lähemal seisab, nimetakse taewa põhjanabaks, aga P', mis maakera lõunanabale lähemal seisab, nimetakse taewa lõunanabaks, õige joon, mis neid taewanabu ühendab, nimetakse taewa teljeks. Kui sfääri keskpunkt ei ole maakera keskpunktist arwatud, siis jääb taewa telg maakera teljega paralleelselt; on nendel aga ühine keskpunkt (tsentr), siis sünnitawad nad ühe õige joone.

Suur-ring taewa sfääril, millele taewa telg loodjoones seisab, nimetakse taewa poolitajaks (ekwaatoriks). Taewa poolitaja tasapind sünnitab ühise pinna maakera poolitaja pinnaga, kui sfääri keskpunkt maakera keskpunktiga ühine on; wastasel korral wõib taewa poolitaja tasapind maakera poolitaja tasapinnaga ainult paralleelselt olla.

Niihästi maakera- kui taewa telg ei püsi mitte oma kindlas seisukohas, mille läbi ka taewa nabad ja poolitaja omi seisukohti muudawad; et aga see telje liikumine väga wäikene on, nagu meie eespool näha saame, siis wõime meresõidu astronoomias seda liikumataks pidada, millepärast siis ka taewa nabad liikumataks ja taewa poolitaja seisukohta muutmataks wõime kujutada. Mis puutub loodjoonesse ja waatleja horisondisse, siis muudawad need oma seisukohta taewa teljest ja poolitajast sellel mõõdul, kui palju muudab waatleja oma seisukohta maakera pinnal.

Taewa poolitajat kõikumataks pidades, on meil võimalik mitmesuguste taewakehade seisukohti poolitaja suhtes üles leida; selleks tõmbame suured ringjooned läbi taewa nabade, mida taewa meridiaanideks nimetakse; peale selle väiksed ringjooned paralleelselt taewa poolitajale, mida taewa paralleelideks nimetakse. Iga taewakeha üle võib tõmmata ainult üks meridiaan ja üks paralleel. See meridiaan nimetakse taewakeha meridiaaniks; taewakeha seisukoha otsimiseks on tarvis kujutada ainult see pool meridiaani, mis üle keha läheb. Kui taewakeha meridiaani ja paralleeli seisukohad teada on, siis annab see punkt, kus nad üksteisest läbi lõikavad, taewakeha seisukoha.

Taewakeha meridiaani seis taewa sfääri peal määratakse nurgaga, mis see meridiaan ühe teise kindlat seiswa meridiaaniga sünnitab; see meridiaan on PZnP' (joon. 1), mis üle seniti ja nadiri läheb; seesama meridiaan nimetakse ka waatleja meridiaaniks; see on ühtlasi taewa meridiaan ja wertikaal, sest ta läheb üle taewa nabade ja selle tasapinna sees seisab ka waatleja loodjoon.

§ 5. Taewa sfääri jagamine teatud ringidega ja tähtsamad punktid sfääri peal.

Need punktid, kus waatleja meridiaan tema horisondist läbi lõikab, saavad järgmised nimetused: punkt N, mis põhja taewanabale lähemal — nord-punktiks ja punkt S, mis lõuna taewanabale lähemal seisab — süüd-punktiks; punktid O ja W, kus waatleja horisont taewa poolitajast läbi lõikab, nimetakse ost- ja west-punktideks; mõlemate äraseis waatleja meridiaanist on 90° tema horisonti mööda arwates (joon. 1).

Waatleja õige- ehk tsentraal-horisont jagab taewa sfääri kahte ühesugusesse jakku; see jagu, kus waatleja senit seisab, nimetakse ülemiseks jaoks; teine

pool, kus nadir on, nimetakse alumiseks jaoks. See taewa naba, mis ülemises sfääri jaos seisab, nimetakse ülemiseks pooluseks, ta seisab senitile lähemal kui nadirile, aga teine, mis alumises sfääri jaos nadirile lähemal — nimetakse alumiseks pooluseks.

Wertikaal, mis üle O ja W on tõmmatud, nimetakse esimeseks wertikaaliks; see jagu, mis senitist ja nadirist hommiku pool seisab, nimetakse ost-wertikaaliks; teine jagu, mis õhtupool — nimetakse west-wertikaaliks. Esimene wertikaal jagab taewa sfääri pooleks; see jagu, kus nord-punkt on, nimetakse põhjapoolseks ja see, kus süüd-punkt seisab — lõunapoolseks jaoks. Niisama jagab waatleja meridiaan sfääri hommiku- ja õhtupoolseteks jagudeks; esimene on seal, kus seisab punkt O ja teine, kus punkt W. Waatleja meridian jagab end taewa telje läbi pooleks; see pool, milles senit, nimetakse ülemiseks ehk lõunapoolseks ja teine, kus nadir seisab — alumiseks ehk pooleöö jaoks.

§ 6. Taewa telje kalduw nurk loodjoonele. Joon. 1. näeme meie, et maakera meridiaani kaar on waatleja a laius; seesama kaar on ka tsentraal-nurga ace mõõt; see nurk on waatleja loodjoone kalduwus poolitajale. Joonestuses näeme, et sfääri kaar EZ wastab sellesama nurgale ja on ka selle nurga mõõt; sellepärast on selle kaare (EZ) kraadide arw niisama suur, kui waatleja laius-kraadide arw, see on — wõrdleb ennast waatleja laiusega; nimetame seda φ , siis saame:

$$EZ = \varphi.$$

Edasi näeme joon. 1.

$$EZ + ZP = 90^\circ \dots (1) \text{ ja}$$

$$PN + ZP = 90^\circ \dots (2)$$

Sellest järeldame:

$$EZ + ZP = PN + ZP$$

lühendame ZP peale, saame $EZ = PN$

see on: $PN = \varphi$.

Sellest näeme, et waatleja laius maakera pinnal wõrdleb enmast seniti äraseisuga poolitajast ja ülemise taewa naba äraseisuga waatleja õigest horisondist.

Edasi näeme wõrdlustest (1) ja (2), et

$$ZP = 90^{\circ} \text{ — } EZ = 90^{\circ} \text{ — } PN = 90^{\circ} \text{ — } \varphi$$

Peale selle näeme joonestusest, et

$$ZP = ES = NQ.$$

$$\cdot \text{ Järeldus: } ZP = ES = NQ = 90^{\circ} \text{ —}$$

Sellest näeme, et taewa telje kalduwus loodjonele, niisama ka poolitajaga ja horisondiga sünnitatud nurk wõrdlewad endid laiuse täiendusega kuni 90° -ni.

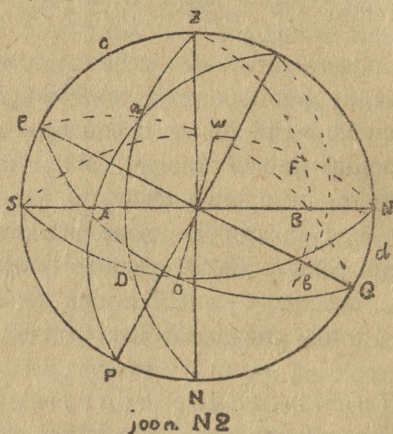
Sellel põhjal, taewa (laotust) sfääri ühe waatleja suhtes kujutades, kelle laius teada on, joonistame selle sfääri peale õige horisondi, loeme meridiaani mööda, kas Nord- ehk Süüd-punktist waatleja laiuse nime järel, seniti poole ühe kaare, mis laiusega ühesuurune, sel wiisil saadud punkt annab ülemise taewapooluse seisukoha. —

§ 7. Taewakehade koordinaadid. Taewakehade koordinaatideks nimetakse suure-ringide kaared, millede abil wõime otsida taewakehade seisukohti sfääril ja äraseisu suurtest ringidest, nagu poolitajast ja õigest horisondist, niisama ka nurkade suuruse, mis on koondatud taewakeha meridiaani, selle wertikaali ja waatleja meridiaani wahel. Sellest selgub, et ühed koordinaadid annawad meile taewakeha meridiaani ehk wertikaali seisukoha, teised aga näitawad juba taewakehade kohad nende ringide peal ühes nende äraseisuga, kas poolitajast ehk õigest horisondist, ühtlasi ka äraseisu taewa poolusest ja waatleja senitist. —

a) Tunninurk ja deklinatsioon. Wabalt wõetud raadiusega joonistatud suureringi peal, mis taewa sfääri kujutab, on tähendatud senit, nadir, õige ehk

tsentraal-horisont, taewa nabad ja poolitaja; oletame, et a kujutab ühe taewakeha nähtawat kohta sfääri peal, tõmbame selle üle meridiaani PaP' ja vertikaali Zan.

Taewakeha koht määratakse kindlaks, kui on teada selle meridiaani PaP' seisukoht, kaugus Aa poolitajast meridiaani mööda lugedes, ehk jälle kaugus ülemisest taewa näpast sellesama meridiaani mööda Pa.



Taewatähe meridiaani seisukoht määratakse kindlaks kas pooluse juures seisva nurga ehk poolitaja kaare abil, mis seisab taewakeha ja waatleja meridiaanide wahel. See nurk nimetakse tunninurgaks ja loetakse alati waatleja lõuna-meridiaani jaost õhtupoole 0° kuni 360° -ni, näituseks: taewakeha a tunninurk wõrdub poolitaja kaarega EQA. Selsamal põhjusel taewakeha b tunninurk wõrdub poolitaja kaarega EB. Taewakeha c tunninurk, mis waatleja lõuna-meridiaani peal seisab, on $= 0^{\circ}$, aga taewakeha d — nurk, mis waatleja meridiaani poolöö jao peal seisab, wõrdub poolitaja kaarega EWQ $= 180^{\circ}$.

Et hommikupool waatleja meridiaanist seiswa taewakeha tunninurk alati üle 180° , sellepärast wõib keha koha leidmise suhtes sfääri peal, tunninurka ka hommiku (O) poole lugeda, mis antud taewakeha tunninurga täiendus kuni 360° -ni on. Joonestuse 2 peal märgitud taewakeha a hommikupoolne tunninurk wõrdub poolitaja kaarega EA.

Taewakeha koht meridiaani peal leitakse tema äraseisu abil, kas poolitajast ehk ülemisest poolusest. Taewakeha meridiaani kaare, mis on koondatud antud keha ja poolitaja wahela, nimetakse taewakeha deklinatsiooniks. Kui taewakeha seisab põhja pool taewa poolitajast, siis on deklinatsioon N, kui lõuna pool — siis S, igal juhtumisel wõib olla deklinatsioon 0° — 90° . Nii on taewakeha a deklinatsioon (joon. 2) N ja wõrdub kaarega Aa; kunas b deklinatsioon S on ja wõrdub kaarega Bb. Kõikide poolitaja peal olewate taewakehade deklinatsioon = 0° ja nabade peal = 90° . Taewakeha äraseis meridiaani mööda ülemisest taewa poolusest nimetakse polaarstants ja loetakse 0° kuni 180° . Kui deklinatsioon on ülemise poolusega ühenimeline, siis on polaarstants vähem 90° , kui eranimeline — siis koondub ta 90° ja 180° wahel. Sellest selgub, et esimesel juhtumisel on polaarstants deklinatsiooni täiendus kuni 90° -ni, teisel juhtumisel on ta deklinatsioonist 90° rohkem.

Nii sünnitawad taewakeha tunninurk W ehk O arwatud, tema deklinatsioon ehk polaarstants, paari koordinaatisid, millede abil wõib täpisealt ühe taewakeha koha sfääri peal leida.

Mainitud seletusest järeldame, et kõigil taewakehadel ühe ja sellesama meridiaani peal on ühesuurused tunninurgad ja, kui nad on ühe ja sellesama paralleeli peal, siis ühesuurused deklinatsioonid ja ühesuurused polaarstantsid.

b) Taewakeha azimut ja kõrgus. Taewakeha võib leida ka siis, kui on teada vertikaali Zan (joon. 2) seisukoht ja äraseis Da selle vertikaali mööda õigest waatleja horisondist ehk Za senitist lugedes.

Taewakeha vertikaali seisukoht määratakse kindlaks seniti juures seiswa nurga läbi, ehk õige horisondi kaudu, mis koondub waatleja meridiaani ja selle vertikaali wahel; see nurk nimetakse taewakeha azimutiks ja loetakse alati waatleja meridiaani pooleöö jaost O-ti ja W-ti poole 0° kuni 180° -ni. Azimutile wastaw horisondi kaar nimetakse järgmiselt: esimene täht N ehk S wastab punktile, kus waatleja õige horisont tema kohaliku meridiaani pooleöö jaost läbi lõikab, millest azimut arwatakse; teiseks täheks azimuti nimetamiseks on kas O ehk W, sellest ärarippudes, missuguse sfääri poole peal taewakeha seisab. Selle järel võib taewakeha azimut saada nimeks NO, NW, SO ja SW. Joon. 2. peal on taewakeha a azimut NO ja nimetus on NO. Taewakeha b azimut on kaar NF ja selle nimetus — NW.

Kui taewakeha azimut, O ehk W arwatud, rohkem kui 90° on, siis võib taewakeha vertikaali seisukoha määramise suhtes selle azimut ka waatleja meridiaani poolepäewa jaost arwata; sellel juhtumisel on azimut pooleöö jaost loetud azimuti täiendus kuni 180° -ni ja ei loeta mitte üle 90° . Sellest järeldades leiame, et azimut a on SD ja nimetakse SO.

Taewakeha koht ühe vertikaali peal määratakse kindlaks tema äraseisu läbi, mis saab arwatud selle vertikaali mööda waatleja õigest horisondist ja see vertikaali kaar nimetakse taewakeha kõrguseks, kui see peal pool horisonti on, nagu taewakeha a, ja alanewuseks, kui — allpool horisondi, nagu b.

Kui taewakehad on koondatud waatleja meridiaani peal, nagu näituseks c ehk d, siis saawad nende kõr-

gused dN ja cS nimetatud meridiaani kõrgusteks, niisama ka taewakeha alanewus waatleja meridiaani peal nimetakse meridiaani-aluwuseks.

§ 8. Taewakeha polaarkolmnurk. Waatleja ja taewakeha meridiaanid, ning wiimase vertikaal sünnitawad üksteisest läbilõigates taewasfääri peal mõned kolmnurgad; nendest üks, mille tippudeks on: taewapoolus, waatleja senit ja taewakeha koht, nimetakse taewakeha polaarkolmnurgaks. Sellel kolmnurgal on meresõidu astronoomias see tähtsus, et tema abil wõib peaaegu kõik praktilised ülesanded wälja rehkendada.

Joonistuse 2. pealt näeme meie, et taewakeha a polaarkolmnurk on PZa, aga taewakeha b — ZPb. Polaarkolmnurga küljed annawad meile juba tuntud elemendid: PZ — waatleja koha laiuse täiendus, Pa — taewakeha polaarstants ja Za — taewakeha senitstants. Nendest on PZ alati wähem 90° , teised küljed Pa ja Za wõiwad olla wähem ja rohkem kui 90° .

Polaarkolmnurga nurgad saawad järgmised nimetused: nurk ZPa nimetakse tunninurgaks, antud suhtes O-sti poolé loetud nurk PZa — azimuth ja kolmas nurk ZaP nimetakse *parallaks-nurgaks*. Nurkade suuruse järel wõiwad taewakehade polaarkolmnurgad olla: wiltu-, õige- ja neljandik-kolmnurgad; õigenurgaline on ta siis, kui taewakeha, kas esimese vertikaali ehk selle meridiaani peal asub, mis waatleja meridiaanile loodis seisab; esimesel juhtumisel on taewakeha azimuth = 90° ; teisel juhtumisel — taewakeha tunninurk = 90° ; ka parallaksnurk wõib 90° olla. Taewakeha kolmnurk on neljandik-kolmnurk sellel juhtumisel, kui taewakeha seisab kas waatleja õige horisondi ehk poolitaja (ekwaatori) peal. Esimesel juhusel on taewakeha kõrgus = 0° ja senitstants = 90° teisel juhtumisel on taewakeha deklinatsioon = 0° ja polaar-

distants = 90° ; PZ wõib olla = 90° siis, kui waatleja on poolitaja peal ($\varphi = 0^\circ$). Kui taewakeha polaar-kolmnurga 6 jaost on teada 3, siis wõib nende abil teised 3 jagu rehkendamise abil üles leida, näituseks wõib leida selles kolmnurgas: waatleja laiuse, taewakeha tunninurga, tema azimuti kõrguse ja deklinatsiooni.

§ 9. Nähtaw taewakehade öö-päewa liikumine.

Kui meie seisame põhjapoolse maakera poole peal ja lõuna poole waadates ühe taewakeha seisukohta maa peal olewa asja seisukohaga wõrdleme, oletame, et nad ühe ja sellesama wertikaali peal on, taewakeha waheaegade järel peilides näeme meie, et see maakera peal olewast asjast waheaegade järel ikka paremale poole jääb; niisama ka feiste taewakehade seisukohte maa peal olewa asja seisukohaga wõrreldes saab meile selgeks, et nad kõik liiguvad pahemalt poolt paremale poole. Kui meie peale selle weel ühe ehk mitme tähe liikumist pikemat aega waatleme (tähele paneme) öösel ja suurendamise abinõude läbi ka päewal, siis saab meile selgeks, et mõned nendest tähtedest ilmuwad nähtawale hommikupoolt silmapiirilt, kõrgnewad ikka enam ja enam silmapiiril, lähewad üle waatleja meridiaani ja sellest momendist lähenewad horisondile, kuni wiimaks kaowad waatleja silmapiirilt õhtupoolsel taewasfääril. Mitmel päewal ja ööl seesugust taewakehade liikumist waadeldes leiame meie, et paljud taewatähed kõigel oma ringkäigu ajal waatleja horisondil nähtawad on. Pike-mat aega nende tähtede järel waadeldes, mis oma ringkäigul jaolt ka waatleja horisondilt kaowad, näeme, et nende tõusu ja loojamineku punktid horisondil oma seisukohta ei muuda, meridiaani kõrgused ühel ja selsamal tähel jääwad muutmata, ja kui meie neid waheaegu wõrdleme, mil täht jällegi ühe ja sellesama maa peal

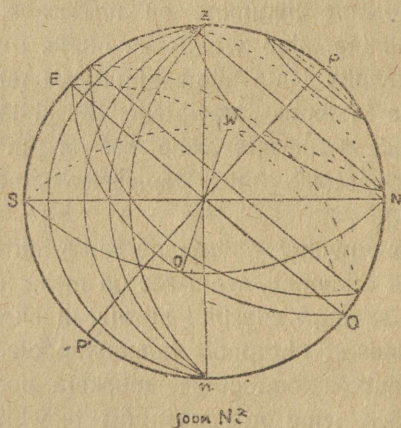
olewa asjaga sellessamas seisukohas asub, siis leiame, et need waheajal ka alati ühepikkused on; seda näeme meie mitte üksi wäljawalitud tähe, waid kõikide tähtede juures; tähtede tunninurkade muutmist tähele pannes selgub meile, et ühesuuruste tunninurkade muutmistele wastawad ka ühepikkused waheajad. Sellest kõigest selgub, et tähtede deklinatsioon jääb muutmataks (ehk selle muutmise on väga väike), millest järeldub: 1) et nad kõik liiguvad tasapindades, mis on paralleelis poolitajale (taewa ekwaatorile) ja 2) et tähtede täie ringkäigu waheajad ühepikkused on, 23 tundi 56 min. (kõik tähed teewad terve ringi ühepikkusel waheajal), 3-daks, et nende liikumine on ühetasane. Seesugune tähtede liikumine jätab waatlejale mulje, nagu pööraks terve taewawõlw tema külge kinnitatud tähtedega ümber waatleja ja ümber taewatelje. Siiski jääb üks täht kõigest sellest liikumisest wälja, see on täht, mis taewa põhjapooluses seisab (mitte täpipealselt), see nimetakse Polaaris.

See taewawõlwi pööramine ühes tähtedega ei ole mitte faktilik liikumine, waid see on meile nähtaw kujutus ja sünnib, nagu edaspidi näeme, maakera oma telje ümberpööramisest õhtupoolt hommikupoole.

Kui waatleja lõunapoolse maakera poole peal seisab, siis näeb tema niisamasugust taewakehade liikumist kui põhjapoolelgi, wahe on ainult selles, et kui waatleja oma poolepäewa meridiaani poole waatab, see on N, siis näeb tema, et üleüldine nähtaw taewakehade liikumine hommiku poolt õhtu poole näitab temale paremalt poolt pahemale poole. —

§ 10. Taewakehade koordinaatide muutmise nende öö-päewa nähtawa liikumise juures. Taewakehad oma nähtawa ööpäewa liikumisega taewa paralleelide mööda; wahetpidamata liiguvad nad ühe meridiaani pealt

teise peale, mille läbi nende tunninurgad muutuvad 0° kuni 360° ; see tunninurkade muutus on niisama ühetasane, kui tähtede nähtaw liikumine ja tähtede tunninurkade muutus on ühesuguse kiirusega, olgu see täht kas ekwaatori ehk üks kõik missuguse paralleli peal. Niisama hommiku poolt õhtu poole wahetpidamata liikudes, läheb taewakeha ühe wertikaali pealt teise peale, selle läbi muutuvad nende azimudid. Kuid et taewa paralleelid lõikawad waatleja õige horisondist läbi mitmesuuruste nurkade all (joon. 3), millede suurus waat-



leja laiusest ära ripub, nende jaod, mis üksteisest ühekaugusel äraseiswate wertikaalide wahale endid on koondanud, mitte ühesuurused ei ole, mille põhjal taewakehade nähtawa liikumise kiirus ühe wertikaali pealt teise peale taewa sfääril mitte ühesugune ei ole, siis on selge, et asimutide muutmise ka ühetasane ei wõi olla.

Taewakehad paralleelide mööda liikudes, mis waatleja horisondist mitmesuuruste nurkade all läbi lõikawad, muudawad öö-päewa jooksul alaliselt oma kõr-

see taewakeha Ostist ja läheb looja W-sti; ta on niisama kaua waatleja horisoni peal, kui selle all, olgu waatleja kus iial tahes, kas poolitaja peal, ehk kusagil wiimase ja pooluste wahel maakera pinnal; niisama on selle taewakeha kõrgus ja aluwus ühesuurused ja mõlemad üksikult wõrduwad waatleja laiuse täiendusega.

Selle taewakeha tunninurk on tõusu juures 270° ja loojamineku juures $= 90^{\circ}$.

Waatame nüüd nende taewakehade öö-päewa liikumist, millede deklinatsioon suurem kui 0° ja vähem kui waatleja laiuse täiendus.

Joon. 4. peal aa', bb', Zf, cc' kujutaawd paralleelisid, mida mööda taewakehad liiguwad ja deklinatsioonid $Ea = Qa'$, $Eb = Qb'$, $EZ = Qf$, mis waatleja laiusega ühenimelised on; kõik need paralleelid lõikawad waatleja horisondist läbi, millepärast ka neil möödaliikuwail taewakehadel on oma tõus ja loojaminek; joonistuse 4. pealt näeme, et nende wiibimine waatleja horisoni peal pikemat aega kestab, kui horisoni all ja wahe nende aegade wahel on seda pikem, mida suurem on taewakeha deklinatsioon. Nende tõusu ja loojamineku punktid on koondatud NO ja NW neljandikkude peal, selle juures suurenewad nende äraseisud O ja W punktidest, mis tõusu ja loojamineku amplitutideks nimetakse, ühes deklinatsioonide suurenemisega. Mis puutub harutusel olewate taewakehade tunninurkadesse, siis koonduwad wiimased taewakeha tõusu juures 180° ja 270° wahel ja loojamineku juures 90° ja 180° wahel.

Taewakehad, millede deklinatsioonid waatleja laiusega on eranimelised, antud juhtumisel Süüd, ja ka vähemad, kui waatleja laiuse täiendus, näituseks, mis liiguwad paralleeli gg' mööda, wajuwad oma nähtawa öö-päewa liikumise juures ka waatleja horisoni alla, kuid nende horisoni all wiibimine tarwitab pikemat

aega, kui horisoni peal wiibimine. Nende tõusu ja loojamineku punktide seisukoht on waatleja horisoni SO ja SW neljandikkude peal; tõusu tinninurk niisugusel taewakehal on 270° ja 360° wahel ja loojamineku tinninurk 0° ja 90° wahel.

Waatleja, kes poolitajast lõuna pool maakera peal seisab, wõib täpipealt niisamasuguseid taewakehade nähtawaid liikumisi tähele panna kui põhja pool oli nähtud, mis meile selgesti arusaadaw on, kui meie joonistuse 4. peal muudame P ja P', N ja S, O ja W. —

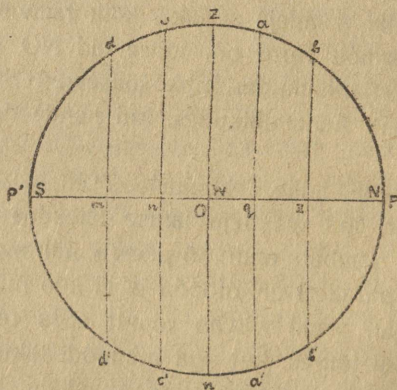
Kõigest sellest selgub meile järgmist: 1) kõik taewakehad, millede deklinatsioonid on vähemad kui waatleja laiuse täiendus, tõusewad ja lähewad looja; 2) kus laiuses iial waatleja seisaks, kõik taewakehad, millede deklinatsioon Nord on, tõusewad NO ja lähewad looja NW neljandikkudes, ehk tõusewad SO ja lähewad looja SW neljandikkudes, kui nende deklinatsioon Süüd on.

Taewakeha, mille deklinatsioon $Ed = QN$, see on, niisama suur, kui waatleja laiuse täiendus ja laiusega ühenimeline, tõmbab oma öö-päewa nähtawa liikumise kõwerjoone paralleel dN mööda ja ei kao mitte waatleja horisoni alla, waid riwab ainult seda oma alumise kulminatsiooni juures, kui aga niimoodi liikuwal taewakehal deklinatsioon eranimeline waatleja laiusega on ja paralleel Si mööda liigub, siis jääb ta öö-päewa nähtawa liikumise juures alaliselt waatleja horisoni alla ja riwab seda ainult ülemise kulminatsiooni juures.

Taewakeha, mille deklinatsioon on suurem, kui waatleja laiuse täiendus, ei löika öö-päewa nähtawa liikumise juures mitte waatleja horisonist läbi; kui siis deklinatsioon ühenimeline waatleja laiusega on, liigub see taewakeha alatasa waatleja horisoni peal, nagu näituseks see, mis paralleel ee' mööda liigub; on aga sellel juhtumisel taewakeha deklinatsioon waatleja laiuse

sega eranimeline, näituseks paralleeli KK' mööda liikuv keha, siis jääb viimane alati öö-päewa nähtawa liikumise juures waatleja horisoni alla ja jääb waatlejale nägemataks. Joonistuse 4. peal on meil selgesti näha, et iga taewakeha öö-päewa liikumise paralleel, mille deklinatsioon on waatleja laiusega ühesuurune, läheb waatleja senitist läbi, sellega ühes lõikab esimest wertikaali $ZQnW$, kuid ei lähe sellest mitte läbi.

Kõik need taewakehad, mille deklinatsioon vähem, kui waatleja laius, ja sellega ühenimelised, on näha kõige neljandiku peal, kuid need kehad, millede deklinatsioon on suurem kui waatleja laius, on näha ainult, kas NO ja NW ehk SO ja SW neljandikkude peal.



Joon N5

Taewakeha, mille deklinatsioon on waatleja laiusega ühesuurune ja sellega ühenimeline, kulmineerib ülemise meridiaani waatleja senitis, on aga deklinatsioon eranimeline, siis — alumise meridiaani — nadiris.

§ 12. Nähtaw öö-päewa taewakehade liikumine, kui waatleja poolitaja peal on. Kui waatleja on poolitaja peal, siis läheb taewa poolitaja üle waatleja seniti ja on üheks (esimeseks) wertikaaliks, ja taewa telg on waatleja horisoni tasapinnas.

Joonistus 5. kujutab taewa sfääri, waatleja kohta, kes poolitaja peal on. Selles juhtumises PP' kujutab taewa telge, horisondi tasapinnal SN; taewa poolitaja EQ läheb üle waatleja loodjoone Zn ja langeb kokku esimese wertikaaliga; kõik taewa paralleelid aa', bb', cc' ja dd' sünnitavad väikesed ringid loodis õige horisondile, endid wiimasega pooleks jagades; mille põhjal kõik taewakehad, oma nähtawa liikumise juures, om nähtawad waatlejale, kes poolitaja peal seisab umbes 12 tundi, see on, nad wiibiwad niisama kaua horisondi peal, kui selle all.

See taewakeha, mille deklinatsioon = 0° , tõuseb seal, niisama kui igas teises laiuses, Osti-punktist ja läheb looja Westi-punktis; liigub poolitaja mööda, mis esimese wertikaaliga kokku langeb, läheb ülemise kulminatsiooni juures läbi seniti ja alumise kulminatsiooni juures läbi nadiri.

Taewakehad, millede deklinatsioonid Nord, tõusewad ka siin NO neljandikust ja lähewad looja NW neljandikus, aga millede deklinatsioon Süüd, — tõusewad SO-sti ja lähewad looja SW-sti neljandikus.

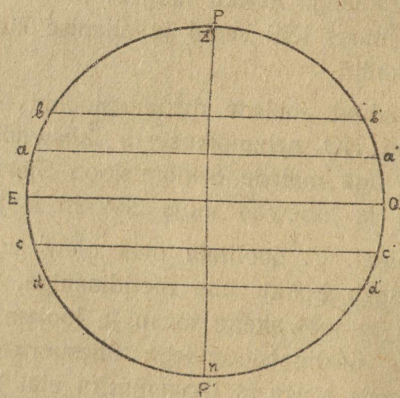
Sel põhjal, et poolitaja peal olew waatleja õige horisont langeb kokku ühe meridiaaniga, näeme meie joonistusest, et taewakeha tõusu ja loojamineku amplitudid nende deklinatsioonidega ühesuurused on, aga asimudid nende tõusu ja loojamineku ajal ja meridiaani kõrgused selle taewakeha polaardistantsiga wõrduwad ja need taewakehad, millede deklinatsioon Nord, näeb waatleja neid Nordi pool ja millede deklinatsioon Süüd Süüdi pool. Nende tunninurgad tõusu juures on = 270° ja loojamineku juures = 90° .

§ 13. Nähtaw taewakehade liikumine waatlejale, kes pooluse (naba) peal on. Kui waatleja pooluse peal seisab, siis on tema senit taewa

pooluses, taewa teljega langeb kokku tema loodjoon (senitaal joon) ja tema õige horisont on taewa poolitaja tasapinnal. (Joon. 6.)

Mis puutub taewa paralleelidesse, siis kujutavad nemad ringe, mis paralleelis waatleja horisondile ja ühes ka almikantaraatidele. Waatleja wõib näha ainult neid taewakehasid, millede deklinatsioonid waatleja ülemise poolusega ühenimelised on, nende öö-päewa liikumine käib paralleelis waatleja horisondiga, mille läbi ka nende kõrgus öö-päewa liikumise juures muutmata jääb ja wõrdub deklinatsiooniga.

§ 14. Taewakeha meridiaani kõrguse, selle deklinatsiooni ja waatleja laiuse üksteisest ärarippuwus.



Joon N 6

Joon. 4. peale tähelpanemist pöördes, näeme meie, et waatleja meridiaani kaar EZ kujutab tema laiust (φ), Sh, Sg ... ja nõnda edasi taewakehade meridiaani kõrgusid (H); Nc', Nf', Nb' ... j. n. e. meridiaani kõrgus (H'); taewakehade deklinatsioonid (δ) Ea, Eb, Eg ja Eh, nagu selgesti näha, loetakse niisama waatleja meridiaani kaarte mööda.

1) Wõtame taewakeha, mis liigub paralleel gg' mööda, mille deklinatsioon eranimeline waatleja laiusega ja wähem on, kui laiuse täiendus, saame:

$$H = Sg = ES - Eg = (90^\circ - \varphi) - \delta,$$

ja $H' = Ng' = NQ + Qg' = (90^\circ - \varphi) + \delta.$

2) Kui deklinatsioon laiusega ühenimeline on, nagu paralleeli aa' mööda liikuwal kehal, siis

$$H = Sa = SE + Ea = (90^\circ - \varphi) + \delta,$$

$$H' = Na' = NQ - Qa' = (90^\circ - \varphi) - \delta.$$

3) Kui taewakeha deklinatsioon laiusega ühenimeline ja sellest suurem on, näituseks: mis liigub kas paralleel cc' ehk ee' mööda siis

$$H = Nc = NZ + EZ - Ec = (90^\circ + \varphi) - \delta.$$

Seesuguse keha meridiaani aluwus (H') leitakse niisama, kui punkt 2. öeldud, kui aga deklinatsioon suurem on, kui laiuse täiendus, nagu paralleeli cc' mööda liikuwal taewakehal, siis on tal mitte aluwus, waid meridiaani kõrgus alumise kulminatsiooni juures, mis alati leitakse formeli järel:

$$H' = Nc' = QE - QN = \delta - (90^\circ - \varphi).$$

Joonistuse järel kokkuseatud formelite järel on meil wõimalik leida, kas laiust, meridiaani kõrgust wõi aluwust, ehk deklinatsiooni, kui meil aga nendest kolmest kaks antud on.

- 1) $\varphi = 45^\circ$ S, $\delta = 20^\circ$ N. $H = 25^\circ$ N ja $H' = 65^\circ$
- 2) $\varphi = 60^\circ$ N, $\delta = 20^\circ$ N. $H = 50^\circ$ S ja $H' = 10^\circ$
- 3) $\varphi = 70^\circ$ S, $\delta = 35^\circ$ S. $H = 55^\circ$ N ja $H' = 15^\circ$ S
- 4) $\varphi = 20^\circ$ N, $\delta = 55^\circ$ N. $H = 55^\circ$ N ja $H' = 15^\circ$
- 5) $\varphi = 40^\circ$ N, $H = 60^\circ$ S. $\delta = 10^\circ$ N.
- 6) $\varphi = 60^\circ$ N, $H = 25^\circ$ S. $\delta = 5^\circ$ S.
- 7) $\varphi = 55^\circ$ N, $H = 80^\circ$ N. $\delta = 65^\circ$ N
- 8) $\varphi = 30^\circ$ S, $H = 65^\circ$ S. $\delta = 55^\circ$ S.
- 9) $\varphi = 65^\circ$ S, $H = 20^\circ$ S. $\delta = 45^\circ$ S.
- 10) $H = 40^\circ$ S, $\delta = 10^\circ$ S. $\varphi = 40^\circ$ N.
- 11) $H = 50^\circ$ S, $\delta = 15^\circ$ N. $\varphi = 55^\circ$ N.
- 12) $H = 75^\circ$ N, $\delta = 55^\circ$ N. $\varphi = 40^\circ$ N.
- 13) $H = 60^\circ$ S, $\delta = 50^\circ$ S. $\varphi = 20^\circ$ S.
- 14) $H = 20^\circ$ N, $\delta = 60^\circ$ N. $\varphi = 50^\circ$ N.

Ülesanne joonistamise abil taewa sfääril.

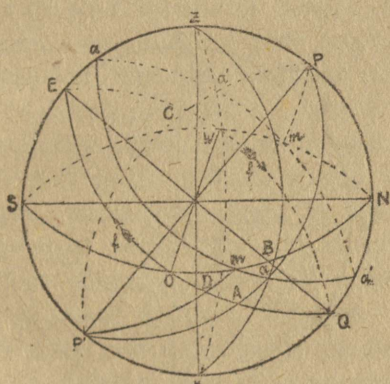
Nende ülesannetel on see järeldus, et antud laiuses tarwis leida taewa sfääril, antud koordinaatide abil, esiteks taewakeha asukoht, peale selle leida selle keha koordinaadid mitmel ajal selle öö-päewa liikumise juures. Kõik antud ja otsitavad koordinaadid peab näidatama kaarede ja nurkade abil, võimalikult ka arwudega siimamõõdu järel, nii et need arwud täpisealt antud arwudega kokkukõlasse jääwad.

Näituseks: Kujutame taewa sfääri ühe waatleja kohta, kes seisab laiuses 50° N, märgime selle sfääri peal ühe taewakeha koha antud tunninurga ja deklinatsiooni abil, tunninurk $= 225^\circ$, $\delta = 10^\circ$ N. Selle peale tarwis leida ülejäänud koordinaadid antud momendis ja sellel ajal, kui see üle W wertikaali läheb, tõusu ja loojamineku punktid, tunninurgad tõusu ja loojamineku juures, meridiaani kõrgus (H) ja aluwus (H').

Rehkendus. Joonestame wabaltwõetud raadiusega taewa sfääri, märgime selle peale õige horisoni NS ja loodjoone Zn (joon. 7). Punkt N-ist paneme seniti

poole kaare NP, mis on waatleja laiuse suurune (50° N), tõmbame taewa telje PP' ja poolitaja EQ (joon. 7). Punktides, kus poolitaja õigest horisondist läbi lõikab, tähendame O ja W. Nooled f ja f poolitaja kaare peal näitavad taewa sfääri nähtava pööramise sihti.

Paneme poolitaja mööda punkt E-st W poole ühe kaare jao EQA, mis on antud tunninurk 225° . Selle kaare lõpu A üle tõmbame meridiaani PAP', seda meridiaani mööda punkt A-st paneme pooluse P sihis kaare Aa, mis on antud deklinatsioon 10° N; punkt a



Joon N7

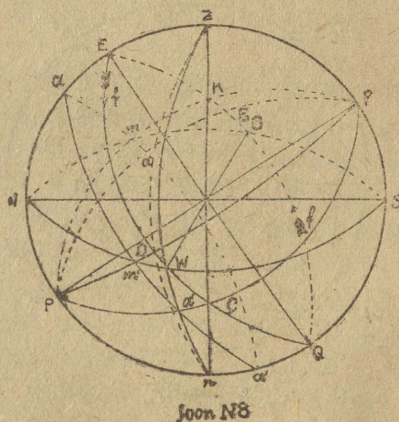
määrab otsitava taewakeha koha. Kui nüüd tema üle paralleel aa' ja vertikaal Zan tõmbame, siis saame teised koordinaadid antud momendis:

- 1) Aluwus — kaar Ba; senitdistant — Za.
- 2) Asimut — kaar NB — NO.

Westi vertikaali peal:

- 3) Taewakeha koht on punktis a'.
- 4) Tunninurk — kaar EC.
- 5) Kõrgus Wa'; senitdistant Za'.

- 6) Tõusupunkt — m .
- 7) Tunninurk tõusu juures — EQD ; hommiku-
poolne tunninurk ED .
- 8) Tõusu asimut — kaar Nm — NO .
- 9) Loojaminemise punkt — m' .
- 10) Selles momendis taewakeha tunninurk
kaar EK .
- 11) Loojamineku asimut — kaar Nm' — NW .
- 12) Meridiaan kõrgus — $aS = 50^\circ S$.
- 13) Meridiaan aluwus — $Na' = 30^\circ N$.



Näitus 2. Waatleja laius — $40^\circ S$; waatlewa taewakeha asimut NO — 60° ja aluwus 5° .

Nende antud koordinaatide abil leiame otsitawa taewakeha koha punkt a (joon. 8) selle öö-päewa nähtawa liikumise paralleel on aa' antud momendis tunninurk — kaar EQB , deklinatsioon — kaar aB — N ; polaardistants — kaar $P'a$, senitdistsants — kaar Za . Sellesama keha koht W -ti wertikaali peal on punkt a' .

Tunninurk sel ajal — kaar EC; aluwus — kaar Wa', tõsupunkt — m, sel ajal tunninurk — kaar EQK; hommikupoolne tunninurk — kaar EK, tõusu asimut — kaar Sm — SO.

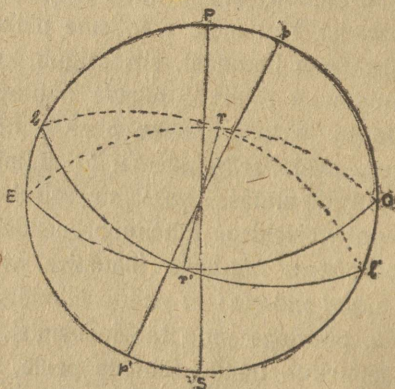
Loojamineku punkt — m', sel ajal tunninurk — kaar ED, loojamineku asimut — kaar Sm' — SW; meridiaani kõrgus Na, meridiaani aluwus — Sa'.

§ 15. Taewakehade nähtaw liikumine.

Eespool oleme juba näha saanud, et taewakehad enda öö-päewa nähtawa liikumise juures ei muuda ei tõusu ega loojamineku punkte horisoni peal, niisama ei muuda nad oma meridiaani kõrgust ega aluwust; kuid seesugune omadus ei ole mitte kõigil meile nähtawail taewakehadel. Kui meie vaatleme päikese, kuu ja planeetide öö-päewa liikumist, siis selgub, et need taewakehad muudawad oma öö-päewa nähtawal liikumisel niihästi tõusu ja loojamineku punkte, kui ka meridiaani kõrgust, peale selle näeme, et mainitud taewakehad muudawad alatasa ka oma seisukohte, teiste taewakehadega wõrreldes, tähendab, nendel peab olema, peale öö-päewa nähtawa liikumise, weel eriliikumine taewa sfääri mööda; et nende liikumist põhjalikumalt selgitada, pöörame oma tähepanemist, kohe peale päikese loojaminekut, nende tähtede peale, mis sel ajal hommikupool waatleja horisondil nähtawale tulewad; nendest märkame meie, et nad iga õhtu selsamal ajal päewa loojaminekust arwates ikka kõrgemale horisondist jääwad ja seega päikesele lähenedawad; pooleaastase waatlemise järele näeme, et needsamad tähed, mis 6 kuud tagasi peale päikese loojaminekut hommikupool horisondil üsna madalad olid, nüüd päikesega ühtlasi looja lähewad ja weel 6 kuud hiljem jällegi hommikupool horisondil näha on, sel ajal, kui päike looja läheb. Sellest, et aga tähed oma kindlat kohta üksteisega wõrreldes alal hoiawad, selgub, et päike taewa sfääri

mööda õhtu poolt hommiku poole liigub ja selle läbi hommikupoolsetele tähtele läheneb, õhtupoolsetest seltsamal moodsul kaugenedes, terwet ringi taewa sfääri mööda tehes; niisugune nähtaw päikese liikumine nimetakse: „nähtaw päikese aasta liikumine“ ja tema tee, mille mööda liigub, nimetakse ekliptika; wiimane sünnitab ühe suure ringi, mille kalduwusnurk poolitajaga ligi $23^{\circ} 28'$ on. Nähtaw päikese aasta liikumine sünnib maakera päikese ümber keerlemisest.

Ekliptika seisukohta taewa sfääril wõib leida, kui meie iga päew päikese nähtawa koha wälja rehkendame ja seda ühe kindla tähe seisukohaga wõrdleme.



Joon N9

Pöörpäewa punktid: Ev'qv kujutab poolitajat lv'l'v — ekliptikat, PS — taewa telg, pp' — ekliptika telg. Punktid, kus ekliptika poolitajast läbi lõikab (joon. 9), näituseks V ja V', nimetatakse pöörpäewa punktideks, v — kewade ja v' — sügise pöörpäewa punkt. Kewade pöörpäewa punktiks nimetakse sellepärast, et kui päike üle selle punkti lõunapoolsest sfäärast põhja poole läheb, siis algab meil kewade, teise punkti (v') ülemineku ajast, põhja poolt lõuna poole — algab

meil sügise. Nendes punktides jagab poolitaja ennast pooleks; kui päikene ühes nendest punktides on, siis liigub tema öö-päewa jooksul poolitaja mööda ja sellel põhjal on kõikidel elanikkudel maakera peal öö ja päew ühepikkused, sest päikene wiibib oma öö-päewa nähtawa käigu juures, niisama kaua aega waatleja horisondi peal, kui all. Kewade punktis (v) on päikene 21-sel märtsil, sügise punktis (v') — 22-sel septembril.

Punktid l ja l', mis kewade ja sügise pöörpäewa punktides 90° eemal seisawad, nimetakse päikese seisupunktideks, l on suwine ja l' talwine päikese seisupunkt; esimeses on päikene 22-sel juunil ja teises 22-sel detsembril. Päikese seisupunktideks nimetakse neid sel-lepärast, et nende punktide ümbruses päikene oma deklinatsiooni peaaegu sugugi ei muuda, mis sellest tuleb, et ekliptika kaare jagu nende punktide ümbruses poolitaja kaare jaoga paralleelis seisab.*)

Päikese öö-päewa liikumise äärmised paralleelid, mis seisupunktides läbi käiwad, nimetakse pöörjoon-teks. Wähja pöörejooneks nimetakse seda, mis poolitajast põhja, ja kaljukitse pöörjooneks seda, mis poolitajast lõuna pool on.

Suuring, mis üle taewa ja ekliptika pooluste läheb, ja niihästi poolitajale, kui ka ekliptikale loodis (perpendikulääris) seisab, nimetakse kaljuuraks (päikese seisupunktide ringiks).

§ 16. Öö ja päewa kestwuse muutmine.

Kõik see aeg, millal päikene waatleja horisondi pealpool wiibib, nimetakse päewaks, ja horisondi all wiibimise aeg nimetakse ööks. Kui päikese deklinatsioon oleks muutmata olnud, nii kui kinnistähtedel, siis ei muutuks ka päewa ega öö kestwused, see on: päew oleks alati ühepikkune, niisama ka öö.

*) Täpiseamat, ekliptika seisukoha väljarehendamise suhtes, saab seletud II jaos kaugesõidu õppekawa järele.

Oletame, et päikene wiibib ühes neist kahest, kas kewade ehk sügise pööripäewa punktis (joon. 9), siis liigub tema sel päewal poolitaja (ekwaatori) mööda, wiibib niisama kaua waatleja horisoni peal, kui all, ja kõigil elanikkudel maakera peal on päew ja öö ühepikkused; päike tõuseb siis O-st-punktist ja läheb looja W-st-punkti, tema meridiaani kõrgus on waatleja laiuse täiendusega ühesuurune, see on, umbes 22-sel märtsil ja 22-sel septembril; nimetud aegadel on päikese deklinatsioon = 0°. 22. märtsist kuni 22. juunini päikese deklinatsioon on Nord ja suureneb; tõusu ja loojamineku punktid lähenewad alatas N punktile; kõik see aeg tõuseb päike NO ja läheb looja NW neljandikkudes. Põhjapool maakera elanikkudel lähewad päewad pikemaks ja ööd lühemaks; lõuna maakera poole elanikkudel aga — ööd pikemaks ja päewad lühemaks. 22. juunil on Nordi laiuse elanikkudel kõige pikem päew ja kõige lühem öö. aga Süüdi laiuse elanikkudel — ümberpöördult. Päikese meridiaani kõrgus Nordi laiuses suureneb, aga Süüdi laiuses väheneb; 22-sel juunil on Nordi laiuse elanikkudel kõige suurem meridiaani kõrgus, aga Süüdi laiuse elanikkudel kõige wäiksem. Aeg 22-sest märtsist kuni 22. juunini nimetakse kewadeks Nordi laiuses ja sügiseks — Süüdi laiuses.

22-sest juunist kuni 22. septembrini on päikese deklinatsioon weel N, aga väheneb; tõusu ja loojamineku punktid lähenewad O-st- ja W-st-punktidele; päewad, ühes sellega ka meridiaani kõrgused päikesel, Nordi laiuses vähenewad, ööd jääwad pikemaks, lõuna laiuses — ümberpöördult. Päike tõuseb ikka weel NO neljandikust ja läheb looja NW neljandikku; selle perioodile wastaw aastaag nimetakse põhja laiuses suweks ja lõuna laiuses talweks.

22-sest septembrist kuni 22. detsembrini on päikese deklinatsioon Süüd ja suureneb, päikese tõusu ja loo-

jamineku punktid lähenewad Süüd-punktile; päewad ja päikese meridiaani kõrgus põhja laiuses wähenewad ja ööd jääwad pikemaks; lõuna (Süüdi) laiuses — ümberpöördult. 22. detsembril on põhja laiuse elanikkudel kõige lühem päew ja päikesel kõige wäiksem meridiaani kõrgus, öö aga kõige pikem.

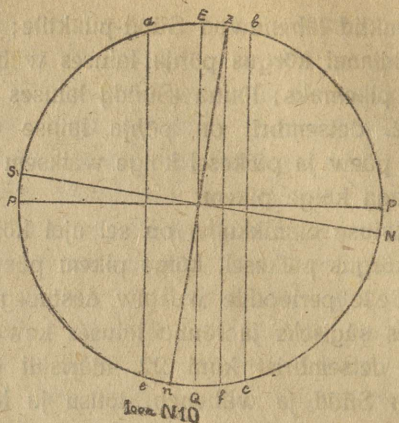
Lõuna laiuse elanikkudel on sel ajal kõige suurem meridiaani kõrgus päikesel, kõige pikem päew ja kõige lühem öö. Selle perioodile wastaw aastaaeg nimetakse põhja laiuses sügiseks ja lõuna laiuses kewadeks.

22-sest detsembrist kuni 22. märtsini on päikese deklinatsioon Süüd ja wäheneb, tõusu ja loojamineku punktid lähenewad Süüd-punktist O-st- ja W-st-punktile; päewad põhja laiuses lähewad pikemaks, aga ööd lühemaks ja meridiaani kõrgused päikesel suurenewad; lõuna laiuses — ümberpöördult. 22-sel märtsil, kui päikese deklinatsioon 0° on, saawad öö ja päew jällegi ühepikkuseks. See aastaaeg nimetakse põhja laiuses talweks ja lõuna laiuses suweks. 22-sest märtsist peale korduwad eespool seletatud nähtused.

Tähendus: Kõige suurem päikese deklinatsioon on 22-sel juunil Nord $23^{\circ} 27' 29''$ ja 22-sel detsembril niisama suur, see on: kaks korda aastas kõige suurem ja nagu eelpool nägime — kaks korda aastas = 0° , nimelt 22. märtsil ja 22-sel septembril.

§ 17. Nähtused troopikas.

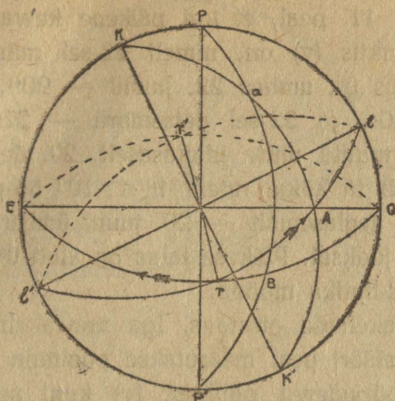
Kui waatleja seisab troopikas, kas põhja ehk lõuna laiuses, mis mitte üle $23^{\circ} 27'$ ei ole, siis saab tema päikest kaks korda aastas senitis näha, mitte ainult pöörpäewal, waid ka siis, kui päikese deklinatsioon waatleja laiusega ühesuurune ja ühenimeline on; joon. 10. peal on näha, et nendel päewadel liigub päikene paralleel Zf mööda; kõik see aeg, kui päikene paralleel Zf, kõik waheparalleelid läbi käib, kuni bc-ni, mis $23^{\circ} 27'$, laiuses on, ja sellest jälle tagasi poolitaja poole,



kuni paraleelini Zf, näeb waatleja lõuna ajal päikest ülemise pooluse pool, see on: Nordi laiuses lõuna ajal Nordi ja Süüdi laiuses — Süüdi.

§ 18. Tähetäewa näo muutus.

Nagu eelpool nägime, läheneb päikene, enda aasta nähtawa liikumise puhul, alatasa hommikupoolsetele tähtedele ja kaugeneb õhtupoolsetest, millest siis tuleb, et meie wõime näha igal aastaajal mitmesugusid tähtekogusid, sest need tähtekogud, mis päikesega ühel ajal waatleja horisoni peal on, ei ole meile mitte näha, sest nende walgus, mis päikese walgusest palju nõrgem on, kaob wiimase walgusesse ära; liigub aga päikene nende tähtede kogudest nii kaugele ära, et nad sel ajal horisoni peale jääwad, kui päikene horisoni all on, siis näeme meie neid tähtekogusid öösel poole aasta wältusel; muudab aga päikene oma pikkust kuni 180° -ni, see on, jõuab ta ennemalt nähtawate tähtekogudesse, siis ei näe meie mitte enam neid, waid teisi, mis nüüd peale päikese loojaminekut horisoni peale jäänud, poole aasta jooksul, nii et meie wõime näha



Joon N 11

talwel ühte ja suwel teisi tähtekogusid. Sellest selgub, et tähetaewa nägu aasia jooksul alatasa muutub. —

§ 19. Taewakehade koordinaadid ekliptika suhtes.

Taewakeha pikkus ja laius. Joon. 11. peal EQ kujutab taewa poolitajat, ll' — ekliptikat. P ja P' taewa poolused (nabad), K ja K' — ekliptika poolused. Suured ringid, mis ekliptikale loodis seisawad ja läbi selle pooluste lähewad, nimetakse laiuuse ringideks (KAK' joon. 11). Taewakeha äraseis, selle ringi kaare mööda, ekliptikast arwates, nimetakse taewakeha laiuuseks. Aa on antud keha a laius (joon. 11), arwatakse Nordi ja Süüdi poole ekliptikast, a laius on Nord. Selle ringi seisukoht loetakse ekliptika kaare mööda, kewade pöörpäewa punktist (v) kuni selle punktini, kus see ring ekliptikast läbi löikab, alati hommiku poole 0° kuni 360°-ni; seesama kaar nimetakse taewakeha pikkuseks, näituseks vA on keha a pikkus. Nii määrab tähe pikkus selle laiuuse ringi seisukoha, kuna laius annab tähe täpise koha laiuuse ringi peal.

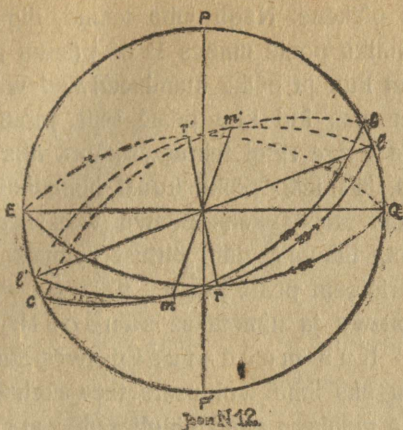


Mis puutub päikese koordinaatidesse, siis näeme meie joon. 11. peal, et kui päikene kewadeses pööripäewa punktis (v) on, nimelt 22-sel märtsil, siis on tema pikkus 0° , umbes 22. juunil — 90° , 22-sel septembril 180° ja 22-sel detsembril — 270° . Päikese pikkus ei muutu mitte ühetasaselt, 20. detsembri ümber muutub ta kõige rutem $1^{\circ} 1' 10''$ ööpäewa jooksul. Kõige aeglasemalt — 20. juuni ümber — $57, 11''$ ööpäewa jooksul. Päikese laius on alati 0° , sellepärast, et liigub ekliptika mööda.

Taewakehade otsetõus. Iga taewakeha meridiaani seisukoht sfääri peal määratakse poolitaja kaarega, kewadise pööripäewa punktist (v) kuni selle punktini, kus see meridiaan poolitajast läbi lõikab, see kaar nimetakse taewakeha otsetõusuks, ta loetakse kewadise pööripäewa punktist hommiku poole, poolitaja kaare mööda 0° kuni 360° -ni; tähe a otsetõus on vB (joon. 11). Otsetõusu abil saab leitud taewa sfääril esiteks taewakeha meridiaani seisukoht, siis selle deklinatsioonini abil — taewakeha koht leitud meridiaani peal.

§ 20. Kuu liikumine teiste taewakehade keskel.

Päikesest järgmine taewakeha oma nähtawa suuruse ja walgustuse jõu suhtes on kuu. Tema on teistest taewakehadest kõige lähemal maakerale; kuu enda liikumine on õige rutuline, ta teeb terve ringi ümber maakera $27\frac{1}{3}$ päewaga õhtu poolt hommiku poole. Oletame, et kuu kulmineerib ühel ajal mingisuguse tähega. Kui seesama täht jälle üle waatleja meridiaani läheb, jääb kuu sellest tähest 13° hommiku poole, järgmisel korral 26° j. n. e., nii teeb tema terve ringi ümber maakera $27\frac{1}{3}$ päewaga ja siis kulmineerib kuu selle tähega jällegi ühel ajal. Tee, mille mööda kuu liigub, sünnitab ühe suure ringi, mis nimetakse kuu orbiitaks, selle ringi kalduwusnurgad ekliptikaga on umbes $5^{\circ} 9'$, kunas nad



perioodiliselt muutuvad 5° -st kuni $5^{\circ} 18'$ -ni; orbiita lõikab ekliptikast läbi kahes punktis, mis nimetakse sõlmedeks. Need sõlmed liiguwad ekliptika mööda hommiku poolt õhtu poole, umbes $19^{\circ} 20'$ aastas; terve ringi ekliptika mööda teewad nad $18\frac{3}{5}$ aasta jooksul, selle läbi muutub orbiita kalduwusnurk poolitajaga $18^{\circ} 18'$ kuni $28^{\circ} 36'$. Joonistus 12. peal on: EQ — taewa poolitaja (ekwaator), 11' — ekliptika, bc — kuu orbiita m ja m' sõlmed mm' sõlmede joon.

See sõlm, mille üle kuu lõuna laiuselt põhja laiusesse läheb, nimetakse ülenew-sõlmeks (sõlm m. joon. 12); teine sõlm m', kus kuu põhja laiuselt üle ekliptika lõuna laiusesse läheb — alanew-sõlmeks.

Waheaeg $27\frac{1}{3}$ päewa, mil kuu terve ringi oma orbiita mööda teeb, nimetakse tähe- ehk sideraalkuuks.

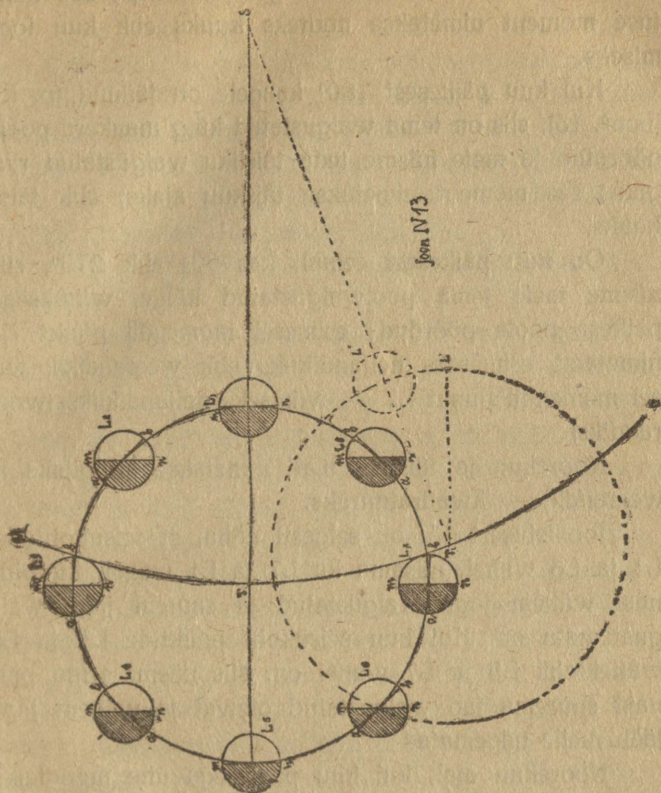
Oma orbiita mööda õhtust hommiku poole liikudes jääb kuu, öö-päewa nähtawa liikumise juures ööpäewa jooksul päikesest 12° hommiku poole, selle tõttu kulmineerib tema waatleja meridiaani umbes $\frac{3}{4}$ tundi

hiljem, kui päikene. Nagu juba teame, liigub ka päike õhtust hommiku poole umbes 1° öö-päewa jooksul; oletame siis, et kuu ja päike kulmineerivad waatleja meridiaani ühel ajal, kui kuu peale seda momenti on orbiita mööda terve ringi teinud, see on, üks sideraalkuu on möödas, siis jääb päike kuust hommiku poole umbes 27° , mis umbes kaks päewa weel aega tarwitab, kui kuu oma liikumise läbi õhtust hommiku poole jälle päikese meridiaani peale jõuab. Kõik see waheaeg kestab $29\frac{1}{2}$ päewa ja nimetakse sünoodikuuks.

§ 21. Kuu muudatused (weerandid).

Et kuu üks ilma walgujeta taewakehadest on, siis wõime meie maakera pealt ainult seda jagu kuust näha, mis päikesest walgustatud saab ja meie poole pöördud on. Oma, päikesest, rutema liikumise läbi nähtawa orbiita mööda, saab olema kuu ühe sünoodikuu jooksul mitmesuguses seisukohas, päikese ja maakera suhtes, sellepärast muutub selle aja jooksul ka kuu wälimine nägu, see on, ta näitab meile end wahest kitsa sirbina, wahest näeme teda pooleringina ja täisringina walgustatud, ja mõnikord ei näe meie kuud sugugi; seesugune kuu wälamise näo muutus on ka tõenduseks, et tema ümber maakera keerleb. Waatame nüüd, joonistuse abil, missuguses seisukohas, maakeraga ja päikesega wõrreldes, kuu oma wälimist nägu muudab.

Joonistuse 13. peal ring L1, L2, L3 ... kujutab maakera T ümber keerdes MN — üks jagu orbiitast, mida mööda maakera ümber päikese käib, mille seisukoht õige joone TS peal on. Et maakera kaugus päikesest väga suur on, sellega ühes ka kuu orbiita selle kauguse kohta väga wäike, wõib oletada, et kiired, mis päikese pealt, üks kõik missugusesse punktisse kuu orbiita peale langewad, isekeskis paraleelis on; millepärast ka tasapinnad mn, mis kuu walgustud pooled walgustamata pooltest eraldawad, kõik isekeskis pa-



Joone N13

ralleelis seisavad, ühes sellega ka loodis õige joonele TS, mis maakera tsentri päikesega ühendab. Peale selle on kuu tasapind ab, mis maakera poole pöördud kuupinna vastaspoole pinnast eraldab, alati loodis kuu orbiita raadiustele.

Kui maakera ja kuu orbiitad sünnitaksid ühe üleüldise tasapinna, see on, kui nende tasapinnad kokku langeksid, siis ei näeks meie maakera pealt valgustatud kuu pinda sugugi, sel juhtumisel, kui kuu punktis L1 seisab. Et nende orbiita pinnad üksteisest umbes 5° nurga all lõikavad, on meil sellel momendil pikksilma

abil võimalik näha kitsas walgustatud sirp; see nähtuse moment nimetakse nooreks kuuks ehk kuu loomiseks.

Kui kuu päikesest 180° kaugele on jäänud (p. L5 joon^o. 13), siis on tema walgustatud külj maakeri poole pööratud ja meie näeme teda täieliku walgustatud ringina; see moment nimetakse täiskuu ajaks, ehk täiskuuks.

On kuu päikesest eemal, kas 90° ehk 270° , siis näeme meie tema poolwalgustatud külge, wiimasega päikese poole pöördud; esimesel momendil punkt L3 nimetame esimeseks neljandikuks ehk weerandiks, teisel momendil punkt L7 — wiimseks neljandikuks (weerandiks).

Noorekuu ja täiskuu ajad nimetakse sisiigijaks ja weerandid — kwadratuuraks.

Joonistusest 13. on selgesti näha, et seisukohtadel L1 ja L3 wahel, niisama ka L7 ja L1 wahel, kuupinnast vähem jagu walgustatud ja suurem jagu walgustamata on. Kui kuu seisukoht punktide L3 ja L5 wahel ehk L5 ja L7 wahel on, siis näeme tema pinnast suurema jao walgustatud oletat ja vähem jagu jääb meile nägemata.

Noorekuu ajal, kui kuu päikesega ühe meridiaani peal, kulmineerib ta waatleja meridiaani umbes kell 12 päewal ja kell 12 öösel; umbes $7\frac{1}{2}$ päewa pärast, kui kuu on 90° päikesest hommiku poole jäänud, kulmineerib ta waatleja meridiaani umbes kell 6 õhtul ja kell 6 hommikul, see on, õhtul ülemise jao ja hommikul alumise; täiskuu ajal kulmineerib kuu waatleja ülemise meridiaani jao kell 12 öösel ja alumise jao — kell 12 päewal; wiimse weerandi ajal kulmineerib kuu — ülemise jao umbes kell 6 hommikul ja alumise jao kell 6 õhtul. Järgmisest noorekuu ajast kordawad needsamad nähtused; terve periood kestab $29\frac{1}{2}$ päewa, kuna terve

ringi oma orbiita mööda teeb kuu $27\frac{1}{3}$ päewaga. Wahe tulleb sellest: selle aja jooksul, millal kuu terve orbiita peal ära käib, on maakera kuu orbiitaga ühes punktist T punktisse T', päikese ümber käies, liikunud, sellel momendil saab kuu seisukoht joone TT'1 peal olema, mis joonega TS paralleelis on, kuna noorekuu seisukohani L' tarwis kuul oma orbiita jagu L'1 L' läbi liikuda, milleks ta umbes $2\frac{1}{4}$ päewa tarwitab.

§ 22. Planeedid ja nende nähtaw liikumine.

Tähtede keskel taewa sfääril on weel peale päikese ja kuu, tähesarnased taewakehad, mis liikumata tähtede keskel oma seisukoht taewa sfääril tähtsalt muudawad, kuid nende liikumine ei ole mitte nii kui kuul ja päikesel üksi õhtust hommiku poole, waid nad liiguwad wahest õhtust hommiku, wahest hommikust õhtu poole. Seega on nendel kahesugune, otse ja pöördud liikumine. Niisugused taewakehad nimetakse planeetideks; ka meie maakera on üks nendest. Peale maakera tunneme meie 7 planeeti, nimelt: Merkuur, Veenus, Mars, Jupiter, Saturn, Uraan, Neptuun. Kõik need planeedid seisawad maakerast wäga mitmesugustes kaugustes. Esimesed wiis on meil palja silmaga nähtawad, kaht wiimast wõib ainult pikksilma abil näha. Merkuur ja Veenus on alati päikese lähedal nähtawad, kord päikesest paremal, kord pahemal pool; sellel puhul on selge tähena paistew Veenus wahest õhtul, peale päewa looja õhtupool taewas näha, wahest hommikul enne päikese tõusu hommikupool taewas. Esimesel juhtumisel nimetakse seda planeeti ehatäheks, ja teisel juhtumisel koidutäheks. Merkuur on aga päikesele nii lähedal, et tema nõrgem walgus päikese walgusesse ära kaob, sellepärast on ta meie palja silmale wäga harwa näha. Planeedid on, niisama kui kuu, ilma walguseta kehad. Selle walguse, mida meie nendelt näeme, saa-

wad nad päikeselt. Planeetidel on ka omad kuud, mis nende ümber keerlewad, niisama, kui meie kuu maakera ümber keerleb. Nii on Marsil 2 kuud, Jupiteril — 8, Saturnil — 10, Uraanil — 4 ja Neptuunil — 1. Need kuud nimetakse planeetide kaasrändajateks, sellepärast, et nad, planeetide ümber keerledes, ühes wiimastega ka päikese ümber keerlewad, täpipealt niisama, kui maakera kuuga ühes päikese ümber käib. Saturnil on, peale tema 10 kaasrändaja, weel kolmekordne rõngas ümber. Ühe aasta kestvus on Merkuuri ja Veneera peal peaaegu niisama pikk, kui meil maakera peal. Marsi aasta on meie 11 kuud, Jupiteril meie 11 aastat ja 10 kuud, Saturnuse peal 29 aastat 6 kuud, Uraani peal — 84 aastat ja Neptuuni peal 164 aastat ja 7 kuud.

§ 23. Precession. Kewade pöörpäewa punkt, millest arwatakse kõikide taewakehade pikkus, ei hoia oma kindlat kohta taewa sfääril, waid liigub ekliptika mööda õige pikkamisi hommikust õhtu poole; tema liikumise kiirus on umbes 50,2" aastas ja teeb tema terve ringi ekliptika mööda umbes 25.800 aasta jooksul. — Selle punkti liikumise põhjal suureneb ka seiswate tähtede pikkus, nimelt 50,2" aastas. On selgeks tehtud, et ekliptika oma seisukohta mitte ei muuda; siis on oleneb pöörpäewa punktide liikumine ainult sellest, et taewa poolitaja oma kindlat kohta mitte alal ei hoia, sest kui kaks ringi üksteisest läbi lõikawad ja need lõikepunktid ühele poole edasi liiguwad, siis peab üks neist ringidest tingimata oma seisukohta muutma, kui teine paigalseisew on; et pöörpäewa punktid muud ei ole kui poolitaja ja ekliptika üksteisest läbilõikepunktid, siis liiguwad niihästi kewade kui sügise pöörpäewa punktid ühes ja sellessamas sihis ainult poolitaja liikumise põhjal. Selle liikumise juures jääb aga poolitaja kalduwusnurk, ekliptika suhtes, peaaegu muutmata.

§ 24. Taewakehade nähtawa liikumise seletus.

Seesugune taewakehade nähtaw öö-päewa liikumine, millega meie juba eespool oleme endid tutwustanud, wõib ainult kahel juhtumisel oleneda, esiteks, kas käiwad kõik taewakehad ümber paigalseiswa maakera ringide mööda, millede tasapinnad maakera teljele loodis seisawad, hommikust õhtu poole, wõi siis pöörab maakera oma telje ümber õhtust hommiku poole. Mõlematel juhtumistel oleks meil ühesugune nähtus taewakehade öö-päewa liikumise suhtes, sest waatleja ei märka mitte maakera oma telje ümber pööramist sellepärast, et kõik waatlejale nähtawad asjad ühes temaga ühel mõõdul maakeraga samas sihis liiguwad; küll näeb aga waatleja, et kõik taewakehad ümberpöörduft paralleelide mööda hommikust õhtu poole liiguwad. Kui meie neid ülewalmimetud kaht juhtumist wõrdleme, neid lähemalt järel uurides, siis selgub meile, et kahtlemata wõib taewakehade öö-päewa nähtaw liikumine ainult teisel põhjusel sündida, see on, maakera oma telje ümber pööramise läbi õhtu poolt hommiku poole.

1) Tähtede wäga suurt ja mitmesugust kaugust maakerast tähele pannes, saab meile selgeks, et tähed, mis mitmesuguses kauguses maakerast, ei wõi mitte wiimase ümber, ühesuguse kiirusega liikudes, ühel ja selsamal ajal terwet ringi teha, sest meil on teada, et olgu üks taewakeha kas ekwaatori peal, ehk pooluse ligidal, igaüks nendest teeb oma nähtawa öö-päewa liikumise juures terwe ringi ümber maakera 23 tunni ja 56 minutiga.

2) On wälja arwatud, et tähed palju suuremad on kui meie maakera, siis ei ole mingit põhjust arwata, et ühed kehad, mille kõrwal meie maakera oma suuruse järel tähtsuseta on, selle wäikese punkti ümber nii korralikult keerleksid.

§ 25. Kopernikuse süsteem. (Kopernik sündis 1473. a.)

Eelpool seletatud põhjustel ja füüsiliste näituste abil tuli selleaegne kuulus astronoom otsusele: 1) et taewakehade nähtaw öö-päewa liikumine oleneb maakera oma telje ümberpööramisest õhtu poolt hommiku poole, 2) kõikide planeetide liikumise keskpunktiks on päike, see on: maakera ja kõik teised planeedid keerlewad ühes oma kaasrändajatega ümber päikese õhtu poolt hommiku poole mitmesuguses kauguses; kõik planeedid on pimedad kehad, niisama ka nende kaasrändajad, ja saawad meile nähtawa walguse päikesest. Kõik planeedid, päikese ümber keerledes, pööravad, niisama kui meie maakera, ka ise oma telje ümber.

Maakera, päikese ümber keerledes ja selsamal ajal oma telje ümber pöörates õhtu poolt hommiku poole, hoiab niisugust seisukohta alal, et tema telje kalduwusnurk maakera orbiita suhtes peaaegu muutmatalt $66\frac{1}{2}^{\circ}$ on. Maakera kaasas ümber päikese rändab ka tema kuu, mis peale selle, nagu meie eespool nägime, alatasa ümber maakera keerleb, ka õhtust hommiku poole.

Kõikidel tähtedel on oma walgus, niisama kui päikesel. Nemad hoiawad nähtawasti omi kindlaid seisukohti alal ja on koondatud arwamata kauguses wäljaspool planeetide orbitiidest.

Tähendus. Ei ole meil mingit põhjust arwata, et tähed, mida meie kinnistähtedeks nimetame, tõesti taewaruumis liikumata seisawad; ainult nende arutu kauguse põhjusel ei wõi meie nende liikumist märgata. Uurimised on selgeks teinud, et ka meie päike ühes oma perega, see on, kõige planeetidega ühes, taewa ruumis mingisuguse keskpunkti ümber keerleb.

Nii selgub Kopernika süsteemist, mis ka õige põhja peale on rajatud, et taewakehade nähtaw öö-päewa

liikumine hommikupoolt õhtupoole oleneb maakera oma telje ümber pöörlemisest õhtust hommiku poole; päikese enda nähtaw aastaliikumine ekliptika mööda õhtust hommiku poole oleneb maakera päikese ümber keerlemisest, ka õhtust hommiku poole. Mis puutub kuu nähtawa liikumisesse õhtupoolt hommikupoole, siis tuleb see tema maakera ümberkäimisest, mille põhjal võime meie kuu liikumist mitte ainult nähtavaks, vaid tõelikuks liikumiseks nimetada.

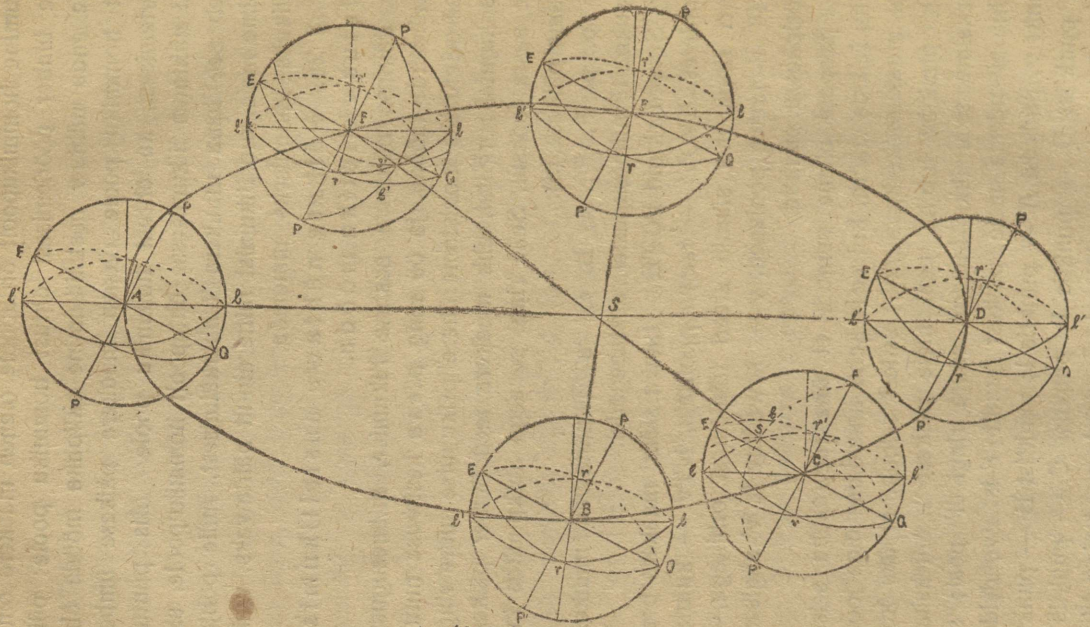
§ 26. Päikese nähtawa aastaliikumise seletus ekliptika mööda.

Päikese nähtawa aastase liikumise, mitmesuguste paralleelide mööda, ja öö ning päewa kestwuse muutmise seletuseks joonistame ühe elipsikujulise suure ringi, mis kujutab orbiitit, ehk maakera teed ümber päikese ühe aasta jooksul. Selle ringi peaaegu keskpunktis kujutame päikese (S).

p. p. F, F', A, B, C, ja D näitawad maakera seisukohti mitmesugustel aastaegadel.

Suured ringid PQP'E — taewa sfääri maakera pealt waadates, EVQV' — taewa poolitaja, lv'l'v — kujutab suurt ringi, mis sünnib sfääri läbilõikest orbiitaga, P ja P' — taewa poolused, v — kewadine ja v' sügisene pööripäewa punktid.

Eespool oleme näinud, et ühe taewakeha seisukoha leiame sfääril, kui selle keha ühendame õige joone läbi maakera keskpunktiga; sellest selgub, et üks kõik kust punktist orbiita peal meie päikest waatleksime, näeksime teda ikka kusagil suure ringi ll' peal; sel põhjusel näeme meie päikest punkt F-ist waadeldes punkt v, punktist A — punktis l; punktist B — punktis v', punktist D — punktis l', punktist C — punktis s ja punktist E' — punktis s'. Arusaadaw, et ring ll' ei ole muud midagi, kui päikese nähtawa liikumise tee ümber maakera, ehk ekliptika.



Joan N 14

Kui oleks maakera telg orbiita tasapinnale loodis, langeks sfääri läbilõike poolitajaga kokku, siis näek-
sime meie päikest tema nähtawa aasta liikumises alati
poolitaja peal, millepärast ka päikese deklinatsioon muut-
mata jääks; kuid Kopernik tegi tõeks, et maakera telg
kaldub orbiita tasapinnale $66^{\circ} 32' 7''$ nurga all ja poo-
litaja EQ — ringile $11^{\circ} 23' 27,3$ nurga all, wiimast joone
vv' mööda läbi lõigates. Sellest järeldub, et päikese
deklinatsioon (joon. 14) punktis A — kaar QI = 23°
 $27,3' N$ — umbes 22-sel juunil; punktis B on dekli-
natsioon 0° , sest waatleja näeb päikest sügise pööri-
päewa punktis (v') 22-sel septembril, punktis C —
kaar bs, Süüdi nimeline ja suureneb (umbes $1\frac{1}{2}$ kuud
peale eelmist seisukohta), punktis D kaar EI' — 23°
 $27,3 S$. — 22-sel detsembril, punktis E on deklinat-
sioon jällegi 0° ja waatleja näeb päikest kewadises
pööripäewa punktis (v) umbes 22-sel märtsil, punktis
F' — kaar b's' suureneb Nordi deklinatsioon, kuni
punkt A-ni, sellest momendist kordub seesama dekli-
natsiooni muutus.

Sellesama joonistuse peale tähelpanemist pöörates
näeme, et päikese pikkus ja otsetõus 22-sel märtsil
(punkt F) on 0° . Maakera liikumise juures ümber päi-
kese, orbiita mööda noole f järel, suurenewad need
mõlemad koordinaadid 0° -st kuni 360° -ni. Jõuab maa-
kera punkt A-ni, on päikese pikkus kaar vl: 90° , otse-
tõus vQ = 90° ; punkt B — pikkus kaar vlv' = 180° ,
otsetõus vQv' = 180° ; punkt D — pikkus kaar vlv'l' =
 270° , otsetõus vQv'E = 270° ; jõuab maakera punkt F,
on ta terve ringi päikese ümber teinud, ning päikese
pikkus saab olema 360° ja otsetõus — 360° ja waat-
leja näeb päikest jällegi kewadise pööripäewa punktis;
peale selle kordub endine muutus mainitud koordinaatide
suhtes.

Märkus. Eelpool on näidatud, et päikese pikkus ja otsetõus teatud punktides ühesuurused on, kuid nii ei ole see mitte alatasa maakera teekonnal ümber päikese; teorialikult võib näidata, et kewadise ja sügise pööripäewa punktide ümbruses muutub päikese pikkus kiiremalt, kui otsetõus, kuna päikese seisupunktide ümbruses selle otsetõus kiiremalt muutub, kui pikkus; selles põhjusel ei või nad igas momendis mitte ühesuurused olla. Obserweerimised näitawad, et päikese pikkus muutub kõige kiiremalt umbes 20. detsembril, $1^{\circ} 1\frac{1}{6}'$ öö-päewa jooksul, ja kõige aeglasemalt 20. juuni ümber; see tuleb sellest, et 20. detsembril on päike maakeralale kõige lähemal (perigeis) ja 20. juunil kõige kaugemal (apogeis).

P e a t ü k k II.

Ajamõõtmine.

§ 27. Ajamõõtmiseks on tingimata tarwis wõtta selle muutmata jagu, mida ajamõõtmise üksuseks nimetame; et maakera oma telje ümber ühetasaselt ja alati ühe ja sellesama waheajaga terve pööre teeb, siis võib seda waheaega ajamõõtmise üksuseks tarwitada ja äärmääratud waheajaga, mis on koondatud ühe ja sellesama tähe kahe üksteise järele järgnewa kulmineerimise wahel, kas poolepäewa ehk pooleöö waatleja meridiaani jaost arwates. Selle üksuse hakatus arwatakse momendist, kui kewadine pööripäewa punkt kulmineerib waatleja poolepäewa meridiaani jao.

See üksus on jagatud 24 ühesuurustesse jagudesse, iga jagu nimetakse tähe tunniks. Tund jagatakse omakorda 60 jakku ja iga jagu nimetakse tähe minutiks, minut — jällegi 60 jakku, mis jagu nimetakse tähe sekundiks. Tähe tundide, minutite ja sekundite arw, mis on loetud sellest momendist, kui kewadine pööripäewa

punkt üle waatleja meridiaani lõuna jao läks, kuni antud ajani, nimetakse tähe ajaks antud meridiaani peal sel-
 lel momendil. Saab aga tähe tundide, minutite ja se-
 kundite arw wabalt wõetud momentide wahel loetud,
 siis nimetakse see waheaeg tähe waheajaks.

Kewadise pööripäewa punkti tunninurk on igal ajal
 niisama suur, kui tähe aeg; kui mingisugune täht kul-
 mineerib waatleja meridiaani lõunapoolse jao, siis on
 selle tähe otsetõus ühesuurune tähe ajaga, sellel mo-
 mendil.

§ 28. Aja üleminek graadidesse ja üm-
 berpöördult. Niisama, kui kewadise pööripäewa
 punkt, muudab iga punkt tema sfääri peal oma tunni-
 nurka 360° 24 tähetunni jooksul; nende andmete järel
 wõime igal ajal proportsiooni abil antud waheaja graa-
 dideks ja ümberpöördult muuta.

Näitused ja ülesanded:

24 tundi tähe aega wõrdleb		360 ^o
1 t. " " "	$\frac{360^{\circ}}{24} =$	15 ^o
1 min. " " "	$\frac{15^{\circ}}{60} =$	15'
1 sek. " " "	$\frac{15'}{60} =$	15''

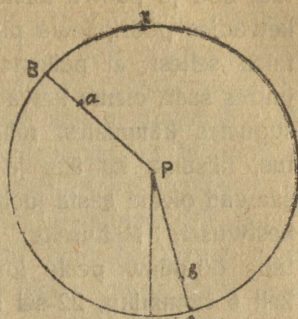
Ümberpöördult:

360 ^o		24 tund.
1 ^o	$\frac{24 \text{ t.}}{360} = \frac{1 \text{ t.}}{15} = \frac{60 \text{ m.}}{15} =$	4 m. tähe aega
1'	$\frac{4}{60} = \frac{1 \text{ m.}}{15} = \frac{60 \text{ s.}}{15} =$	4 sek. " "
1''	$\frac{4 \text{ sek.}}{60} = \frac{1 \text{ sek.}}{15} =$	0,066 sek.

$$2) 75^{\circ} 33' 42''$$

$$75^{\circ} 30' = 5 \text{ t. } 2 \text{ m.}$$

$$3,7 = \frac{\quad}{5 \text{ t. } 2 \text{ m.}} \frac{14,7 \text{ s}}{14,7 \text{ s}}$$



Joon N 15

Joon. 15 peal on täheaeg Av, seesama kaar on ka kewadise pöörpäewa punkti (v) tunninurk. Täheaeg rehkendakse wälja iga taewakeha tunninurga abil. Oletame, et ring ABvC kujutab taewa ekwaatorit (joon. 15) raadiused: PA, PB ja PC on mitme meridiaani

kaared. PA — waatleja meridiaan, a — mingisuguse taewakeha koht ja v — kewadine pöörpäewa punkt. ABv on kewadise pöörpäewa punkti tunninurk ühes sellega ka tähe aeg antud meridiaani PA peal; kaar AB — taewakeha a tunninurk ja VB selle keha otsetõus; joonistusest näeme, et $ABV = AB + BV$, see on: Tähe aja saame kätte, kui antud keha tunninurgale arwame juure tema otsetõusu. — Kui nende summa saab olema suurem, kui 24 tundi, nagu näituseks taewakeha b suhtes, mille tunninurk = kaarele ABC ja otsetõus — kaar VAC, siis peab saadud summast 24 tundi maha arwama, näituseks $ABC + CAV = ABC + CA + AV = 24 \text{ t.} + ABC$ ja $ABV = ABC + CAV = 24 \text{ tundi}$.

Täheaja hõlpsuse puudus ajamõõtmise juures harilikus elus.

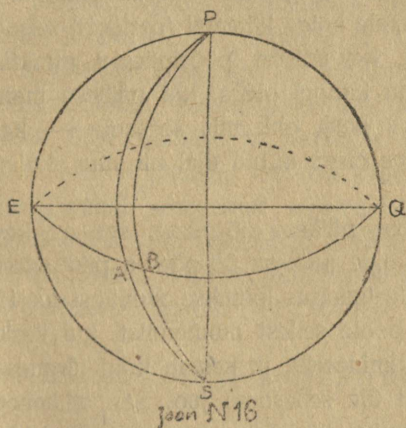
Astronoomialistes ülesannetes on täheaeg väga tähtis, sest selle abiga on mitmesuguste ülesannete wäljarehkendamine palju kergendatud, kuid elus ajamõõtmiseks on tähe aeg kõlbmata, sellepärast et päikese ööpäewa liikumine, mille järele inimese eluolud on juhi-

tud, ööd ja päewa üksteisest äraldades, ei lange kokku kewadise pööripäewa punkti öö-päewa liikumisega, mis tuleb sellest, et päikene enda nähtava aasta liikumise juures saab olema kewadise pööripäewa punktist mitmesugustes kaugustes, mille tõttu tähe öö-päewa hakatus, niisama ka üks ja seesama määratud tähe tund, saavad olema aasta jooksul mitmesugusel ajal öö-päewa kestwusel. Näituseks: 22-sel märtsil (umbes) hakkab tähe öö-päew peale lõuna ajal, 22-sel juunil, umbes kell 6 hommiku, 22-sel septembril kell 12 öösel j. n. e. Et ööpäew päikesest oleneb, siis on palju hõlpsam aega mõõta üksusega, mis ühe kindla, kas öö ehk päewa ajaga ühte langeb. Sellepärast on wõetud ajamõõtmise üksuse aluseks niisugune, mis päikesest oleneb ja see on: *Õige öö-päew ja õige aeg*. Waheaeg, millal päikene kaks korda järjestikku waatleja meridiaani üle ühe ja sellesama jao läheb (kulmineerib) nimetakse *õige öö-päew*. Seda waheaega arwatakse waatleja meridiaani lõuna jaost õhtu poole. *Õige öö-päew* jagatakse 24 ühesuurustesse jagudesse, iga jagu nimetakse tunniks; tund jälle 60 jakku ja nimetakse minutiks, iga minut — 60 jakku ja see jagu nimetakse sekundiks.

Tundide, minutite ja sekundite arw, mis on loetud waatleja meridiaanist, nimetakse *õigeks ajaks* ja arwatakse 0 t-st kuni 24 t-ni. Kui päikene on waatleja lõunameridiaani peal, siis nimetakse see moment *õige lõuna* ehk *õige poolpäew*, sellel ajal on päikese tinninurk 0° . Et päike oma nähtawa öö-päewa liikumise juures terwe ringi 24 tunni jooksul teeb, siis muudab ta oma tinninurka ühe tunni wältusel $\frac{360^{\circ}}{24 \text{ t.}} = 15^{\circ}$, sellest järgneb, et päikese tinninurk antud tundides ja selle jagudes sünnitab *õige aja* antud momendis.

Õige öö-päewa wältus tähe öö-päewa wältusest pikem. Kui päike 22-sel märtsil, nagu juba teame, ke-

wadises pöörpäewa punktis wiibib, siis kulmineerib ta waatleja meridiaani lõunapoolse jao mainitud punktiga ühel ajal, näituseks PA (joon. 16); teeb maakera oma telje ümber terve ringi, on kewadine pöörpäewa punkt jällegi meridiaani PA peal, päike aga ei jõudnud weel mitte sellesama meridiaanini, sellepärast, et tema oma aastase nähtawa liikumise läbi pöörpäewa punktist taha jäi ja jõudis selleks ajaks ainult meridiaani PB peale. Nii lõpeb õige öö-päew hiljem tähe öö-päewa alles siis, kui maakera on oma telje ümber nurga APB jagu hommiku poole pööranud. See nurk wõrdub poolitaja kaarega AB, mis on oma korda päikese otsetõusu suurenemine tähe öö-päewa jooksul ja sisaldab umbes 1° ehk 4 minutit.



Selle läbi, et päikese otsetõus ei muutu aasta jooksul mitte ühetasaselt, on õige öö-päewa ja tähe öö-päewa wahe ka muutlik, see on: õige öö-päew lõpeb peale tähe öö-päewa mitmesuguste waheaegade järel aasta jooksul, mis ei ole suurem kui 4 m. 26 s. ja vähem kui 3 m. 35 s.; nii on selle waheaja muutus 51 sek.

Sellest järeldub, et õige öö-päewa kestvus aasta jooksul ei ole mitte ühesugune, mis teeb võimataks üht kella ehitada, mis päikesest olenewa öö-päewa tunde ja nende jagusid, mis ka mitte ühesugused ei ole, näitaks. See põhjus teeb võimataks mainitud üksusi harilikus elus tarvitada, selle peale vaatamata, et õige aja muutus päikese öö-päewa liikumisele vastab.

§ 29. Keskmise aeg. Õige aja mõõtmiseks võetud üksuse muutus sundis astronoomisid ajamõõtmiseks igapäewases elus kujutada päikese asemel ühte punkti, seda keskmiseks päikeseks nimetades, ja et see keskmine ettekujutatud päike liiguks ühetasaselt taewa poolitaja mööda õhtu poolt hommiku poole ja teeks viimase mööda terve ringi sellesama waheaja sees, kui päike terve ringi teeb ekliptika mööda ja kui päikene maakerale kõige lähemal (perigeis) seisab, siis keskmine päike kewadisest pööripäewa punktist poolitaja peal niisama kaugel oleks, kui päikese mainitud punktist ekliptika peal, ehk mis seesama — keskmise päikese otsetõus oleks antud ajal nii suur, kui õige päikese pikkus.

Keskmise päikese öö-päew, see on keskmine pikkus kõigist õige päikese öö-päewa pikkustest ühe aasta jooksul, selle hakatus loetakse waatleja meridiaani lõuna jaost õhtu poole sellest momendist, kui keskmine päike selle jao kulmineerib, ja kestab kuni järgmise kulmineerimise ajani üle sellesama jao. See waheaeg, nõndanimetud keskmine öö-päew, jagatakse 24 jakku ja kutsutakse keskmisteks tundideks, iga tund jagatakse 60 jakku, mis keskmisteks minutiteks nimetakse, üks minut jagatakse jälle 60 jakku ja nimetakse keskmisteks sekundideks. Nende tundide, minutite ja sekundide arv (kokkuwõetult), mis waatleja lõuna-meridiaanist loetakse, nimetakse keskmiseks ajaks antud momendil. Seesama waheaeg nimetakse ühtlasi ka keskmise päikese tunni-

nurgaks. Kui keskmine päikene seisab waatleja lõuna-meridiaani peal, siis nimetakse see moment, waatleja suhtes, kesk lõunaajaks.

Et keskmine päike taewa poolitaja mööda terve ringi sellesama waheajaga ära käib, kui õige päike oma nähtawa aastaliikumise juures terve ringi ekliptika mööda teeb, siis ei jää nad aasta jooksul kunagi üksteisest kaugele. Nende meridiaanid seisawad mõnikord aasta jooksul kõige kaugem 4° ehk 16 minutit, sellepärast võib olla mõlemate lõuna momentide ehk kulmineerimise wahe ka mitte pikem, kui 16 m. õige päike, mis mõnikord rutem, mõnikord aeglasemalt liigub, kui kujutatud keskmine päike, on aasta jooksul kord keskmise päikese ees, kord selle taga. Selle juures langevad aga aasta jooksul nende meridiaanid kokku ja see on 3. aprillil, 3. juunil, 20. augustil ja 12. detsembril; nendel aegadel on keskmine ja õige lõuna ühel momendil, ehk mis seesama, keskmine ja õige öö-päew algawad ühel ajal. Õige päikese ja keskmise päikese otsetõusude wahe, ehk waheaeg, mis on õige lõuna ja keskmise lõuna wahel, nimetakse ajatasandus, see muudab aasta jooksul oma suurust ja on kõige suurem oktoobrikuul (16,3 m.). Niisama muudab ta ka oma märki, see on, wahest plussiga (+), wahest miinusega (—).

§ 30. Astronoomiline ja kodanline ajaarwamine.

Kõige astronoomiliste ülesannete väljarehkendamise juures arwatakse kesk öö-päewa algus sellest momendist, kui keskmine päike ülemises kulminatsioonis on, ja keskmine aeg loetakse seejuures 0 t-ist kuni 24 tunnini. Niisugune ajaarwamine nimetakse astronoomiliseks ajaarwamiseks, kuid harilikus elus wõetakse kesk öö-päewa alguseks keskmise päikese alumise kulminatsiooni moment, see on keskpool ööst, ja keskmine aeg

arwatakse 0 tunnist kuni 12 tunnini, peale selle veel kord 0 t. kuni 12-ni. Niisugune ajaarwamine nimeatakse kodanliseks ajaarwamiseks; selle tõttu algab kodanline kesk öö-päew 12 tundi warem, kui astronoomiline öö-päew. Keskööst kuni lõunani on kodanline ajaarwamine ühe kuupäewaga astronoomia ajaarwamisest ees, kunas tundide arw 12 t. wiimasest wähem on. Peale lõunat on mõlemate ajaarwamise järele ühesuurused niihästi kuu päewad, kui tundide arw.

Kui on antud aeg kodanlise ajaarwamise järele, siis tehakse märkus: „hommikul“ ehk mis astronoomid pruugiks on wõtnud *A. M.* (*Ante Meridian*), see on, kui aeg peale poolt ööd on, ja „õhtul“ *P. M.* (*Past Meridian*) — kui aeg peale lõunat on.

Astronoomilise arwamise järele ei lisata ajale mingit märkust juure, sest see loetakse 0 t. — 24 t-ni, alati keskmise lõuna ajast algades.

Näituseks: 1) Kodanline aeg 23-mal märtsil kell 10 t. 24 m. 50 s. *A. M.* = astronoomia aja järel 22-sel märtsil 22 t. 24 m. 50 s. 2) Kodanline aeg 5. mail kell 3 t. 45 m. 15 s. *P. M.* = astr. aeg kell 3 t. 45 m. 15 s. ka 5. mail.

§ 31. Täheaasta. Pikema aja perioodide mõõtmiseks on wõetud waheaeg, millal teeb maakera terve ringi päikese ümber, ehk mis seesama on, kui teeb päikene oma aastase nähtawa liikumisega täie ringi ekliptika mööda õhtu poolt hommiku poole. Aja kestvus, milles päikene ühest punktist ekliptika peal hommiku poole liikudes ja sellesama punktisse jõuab, nimeatakse täheaastaks. On üks täheaasta mööda läinud, siis on päikene jälle liikumata tähtedega wõrreldes sellesamas seisukohas, kus ta oli täheaasta tagasi. See periood kestab 365 päewa 6 tundi 9 min. 9,6 s. keskmise aja järele.

§ 32. Troopika-aasta ja kodanline-aasta. Wana ja uus ajaarwamine.

Kui päike kewadise pööripäewa punktist ekliptika mööda Westist Osti poole nähtawalt liikudes jälle selle pööripäewa punktisse jõuab, siis nimetakse see waheaeg troopika-aastaks; selle kestwus on 365 päewa 5 tundi 48 min. 46 sek. keskmise aja järel. See on keskmiselt arwatud, sest troopika-aastad ei ole mitte ühepikkused, mis tuleb mitte ühetasasest pööripäewa punkti liikumisest (pretsessioon).

§ 33. Kodanline-aasta. Nagu eelpool nägime, sisaldab troopika-aasta mitte terwet keskmist öö-päewa, mille läbi järgmine aasta algus mitte öö-päewa algusega kokku ei lange, (ehk meie küll aasta tagasi seda sellest momendist lugesime, mlilal ka keskmine öö-päew peale hakkas), waid ta lõpeb ja uuesti algab 5 t. 48 m. 46 sek. hiljem, see on: kui meie lugesime aasta algu poolest ööst, siis lõpeb ta kell 5 t. 48 m. 46 s. hommikul, ja järgmisel aastal — kell 11 t. 37 m. 32 sek. hommikul j. n. e. Seega algaks troopika-aasta mitmesugustel tundidel öö-päewa jooksul, mis harilikus elus ajaarwamist raskendaks. See raskus on sellega kõrwaldatud, et aasta pikkus ei arwata mitte alati 365 päewa 5 t. 48 m. 46 s., waid ainult 365 p. kolm aastat järjestikku ja neljas aasta — 366 päewa, sellepärast, et ärajäetud 5 t. 48 m. 46 s. annawad wälja nelja aasta jooksul peaaegu ühe öö-päewa. Niisuguse korralduse järel arwatud aasta nimetakse kodanliseks-aastaks. Aasta, mis 365 päewa sisaldab, nimetakse lihtaastaks ja 366 päewane aasta — liigpäewa-aastaks. Iga liigpäewa-aasta arw jagab ennast 4 peale ilma ülejäägita. Kui meie mõne teise aasta arwu jagame 4 peale, siis näitab ülejäägi mitmes aasta on see peale wiimast liigipäewa-aastat. Eelpool seletud süsteemi järele ajaarwamine nimetakse Julian-ajaarwamiseks, ehk wa-

naks stiiliks, selle süsteemi põhjendaja Julius Cäsari nime järele. (Julius Cäsar oli esiteks kuulus sõjawägede juhataja, pärast Rooma keiser, 45 aastat enne Kristuse sündimist).

Nelja aasta tagant üht öö-päewa aastale juure lisades teeme meie ikkagi ajaarwamises, selle süsteemi järele, wiga sisse, sest 4 troopika-aastat sisaldawad:

4. (365×2422) öö-päewa = 1460.9688 öö-p. ja 4 kodanlist-aastat: $(3 \times 365 + 366)$ öö-p. = 1461 öö-p.

Sellest on näha, et iga 5 aasta Juliani ajaarwamise järel algab 0,0312 öö-päewa, ehk umbes $\frac{3}{4}$ tundi hiljem, kui troopika-aasta, mis 128 aasta jooksul ühe ööpäewa ehk 24 tundi wälja teeb, ehk mis seesama, iga 128 aasta tagant algab Juliani ajaarwamise järel aasta 24 tundi hiljem kui troopika-aasta. Nõndawiisi iga 128 aasta järel 24 tunni arwul taha jäädes oli XVI aastasajal Juliani kalendri järel wiga 10 päewa. Et niisuurt wiga ajaarwamises ära kaotada ja kodanlist-aastat troopika-aastaga wõrrelda, kustutas Rooma paawst Grigori XIII 1852-sel aastal kalendrist kümme päewa maha 10-da kuupäewa asemele kirjutas 20-da kuupäewa. Sellega oli see wiga ära parandatud. Kuid edaspidiseks wea kõrwaldamiseks käskis Grigori XIII iga 400 aasta jooksul 3 päewa kalendrist maha jätta, seda sellega korraldades, et iga 400 aasta jooksul kolm liigipäewa-aastat lugeda liht-aastaks, nimelt nende aastate algul, millede sadade arwe ei jaga ennast 4 peale, näituseks: on loetud ja saab ka edaspidi loetud lihtaastaks 1700, 1800, 1900, 2100, 2200 j. n. e. Niisugune ajaarwamine nimetakse Grigorianuse ajaarwamiseks — uueks stiiliks. Kus riigis seda korraldust ei tehtud, oli nende riikide kalendri järele juba 29. weebruarist 1900 13 päewa wähem.

§ 34. Tähe-, kesk- ja õigeaja üksuste wõrdlus. Oige päikese ja sellega ühes ka keskmise

päikese nähtawa aasta liikumise tõttu õhtust hommiku poole jääwad nad mõlemad öö-päewa jooksul kewadisest pööripäewa punktist umbes 4 (min. hommiku poole, mille läbi niihästi õige kui keskmine päikese öö-päew tähe öö-päewast niisama palju pikemad on. Oletame, et kewadisel pööripäewal tähe, keskmine ja õige öö-päew algaksid ühel momendil, siis ühe kuu pärast algaksid keskmine ja õige öö-päewad tähe öö-päewast umbes 2 tundi hiljem, nii et 30 päewa täheaja järel oleks ligikaudselt 29 päewa 22 tundi keskmise aja järele. Aasta lõpuks teeb see arw 24 tundi wälja; nii saame aasta lõpul 366.2422 tähe öö-päewa ja 365.2422 keskmist öö-päewa, see on:

365.2422 keskm. öö-p. = 366.2422 tähe öö-päewa, ehk 24 tundi keskm. = 24 t. 3 m. 56,56 s. tähe-aega, ümberpöördult 24 tundi tähe-aega = 23 t. 56 m. 4,09 s. keskm. aega.

Sellest järgneb:

1 t keskm. aega = 1 t. 0 m 9,86 s. tähe aega
 1 m. „ „ = 0 t. 1 m. 0,16 s. „ „
 1 sek. „ „ = 0 t. 0 m. 1,003 s. „ „ ja
 ümberpöördult:

1 t. täheaega = 0 t. 59 m. 50,17 s. keskm. aega
 1 m. „ „ = 0 t. 0 m. 59,84 s. „ „
 1 sek. „ „ = 0 t. 0 m. 0,997 s. „ „

Näidatud wastastiku wahekorra põhjal on wõimalik antud keskmist waheaega sellele wastawa tähe waheajaks muuta ja ümberpöördult. Sarnaste ülesannete wäljarehkendamiseks, palju kergemal teel, on olemas Nautical Almanac'is sellekohased walmistatud tabelid pealkirjaga „Acceleration“ and „Retardation Tables“. Pealkirjaga „Acceleration“ on antud parandus, mis peab keskmise waheajale juure panema, et tähe waheaega saada. Pealkirjaga „Retardation“ on parandus antud tähe waheajast mahaarwamiseks, kui tarwis on antud

tähe waheajale wastaw keskmine waheaeg leida. Sellekssamaks otstarbeks wõib pruukida proportsionaal-tabelid Nautical Almanac'is pealkirjaga „Table of Proportional Parts“. (Seletus nende tabelite pruukimise kohta on Naut. Alm.)

Peale Naut. Alm. tabelite on niisuguste ülesannete jaoks tabelid 12 ja 13 (Wene meretabelite kogu, wälja antud 1903. aastal, ja Eesti Meretabelite kogus . . . wälja antud 1921. a.).

Näitused.

Naut. Alm. tabelite järel.

1) Antud keskmise waheajale 8 t. 34 m. 56 s. tarwis leida wastaw tähe waheaeg?

8 t. wastab parandus	1 m. 18,85 sek.
34 m. wastab parandus	5,59 „
56 sek. wastab parandus	0,15 „
	<hr/>
	1 m. 24,59 sek.

8 t. 34 m. 56 s. k. a. + 1 m. 24,6 s. = 8 t. 36 m. 20,6 s. täh. w.-aega.

2) Antud on tähe waheaeg 5 t. 42 m. 12 s.; sellele wastaw keskmine waheaeg leida?

5 t. wastab parandus	0 m. 49,15 sek.
42 m. wastab parandus	6,90 „
12 sek. wastab parandus	0,03 „
	<hr/>
	56,08 sek.

5 t. 42 m. 12 sek. — 56,1 sek. = 5 t. 41 m. 15,9 sek. k. w. a. Needsamad ülesanded rehkendame Meretabelite järel (Wene tabelite kogu 1903):

1) 12 tabelist leiame keskmise waheaja antud waheajale kõige lähem ja sellest wähem = 8 t. 31 m. 20 s. wastaw parandus 1 m. 24 s. (ülewalt ja pahemalt poolt) antud w. a. = 8 t. 34 m. 56 s.

3 m. 36 s. wastab

parandus 0,6 s. (paremal pool tabelis) otsitaw parandus = 1 m. 24 s. + 0,6 s. = 1 m. 24,6 s.

8 t. 34 m. 56 s. k. w. aega + 1 m. 24,6 s. = 8 t. 36 m. 20,6 s. tähe waheaega.

2) 13. tabelist wõtame jällegi kõige lähema antud waheajale ja sellele wähema:

5 t. 41 m. 50 s. sellele wast. parand. = 0 m. 56 s.
antud w. a. 5 t. 42 m. 12 s.

0 m. 22 s. wastaw parandus 0,06 s.

otsitaw parandus 0 m. 56 s. + 0,06 s. = 0 m. 56,06 s.

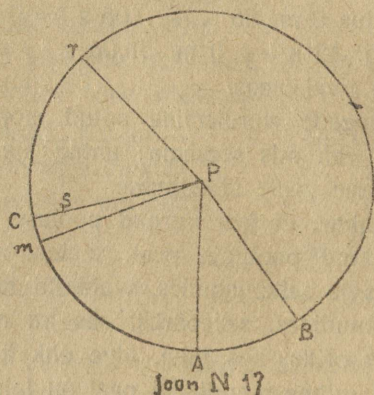
5 t. 42 m. 12 s. — 0 m. 56,06 s. = 5 t. 41 m. 15,9 s. keskm. waheaega.

§ 35. Aegade wördlemine antud momendis mitmes pikkuses, ehk mis seesama: antud aja ühe meridiaani pealt teise peale ülewiimine.

§ 28. nägime, et kas nurgad pooluse jüures, ehk wastawad kaared poolitaja peal, wõime mõõta mitte üksi graadides ja selle jagudes, waid ka tundides, minutites ja sekundides, sellepärast siis ka ajad, missugused nad ka oleks, kas tähe, õige ehk keskmise aja järel arwatud, mitme meridiaani peal on lahutatud üksteisest nende meridiaanide pikkuse wahe läbi. Nagu teada, pöörab maakera oma telje ümber õhtust hommiku poole, siis kulmineeriwad taewakehad ja punktid taewa sfääri peal, nagu: õige päike, keskmine päike ja kewadine pööripäewa punkt, kõik hommikupoolsed meridiaanid, enne õhtupoolseid, mille pärast hommikupoolsete meridiaanide peal iga moment rohkem aega on kui õhtupoolsete meridiaanide peal, ja niipalju, kui palju on nende meridiaanide pikkuste wahe.

Joon. 17. kujutab taewa sfääri stereografilise projektsiooni poolitaja tasapinna peal; ring vBAmc kujutab poolitaja projektsiooni; punkt P — poolus; punkt v — kewadine pööripäewa punkt; m — keskmine päike;

s õige päike, PA ja PB — projekts. kahest meridiaanist, millede pikkuste wahe on nurk APB ehk kaar AB, selle juures seisab meridiaan PB meridiaanist PA hommiku poole. Sellel momendil, kui kewadine pööripäewa punkt on v, siis näitab meridiaani PA peal, tähe aega nurk APv ehk kaar Av, aga meridiaani PB peal on selsamal ajal tähe aeg nurgana BPv, ehk kaarena Bv; siin on selgesti näha, et nende nurkade wahe on nurk ABP ja kaarede wahe — AB, millest järeldub,



et meridiaani PA peal on tähe aega vähem, kui meridiaani PB peal, täpisealt nende meridiaanide pikkuste wahe suuruses ja ümberpöördult, tähe aega, mis on arwatud meridiaani PB peal, on rohkem, kui meridiaani PA peal jällegi nende meridiaanide pikkuse wahe suuruses, kas nurgas APB ehk kaare AB abil arwates. Täpisealt võime võrrelda, niisama ka nurkasid APc ja BPc, ehk kaaresid Ac ja Bc, mis wastawad õigetele aegadele, arwatud ühel ajal meridiaanide PA ja PB peal, ehk nurkasid APm ja BPm wõi kaaresid Am ja Bm, mis wastawad keskmistele aegadele, arwatud ühel ajal meridiaanide PA ja BP peale.

Näitused :

1) 30° Osti pikkuses antud täheaeg 13 t. 42 m. 16 s.; leida täheaeg selsamal momendil 85° 30" O-sti pikkuses?

Täheaeg 30°-lises pikkuses	= 13 t. 42 m. 16 s.
Pikkuste wahe O-sti poole	= + 3 t. 42 m. 00 s.
Täheaeg 85° 30' O-sti pikkuses	= 17 t. 24 m. 16 s.

2) Pikkuses 3 t. 27 m. W. õiget aega 18 t. 5 m. 32 sek.; tarwis leida õige aeg 4 t. 16 m. W-sti pikkuses? Õiget aega 3 t. 27 m. W-sti pikkuses = 18 t. 5 m. 32 s.
Pikkuste wahe Westi poole = 0,49' 00 s.
Õiget aega pikkuses 4 t. 16 m. W. = 17 t. 16 m. 32 s.

3) Pikkuses 1 t. 47 m. W — keskmist aega 7 t. 13 m. 28 s. tarwis leida keskmine aeg 2 t. 10 m. O-sti pikkuses?
Kesk. aeg. pikk. 1 t. 47 m. W. ⇒ 7 t. 13 m. 28 s.
Pikkuste wahe O-sti poole = 3 t. 57 m. 00 s.
Kesk. aeg nõutud pikkuses = 11 t. 10 m. 28 s.

4) Pikkus 38° 40' O. keskmine aeg 9 t. 45 m. 16 s. a. m. 22-sel märtsil. Kui palju on keskmist aega selsamal ajal esimese meridiaani peal (Greenwich)?
Antud aeg = 9 t. 45 m. 16 s. a. m.
Pikkus O. = 2 t. 34 m. 40 s.
Kesk. aeg 22-sel märtsil = 7 t. 10 m. 36 s. a. m. ehk
Kesk. aeg 21-sel märtsil = 19 t. 10 m. 36 s. (astronoomialik) Greenwich'is.

5) Pikkus 52° 30' W, keskmine aeg 11 t. 15 m. 32 s. a. m. 21-sel aprillil; kui palju aega on selsamal ajal Greenwich'is?
Antud aeg = 11 t. 15 m. 32 s. a. m.
Pikkus W. = 3 t. 30 m. 00 s.
14 t. 45 m. 32 s. =
Greenwich'i aeg 21. aprillil = 2 t. 45 m. 32 s. a. m.

§ 36. Nautical Almanac ja sellest taewakehade koordinaatide wäljawõte.

Merikalender, mis Inglismaal iga aasta jaoks wälja antakse, nimetakse Nautical Almanac. Tema sisaldab eneses nende taewakehade koordinaadid, mis observeerimiseks tarwitada wõib ja nende muutusi teatud waheaegadel. Kõik need koordinaadid rehkendakse iga aasta jaoks ette, määratud aegadel Greenwich'i meridiaani peal. Peale koordinaatide on antud Naut. Alm. ka teised muutlikud arwud, mis astronoomiliste ülesannete wäljarehkendamiseks tarwitatakse, nagu ajatasandus, proportsionaal-arwud j. n. e.

Wäljawõte Naut. Almanac'ist päikese deklinatsiooni ja ajatasandust.

Mainitud arwud on antud Naut. Alm. iga kuu esimese lehekülje peal, pealkirjaga „At. Greenwich mean Noon“ (Greenwich'i keskmise lõuna ajal) rubrikutes „Declination“ ja „Equation of Time“, niisama ka 3—6 lehekülgede peal (Rooma numbritega) tähendusega „The Sun“. Esimeses tabelis on antud need arwud iga Greenwich'i keskmise lõuna ajal, aga teises — iga kahe tunni tagant Greenw. keskmise aja järel. Esimese lehekülje peal on antud mainitud arwude tunni muutus pealkirjaga „Var. in 1 hour“.

Ajatasanduse ehk päikese deklinatsiooni wäljawõtmiseks Naut. Almanacist, määratud kohaliku aja peale, peab kõige esiteks arwama aega astronoomia järel; siis pikkuse abil Greenwichi aeg leida; on see aeg wähem, kui 12 tundi, siis peab wõtma Almanacist esimese lehekülje pealt antud kuul määratud kuupäewa peale, kaswatada tunni muutus Greenwichi keskmise aja peale ja saadud arw ühendada Greenwichi lõuna aja peale wõetud arwuga; kui wiimane suureneb, siis plussiga (+), kui väheneb, — miinusega (—). On Greenwichi aeg üle 12 tunni, siis peab, niihästi deklinatsiooni kui

ajatasanduse järgmise kuupäewa peale wälja wõtma, nende tunni muutused kaswatama selle waheajaga, mis puudub kuni Greenwichi lõunani järgmisel kuupäewal (недошествiе) ja Almanacist wäljawõetud arwule juure panna, kui wiimane wäheneb ja maha arwata, kui suureneb. Mõlematel juhtumistel, see on: olgu Greenwichi aeg alla ehk üle 12 tunni, saame meie Almanacist wäljawõetud arwud, mis wastawad antud kohaliku ajale. Mainitud arwud wõib palju hõlpsamalt ka teisest tabelist, mis iga kahe tunni tagant Greenwichi järel antud, wälja wõtta. Sellest tabelist wäljawõttes, tuleb koordinaatide muutus, waheaja peale, mis alla ühe tunni on, wälja rehkendada, kusjuures nende muutus esimesest tabelist tuleb wälja wõtta. Koordinaatide ja teiste arwude muutusi määratud waheajal wõib wälja arwata proportsionaal tabelite abil (lehek. 170—175 Naut. Alm.).

Näitused:

1) 22-sel weebruaril 1920 pikkus (L) $26^{\circ} 32'$ O-sti; tarwis leida päikese deklinatsioon ja ajatasandus kell 10 t. 36 m. a. m.

21-sel weebr. kohalik keskm. aeg = 22 t. 36 m.

Pikkus O. — 1 t. 46 m. 8 s.

21. weebr. keskm. Gr. aeg = 20 t. 49 m. 52 s.

	Deklinatsioon.	Ajatasandus.
22-sel lõuna ajal	$10^{\circ} 33' 27,4 \text{ s.}$	13 m. 47,7 s.
Puuduw waheaeg kuni 22. lõuna = $3,2 \text{ t.} \times 54,2''$	$+ 2' 53,4 \text{ s.}$	
$3,2 \text{ t.} \times 0,3 \text{ s.}$		$+ 1,0 \text{ s.}$
Antud ajal	$10^{\circ} 36' 20,8''$	13 m. 48,7 s.

2) 30. jaanuaril 1920. a. $L = 110^{\circ} 50' \text{ W.}$; tarwis leida päikese deklinatsioon ja ajatasandus kell 3 t. 40 m. a. m.

30. jaanuaril kohalik keskmine aeg 3 t. 40 m.
 Pikkus W. $\frac{+ 7 \text{ t. } 23 \text{ m. } 20 \text{ s.}}{\quad}$
 30. jaanuaril keskm. Greenw. aeg 11 t. 3 m. 20 s.

Deklinatsioon. Ajatasandus.

30. jaan. Gr. lõuna ajal	17° 55' 46,5"	13 m. 17,7 s.
11,05 t. × 40,36 . . .	— 7' 26,0"	
11,05 t. × 0,4		+ 4,4
antud ajal =	17° 48' 20,5"	13 m. 22,1 s.

3) 21. augustil 1914 $L = 88^{\circ} 13' O$; tarwis leida päikese deklinatsioon ja ajatasandus kell 3 t. 25 m. a. m.?

20. aug. keskmine koh. aeg 15 t. 25 m.
 Pikkus O. $\frac{- 5 \text{ t. } 53 \text{ m.}}{\quad}$
 20. aug. keskm. Gr. aeg = 9 t. 32 m.

Deklinatsioon. Ajatasandus.

20. aug. kell 10 t. keskm.		
Gr. aja järele . . .	12° 31,0' N.	3 m. 20,1 s.
muutus 28 m. peale =	+ 0,4	+ 0,3
antud ajal	12° 31,4' N.	3 m. 20,4 s.

Keskmise päikese otsetõusu väljawõtmine Nautical Almanacist.

Keskmise päikese otsetõus, mis muudab ühetasaselt aasta jooksul, leiame Naut. Almanacist iga kuu esimese lehekülje pealt pealkirjaga: „Right Ascension of the Mean Sun“ (Sidereal Time), see on antud iga päewa kohta Greenwichi keskmise lõuna ajal. Peale selle on ta antud ka III—VI lehekülgede peal igas kuus kõrwuti ajatasanduse ja päikese deklinatsiooniga, rubrikutes pealkirjadega: „R. A. M. S.“ iga kahe tunni tagant (lühendatud Alm.) Greenwichi keskmise aja järele.

Keskmise päikese otsetõusu muutus tundide ja minutide peale on antud esimesel leheküljel igas kuus pealkirjadega: „Add. for hours“ ja „Add. for minutes“.

Otsetõusu muutus võib välja võetud saada ka mere tabelite kogu 12-dast tabelist (Wene tabel. kogu 1903. aasta väljaanne) mis on kokku seatud keskmise waheaja tähe waheajaks muutmise otstarbeks.

Näitused:

1) 31. oktoobril 1920. a. tarwis leida keskmise päikese otsetõus kell 4 t. 7 m.; $L \equiv 132^{\circ} 27' O?$

31. oktoobril keskmine kohaline aeg 4 t. 7 m.

$L - O$ 8 t. 50 m.

30. oktoobril keskm. Greenwichi aeg = 19 t. 17 m.

30. okt. kesk. otsetõus (R.A.) 20 t. peale = 14 t. 37 m. 16,7 s.

muutus 43 minuti peale 7,1 s.

Otsitaw keskm. \odot R. A. 14 t. 37 m 9,6 s.

2) 22-sel märtsil 1920, tarwis leida keskmise päikese otsetõus pikkuses $100^{\circ} 33' W$. kell 9 t. 54 m. a. m.?

21-sel kohalik keskmine aeg 21 t. 54 m.

Pikkus (L) W 6 t 42 m.

28 t. 36 m.

22-sel märtsil keskm. Greenw. aeg . 4 t. 36 m.

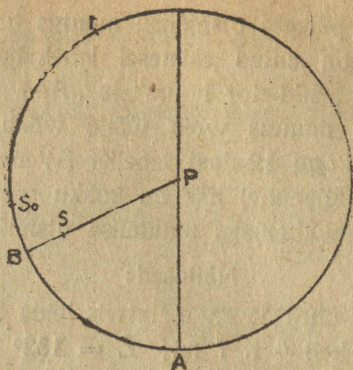
22. märtsil R.A. keskm. \odot kell 4 t. k. G. a. 23 t. 58 m. 23,9 s.

muutus 36 m. peale 5,9 s.

Otsitaw keskm. \odot otsetõus (RA) . = 23 t. 58 m. 29,8 s.

§ 37. Antud keskaeg õigeks ajaks muuta ja ümberpöördult.

Joon. 17. on kujutatud taewa poolitaja tasapinna peal, P on poolus, PA on waatleja meridiaani lõuna jagu, S — päikese koht, So — keskmise päikese seisukoht ja V kujutab, selsamal momendil, kewadist pöö-



Joon N 18

ripäewa punkti, AB on õige aeg = päikese tunninurgale ja AS_0 on keskmine aeg = keskmise päikese tunninurgale, nende wahe on BS_0 . Kaar VS_0 on keskmise päikese otsetõus ja VB — päikese otsetõus, nende wahe on jällegi kaar BS_0 , mis nimetakse ajatasanduseks (§ 29); sellest selgub, et ka õige ja keskmise aegade wahe ei ole muud, kui ajatasandus. On meil nüüd tarwis antud keskmise ajale wastaw õige aeg leida, siis wõtame keskmise Greenwichi aja peale ajatasanduse Nautical Almanacist ja ühendame antud keskmise ajaga, ümberpööratud märgiga. (Naut. Alm. abridged for the use of seamen), sest see märk $+$ ehk $-$ (add, subtract) kuulub õigele ajale, ja kui Almanacis on tähendud $+$ (add), siis peame ajatasanduse antud keskmisest ajast maha arwama, kui $-$ (subtract), siis keskmise ajale juure panema, igal juhtumisel annab resultaat õige aja, mis wastab antud keskmisele ajale, antud momendis. Nendel kuudel (aprillil, juunil, augustil ja detsembril), kui ajatasandus oma märgi muudab, Almanaci tabeli rubrikus on tõmmatud üks horisontaal õige joon, mis eraldab ajatasanduse arwud (miinusega

ja plussiga) teineteisest; peale selle on ajatasanduse rubrikus pealkirjade wahela ka horisontaal õige joon tõmmatud, mille peale ja alla on tähendatud ajatasanduse arwude märgid. Pealmine märk kuulub nendele arwudele, mis on selles rubrikus pealpool joont ja alumine märk nendele, mis on allpool rubriku joont.

Näitused:

1) 20. jaanuaril 1920 $L = 109^{\circ} 37' W.$, tarwis leida antud õigele ajale 9 t. 29 m. 28 s. wastaw keskmine aeg?

20. jaan. õige kohalik aeg	9 t. 29 m. 28 s.
$L W$	= 7 t. 18 m. 28 s.
	<hr/>
20. jaan. õige Greenw. aeg	= 16 t. 47 m. 56 s.
20. jaan. kell 16 t. ajatasandus	11 m. 4,5 s.
muutus 48 min. peale	— 0,6 s.
	<hr/>
Otsitaw ajatasandus	+ 11 m. 3,9 s.
20. jaan. koh. õige aeg	= 9 t. 29 m. 28,0 s.
	<hr/>
20. jaan. otsitaw keskmine aeg	= 9 t. 40 m. 32 s.

2) 15. märtsil 1920 $L = 155^{\circ} 24' W$; tarwis leida õige aeg kell 10 t. 15 m. 4 s. a. m.?

14. märtsil kohalik keskmine aeg	22 t. 15 m. 4 s.
Pikkus W	10 t. 21 m. 36 s.
	<hr/>
	32 t. 36 m. 40 s.
15. märtsil keskm. Greenw. aeg	8 t. 36 m. 40 s.
15. märtsil ajatasandus 8 t. (Gr. aja järel) peale	9 m. 10,4 s.
muutus 37 min. peale	— 0 m. 0,4 s.
	<hr/>
Ajatasandus antud ajal	— 9 m. 10,0 s.
14. märtsil kohalik keskmine aeg	22 t. 15 m. 4 s.
	<hr/>
14. märtsil kohalik õige aeg	= 22 t. 5 m. 54,0 s.

§ 38. Antud keskmise ajale leida was-
taw täheaeg ja ümberpöördult.

§ 28. on öeldud, et kui ühe taewakeha tunninur-
gale paneme juure selle otsetõusu, siis saame täheaja.
Ka on meil teada, et keskmine aeg on seesama, mis on
keskmise päikese tunninurk; sellel põhjal saame meie
täheaja igal ajal kätte, kui antud keskajale paneme
juure keskmise päikese otsetõusu. Selle juures peab
antud keskmine aeg astronoomilik olema. Kui saadud
summa üle 24 tunni on, siis tuleb sellest 24 tundi
maha arwata, ülejääk on otsitaw täheaeg.

Näitused:

1) 24. aprillil $L = 69^{\circ} 17' O$, tarwis leida ko-
halik täheaeg kell 2 t. 13 m. 40 s. keskmist aega
hommikul?

23-mal aprillil kohalik keskmine aeg 14 t. 13 m. 40 s.

Pikkus O-st 4 t. 37 m. 8 s.

23. apr. keskmine Greenw. aeg 9 t. 36 m. 32 s.

23. apr. keskmine \odot otsetõus kell

10 t. Gr. aja järel 2 t. 6 m. 32,8 s.

muutus 23 minuti peale — 6 s.

2 t. 6 m. 26,8 s.

Keskmise päikese otsetõus antud

momendil = 2 t. 6 m. 26,8 s.

23. aprillil kohalik keskmine aeg = 14 t. 13 m. 40,0 s.

Otsitaw täheaeg 23. aprillil 16 t. 20 m. 6,8 s.

2) 10. märtsil 1920 $L = 26^{\circ} O$; tarwis leida
täheaeg kell 10 t. 31 m. 15 s.?

10. märtsil kohalik keskmine aeg = 10 t. 31 m. 15 s.

$L O$ — 1 t. 44 m. 00 s.

10. märtsil keskm. Greenw. aeg = 8 t. 47 m. 15 s.

10. märtsil keskm. otsetõus kell 8 t. = 23 t. 12 m. 44,8 s.

muutus 47 minuti peale + 7,7 s.

Otsitaw keskm. \odot otsetõus 23 t. 12 m. 51,5 s.

10. märtsil kohalik keskmine aeg	10 t. 31 m. 15,0 s.
	— 33 t. 44 m. 6,5 s.
	— 24 t.

Täheaeg 10. märtsil kell 10 t.

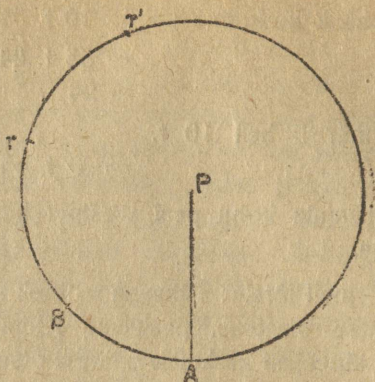
31 m. 15 s. = 9 t. 44 m. 6,5 s.

Antud täheaajale koha peal wastaw keskmine kohalik aeg leida.

Eelmise formeli järele: Täheaeg = keskmise ajale + keskmise päikese otsetõus, peaksime leidma keskmise aja, kui antud täheaajast keskmise päikese otsetõusu maha arwame; et aga mainitud otsetõus keskmise Greenwichi aja peale Nautical Almanacist wälja peab wõtma, mis antud juhtumisel otsitaw on, siis ei ole wõimalik selle formeli järele keskmist aega leida, waid see leitakse järgmisel teel: Antud täheaeg wiiakse pikkusega koha pealt Greenwichi meridiaani peale, siis wõetakse Almanacist, antud kuupäewa peale, täheaeg keskmise Greenwichi lõuna ajal pealkirja all „Sidereal Time“, mis sellel ajal, kui keskmine päike Greenwichi meridiaani peal, selle otsetõusuga ühesuurune on, ja arwatakse Greenwichi täheaajast maha, siis saame tähe waheaja, mis wastab keskmise waheajale Greenwichi lõuna meridiaanist õhtu poole lugedes, kuni otsitawa momendini.

Joon. 19. peal P on taewa poolus, ring V'ABV — taewa poolitaja, PA — Greenwichi meridiaani lõunapoolne jagu, AV' — antud täheaeg Greenwichis, AV — täheaeg Greenwichi lõuna ajal, VV' — tähe waheaeg ja AB — wiimasel wastaw (otsitaw) keskmine waheaeg.

Joonistuse pealt saame: $VV' = AV' - AV$, ehk tähe waheaeg = täheajale — täheaeg Greenwichi lõuna ajal; tähe waheajaga leides, pöörame selle § 34. näidatud reeglite järele keskmiseks waheajaks, mis joonistuse peal kaarega AB on näidatud, et see waatleja



Joon N 19

meridiaanist Greenwichis on arvatud, jääb ta otsitavaks keskmiseks ajaks, ainult tarvis pikkusega kohaliku meridiaani peale üle wiia. Juhtumisel, kui täheaeg Greenwichi lõuna ajal suurem on, kui täheaeg antud momendis, siis arwatakse ümberpöördult wiimane esimesest maha ja saadakse tähe waheaeg, mis wastab keskmise waheajale, waatleja meridiaanist hommikupoole arwates, seda 24 tunnist maha arwates, saame otsitawa keskmise aja Greenwichis, mis pikkusega kohaliku meridiaani peale üle wiiakse.

Keskmi aega arwatakse enamalt jaolt kodanlise aja järele, sellepärast peab sel juhtumisel, kui rehkenduse ajal otsitaw keskmine aeg üle 12 tunni ulatab, wiimase eelmise kuupäewa peale wälja rehkendama, siis saame keskmise aja enne lõunat antud kuupäewal. —

Näitused:

- 1) 20. detsembril 1919. a. $L = 34^{\circ} 17' O.$ täheaeg 10 t. 28 m. 18 s.; tarwis leida keskmine aeg?

Kohalik tähtaeg 10t.28 m.18 s.
 L O — 2t.17 m. 8 s.
 Greenwichi täheaeg . . . 8t.11 m.10 s. 9t.—1 m.28,47s.
 20. dets. täheaeg Gr.lõun. 17 t. 52 m. 5 s. 41 m. 6,75 s.
 Tähe waheaeg kuni lõun. 9 t. 40 m 55s. 1 m.35,22s.
 parandus — 1 m.35 s.
 20. dets. keskm. wahe-
 aeg kuni lõunani . . . 9t.39 m.20 s.
 24 t.
 19. dets. keskm. aeg = 14t.20 m.40 s.
 20. dets. keskm. aeg 2 t. 20 m. 40 s. a.m.Greenwichis.
 L O 2 t. 17 m. 8 s.
 20. dets. 19. kohalik
 keskm. aeg = 4 t. 37 m. 48 s.

2) 25. märtsil 1920. a. $L = 58^{\circ} 48' W$. täheaega
 0 t. 39 m. 20 s. tarwis leida keskmine aeg selsa-
 mal ajal?

Kohalik tähe aeg 0 t. 39 m. 26 s.
 Pikkus (L) W. 3 t. 55 m. 12 s.
 Greenwichi täheaeg . . . 4 t. 34 m. 38 s.
 25. märtsil täheaeg Green-
 wichi lõunaajal 0 t. 10 m. 34,2 s.
 25. märtsil tähe waheaeg
 peale lõunat 4 t. 24 m. 3,8 s. (Greenw.)
 parandus — 43,3 s.
 25. märtsil keskm. Green-
 wichi aeg 4 t. 23 m. 20,5 s.
 L W. 3 t. 55 m. 12,0 s.
 25. märtsil keskm. koha-
 line aeg = 0 t. 28 m. 8,5 s.

§ 39. Antud õige aja järele wastaw täheaege leida ja ümberpöördult.

Lühendatud Naut. Alm. (abridged for the use of seamen) järel rehkendakse sarnased ülesanded kahel viisil. 1) Antud õige aeg pööratakse ajatasanduse läbi wastawaks keskajaks ja otsitaw leitakse § 38. seletatud reeglite järel, 2) § 29. põhjal on meil teada, et ajatasandus on keskmise päikese ja õige päikese otsetõusude wahe, sellepärast on meil võimalik lühendatud Alm. väljawõetud keskmise päikese otsetõusu, ajatasanduse abil päikese otsetõusuks pöörata; kui meie sellele siis antud õige aja juure arwame, saame otsitava täheaja. Mis puutub ajatasanduse väljawõtmisesse lühendatud Almanacist, kus see keskmise aja peale on välja rehkendatud, kuna selles juhtumises keskmine aeg teada ei ole, siis tuleb esiteks ajatasandus Nautical Alm. (lühendatud) antud õige aja tundide arwu peale välja võtta; seda õige ajaga ühendades, saame lähema keskmise aja, mille peale siis ajatasandus teist korda täpipealsemalt Alm. välja võetakse ja selle märgi järele õige ajaga ehk otsetõusuga ühendakse. —

Näitused:

1) 28. weebuaril 1920 pikkus (L) $95^{\circ} 33'$ O. õige kohalik aeg 2 t. 46 m. 19 s.; tarwis leida täheaege?	
28. weebr. kohalik õige aeg	2 t. 46 m. 19 s.
Pikkus O.	= 6 t. 22 m. 12 s.
27. weebr. Greenwichi õige aeg	20 t. 24 m. 7 s.
27. weebr. aja tasandus 20 tunni peale	+ 12 m. 55,8 s.
Muutus 24 m. peale	— 3 s.
Ajatasandus antud momendis	+ 12 m. 55,5 s.
27. weebr. Greenwichi õige aeg	20 t. 24 m. 7,0 s.
27. weebr. Greenwichi keskm. aeg	20 t. 37 m. 2,5 s.

27. weebr. keskm. otsetõus 20 t.	
peale	22 t. 28 m. 26,2 s.
Muutus 24 m. peale	+ 5,8 s.
	<hr/>
	43 t. 5 m. 34,5 s.
	24 t.
	<hr/>
Greenwichi täheaeg	19 t. 5 m. 34,5 s.
Pikkus (L) O.	6 t. 22 m. 12,0 s.
	<hr/>
Otsitaw kohalik täheaeg	= 1 t. 27 m. 46,5 s.

Kui on tarwis leida, antud täheaja järele, õige aeg, siis pööratakse esiteks täheaeg keskmiseks ajaks ja wiimane ajatasanduse läbi õigeks ajaks.

Näituseks: 16. aprillil 1920 pikkus 26° O. täheaeg 21 tundi 36 m. 40 s.; NB*) wastaw õige aeg?

16. aprillil kohalik täheaeg	= 21 t. 36 m. 40 s.
pikkus O	- 1 t. 44 m. 00 s.
	<hr/>
16. apr. Greenwichi täheaeg	19 t. 52 m. 44 s.
16. apr. täheaeg Greenw. lõuna ajal	1 t. 37 m. 18,3 s.
	<hr/>
Tähe waheaeg Greenwichi mer. õhtupoole	= 18 t. 15 m. 25,7 s.
Tähe waheaeg Greenwichi mer. õhtupoole	= 18 t. 15 m. 25,7 s.
parandus	- 2 m. 59,4 s.
	<hr/>
16. apr. Greenwichi keskm. aeg	18 t. 12 m. 26,3 s.
16. apr. ajatasandus 18 t. 12,5 m. peale	+ 0 m. 21,1 s.
	<hr/>
16. apr. Greenwichi õige aeg	18 t. 12 m. 47,4 s.
pikkus O	1 t. 44 m. 00,0 s.
	<hr/>
Otsitaw kohalik õige aeg	19 t. 56 m. 47,4 s.

§ 40. Päikese tunninurga järele keskmise aeg leida?

*) NB tähendab: tarwis leida.

Nagu juba teada, on päikese tunninurk, waatleja lõuna-meridiaanist õhtupoole arwates, seesama, mis õige aeg, see on, üks ja seesama poolitaja kaar wastab antud momendis õige ajale ja päikese tunninurgale; sellepärast peame, kui tunninurk graadides on antud, selle esiteks ajaks muutma, mis muud ei ole, kui õige aeg; seda ajatasandusega keskmiseks ajaks muutes saame otsitawa keskaja.

Näituseks: 15. märtsil 1920 päikese tunninurk $38^{\circ} 42'$. Pikkus $25^{\circ} 48'$ O.; tarwis leida keskmine aeg?

15. märtsil kohalik õige aeg		
$38^{\circ} 42'$	=	2 t. 34 m. 48 s.
Pikkus O		1 t. 43 m. 12 s.
15. märtsil Greenwichi õige aeg		0 t. 51 m. 36 s.
15. märtsil ajatasandus Greenw.		
lõuna ajal	+	9 m. 4,64 s.
Muutus 52 m. peale	-	0,61 s.
15. märtsil ajatasandus antud momendil		+
		9 m. 4,03 s.
15. märtsil kohalik õige aeg		2 t. 34 m. 48 s.
Ajatasandus		+
		9 m. 4 s.
15. märtsil kohalik keskmine aeg		2 t. 43 m. 52 s.

§ 41. Päikese kulminatsiooni aeg leida?

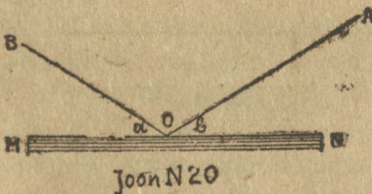
Niisugused ülesanded rehkendakse § 40. seletatud reeglite järele, kusjuures ainult seda tuleb tähele panna, et antud tunninurgad wõiwad olla 0° ja 180° ehk 0 tundi ja 12 tundi, see on, ülemise kulminatsiooni juures on päikese tunninurk 0 tundi ja alumise juures 12 tundi õiget aega, ainult tuleb ajatasandusega keskmiseks ajaks pöörata ja otsitaw resultaat on käes.

Peatükk III.

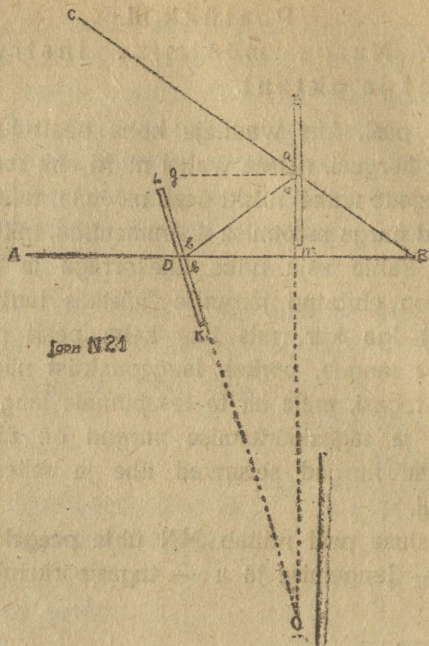
§ 42. Nurga mõõtmise instrumendid. Sekstant ja oktant.

Mere peal, kus waatleja koha pealt liikudes tae-
wakehade kõrgusi, nende wahel nurki ehk maakera peal
olewate asjade wahel nurki peab mõõtma, tuleb tarwitada
niisuguseid nurga mõõtmise instrumentida, milledega wõi-
malik on kahte asja näha ühekorraga ja ühes sihis;
sarnased on ehitatud järgmise füüsikas tuntud seaduse
põhjal: 1) Iga kiir, mis ühe keha pealt peegeldatud
tasapinnale langeb, pörkab langepunktist niisama suure
nurga all tagasi, mille all ta tasapinnale langes, see on:
langemise ja tagasipõrkamise nurgad on ühesuurused,
2) mõlemad nurgad seisawad ühe ja sellesama tasa-
pinna peal.

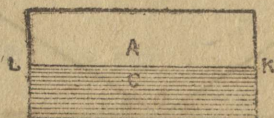
Joonistuse peal näitab MN ühte peegeldatud tasa-
pinda, b — langemise ja a — tagasipõrkamise nurgad;
 $a = b$.



Kiirte) murdwa peeglitega nurga
mõõtmise) instrumendi teoreetiline
alusehitus. Oletame, et waatlejal on tar-
wis punkt B-est kahe antud asja A ja C wahel nurk
mõõta. Sel juhtumisel, kui tarwidus nõuab nurga mõõt-
mise juures mõlemaid asju korraga näha; selleks peab
asendama joone AB peale B-st wabalt wõetud kau-
gusele, nurga ABC tasapinnale loodis, üks peegel, joone
AB-le umbes 70° all; sellel peeglil peab olema pool



Joon N21



Joon N22

ülemist jagu läbipaistew klaas, nagu joon. 22. näitab; sest jaost läbi näeb waatleja otse nähtawat asja (joon. 21. peal punkt A). Punktist D tõmbame õige joone, nii et nurgad $b = b$. Kus see joon BC läbi lõikab, see on punkt E, sinna asendame teise peegli, nii et wiimase tasapind punkt E-est läbi läheb ja sealjuures antud nurga tasapinnale loodis seisab. Mõlemate peeglite KL ja mn waatepinnad peawad olema antud nurga sissepoole pöördud. Nurga CED (joon. 21) jagame õige

joone EG läbi pooleks, siis pöörame peegli mn nii, et selle tasapind EG-le loodis seisab; niisuguses seisukorras sünnitab peegel mn kaks ühesuurust nurka $a = a$, sest joonistuse põhjal on:

- 1) $\angle GEN = 90^\circ$
 $\angle GEM = 90^\circ$ ehk $\angle GEN - \angle GEC = \angle a$
 $\angle GEN = \angle GEM$, $\angle GEM - \angle GED = \angle a$
 sellest selgub, et p. p. 1 ja 2
- 2) $\angle CEG = \angle DEG$ põhjal $a = a$

Kui need nurgad ühesuursed on, siis peab kiir, mis punktist C CE mööda peegel mn peale langeb, õiget joont ED mööda tagasi pörkama ja teise peegli KL peale langema, mille pealt ta jällegi tagasi pörkab ja nimelt DB mööda, sest et joonistamise põhjal nurgad b ja b ühesuursed on ($b = b$). Nüüd näeb vaatleja, kelle silm punktis B on, nii hästi peegeldatud asja C, kui ka otse nähtawat — A ühel ajal ja ühes sihis joone AB mööda. A nimetakse otsenähtawaks ja C — kujutatud asjadeks.

Kui meie mõlemate peeglite tasapinnad pikendame (joon. punktiirjoontega), siis lõikawad nad üksteisest läbi punktis O ja sünnitawad nurga DOE, see nimetatakse peeglite kaldunurgaks. Seda mõõdetawa nurgaga ABC võrreldes leiame, et peeglite kalduw nurk on pool mõõdetawast nurgast, see on: $DOE = \frac{1}{2} ABC$.

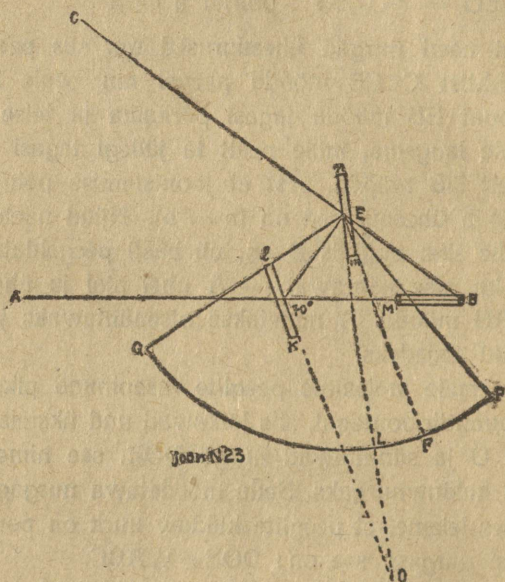
Tõendus: Joonistuse peal on näha, et kolmnurgas DBE sisemine nurk DBE on nii suur, kui selle kolmnurga wälimine nurk DEC; ilma teise sisemise nurgata BDE, see on: $\angle B = \angle DEC - \angle BDE$, kunas $\angle DEC = 180^\circ - 2a$ ja $\angle BDE = 180^\circ - 2b$; sellest järgneb, et:

$$\angle B = 180^\circ - 2a - 180^\circ + 2b, \text{ ehk}$$

$$\angle B = 180^\circ - 2a - 180^\circ + 2b = 2b - 2a = 2(b - a)$$

nii siis: $\angle B = 2(b - a)$.

Teises kolmnurgas DOE leiame, et $\sphericalangle O = b - a$. Mõlemaid formuleid nurkade B ja O suhtes võrreldes saame selgusele, et $\sphericalangle B = 2 O$. Nurga B mõõtmise tarvis joonistame waba raadiusega punktist E ühe kaare PQ, pöörame peegli mn nii, et ta peegliga Kl paralleelis seisaks, pikendame peegli mn tasapinna punktiirjonega (joon. 23) kuni kaareni PQ, mille see joon punk-

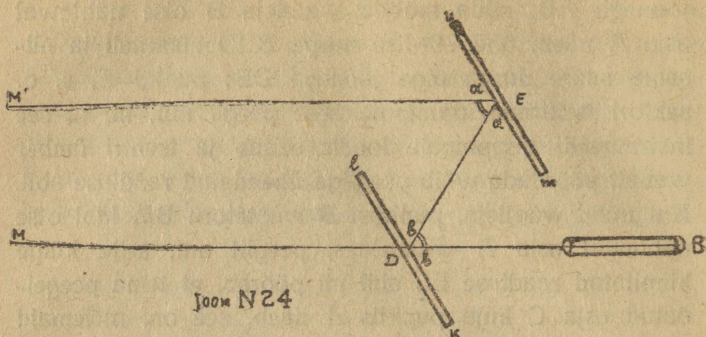


tis F läbi lõikab; on nüüd peegel mn õige punktiirjonega EF ühte sihti pöördud, siis on mõlemate peeglite tasapindade kalduw nurk $= 0^\circ$. Kui meie antud mõõdetawa nurga ABC tasapinna peale asendame joonistuse EPQ (sektori) näolise instrumendi, mille kaaresarnane külg PQ punktist E kui tsentrist on joonistatud ja küljed EP ja EQ — raadiused; kinnitame selle instrumendi tasapinna peale loodis peegli Kl, nii et ta õige

joonega AB, mida mööda waatleja B otse nähtawat asja A näeb, ühe 70°-lise nurga BDO sünnitab ja nii-sama suure nurga õige joonega DE; punkti E, s. o. sektori tsentrisse kinnitame teise peegli mn, nii et see instrumendi tasapinnale loodis seisab ja tsentri ümber wabalt pöörduda wõib peegluga ühendatud raadiuse abil. Kui nüüd waatleja, punktist B waatetoru BM läbi otse nähtawat asja A waadeldes, peeglit mn, selle külge kinnitatud raadiuse EL abil nii pöörab, et tema peegeldatud asja C kuju punktis A näeb, see on, mõlemaid asju ühes sihis ab mööda, siis on nende asjade wahel mõõdetaw nurk ABC nii suur, kui kahekordne nurk DOE, mis peeglite tasapinnad sünnitawad; wiimane wõrdub nurgale FEO ja kaarele FL; et wiimast mõõta, peame kaare PQ graadidesse ja selle jagudesse jagama; selleks pöörame peegli mn paralleeli peegluga Kl, see on, punktiirjoone EF peale, et sellel seisukohal, nagu juba eelpool öeldud, peeglite kalduw nurk 0° on, määrgime punktis F 0°; sellest algades jagame terwe kaare kuni punktini Q graadidesse ja graadi jagudesse; nüüd waatame, mitu graadi ja minutit koondab eneses kaare jagu EL ja peeglite kalduw nurk on teada; seda nurka kahekordselt wõttes saame mõõdetawa nurga ABC, see on $\angle B = 2 O$.

Peeglite paraleel seisukorda seadmiseks tarwis walida üks kaugel seisew ja hästi nähtaw asi, waatleja punktist B, sihti mööda. BD waadeldes asja M, üle peegli Kl, keerab raadiuse EL abil peegli mn nii, et ta peegeldatud asja M kuju peeglis Kl näha wõib; nüüd asendab waatleja peegli mn keeramise abil peegeldatud kuju nõnda, et see otsenähtawaga täpipeal kokku langeb, siis on mõlemad peeglid üksteisega paralleelis.

Tõendus: Asja M kauguse tõttu waatlejast on kiired, mis selle pealt mõlemate peeglite peale korruga



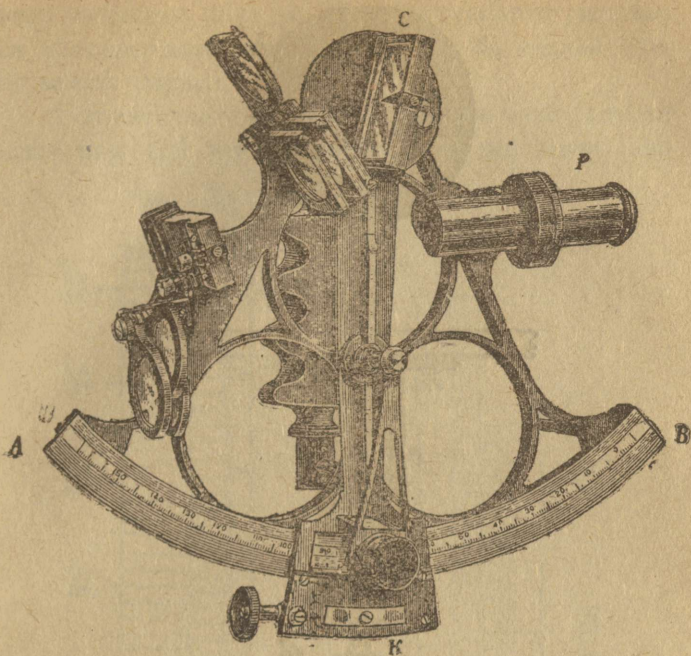
langewad üksteisele paralleelis, see on, $ME \parallel MD$ (joon. 24); sellel põhjal on nurgad $M'ED = EDB$, ehk:
 $180^\circ - 2a = 180^\circ - 2b$,
 $2a = 2b$.

$a = b$; need nurgad võivad aga ainult sellel juhtumisel ühesuurused olla, kui peeglid KI ja mn üksteisele paralleelis on. —

Et waatleja otsenähtawat asja üle peegli KI wabalt näha võiks, peab peegel KI teisest peeglist mn madalam olema, sellepärast nimetakse peegel KI väikseks ja peegel mn suureks peegliks.

Eelpool seletatud joonistuse põhjal ehitatud instrumendid nimetakse: 1) kui sektor on $\frac{1}{8}$ terwest ringist, see on 45° — oktant, 2) kui $\frac{1}{6}$ — siis sekstant; peale nende on veel $\frac{1}{4}$ kaarega sektor, mis nimetakse quadrant, ja terve ring — prismaklaasiline ring; viimast tarvitakse nurga mõõtmiseks maakera peal olevate asjade wahel. —

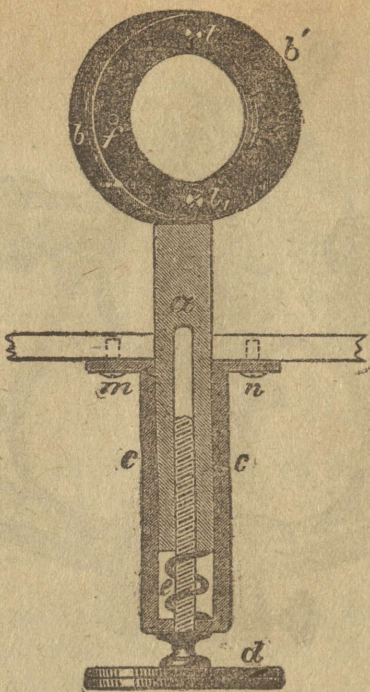
Sekstant. Wasest kaar AB pealmise tasapinnaga on ühendud kahe wasest raadiuse abil AC ja BC tsentriga C , mõlemad raadiused on umbes 20 cm. pikad. Selle kaare pealmise tasapinna sisse kogu selle pikkuselt kinnitakse hõbedane plaadikene, mida nimetakse



Joon N 25

limbaks; see limb jagatakse poolegraadilisteks jagudeks ja iga pool graadi — 6 jakku, iga jagu vastab 10'-le. Graadide arv algab 0°, mis natuke limba otsast B pahemale poole on märgitud. Graadide arv loetakse 0-ist paremale poole umbes 5°-ni ja pahemale poole kuni 150°.

Parempoolse raadiuse külge, umbes 7 kuni 8 cm. kaugusele limbast, kinnitakse waskne wõru (joon. 26) waatetoru hoidmiseks obserweerimise ajal (P. joon. 25. peal). Selle wõru kokkuseade ja ehitus wõimaldavad waatetoru telge instrumendi tasapinnaga paralleelis pidada ja seda kõrgemale tõsta ja madalamale lasta. Kruwida l ja l' abil wõib telge paralleelis hoida ja kruwida e abil — tõsta ja madaldada. Tsentri C ümberpöörduwa



Joon N 26

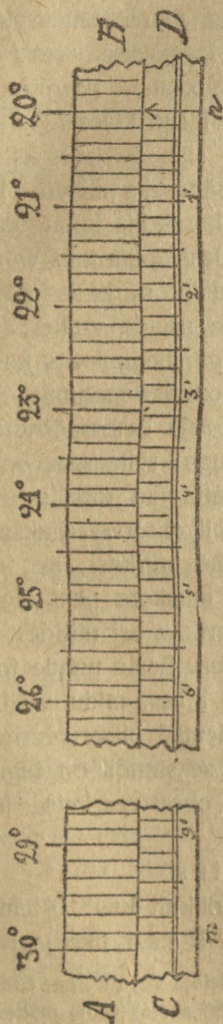
waskse plaadinäolise raadiuse (alidaadi) külge on kinnitatud raadiusega LC ühes tsentri ümber pöörleva ringisarnase tasapinna peale loodis suur peegel, mis tema küljes olevate väikeste kruvide abil soovitavas seisukorras peetakse.

Selle sektorinäolise instrumendi — sekstandi — pahempoolse raadiuse külge, otse waatetoru telje vastu, sellele umbes 70° all kinnitakse väike peegel, mis instrumendi tasapinnale loodis peab seisma; ka sellel peeglil on väikesed kruvid, peegli tarwilikus seisukorras hoidmiseks.

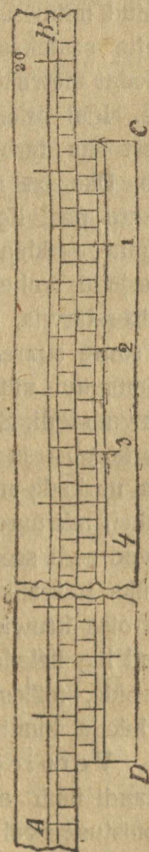
Alidaadi teise otsa külge, limba vastu, kinnitakse (waskse) metallraamiga väike, konsentriliselt lim-

baga kaarekene, mida nimetakse vernieeriks ja jagatakse ka ühesuurustesse jagudesse, millede üle eelpool täielik seletus järgneb.

Vernieeri raami all on kruvi, millega võib vernieeri limba peal igal kohal kinnitada. On see kruvi lahti



Joon N 27



Joon N 28

keeratud, siis liigub alidaad wabalt vernieeraga limba mööda paremale ja pahemale poole; on see kruwi kinni keeratud, siis wõib kruwi s abil, mis mikromeetri kruwiks nimetakse, vernieerale tasast liikumist paremale ja pahemale poole limba mööda anda. Alidaadi külge vernieeri kohale kinnitakse wäikene suurendamise klaas, limba ja vernieeri peal jagude lugemiseks, sest palja silmaga on raske neid näha. Mõlemate peeglite ette on asendatud mitmesuguste wärwidega klaasid, mis siis peeglite ette seatakse waatleja silmade kaitseks, kui mõnda heledat taewakeha, nagu näituseks päikest, obserweeritakse. Igal sekstandil on harilikult kolm waateforu, millest üks tarbekorral selleks määratud wõrusse kruwitakse. Üks on ilma klaasideta, nurkade mõõtmiseks maakera peal ligidalseiswate asjade wahel; teine niisamasugune — klaasidega, nurga mõõtmiseks kaugel seiswate asjade wahel; kolmas on astronoomiliste obserweerimiste tarwis, mis näitab asju ümberpöörduult ja on wäga suure suurendamise jõuga; selle sees on neli sirgeks tõmmatud niiti, mis sünnitawad toru sees ühe tsentraal-kwadraadi. Selle toru abil obserweeritakse taewakehade kõrgusi ja nende wahel nurkasi; ka tarwitakse seda nurkade mõõtmiseks maakera peal olewate asjade wahel, misjuures obserweeritaw asi niitidest sünnitatud kwadraadi sees peab olema. Peale nende torude on weel üks iseäralik wärwiline klaas, mida wõib iga waateforu otsa kruwida, kui mõlemad obserweeritawad taewakehad liig heledad on. Igal sekstandil on tagapool küljes käepide, millest waatleja obserweerimise juures sekstanti käega kinni peab.

§ 43. Vernieeri*) ehitus.

Sekstandi limb jagatakse harilikult kas 10' ehk 15' peale; joonistuse peal on limbi AB peal üks jagu 10';

*) Vernieeriks nimetakse tema leidja Vernje nime järele, kes selle wäike-jagude mõõtja (nonius) 1580 aastal wälja mõtles.

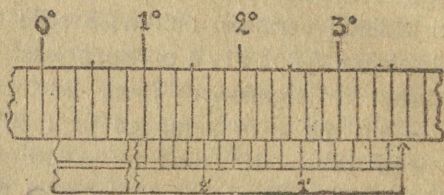
et obserweerimises 10'-line jagu weel soowitawat täpi-pealsust resultaadis ei anna, kinnitakse alidaadi külge, limbaga kontsentriilselt wäikene kaare jagu CD (joon. 27), mis nimetakse „vernieriks“. See jagatakse ühesuurustesse jagudesse järgmiselt: wõetakse limbi peal 60 jagu, sellest määratakse 59 jagu vernieeri pikku-seks; saadud 59 jagu jagatakse 60 ühesuurusesse jakku,

millest iga jagu $\frac{59}{60}$ ühest limba jaost on; selle järele on nende differentis $= \frac{60 - 59}{60} = \frac{1}{60} = 10''$, see tähendab:

iga vernieeri jagu on ühest limbi jaost $10''$ lühem. Kirjeldatud vernieeri abil wõib selle 0 jao, mis indeksis nimetakse, ära seisu parempoolsest limbi jaost wälja rehkendada järgmiselt: Joon. 28 peal saame: $in = mn - mi$; $mn = 6$ jagu, iga jagu $10'$, $mi = 6$ jagu, iga jagu $10' - 10''$ siis: $in = 10' \times 6 - 6(10' - 10'') = 10'' \times 6 = 60'' = 1'$; selle järele oleks arwe limbi peal kuni indeksini $20^\circ 41'$ (joon. 28), sest limbi peal annawad jaod $20^\circ 40'$ ja vernieeri peal $- 1'$, kokku $20^\circ 41'$. Nagu formelist näha, on tarwis esiteks waadata, mitmes vernieeri jagu langeb täiesti kokku ühe limbi jaoga, siis kaswatada $10''$ nende vernieeri jagude arwu peale (joon. 28. 6 jagu), saadud arw limbi arwule juure panna ja terve arw kuni indeksini on käes.

Nagu eelpool nägime, annab iga 6-es vernieeri jagu $60''$ ehk $1'$, siis annab üks jagu $10''$, et terve vernieer 60 jakku on jagatud, siis teeb see wälja $600''$ ehk $10'$; iga minuti arw tähendakse ära wastawa numbriga, näit.: $1'$, $2'$, $3'$ ja n. e. ja need strihid tehakse vernieeri peal natuke pikemad kui $10''$ -lised jaod; sel wiisil wõib kergemalt arwu kätte saada, ilma et jagude arwuga $10''$ -it oleks tarwis kaswatada.

Vernieeri ehituseks võetakse sagedasti ka kahekordne pikkus, see on 119 jagu limbi pealt, mis nii sama 60 jakku jagatakse ja iga jagu saab 10" olema, näituseks: $\frac{120 - 119}{60} = \frac{1}{60} = 10''$; sellel juhtumisel on vernieeri jaod palju selgemalt nähtavad, sest iga 10"-ne jagu on peaaegu kaks korda pikem esimesest. Juhtumisel, kui tarvidus nõuab indeksi äraseisu teada saada limbi pahempoolsest jaost, mis siis ette tuleb, kui indeks paremal pool limbi null-jagu seisab, on tarvis vernieeri pealt saadud arv 10' maha arvata ja saadud arv limbi arvule juure lisada, sest 2' 30" (joon. 29)



Joon N 29

annavad indeksi äraseisu parempoolsest limbi strihist ni; antud juhtumisel on tarvis teada indeksi äraseisu pahempoolsest limbi strihist mi, aga mn võrdlub 10'-le, siis saame: $mi = mn - in$, ehk $mi = 10' - 2' 30'' = 7' 30''$; nii saame kogu arvu limbi peal kuni indeksini $= 3^{\circ} 37' 30''$.

Eelpool seletusi kokku võttes, selgub meile, et igal juhtumisel millegi limbi jaoga kokkulangew vernieeri strihi number annab vernieeri indeksi äraseisu temale lähemast limbi jaost minutites ja kümnetes sekundides.

Kui tarvidus nõuab, et vernieeri pealt saadaw arv peab hästi täpipealne olema, aga ükski vernieeri strih limbi strihiga mitte täiesti kokku ei lange, siis peab vaatama, missugused kaks vernieeri strihi seisawad kahe limbi strihi wahel ja arvesse võtta keskmine nendest, see on 5".

§ 44. Sekstandi wigade tundmine ja nende kõrwaldamine.

Et sekstandiga mõõtes soovitawaid resultaate kätte saada, peawad tema jagudel järgmised omadused olema:

- 1) Peeglite pinnad peawad olema tasased.
- 2) Limbi pind peab olema tasane.
- 3) Limbi ja vernieeri kaared peawad täpisealt jagatud olema.

- 4) Alidaad peab täpisealt ümber limbi tsentri pöörduma.

- 5) Peeglite tasapinnad peawad isekeskis paralleelis olema, niisama ka kõikide warjuklaaside pinnad peawad olema tasased ja isekeskis paralleelis.

- 6) Peeglid peawad seisma sekstandi tasapinnale loodis, niisama ka kõik warjuklaasid.

- 7) Optikaal-telg waatetorul peab olema sekstandi pinnale paralleelis.

- 8) Vernieeri indeks peab limbi null-jaoga täpisealt kokku langema sel momendil, kui suur ja väike peegel isekeskis paralleelis on.

Kui sekstandi jagudel esimeses wiies punktis nimetatud omadusi mitte ei ole, siis on kas kogu sekstant kõlbmata obserweerimiseks, ehk kui ongi mõned jaod, mis küll ümber muuta wõiks, kuid nende wigu obserweerija parandada ei wõi.

Kui ühe sekstandi jagudel kolmes wiimses punktis nimetatud omadusi ei ole, siis ei tee see instrumenti mitte kõlbmataks, sest neid wigu wõib obserweerija kõrwaldada.

Peeglite tasapinna olewust tõendakse järgmiselt: sekstant asendakse horisontaals laua peale, nii et waatleja wõib näha kaugel seiswat ja korralikku wälimise joontega asja, läbi väikese peegli klaas-jae, sedasama asja waatab waatleja ka ühe waatetoru läbi; on selle asja wälimine joonistus instrumendi peegli klaasi läbi

waadates niisama korralik, kui waatetoru läbi, siis on selle, see on väikese peegli pinnad tasased ja isekeskis paralleelis. Ka võib mõlemate peeglite tasapinna olekut ühel ajal, see on, korruga järele waadata; selleks kruvitakse waatetoru võrusse üks wärwiklaasiga toru, siis pannakse, päikese peale waadates, alidaat nii, et on näha otsenähtaw ja peegeldatud päike. Kui wiimane otsenähtawaga täiesti ühtlane on, siis on ka suure peegli pinnad tasased; seda wiimast pruugitakse alati praktikas, kuna esimene tõendusewiis ainult siis ette võetakse, kui teine soowitawat resultaati ei anna; wiimase katsega päikese järele on võimalik niihästi otsenähtawat, kui ka peegeldatud päikest paremini näha, kui ühte asja maakera pinnal, sest wiimase peegeldatud wari ei anna mitte nii selgeid wälimisi joone kui päikene.

Kui peeglite pinnad mitte tasased ei ole, siis näeb waatleja päikest kui miskit korratut kõwerjoonelist plekki.

Kui peegli tasapinnad ei ole isekeskis mitte paralleelis, siis sünnitab see peegel mitu päikest.

Ei ole warjuklaaside tasapinnad mitte paralleelis, siis suurendawad ehk vähendawad nad mõõdetawat nurka; see wiga pannakse praktikas harilikult indeksi wea arwesse, mille üle seletus allpool järgneb.

Warjuklaaside mitte-loodisseisu sekstandi tasapinnale, kui ka nende mitte-paralleelsust võib järgmiselt selgitada: Waatetoru otsa kinnitakse selleks määratud isesugune wärwiklaas, ja päikese peale waadates, seadib waatleja peegeldud päikese nii, et see täpipealt otsenähtawat päikest riuwab, siis wõtab ta waatetoru otsast wärwiklaasi ära ja lükkab mõlemate peeglite ette harilikud wärwiklaasid; näeb waatleja nüüd peegeldatud päikest sellessamas seisukorras, millesse ta pandud oli otsenähtawa päikesega, siis on see paar wärwiklaase korras; märkab aga waatleja, et peegeldud päike, kas otsenähtawast eemal seisab ehk läbi löikab, siis ei wõi

sesta paari wärwiklaase obserweerimise juures mitte tarwitada, nimelt seal, kus obserweerimisest saadud resultaat täpisealine peab olema, waid sel juhtumisel tarwitakse wärwiklaasi okulaari waatetoru otsas. Mainitud wärwiklaasi wõib ainult siis tarwitada, kui obserweeritakse päikest kunstlise horisoni peal, kuna nähtawa horisoni peal obserweerides selle klaasi läbi horisont halwasti näha on.

Nähtawa horisoni peal obserweerides on tarwis warjuklaasi ainult suure peegli ees; kui siis nõuetaw klaas mitte sekstandi tasapinnale loodis ei ole ehk tema tasapinnad isekeskis paralleelis ei seisa, arwatakse, nagu juba eelpool öeldud, sellest sünnitatud wiga indeksi wea arwesse. Soowitaw oleks seesuguste warjuklaasidega sekstant meistri kätte anda, kes klaasid korraldaks ehk uute wastu ümber wahetaks.

Enne obserweerimist peab waatleja järele waatama, kas suur peegel sekstandi tasapinnale loodis seisab. Selle tarwis kinnitab tema alidaadi umbes kesklimbi kaart, pöörab siis sekstandi tsentri enese poole, seda horisontaalis käes hoides, waatab õige lähedalt ja wäga wäikese nurga all suurde peeglisse, nii et näeb peegeldatud ja otsenähtawad limbi jaod; sünnitawad need sirge joone, siis on suur peegel sekstandi tasapinnale loodis; on aga peegeldatud jagu kõrgemal kui otsenähtaw, siis on suure peegli ülemine äär ettepoole; ümberpöördult — tahapoole; seda peab kohe kruwi läbi, mis selle peegli ülemises serwas tagaküljes on, ära parandama.

Niipea, kui suur peegel korras, asutakse kohe wäikese peegli korraldamisele. Seda tehakse järgmiselt: sekstanti wertikaalis käes hoides waatab waatleja läbi waatetoru ühe kaugel seiswa, aga hästi nähtawa korraliku wälimise piiridega, asja ehk torni peale, lükkab alidaadi limbi nulli ümber edasi ja tagasi; kui sealjuures

selle asja peegeldatud wari asja enesega täiesti kokku langeb, siis on wäike peegel sekstandi tasapinnale loodis; kui aga peegeldatud wari alidaadi edasi-tagasi lükamise juures otse nähtawa asja kõrvalt mööda käib, ei ole wäike peegel mitte loodis; seda wiga saab kõrwaldada wäikese kruwi läbi, mis peegli tagumisel pool ülemise ääre külge on kinnitatud. Maa peal olewa asja asemele wõib ka mõni taewakeha wõtta. Kui see liig hele on, nagu näituseks päike, siis kinnitakse waatetoru otsa wärwiklaasiga okuläär; kõik muu tegewus on seesama, mis juba seletatud.

Waatetoru optikaal-telje paralleelsuse tõendus sekstandi tasapinnale. Selleks on igal sekstandil iseäralikud metalltäisnurgad, mis nimetakse dioptriteks



Joon N 30

(joon. 30), nende dioptrite kõrgused peawad olema täpipealt ühesugused, sellega ühes ka waatetoru optikaal-teljega ühel kõrgusel, nimelt nende ülemised ääred; nende abil tõendakse optikaal-telje paralleelsus järgmiselt:

Pannakse esiteks astronoomia waatetoru fookusse, see on, seatakse kiirte jooksupunkti silma järel ja kruwitakse toru selle tarwis olewasse wõrusse; siis pannakse sekstant horisontaalis, kas laua ehk muu kindla aluse peale, nii et toru optikaal-telg oleks ühe kaugelt, aga selgelt nähtawa asja poole pöördud. Siis seatakse limbi otsade peale dioptrid (joon. 30), nii et nende siht (цтроб) oleks waatetoru optikaal-teljega paralleelis; peale selle waadatakse dioptrite ülemiste äärte sihis kaugel nähtawa asja peale ja märgitakse asja peal selles

sihis üks punkt, sekstandi seisukohta mitte muutes. Waadatakse toru läbi sedasama asja. Kui nähakse sedasama punkti toru sees olewa kwadraadi keskel, siis on toru optikaal-telg sekstandi tasapinnalt paralleelis; wastasel korral saab ta pandud paraleeli kahe kruwi abil hh' (joon. 26).

Limbi ja vernieeri õige jaotuse tõendus.

Esimese jaotust tõendakse järgmiselt:

Vernieeri indeksi iga limbi jao kriipsuga (strijiga) järjekorralt kokku seades, peab ka vernieeri wiimase jao kriips ühe limbi jao kriipsuga ühte langema; kui terve limbi peal see kordub, siis on limbi jaod õieti jagatud. Kui see kusagil limbi peal nii ei ole, siis peab esiteks otsima, missuguse jao kriips on wigane, kas esimene, mis indeksi wastas, wõi wiimane. Selleks mõõdetakse mõlemate jagude juures nendega kõrwu seiswate jagude kriipsu äraseis, arwatawatest wigastest jagude kriipsudest; leitakse wigase jao kriips ja pannakse vernieeri wiimase jao kriips selle wigase jao kriipsuga kokku, siis annab arw, mis vernieer näib, wigase kriipsu wea suuruse.

Vernieeri jagude tõenduseks kinnitakse esiteks ali-daad selleks olewa kruwiga kinni, siis, mikrokruwiga töötades, seatakse kokku järjesti iga vernieeri kriips ühe ja sellesama kriipsuga limbi peal; nüüd waadatakse suurekstegewa klaasi läbi, kas mõlemal pool, ühe kaugusel kokkupandud kriipsust, vernieeri kriipsud kõige lähematest limbi kriipsudest ühtewiisi seisawad; kui ja, siis on see tõenduseks, et vernieer õieti jagatud. Kui ühtki vernieeri jao kriipsu limbi kriipsuga kokku seades mainitud kriipsud mitte nõuetawas seisukohas ei ole, siis on vernieeri jaod wigased. Ka juhtub mõne sekstandi juures, et 2 ehk 3 vernieeri kriipsu korraga mõne limbi kriipsuga kokku langewad, siis on see tõendus, et vernieer ei ole õieti jagatud. Wigaselt jaotatult vernieer teeb sekstandi obserweerimiseks kõlbmataks. —

§ 45. Indeksi wiga, selle leidmine ja kõrwaldamine.

Indeksi weaks nimetakse selle äraseisu limbi null-kriipsust, kui sekstandi peeglid isekeskis paralleelis on. Seisab indeks sel momendil paremal pool null-kriipsu limbi peal, siis on mõõdetaw nurk ehk kõrgus sekstandi järele indeksi äraseisu jao obserweeritud kõrgusest ehk nurgast vähem, sellepärast peab instrumendiga saadud nurgale ehk kõrgusele indeksi wea juure panema; kui pahemal pool — siis maha arwama. Esimesel juhtumisel märgitakse indeksi wiga plussiga, teisel — miinusega. Ehk küll wäike peegel instrumendi külge kõwasti kinnitatud on, wõib ta siiski natukene oma telje ümber, mis instrumendi tasapinnale loodis seisab, millegi wälimise jõu läbi sihist kõrwale pöördud saada, mis siis suuremalt jaolt indeksi wea sünnitab. Ka alidaad wõib temperatuuri muutuse mõjul sirgest joonest natuke kõrwale kalduda, mis niisama indeksi wea sünnitab. Ülepea sünnib indeksi wiga suuremalt jaolt temperatuuri muutmise jõu läbi. Terwet seda wiga wõib vähendada ja koguni ära kaotada kruwi abil, mis wäikese peegli tagaküljes alumises serwas on. Indeksi wiga ei ole soowitaw sel juhtumisel, kui ta liig suur on, mitte üsna ära kaotada, waid ainult vähendada, sest peale ärakaotamist wõib ta temperatuuri muutuse läbi weel suurenedä ümberpöördud märgiga; kuid iga obserweerimise ajal peab indeksi wiga teada olema.

Indeksi wiga wõib mitmel wiisil wälja arwata:

1) Sekstanti loodis käes hoides waadatakse läbi wäikese peegli nähtawa horisondi peale; alidaati limbi null-kriipsu lähedale kinnitades, töötatakse mikrokruwiga kuni otsenähtawa ja peegeldatud horisondi jaod ühe sirge joone sünnitawad, siis annab see arw, mis limbi ja vernieri pealt saame, indeksi wea; on indeksi äraseis

limbi nullist paremal pool, siis plussiga, kui pahe-
mal pool — siis miinusega. Niisama võib indeksi wiga
iga muu kaugelseiswa õige joone abil leida.

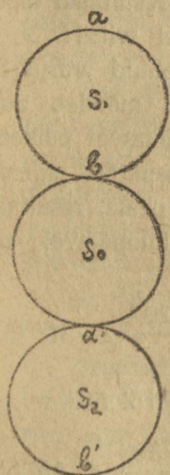
2) Taewakeha peale waadates peab, mikrokruwiga
töötades, otsenähtawa keha ja selle peegeldud warju
kokku seadima; arw limbi ja vernieeri peal näitab
indeksi wea. Kui aga obserweeritaw taewakeha, päike
ehk kuu on, siis ei seata otsenähtawat tema peegeldatud
warjuga mitte kokku, waid pannakse mikrokruwi abil
nii, et nad isekeskis riiwawad, kord oma sisemiste,
kord wälimiste äärtega; mõlematel kordadel arwu was-
tawate märkidega üles tähendades, wõtame nende
algebralise poole summa, ja see ongi indeksi wiga.

Näituseks, joonistuse 31. peal on kaju-
tatud otsenähtaw päike ba' ja tema
peegeldud warjud ab ja $a'b'$, mis rii-
wawad järjelikult otse nähtawat alu-
mise (ja ülemise) äärega. Oletame, et
sel momendil, kui peegeldud warju-
tsenter punktis S' on arw m ja punk-
tis S_2 — m' , siis saame keskmise ar-
wu $= \frac{m + m'}{2}$, mis wastab arwule

sel momendil, kui peegeldatud warju
tsenter S' ehk S_2 otsenähtawa päi-
kese tsentriga S^0 kokku langeb; ühes
sellega ka peeglite paralleelsusele, see
on, peeglid on paralleel isekeskis, kui
tsenter S' ehk S_2 tsentri S^0 kokku lan-
geb; nii annabki see keskmine arw
indeksi wea.

Näitused: 17. mail 1920. aastal.

Tarwis leida indeksi wiga järgmistele arwude järele,
mis on saadud päikese ülemise ja alumise äärte ühenda-
misest tema peegeldatud warjuga:



Joon N 31

$$1) - 2^{\circ} 11' 40'' \text{ ja } - 1^{\circ} 8' 20''$$

$$\text{(ci) Indeksi wiga} = \frac{2^{\circ} 11' 40'' + 1^{\circ} 8' 20''}{2} = - 1' 40''$$

$$2) + 1^{\circ} 12' 20'' \text{ ja } + 9'$$

$$\text{ci} = \frac{1^{\circ} 12' 20'' + 9'}{2} = + 40' 40''$$

$$3) - 0^{\circ} 45' 50'' \text{ ja } + 0^{\circ} 17' 30''$$

$$\text{ci} = \frac{0^{\circ} 45' 50'' - 0^{\circ} 17' 30''}{2} = - 14' 10''$$

$$4) + 0^{\circ} 36' \text{ ja } - 0^{\circ} 27' 20''$$

$$\text{ci} = \frac{0^{\circ} 36' - 0^{\circ} 27' 20''}{2} = + 0^{\circ} 4' 20''$$

Selle meetodi järele on indeksi wiga leidmine kõige soovitavam, sellepärast et võib saadud resultaadi täpipsust kohe tõendada, nimelt järgmisel viisil:

Joonistuse 31. peal näeme, et peegeldud warju S' ülewiiamise juures punktisse S2, alidaad mõõdab ühe nurga, mis niisama suur on, kui neli nähtawat päikese pooldiameetrit, ehk kaks diameetrit, sellepärast jagame saadud arwude algebralise differentsi 4 peale, resultaat wõrdub päikese pooldiameetrile antud kuupäewal; nii saame näitustest 17. mail 1920:

$$1) \odot \text{ pooldiam.} = \frac{2^{\circ} 11' 40'' - 1^{\circ} 8' 20''}{4} = 15' 50''$$

$$2) \odot \text{ pooldiam.} = \frac{1^{\circ} 12' 20'' - 9'}{4} = 15' 50''$$

$$3) \odot \text{ pooldiam.} = \frac{0^{\circ} 45' 50'' + 0^{\circ} 17' 30''}{4} = 15' 50''$$

$$4) \odot \text{ pooldiam.} = \frac{0^{\circ} 36' + (- 0^{\circ} 27' 20'')}{4} = 15' 50''$$

Naut. Alm. wäljawõetud \odot pooldiameeter = 15' 50,08"; nii on siis wähe ainult 0,08", mis tõendab, et indeksi wiga on õieti wälja arwatud, ehk õigemini, obserweerimine on tehtud täpipselt.

Sekstandi ekstsentriline wiga.

Ekstsentriliseks weaks nimetakse see, kui alidaadi ja limbi tsentrid ei sünnita ühist üleüldist tsentrit; sel juhtumisel ei liigu alidaad terve limbi mööda mitte wabalt, waid takistab, kas limbi otsades ehk umbes keskel; seesugune wiga ei anna õiget resultaati ja takistab obserweerimist.

Selle wea suurust wõib leida, kui meie kahe kindlalt seiswa asja wahel nurga mōõdame ilma ekstsentrilise weata ja seesuguse weaga sekstantidega; mõlemate sekstantide arwud parandame nende indeksi wigadega; resultaatide wõrdlusest saadud wahe on wigase sekstandi ekstsentriline wiga.

Kui õige sekstandi järel nurk suurem on kui wigase järel, siis on wiga plussiga, ümberpöördult — miinusega.

Kui teist weata sekstanti ei ole, siis peab kahe tähe wahel nurga formeli järele wälja rehkendama ja nendesama tähtede wahel wigase sekstandiga nurk mōõdetama, wiinast indeksi weaga ära parandama ja wäljarehkendatud nurgaga wõrdlema; nende wahe on sekstandi ekstsentriline wiga.

§ 46. Nurgamōõtmise instrumendi obserweerimiseks walmisseadmine.

Instrumenti wälja wõttes kastist, mille sees ta hoiatakse, ei tohi teda alidaadist, peeglitest, waatetoru wõrust ega millestki äärmisest jaost, iseäranis mitte limbist, kinni wõtta, waid keskelt raadiuste ja limbi ühenduspennidest, ja peale wäljawõtmist kohe käepidemest kinni hoida. Enne kui waatetoru selletarwis wõrusse saab keeratud, peab ta waatleja silma järele seatud olema, mõne kaugel seiswa asja ehk horisondi peale waadates. Waatetorusid wõrusse keerates peab sekstanti käes loodis hoidma, nii et wõru horisontaalis seisab; wastasel korral wõiwad kruwi sisselõiked, nii-

hästi wõrus kui ka toru ümber rikutud saada. Peale selle seatakse selletarwis kruwi e (joon. 26) abil toru optikaal-telje wäikese peegli ülemise äärega ühekõrgusele; see on siis täidetud, kui waadetaw otsenähtaw ja tema peegeldud wari waatlejale ühtewiisi selgesti näha on. Wiimaks tarwis waadata mikrokruwi, kas see korralikult töötab, ja seadida see nii, et mutter, millest ta läbi läheb, tema keskel oleks.

§ 47. Nurkade mõõtmine maakeral peal olewate asjade wahel.

Nurkade mõõtmiseks on soowitaw walida hästi nähtawad ja wõimalikult ühekaugusel seiswad asjad. On nendest pahemal pool seisaw asi vähem näha, siis waja seda otsenähtawaks asjaks wõtta; waatab waatleja selle peale läbi waatetoru ja lükkab alidaati kuni parempoolse asja peegeldatud wari ka näha on; mikrokruwiga töötades paneb ta otsenähtawa asja peegeldatud warju selle äärega kokku, mille wahel nurk tarwis mõõta; mõõtmise juures waja sekstandi peeglid ülespoole hoida.

On aga paremal pool asi vähem näha, siis wõetakse see otsenähtawaks asjaks ja pannakse pahempoolse asja peegeldatud wari parempoolsega kokku, sealjuures sekstanti nii pahemas käes hoides, et peeglid allpool oleksid.

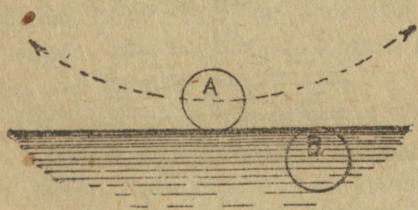
Nurkade mõõtmise juures peab sekstanti nii käes hoidma, et tema tasapind mõõdetawaist asjust läbilõikawa tasapinnaga kokku langeb. Sekstandiga wõib kuni 145° — 150° nurka mõõta; suuremad nurgad mõõdetakse Pistori terweringiga. Peale mõõtmist parandakse observeeritud nurk indeksi ja teiste wigadega, kui wiimased olemas, ja saadud resultaat on õige nurk mõõdetawate asjade wahel.

Kui tarwidus nõuab nurka mõõta ühe taewakeha ja maapealse asja wahel, siis walitakse otsenähtawaks —

maapealne asi. On taewakeha liig hele, siis lükatakse suure peegli ette warjuklaas. Sekstanti tarwis paremas käes hoida, peeglitega ülespoole, kui maapealne asi pahemal pool taewakeha on, on aga maapealne asi paremal pool, siis paremas käes, peeglitega allapoole. Igal juhtumisel peab sekstandi tasapind mõõdetawa nurga tasapinnaga kokku langema. On taewakeha päike ehk kuu, siis peab selle sisemise ehk wälimise ääre mikrokrui abil maapealse asja äärega ühendama, millest nurk mõõdetakse; see nurk parandakse instrumendi wigadega ja päikese ehk kuu pooldiameetriga.

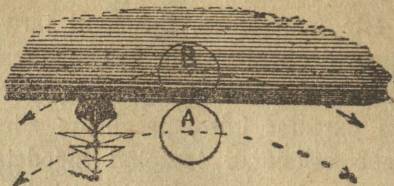
§ 48. Päikese ja kuu kõrguse mõõtmine nähtawa horisondi peal.

Taewakeha kõrguseks nähtawa horisondi peal nimetakse selle keha vertikaali tasapinnaga kokkulangew nurk nähtawa horisondi joone ja taewakeha tsentri wahel.



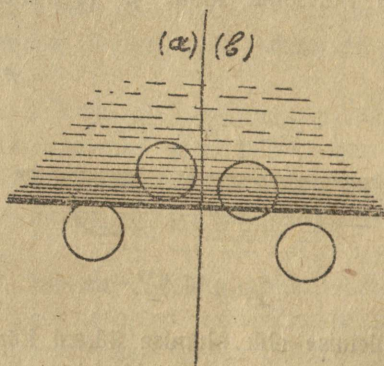
Joon N32-1

Päikese ülemise ehk alumise ääreni kõrgust mõõtes peab suure peegli ette warjuklaasi panema; vertikaalis sekstanti paremas käes hoides ja päikese vertikaali kohal nähtawa horisondi peale waadates, lükatakse pahema käega alidaad limbi null-jaost edasi, kuni waatleja waatetorus päikese peegeldatud warju näeb; sekstandi seisu mitte muutes, keeratakse kruwi läbi alidaadi kinni ja seatakse mikrokrui abil päikese peegeldatud wari nii, et selle ülemine ehk alumine äär horisonti riiwab. Hariliku klaasidega waatetoruga obserweerides



Joon N 32-2

näeb waatleja päikese peegeldatud kuju taewa sfääri peal, kui obserweerib kõrguse alumisest äärest (joon. 32-2) ja — wees, kui ülemisest äärest (b). Kui obserweeritakse astronoomilise waatetoru abil, mis kõik asjad ümberpöördult näitab, siis on meri ülewal ja taewas



Joon N 33

allpool nähtawat horisonti (joon. 32-2). Sellepärast näeb waatleja, kui ta kõrgust alumisest serwast obserweerib, päikese peegeldatud kuju punktis A ja ülemisest serwast — punktis B (joon. 32-2). Kui taewakeha kõrgus ruttu muutub, siis peab kellaaja täpipealt üles tähendama sel momendil, mil päikese ehk kuu alumine

wõi ülemine serw nähtawat horisonti riwab; selleks paneb obserweerija peegeldud kuju alumise ääre natuke wette, kui kõrgus suureneb (a) ja jätab ääre horisondist lahti — weest wälja, kui väheneb; sellest momendist peale waatab abiline kella sekundinäitaja liikumist hoollega järele. Kui päikese ehk kuu äär horisondi külge puutub, hüüab obserweerija „stop“; sel silmapilgul märgib abiline kellaaja üles, ja saab nii obserweeritud kõrgusele wastawa täpipealse kellaaja. Kui taewakeha kõrgus wähe muutub, nagu näituseks meridiaani kõrwal kõrguse obserweerimise juures, siis võib obserweerija kohe, kas ülemise ehk alumise ääre, päikesel või kuul, horisondiga riwawalt ühendada ja sel momendil, nii kui esimesel korral, kellaaja üles tähendada.

Kuu kõrguse obserweerimise ajal võib suure peeglite wärwiklaasi ainult siis panna, kui kuu liig heledalt paistab; muidu on kuu kõrguse obserweerimine niisama kui päikesel, iseäranis täikuu ajal. Kui kuu veel täisringi ei kujuta, siis võib tema kõrgust ainult selle ääreni mõõta, mis walgustud on.

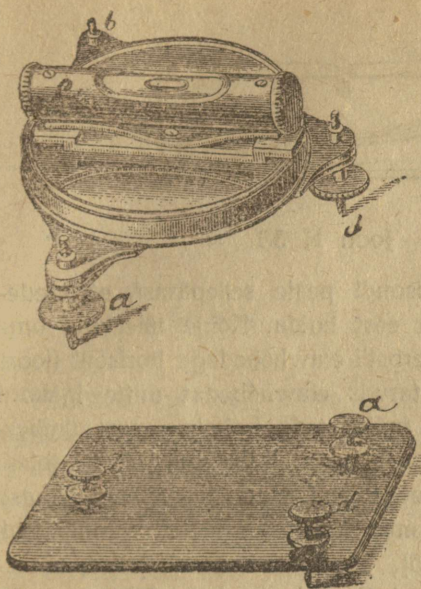
§ 49. Tähtede kõrguse mõõtmine nähtawa horisondi peal.

Tähtesi peab obserweerima kohe peale päikese loojaminekut ehk natuke aega enne tõusu, ülepea siis, kui päike mitte kaugel horisondi all ei ole, sest muul ajal öösel on pimeduse pärast horisont halwasti näha. On wahest walgematel öödel horisont hästi näha, tähed aga halwasti, siis peab instrumenti pahemas käes, peeglitega paremale poole hoides, läbi waatetoru tähe peale waatama ja alidaati parema käega edasi lükkamä, kuni horisondi peegeldud wari waatetorus näha on; siis instrumenti nii hoides kinnitakse alidaat kruwi läbi limbi külge kinni ja seatakse peegeldud horisondi jagu mikrokruwi abil obserweeritawa tähega kokku. Tähtede obserweerimine on raskem päikese ja kuu obserweerimisest,

sellepärast, et neid palju on ja kõik peaaegu ühesarnaselt waatlejale nõrgalt walgustades paistawad. Obserweerimise juures wõib ka juhtuda, et peegeldud wari, mis waatleja alla horisoni paneb, ei olegi obserweeritawa, waid mõne teise, selle lähedalt, tähe wari. Et seda ei juhtuks, peab waatleja obserweerimise juures tähe peegeldud warju waatetorus nägema; selleks tarwis sekstanti, alidaadi nullist edasi lükates, allapoole kallutada, kuni waatetoru horisontaali jääb; siis on tähe peegeldud wari horisoni lähedal; alidaati kruwiga kinni keerates toob waatleja mikrokruwi abil obserweeritawa tähe peegeldud warju horisoni. Tähtede obserweerimise juures saab weel teisi abinõusid tarwitada, kuid pikem seletus tähtede obserweerimise kohta antakse selle õpperaamatu II jaos.

§ 50. Kunstlik horisont.

Enam täpiseimate arwude väljarehkendamiseks meresõidu astronoomias, ei ole nähtawa horisoni pealt obserweeritud kõrgus mitte küllalt täpise peale sellepärast, et maa refraktsioon teada ei ole (kui ka teada oleks, siis ainult ligikaudselt). Sellepärast rehkendakse täpise resultaadid välja kõrguste abil, mis obserweeritakse kindlal maal ühe peegeldatud horisontaalisseiswa tasapinna pealt, mida nimetakse kunstliseks horisoniks. Kunstlised horisonid on kaheksa, klaasist ja wedelikuga. Esimesed on tehtud hästi poleeritud tasapinnaga klaasist, selja poolt mustaks wärwitud, kas ringi ehk õigenurgalise nelinurga näolised. Tasakaalusse seatakse klaasist kunstline horisont tema küljes olewa kolme kruwi a, b ja d abil waterpassiga (c) horisontaali (loodi). Joonistus 34. peal on näha klaasist kunstlised horisonid (a, b ja d on tõstekruwid). Loodiseadmise juures tarwis panna waterpass horisoni peale (joon. 34), nii et see kahe kruwiga ühes sihis seisab. Siis tuuakse, neid kruwisid keerates, waterpassi õhumull selle kesk-

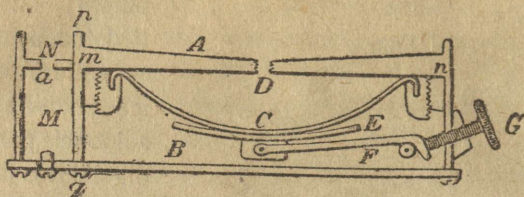


Joon N 34

leiale tundmata wea läbi waterpassis, ehk tähelpanemata tõuke või löögi tõttu võib see horisontaalseisust ära kalduda ja niiwiisi mõõdetawas kõrguses wea sünnitada; sellepärast on enam täpise tulemuse saamiseks, wedelikuga kunstlised horisondid tarwitusele wõetud.

Wedelikuks pruugitakse tōkatit, tōrwa ja elawhōbedat; wiimane annab kõige parema peegeldud kuju. Üks neist wedelikkudest walatakse madalate äärtega nõusse, nii et see nõu põhja üleni kinni katab. Nõu peale pannakse katus, mille kaks külge klaasist ja teised küljed metallist ehk puust; katus pannakse horisondi peale nii, et üks klaasist külg obserweeritawa taewakeha ja teine waatleja poole on pōördud. Katus pannakse kunst-

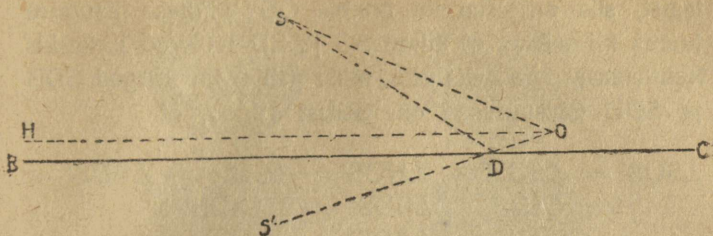
punkti; on see täidetud, pannakse waterpass tema endisele seisujoonele perpendikulääri ja tuuakse kolmanda kruwi abil õhumull jällegi waterpassi keskpunkti. Tõenduseks korratakse weel kord sedasama tegewust, kas sellesamas ehk teistes sihtides. Klaasist horisondid annawad küll hästi selge päikese kujutuse, kuid mõne waat-



Joon N 35

lise wedelikuga horisondi peale sellepärast, et wedelikku tuule ja tolmu eest hoida. Kõige täielikum oma ehituse poolest on Herbst'i elawhõbedaga horisont (joon. 35). Sellest ei ole tarwis elawhõbedat mitte igakord teise nõusse kallata, milles teda hoitakse, sest ümberkallamise juures võib hõbedat peale mustust ja tolmu langeda, mis tema peegeldamise omaduse peale pahasti mõjub. Herbsti horisont seisab koos metall-wannist ehk -karbist A (joon. 35), kuhu sisse pumbatakse obserweerimise ajaks kruwi G abil elawhõbe läbi augu D, nahkkotist C, milles hõbe alal hoitakse, kui obserweerimist ei ole. Kruwi G keerates tõuseb koti põhja all olev taldrik EB ja sunnib, koti põhja kõrgemale tõstes, hõbedat augu D läbi karbisse A woolama; ülearu elawhõbe võib üle karbi serwa p, augu N läbi jaoskonda M woolata; kui sellesse elawhõbedat palju kogub, siis võib seda sealt välja lasta augu läbi, mis horisondi põhjas selle jao wastu kruwiga kinni keeratud on. Peale tarwitamist peab Herbsti horisont selle tarwis olewa metallkaanega kinni kaetud saama, mis kolme kruwi abil karbi serwade külge kinnitakse, et elawhõbe karbi põhjas olewa augu D läbi mitte välja ei woolaks; selle kaane küljes on veel üks stift, mis kanaali N kinni katab, et ka M jaosse lastud elawhõbe välja woolata ei saaks.

Waatame nüüd joonistuse abil, mil wiisil on võimalik taewakeha kõrgust kunstlise horisondi pealt mõõta.



Joon N 36

Füüsikast on meil teada, et otsenähtaw asi oma peegeldud warjuga tingimata ühes tasapinnas seisawad, mis peegli tasapinnale loodis on ja et asja peegeldud warju äraseis peegli taga, otsenähtawa asja äraseisuga kuni peegliini — ühesuurused on; sel põhjal on tõendud, et ühe asja kiire langenuk niisama suur on, kui selle kiire tagasipõrke nurk. Oletame, et ABC (joon. 36) on üks peegeldaja tasapind, S — obserweeritawa tähe ehk päikese seisukoht, S' — selle peegeldud kuju horisondis. Punktis O on waatleja silm. Kui kiire SD langeb horisondi peale nurga SDB all, siis põrkab see kiir tagasi õige joone DO mööda, nii et

$$L SDB = L ODC$$

ja waatleja, kelle silm punktis O on, näeb taewakeha peegeldud kuju S' õige joone OD sihis; sellest järeldub, et

$$L BDS' = L ODC = L BDS.$$

Waatleja, kes sekstandiga nurka SOS' möödab, saab kahekordse taewakeha kõrguse õige horisondi pealt; selle tõenduseks tõmbame waatleja silmast O ühe horisontaal-joone OH, siis saame taewakeha kõrguse õige horisondi pealt SOH; kui nüüd O ja D äraseisu-üksteisest wõrrelda taewakeha suure kaugusega waat-

lejast, siis on esimeste äraseis OD viimase kauguse juures nii väike, et kiired SO ja SD võivad isekeskis kahtlemata paralleelis olla, mille põhjal ka nurgad SDB ja SOH ühesuurused on. Sellest selgub, et

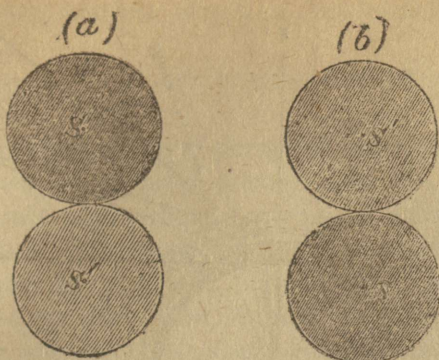
$$\begin{aligned} LSOS' &= LSOH + LHOS' = LSOH + LBDS' = \\ &= LSDB + LBDS' = 2 LSDB, \text{ a} \\ LSDB &= \frac{LSOS'}{2}; \end{aligned}$$

See on: Taewakeha kõrgus õige horisoni pealt võrdluse poole nurgale, mis waatleja sekstandiga mõttes kunstlise horisoni pealt saab.

§ 51. Päikese kõrguse mõõtmine kunstise horisoni peal.

Waatleja peab esiteks kunstlise horisoni paigale seadima, nagu eespool on seletatud, siis ennast horisoni ette nii asendama, et päikese peegeldud kuju võimalikult horisoni keskel näha oleks; seda tuleb silmas pidada iseäranis elavhõbedaga horisoni juures, sest et see karbi serwade lähedal mitte täiesti horisontaalis ei seisa. Mõlemate peeglite ette wärwiklaasisid seades, ehk waatetoru otsa wärwiklaasiga okulääri kruwides, waatab waatleja sekstanti vertikaalis käes hoides läbi toru horisonis nähtawa päikese kuju peale ja lükkab alidaadi limbi null-jaost edasi kuni suure peegli läbi peegeldud päikese wari wäikeses peeglis nähtawale tuleb; siis keerab kruwi abil alidaadi kinni ja, mikrokruwiga töötades, toob mõlemate, päikese, wärvade serwad kokku, nii et nad üksteist riwawad (joon. 37).

Et kunstlise horisoni pealt obserweerides suuremalt jaolt astronoomi waatetoru tarwitakse, mis kõik asjad ümberpöörduvalt kujutab, peab waatleja:



Joon N 37

1) Kui möödab kõrguse päikese alumise ääreni, siis paneb horisondis nähtawa päikese alumise ääre S (joon. 37 [a]) päikese peegeldud warju S' ülemise äärega kokku.

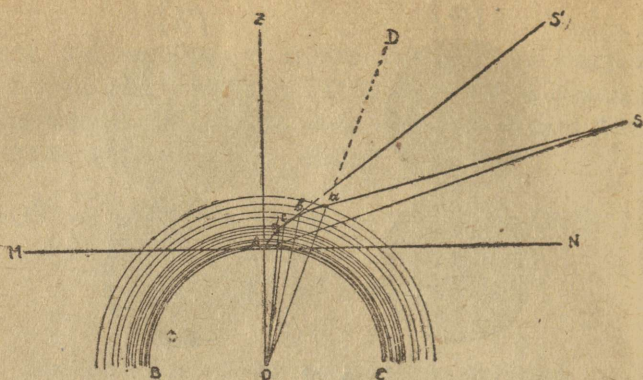
2) Kui aga möödab kõrgust ülemise ääreni, siis paneb horisondis nähtawa päikese S ülemise ääre kokku peegeldud warju S' alumise äärega (joon. 37 [b]).

Kõrgust alumise ääreni obserweerides lähewad nende ääred enne kulminatsiooni üksteisest lahku ja peale kulminatsiooni — kokku; kui obserweeritakse ülemise ääreni, siis — ümberpöördult.

Kunstlise horisoni pealt obserweerides peab waatleja needsamad wärwiklaasid, mis tal obserweerimise ajal peeglite ees olid, ka indeksi wiga otsides peeglite ette jätma.

§ 52. Astronoomiline refraktsioon.

Meie teame, et maakera on ümbritsetud õhukihtidega, mis maakera läheduses tihedamaks ja kaugemal harwemaks muutuwad. Kui nüüd kiired, taewakehade pealt langedes, maakerale lähenewad, siis saawad nad õhukihtide läbi murtud ja mida lähemale maakerale jõuawad, seda rohkem ka endid murrawad, ja waatleja näeb taewakeha koguni teises sihis, kui see tõesti on.



Joon N 38

Selgemaks arusaamiseks joonistame jao maakera pinda BAC (joon. 38), mille peal punkt A. vaatleja kohta kujutab, punkt S on taewakeha õige seisukoht ja nurk SAN tema õige kõrgus. Kiir Sa, päikese ehk muu taewakeha pealt maakera peale langedes, sattub esiteks kõige wälimisse õhukihti punktis a; seal muudab ta oma sihti ab mööda; edasi tihedamatesse õhukihtidesse sattudes muudab ta ikka rohkem oma sihti punktides b, c ja d, kuni wiimaks dA mööda vaatleja silma langeb ja õige joonega SA, taewakeha õigest seisukohast tõmmatud, nurga S'AS sünnitab; õige joon AS' on see siht, mille mööda vaatleja taewakeha S wõib näha; sellest selgub, et nurk S'AS on see, mille all kiir SA omast õigest sihist ära kaldub; see nurk nimetakse astronoomiline refraktsioon. Refraktsioon kannab taewakeha lood tasapinnas vaatleja senitile lähemale ja suurendab seega selle kõrgust; tõenduseks tõmbame õige joone MN, mis kujutab vaatleja õige horisondi läbilõiget taewakeha S vertikaaliga, siis on wiimase õige kõrgusnurk SAN ja nähtaw kõrgusnurk S'AN. Tähendame õige kõrguse tähega h

ja nähtawa kõrguse tähega h' , siis saame joonistuse 38. peal:

$h = h' - r$, kus r astronoomilist refraktsiooni tähendab.

Refraktsiooni suurus oleneb nurgast DAS, mis kujuneb kiirest Sa ja punkt a loodjoonest aD; mida lähemal on selle nurga suurus õige nurgale, seda suurem on refraktsioon. Joonistusest näeme, et mainitud nurga suurus muutub ka taewakeha kõrguse järele, see on, tema suureneb, kui taewakeha läheneb waatleja horisondile, ehk mis seesama, vähendab oma kõrgust ja ümberpöörduvalt, väheneb siis, kui taewakeha kõrgus suureneb. Sellest järeldub, et astronoomiline refraktsioon on kõige suurem siis, kui taewakeha on waatleja horisondis. Kui aga wiimase kõrgus suureneb, siis refraktsioon väheneb; näeb waatleja ühte taewakeha omas senitis, siis on selle refraktsioon null.

Obserweerimised on selgeks teinud, et horisondi peal refraktsiooni suurus on umbes $35'$, taewakeha kõrguse suurenemisega muutub refraktsioon esiteks väga ruttu ja mitte ühte wiisi, pärastpoole muutub enam aeglasemalt nii, et ühe taewakeha kõrguse juures, mis üle 45° , refraktsioon õige wähe muutub.

Nagu eelpool öeldud, muutub refraktsioon wäikese kõrguse juures väga ruttu, nii et 5° -lise kõrguse juures refraktsioon umbes $10'$ ja 10° kõrguse juures väheneb refraktsioon umbes kuni $5'$.

Peale selle mõjub refraktsiooni peale weel õhu muutus, näituseks: kui temperatuur langeb ja baromeeter tõuseb, siis refraktsioon suureneb, ümberpöörduvalt — väheneb. Kuid wäikese kõrguse juures on baromeetri seisu mõju refraktsiooni peale tähtsusetu, nii et praktiliselt õhumuutust arwesse ei wõeta, waid pruugitakse refraktsiooni, mis wastab keskmise õhu temperatuurile $+8^\circ$ R. ja baromeetri kõrgusele 30 tolli ehk umbes 762

m. m. Refraktsioon, mis keskmise õhu seisule vastab, nimetakse keskmiseks astronoomiliseks refraktsiooniks ja on välja rehkendatud mitmesuguste nähtawa kõrguste tarwis meretabelite kogu-tabelites; Wene tabelites 25 ja 34; esimeses on minutites ja selle kümnendikkudes jagudes, teises — minutites ja sekundites; 25 tabelis väljarehkendud refraktsioon on küllalt täpipealne mereväljaarwamistes, kuna 34 tabelit siis tarwitakse, kui kindla maa peal enam täpipealsemat resultaati nõutakse; wiimisel juhtumisel peab ka termomeetri ja baromeetri seisuarwesse wõtma; selleks on Wene tabel 36, milles on juba välja rehkendatud parandused mitmesuguste taewakeha kõrguste tarwis, keskmise astronoomilise refraktsiooni jaoks, Celsiuse termomeetri ja baromeetri kõrguste järele (baromeetri kõrgus m. m.). Kui õhu temperatuur on antud Réaumuri järele ja baromeeter tollides, siis wõib wastawad arwud Celsiuse järele ja baromeetri millimeetrites välja wõtta tabelitest 23 ja 24 (Wene tabelite kogu).

Ülesanne:

Tarwis leida astronoomiline refraktsioon, kui taewakeha kõrgus on $21^{\circ} 18'$, õhu temperatuur $+ 14^{\circ} R.$, baromeetri kõrgus 28,8 tolli.

Keskmine refraktsioon 21° peale	= 2' 31"
Parandus 18' peale	= - 2,2"
Keskmine refraktsioon $21^{\circ} 18'$ peale	= 2' 28,8"
Parandus $+ 14^{\circ} R. = 17,5$. Celsius	
ja $21^{\circ} 18'$	= - 4,0"
Parandus 28,8 tolli = 731,51 mm. ja	
$21^{\circ} 18'$	= - 6
Otsitaw refraktsioon $21^{\circ} 18'$ kõrguse	
juures	= 2' 18,8"

Ligikaudne keskmine astronoomiline refraktsioon sellesama kõrguse juures 25 tabelis välja wõetud on 2,5'.

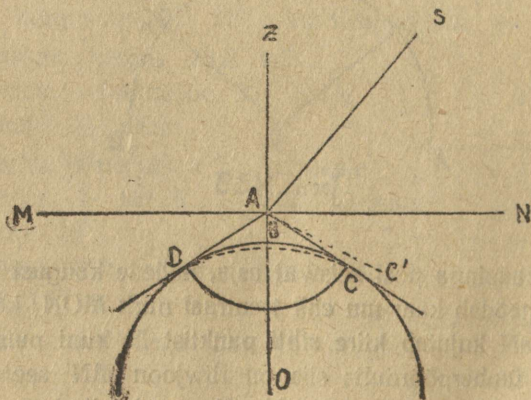
maapinna refraktsiooni asjade kauguse mn ehk nurga MON juures.

Praktikas on küllalt täpiseks maapinna refraktsiooni suurust arvatud, kui selleks $\frac{1}{20}$ ehk 0,05 jao asjade wahel koondatud tsentraal nurgast wõtame, keskmise õhuseisu järele arwates; see arw ($\frac{1}{20}$) nimetakse maapinna refraktsiooni koefitsiendiks; ta ei ole mitte alati ühesuurune, waid muudab ennast õhuseisu ja baromeetri kõrguse muutmise mõjul.

Nimetame maapinna refraktsiooni r , selle koefitsiendi — K ja asja äraseisu nurka waatlejast — D , siis saame: $r = K \times D$. Näituseks: $D = 6'$; $r = \frac{1}{20} \times 6' = 0,3'$.

§ 54. Waatleja nähtawa horisoni kalduwus.

Nähtaw horisont ehk silmapiir on ringjoon, mis näitab waatlejale, nagu ühendaks taewa laotus ennast merepinnaga. Seda ringjoont mööda sünnitab ta ühe koonuse põhja, mille pind maakera riwab ja teraw tipp waatleja silmas on.



Joon N 40

Oletame, et punkt B (joon. 40) on laewa koht ja waatleja silm punktis A, mille kõrgus merepinnast on AB; tõmbame punktist A riiwawad jooned AD ja AC jne., siis saame koonuse ADC, mille põhi DC on waatleja nähtaw horisont. Joonistusest on näha, et mida kõrgemal seisab waatleja, seda suurem on tema nähtaw horisont ja ümberpöördult. Märgime punktis S taewa keha õige koha, mille wertikaal waatleja õige horisondi joonega AN läbi lõikab ja nähtawa horisondi — punktis C. Maapinna refraktsiooni mõjul on punkt C wertikaali tasapinna sihis, wäike nurga CAC' suuruses kõrgemale tõstetud ja on näha joone AC' sihis. Sellest järgneb, et nähtawa horisondi pealt obserweeritud taewa keha kõrgus, nurk SAC' = SAN + NAC', kuid õige horisondi pealt kõrgus SAN = SAC' — NAC'.

Nurk NAC' sünnitab nurgalise äraseisu waatleja õige ja nähtawa horisontide wahel ja nimetakse nähtawa horisondi kalduwuseks. Selle nurga suuruse wõime wälja rehkendada järgmiselt:

$$NAC' = NAC - CAC',$$

aga NAC = AOC ja CAC' = K.AOC; sellest järgneb, et: NAC' = AOC — K.AOC = (1 — K) AOC.

Kolmnurgas AOC, millel on õige nurk C, saame:

$$\text{tang AOC} = \frac{AC}{OC} \text{ ja } \text{tang}^2 \text{ AOC} = \frac{AC^2}{OC^2}$$

Tähendame maakera raadiuse tähega R ja waatleja silma kõrguse — tähega l, siis saame AC² = AO² — OC² = (R + C)² — R² = 2 Rl + l² = (2R — l) . l.

Saadud (2R + l) . l paneme AC² ja R² OC² asemele, siis saame tang² AOC = $\frac{(2R + l) \cdot l}{R^2}$; siin on aga

l nii wäike arw, et seda wõib ilma suurema wea sünnitamata wälja jätta ja eelmise formeli järgmiselt üles seada:

$$\text{tang}^2 \text{ AOC} = \frac{2Rl}{R^2} = \frac{2l}{R} \text{ ja}$$

$$\text{Tang AOC} = \sqrt{\frac{2l}{R}}$$

Praktilistes ülesannetes on AOC õige väike, ainult võib olla mõni kraadi minut, sellepärast tang AOC asemele panna $\text{AOC} \times \text{tang } 1'$ ja eelmine formel muutub järgmiselt:

$$\text{AOC tang } 1 = \sqrt{\frac{2l}{R}} \text{ aga}$$

$$\text{AOC} = \frac{\sqrt{\frac{2l}{R}}}{\text{tang } 1'}; \text{ sellest järgneb, et}$$

waatleja nähtawa horisoni kalduvus on:

$$\text{NAC}' = (1 - K) \sqrt{\frac{2l}{R}} \frac{1}{\text{tang } 1'}$$

Ülesanne:

Tarwis leida waatleja nähtawa horisoni kalduwusnurk, kui silma kõrgus on 30 jalga?

(Maakera raadius = 20888000 jalga.)

$2l = 60$ jalga	$\log = 1,7782$
$R = 20888000$	$\log = 2,6801$
	$\log = 4,4583 -$
	$2,2292 - 5$
l'	$\text{tg. log } 3,5363$
$(1 - K) = 0,95$	$\log 1,9777$
Horisoni kalduvus = 5' 30"	$- 0,7432$

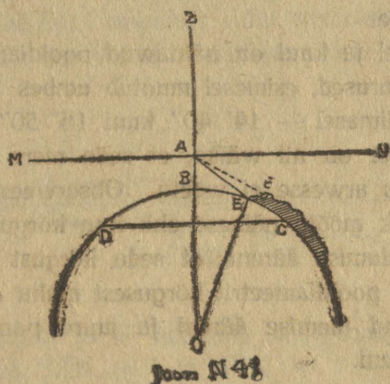
Wäikeste silma kõrguste juures saame waatleja nähtawa horisoni kalduwuse kätte, kui wõtame antud silma kõrguse ruutjuure, näituseks: silma kõrgus $l = 16$ jalga; horisoni kalduvus = $\sqrt{l} = \sqrt{16} = 4'$; see ei ole küll mitte täpisealne, kuid praktikas võib tarwitada.

Nähtawa horisoni kalduvus on wäljarehkendatud mitmesuguste silmakõrguste jaoks ja on koondatud merefabelitesse (Wene tabelite kogutabel 26).

§ 55. Waatekiire kalduwus (Наклонение зрит. луча).

Kui waatleja ja tema nähtawa horisoni wahel on mererand, siis nimetakse nurk EAN waatleja, kelle silm punktis A on, waate-kiire kalduwuseks.

Maapinna refraktsiooni mõjul on punkt E nurga EAE' jagu kõrgemale tõstetud ja on näha punktist A, joone AE' mööda; sellel põhjal wõrdub rannapiiri pealt mõõdetud kõrgus: $SAE' = SAN + NAE'$ aga $SAN = SAE' - NAE'$.



Waate-kiire kalduwusnurga wõib wälja rehkendada järgmisel wiisil:

$$NAE' = NAE - K.AOE,$$

kus $NAE = 90^\circ - OAE$.

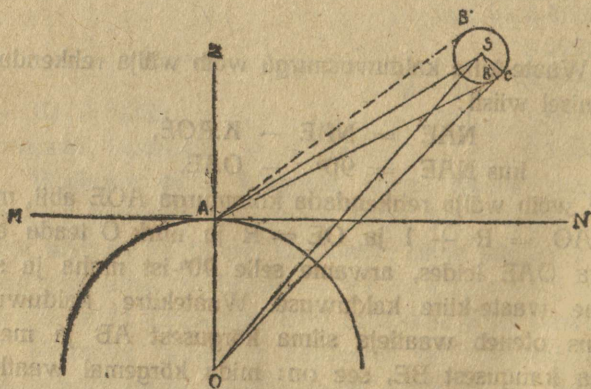
OAE wõib wälja rehkendada kolmnurga AOE abil, milles $AO = R + 1$ ja $OE = R$ ja nurk O teada on, nurka OAE leides, arwame selle 90° -ist maha ja siis saame waate-kiire kalduwuse. Waatekiire kalduwuse suurus oleneb waatleja silma kõrgusest AB ja mereranna kaugusest BE, see on: mida kõrgemal waatleja silm ja lähemal mererand, seda suurem on waate-kiire

kalduwus ja ümberpöördukt: väheneb silma kõrgus ja suureneb ranna kaugus, siis väheneb ka waate-kiire kalduwus. Selle kalduwuse suurus on wälja rehken-datud mitmesuguste silmakõrguste juures 10 kuni 40 jalani ja ranna äraseisu juures $\frac{1}{4}$ kuni 5 meremiilini ja on antud tabelis 19 (Wene tabelite kogu).

§ 56. Päikese ja kuu nähtaw pooldia-meeter (poolläbimõõtja).

Nähtawaks pooldiameetriks nimetakse nurk, mille tipp on waatleja silmas; tema külgedest läheb üks päikese ehk kuu tsentrisse, teine kui riiwaw joon — selle kera pinnale.

Päikesel ja kuul on nähtawad pooldiameetrid pea-aegu ühesuurused, esimesel muutub umbes $15^{\circ} 45'$ kuni $16^{\circ} 20''$, wiimasel — $14^{\circ} 40''$ kuni $16^{\circ} 50''$. Planeetide pooldiameetér on nii wäike, et seda mere obserweeri-miste juures arwesse ei wõeta. Obserweerimise juures on wõimalik mõõta päikese ehk kuu kõrgust kuni üle-mise ehk alumise ääreni; et seda kõrgust tsentrist ar-wata, peab pooldiameetrit kõrgusest maha arwama, kui oli mõõdetud ülemise ääreni ja juure panema — kui alumise ääreni.

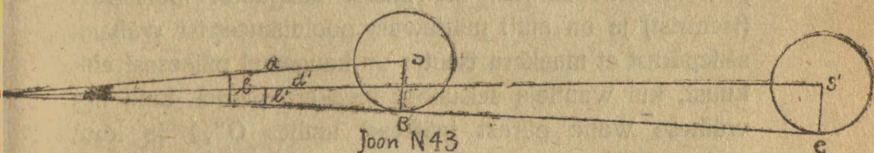


Joone N 42

Joonistuse 42. peal punkt A kujutab waatleja seisukohta maakera pinnal, punkt S — päikese tsentrit, mille õige kõrgus on nurk SAN; tõmbame waatleja seisukohast A kaks riiwawat joont päikese pinnale AB ja AB', nii et need oleks päikese vertikaali tasapinnas, siis saame nurgad BAN ja B'AN, mis wõrduwad päikese kõrgustele alumisest ja ülemisest äärtest; nähtaw pooldiameeter on nurgad SAB ehk SAB'; lühidalt nime-tame neid nurki märgiga l, siis saame:

$$h = \text{SAN} = \text{BAN} + l = \text{B'AN} - l.$$

Pooldiameetri suurus oleneb taewakeha äraseisust, waatleja seisukohast arwates; selle tõenduseks wõtame joonistuse 43, kus A on waatleja silma koht, S —



päikese seisukoht ja S' seesama kaugemale kujutatud päike; nurgad SAB = l ja S'AC = l' — nähtawad pooldiameetrid, AS = d ja AS' = d' — päikese äraseisus waatlejast. Oigenurgalistest kolmnurkadest ABS ja ACS' taewakeha raadiust R nimetades, saame:

$$\text{Sin } l = \frac{S}{d} \quad \text{ja} \quad \text{Sin } l' = \frac{R}{d'}$$

Et nurgad l ja l' väga väiksed on, siis wõime nende asemele järgmised arwud panna:

$\text{Sin } l = l \times \text{Sin } l''$; $\text{Sin } l' = l' \times \text{Sin } l''$ nii saame:

$l = \frac{R}{l' \text{ Sin } l''}$ ja $l' = \frac{R}{l \text{ Sin } l''}$ sellest järgneb:

$$\frac{l}{l'} = \frac{d'}{d}; \text{ see tähendab:}$$

Nähtaw taewakeha pooldiameeter on wastuproportionaalne selle keha kaugusele, waatleja seisukohast arwates, s. o. mida kaugemal seisab taewakeha maakerast, seda wäiksem on tema nähtaw pooldiameeter ja ümberpöördult. Näituseks: 20. detsembril, umbes, seisab päikene maakerale kõige lähemal ja 20. juunil kõige kaugemal; sel põhjal on päikese pool-diameeter esimesel juhtumisel kõige suurem (umbes 16' 20") ja teisel juhtumisel kõige wäiksem (umbes 15' 45").

Kui meie ühendame maakera tsentri O päikese tsentriga S, ja tõmbame maakera tsentrist riuwawa joone päikese pinnale (OC joon. 42), siis saame nurga SOC, mis nimetakse päikese ehk kuu tsentraal-pooldiameetriks; selle suurus muutub, niisama kui nähtawa pooldiameetri suurus, taewakeha kaugusest maakerast (tsentrist) ja on alati nähtawast pooldiameetrist wähem, sellepärast et maakera tsenter on kaugemal päikesest ehk kuust, kui waatleja seisukoht maakera pinnal, kuid liig wäikese wahe pärast (päikesel umbes 0",1 ja kuul umbes 18") ei wõeta praktikas merepeal seda mitte arwesse, waid wõrreldakse nähtawat pool-diameetrit tsentraal-pooldiameetriga.

Tsentraal-pooldiameeteri wõib wälja rehkendada kolmnurga OCS abil, milles nurk C on õige nurk. Tähendame tsentraal-pooldiameetri tähega l_0 , taewakeha raadiuse — R ja äraseis Os — D, siis saame formeli:

$$\sin l_0 = \frac{R}{D}; \text{ paneme } \sin l_0 \text{ asemele } l_0 \times \sin l''$$

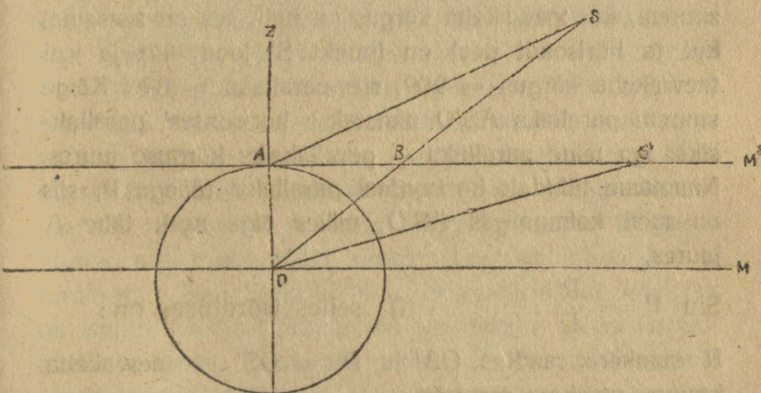
$$\text{siis: } l_0 = \frac{R}{D \times \sin l''}.$$

Tsentraal-pooldiameeter rehkendakse wälja selle formeli järele ja trükitakse aasta jaoks Nautical Almanacis Greenwichi keskmise lõuna aja peale, päikese jaoks iga kuu esimese lehekülje peal ja kuu tarwis — teise lehekülje peal, pealkirja all: „Semidiameter“. Et päi-

kese pooldiameeter väga pikkamisi muutub, arwatakse see praktikas päewa jooksul muutmatuks, sellepärast wõetakse tarwiduse järele Almanacist wälja ainult antud kuupäewa peale; kuna kuu tsentraal-pooldiameeter, rutulise muutmise tõttu öö-päewa jooksul, wastawa antud aja peale peab Almanacist wälja wõetama, see on: keskmise Greenwichi aja peale antud momendil.

§ 57. Taewakeha parallaks.

Astronoomiliste ülesannete wäljarehkendamise juures on tarwis taewakehade kõrgusnurgad maakera tsentrist lugeda, sellepärast peab nähtawa kõrgusnurga tippu maakera pinna pealt selle tsentrisse wiima, mis siis geotsentriliseks kõrguseks nimetakse; näituseks: Joonistuse 44 peal punkt A kujutab waatleja



Joon N 44.

seisukohta maakera pinnal, S — taewakeha õiget kohta, AN ja OM — taewakeha vertikaali läbilõiked waatleja riiwawa õige horisonidiga ja tsentraal horisonidiga. Taewakeha õige kõrgus on maakera pinnalt waadates nurk $SAN = h$ ja maakera tsentrist — nurk $SOM = h_0$. Joonistusest saame:

$ho = SOM = SBN = SAN + ASO$; nimetame lühidalt nurk ASO tähega p siis on meil:

$$ho = h + p$$

Nurk p mille tipp on taewakeha tsentris ja külgedest üks ühendab wiimast maakera tsentriga, teine waatleja kohaga, nimetakse taewakeha parallaks'iks.

Wiimasest sõrdlusest järgneb, et tsentraal ehk geotsentrilise kõrguse väljarehkendamiseks peab taewakeha õige kõrgusele, maakera pinna pealt arwatud, parallaks'i juure panema; summa annab otsitawa resultaadi.

Taewakeha parallaksi suurus oleneb selle kõrgusest, see on: kõrguse suurenemise juures väheneb parallaks ja ümberpöördukt; nii saab olema parallaks kõige suurem, kui taewakeha kõrgus on null, see on seesama, kui ta horisondi peal on (punkt S' joon. 44) ja kui taewakeha kõrgus = 90° , siis parallaks = 0° . Kõige suurem parallaks AS'O nimetakse horisontaal parallaksiks, iga teine parallaks — parallaksiks kõrguse juures. Nimetame lühidalt horisontaal parallaksi tähega P, siis on meil kolmnurgas AS'O, milles õige nurk tähe A juures,

$$\sin P = \frac{R}{D} \dots \dots (1); \text{ selles sõrdluses on:}$$

R maakera raadius OA ja $D = OS'$ — taewakeha kaugus maakera tsentrist.

Wormelist (1) näeme, et mida kaugemal seisab taewakeha maakerast, seda vähem on horisontaal parallaks ja mida lähemal maakerale taewakeha, seda suurem horisontaal parallaks; sellest selgub, et kõige suurem horisontaal parallaks on kuul, sest wiimane on meile kõige lähem taewakeha.

Parallaksi taewakeha kõrguse juures wõib järgmisel wiisil välja rehkendada:

Selleks wõtame kolmnurga ASO, kus $\sin p : \sin (90^\circ + h) = R : D$, milles

$$\sin p = \frac{R}{D} \times \cos h; \text{ paneme siin } \frac{R}{D}$$

asemele temale wastawa arwu wormelist (I), saame:

$\sin p = \sin P \cdot \cos h$; et taewakeha parallaks ülepea wäike on, siis wõtame $\sin p$ asemele $p \times \sin 1''$ ja $\sin P$ asemele $P \times \sin 1''$ ja kirjutame wormeli: $p \times \sin 1'' = P \times \sin 1'' \cdot \cos h = p = P \cdot \cos h$. (II).

Wormeli (I) järele on näha, et taewakeha horisontaal parallaksi suurus oleneb ka maakera raadiusest R , mis ekwaatori tasapinnas natuke suurem on, kui meridiaani tasapinnas, mille põhjal horisontaal parallaks waatleja laiuse suurenemise juures väheneb ja ümberpöördult. Niisugune parallaksi muutus wõetakse arwele ainult kuu kõrguse juures, millel, tema läheduse pärast maakerale, kõige suurem parallaks on (maximum $1^\circ 2'$), kuna päikese horisontaal parallaks, mis üle $9''$ ei ole, peale maakera raadiuse pikkuse muutmine ei mõju, niisama jääb ka planeetide parallaks muutmata; sellepärast tarwitakse nende kõrguste juures kõige suurem, see on, ekwaatori raadiuse järele. Tähtede kõrguste juures, mis meist wäga kaugel seisawad, parallaksi ei tarwitata. Kuu horisontaal — ekwaatoriaalne parallaks on antud Nautical Almanacis iga päewa jaoks Greenwichi keskmise lõuna aja peale. Kui soowitakse kuu parallaksi täpisealt kätte saada, siis peab Nautical Alm. wäljawõetud horisontaal-ekwatoriaalne parallaks waatleja laiuse peale tabelist (Wene Mere tabelite kogu tabel 17) saadud parandus maha arwama, siis saame kuu hor. parallaksi antud laiuses.

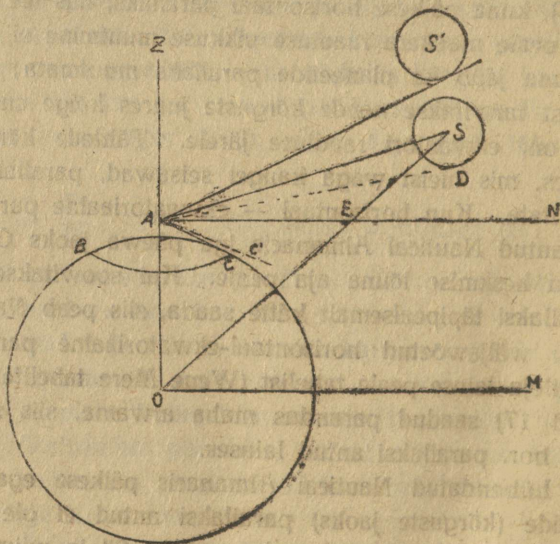
Lühendatud Nautical Almanacis päikese ega planeetide (kõrguste jaoks) parallaksi antud ei ole; esimesele wõetakse horisontaal parallaks $9''$ ja wiimastele — täielikust Nautical Almanacist.

On meil horisontaal parallaks käes, siis on kerge leida parallaksi antud kõrguse jaoks wormeli (II) järele.

§ 58. Obserweeritud taewakehade kõrguse õigeks kõrguseks pööramine.

Taewakehade kõrgust võib obserweerida: nähtawa horisoni pealt, mererannast sünnitud joone ja kunstlise horisoni pealt, kuid need ei saa kõik mitte ühte wiisi õigeks kõrguseks pööratud; näituseks: esimesel juhtumisel saab obserweeritud kõrgus parandud, peale muu, waatleja nähtawa horisoni kalduwusega; teisel juhtumisel — waatleja waatekiire kalduwusega; wiimsel juhtumisel saadakse kõrgus waatleja õige horisoni pealt, mille põhjal kumbagi mainitud parandust arwesse ei ole tarwis wõtta.

Waatame esiteks, kuidas pööratakse õigeks kõrguseks, kõrgus obserweeritud waatleja nähtawa horisoni



Joan N 45

pealt: Joonistuse 45 peal punkt A on waatleja silm, BC tema nähtaw horisont, mille läbilõike punkt C, päikese S vertikaaliga maa refraktsiooni läbi punktis C' on tõstetud. Obserweeritawa päikese, ehk kuu õige seisukoht on punktis S, aga refraktsiooni läbi tõstetult näeb waatleja seda taewakeha punktis S'. Taewakeha vertikaali tasapinna mööda õige ja nähtawa päikese alumise äärtele riwjoone AD ja AD' tõmmates ja õige päikese tsentrit maakera tsentriga O ühendades saame:

mõõdetud kõrgus päikese alumise ääreni

$$\text{on nurk} \quad \text{DAC}' = h'$$

päikese õige kõrgus maakera pinnalt arwates

$$\text{SAN} = h$$

päikese õige tsentraal kõrgus

$$\text{SOM} = h_0$$

Joonistuse järele saame:

$\text{SAN} = \text{D}'\text{AC}' - \text{NAC}' - \text{D}'\text{AS}$, et $\text{D}'\text{AS} = \text{DAD}' - \text{SAD}$ paneme nüüd selle wõrdluse esimese wõrdlusesse, siis saame:

$$\text{SAN} = \text{D}'\text{AC}' - \text{NAC}' - \text{DAD}' + \text{SAD}.$$

Selles wormelis nurk NAC' on waatleja nähtawa horisondi kalduwus, mida lühidalt nimetame n; nurk DAD' — astronoomiline refraktsioon, mis wastab taewakeha kõrgusele alumisest äärest D'AN; seda nimetame r ja nurk SAD on taewakeha nähtaw pooldiameeter — l; neid tähendusi kokku seades, saame: $h = h' - n - r + l$.

Wiimses wormelis on kõrguse nurk h' see, mis saadakse nurga mõõtmise instrumendi abil (K) äraparandud indeksi weagaci; kui nüüd h' asemele temale wõrduwa arwu K + ci paneme, siis saame: $h = K + ci - n + l - r$.

On obserweeritud kõrgus ülemise ääreni, siis saab l ümberpööratud märgi, see on, miinus. Summa K +

$i - n$ nimetakse taewakeha nähtawaks kõrguseks tema ülemise ehk alumise ääreni; kuna $K + ci - n \pm 1$ nähtawaks kõrguseks taewakeha tsentrini.

Oige ehk tsentraal kõrguse wäljaarwamiseks saame järgmise wormeli (joon. 45).

$$\text{SOM} = \text{SEN} = \text{SAN} + \text{ASO}.$$

Nurk SAN on õige taewakeha kõrgus (h) maakera pinnalt arwates, ja nurk ASO wõib taewakeha parallaksiks (p) arwata, sest waatleja silma kõrgust AE maakera raadiusega wõrreldes on esimene arw tähtsuseta, et parallaksi muuta wõiks, nii saab siis wiimane wormel järgmise kuju:

$$h_o = h + p = K + i - n \pm 1 - r + p$$

Kõrguse paranduse tarwis wõetakse nimetud arweid selleks walmistatud tabelitest (mere tabelite kogu). Planeetide kõrgusid mere peal obserweerides, ei wõeta kõrguse paranduse juures nende pooldiameetrit mitte arwesse (see wõrdub nullile), niisama ei saa arwesse wõetud tähtede kõrguse paranduse juures nende parallaks.

Mereranna joone pealt mõõdetud kõrgus saab niisama parandatud, kui eelpool nägime, kuid selle wahega, et waatleja nähtawa horisoni kalduwuse asemele wõetakse waatleja waatekiire kalduwus (tabel 19). Kunstlise horisoni pealt obserweeritud kõrgused parandakse esiteks indeksi weaga, siis jagatakse pooleks ja weel pooldiameetriga, refraktsiooniga ja parallaksiga, ning õige, otsitaw, kõrgus ongi käes.

Näitused:

1) 22-sel oktoobril obserweeriti päikese kõrgus alumise ääreni nähtawa horisoni pealt ($h \odot$) $37^{\circ} 22' 40''$; indeksi wiga (ci) — $11' 50''$; waatleja silma kõrgus 19 jalga. Tarwis leida õige tsentraal päikese kõrgus?

Instrumendiga saadud kõrgus $h \odot$	=	$37^{\circ} 22' 40''$
1. parandus indeksi wiga (ci)	=	$- 0^{\circ} 11' 50''$
Observeritud kõrgus \odot	=	$37^{\circ} 10' 50''$
2. parandus: nähtawa horisoni kalduwus tab. 26	=	$- 4' 18''$
Nähtaw $h' \odot$ riiwawa horisoni pealt	=	$37^{\circ} 6' 32''$
3. parandus: keskmine refraktsioon τ tab. 25.	=	$- 1' 17''$
Oige kõrgus riiwawa horisoni pealt $h \odot$	=	$37^{\circ} 5' 15''$
4. parandus: pooldiameeter \odot	=	$+ 16' 7''$
Oige kõrgus riiwawa horis. peal \ominus	=	$37^{\circ} 21' 22''$
5. parandus: parallaks $9'' \times \cos h$	=	$+ 7''$
Geotsentraal päikese kõrgus \ominus	=	$37^{\circ} 21' 5''$

2) 19. mail observeriti ($h' \odot$) päikese kõrgus ülemise ääreni $48^{\circ} 42' 10''$, nähtawa horisoni pealt; indeksi wiga $+ 2' 40''$; waatleja silma kõrgus 16 jalga. Tarwis leida geotsentraal päikese kõrgus?

Instrumendi järele saadud kõrgus	=	$48^{\circ} 42' 10''$
Indeksi wiga (ci)	=	$+ 2' 40''$
Observeritud päikese kõrgus ($h' \odot$)	=	$48^{\circ} 44' 50''$
Horisoni kalduwus (tabel 26)	=	$- 4' 00''$
Nähtaw kõrgus riiwawa horisoni pealt \odot	=	$48^{\circ} 40' 50''$
Keskmine refraktsioon (tabel 25)	=	$- 00' 51''$
Oige kõrgus riiwawa horisoni pealt	=	$48^{\circ} 39' 59''$
Pooldiameeter (Naut. Alm.)	=	$- 15' 58''$
Oige kõrgus riiwawa horisoni pealt päikese tsentr.	=	$48^{\circ} 24' 1'' \ominus$
Parallaks $9'' \times \cos h$	=	$+ 00' 6''$
Oige ehk geotsentraal päikese kõrgus	=	$48^{\circ} 24' 1''$

3) 31. oktoobril $\varphi = 42^\circ \text{ N}$ ja $\mathcal{L} = 2 \text{ t. } 45 \text{ m.}$
 O-st kell 2 hommikul obserweerisid nähtawa horisoni
 pealt kuu kõrguse alumise ääreni ($h' \mathcal{C}$) $27^\circ 14' 40''$;
 $ci = - 8' 30''$; silma kõrgus 18 jalga. Tarwis leida
 õige geotsentraal kõrgus?

Kohalik aeg 30. oktoobril 14 t. 00 m. 00 s.
 Pikkus (\mathcal{L}) O. 2 t. 45 m.

 Keskmine Greenwichi aeg 30. okt. = 11 t. 15 m.

	Tsentraal pool- diameeter \mathcal{C}	Horisontaal ekwatoriaal parallaks \mathcal{C}
30./31. okt. poolöö ajal Greenwichis	16' 21'',46 >	59' 55'',86 >
Muutus 45 min. jooksul.	0,00	+ 05
Kohaliku obserweerim. ajal	16' 21'',46	59' 55'',91
Parandus laiuse peale .		— 5'',00
Horisontaal parallaks =		59' 50'',91

$$\cos h \times 59' 51'' = 53' 17''$$

Instrumendi järele saadud $h \mathcal{C}$	= $27^\circ 14' 40''$
ci	= $- 8' 30''$
Observed $h \mathcal{C}$	= $27^\circ 6' 10''$
Horisoni kalduvus	= $- 4' 12''$
Nähtaw $h \mathcal{C}$ riiwawa horisoni pealt	= $27^\circ 1' 58''$
Keskmine refraktsioon	= $- 1' 54''$
Oige $h \mathcal{C}$ riiwawa horisoni pealt	= $27^\circ 0' 4''$
Pooldiameeter	= $16' 21''$
	<hr style="width: 100%;"/> $27^\circ 16' 25''$
Parallaks	= $+ 53' 17''$
Oige geotsentraal kuu kõrgus	= $28^\circ 9' 7''$

22-sel nowembril obserweerisid nähtawa horisoni pealt tähe a *Lyrae* kõrguse $40^{\circ} 34' 40''$; $ci + 1' 40''$; waatleja silma kõrgus 16 jalga. Tarwis leida tähe õige geotsentraal kõrgus?

Instrumenti järele saadud tähe kõrgus	=	$40^{\circ} 34' 40''$
ci	=	$+ 1' 40''$
Obserweeritud kõrgus	=	$40^{\circ} 36' 20''$
Waatleja horisoni kalduwus	=	$- 3' 54''$
Nähtaw kõrgus riiwawa horisoni pealt	=	$40^{\circ} 32' 26''$
Keskmine refraktsioon (tabel 25)	=	$- 1' 8''$
Tähe <i>Lyrae</i> õige kõrgus	=	$40^{\circ} 31' 3''$

5) 15. aprillil obserweerisid planeedi Weenuse kõrguse $22^{\circ} 13,5'$; $ci = + 10,3'$; silma kõrgus 34 jalga. Tarwis leida õige kõrgus?

Instrumenti järele saadud kõrgus	=	$22^{\circ} 13,5'$
ci	=	$+ 10,3'$
Obserweeritud kõrgus	=	$22^{\circ} 23,8'$
Horisoni kalduwus	=	$- 5,7'$
Nähtaw kõrgus riiwawa horisoni pealt	=	$22^{\circ} 18,1'$
Keskmine refraktsioon	=	$2,4'$
Õige kõrgus riiwawa horisoni pealt	=	$22^{\circ} 15,7'$
Parallaks kõrguse juures	=	$+ 0,1'$
Weenuse õige geotsentraal kõrgus	=	$22^{\circ} 15,8'$

Niisama parandakse ka kõikide teiste planeetide obserweritud kõrgused. Selles näituses on küll ka parallaks arwesse wõetud, kuid merel jäätakse parallaks täiesti ära ja planeedi kõrgus parandakse täpipealselt nii, kui tähtede obserweeritud kõrgused.

Kui taewakeha kõrgus on mõõdetud mitte nähtawa horisoni, waid mereranna joone pealt, siis saab see kõrgus parandud sellesamas korras, kui eelpool näidatud, ainult waatleja horisoni kalduwuse asemele wõetakse waatleja waatekiire kalduwus. (§ 58).

Et mere peal täpipealne taewakehade kõrguste mõõtmine, kas uduse horisoni, merelaenetamise ehk laewa kõikumise pärast wõimata on, siis ei ole mõtet mitte küllalt täpipealse kõrguse parandamiseks täpipealseid parandusi otsida, waid ainult nende ligikaudne suurus arwesse wõtta, seda silmas pidades, et seal juures wiga mitte üle 0,1' ei ole. Selles korras ei pruugi meil iga parandust eraldi arwesse wõtta, waid nende üleüldine summa, mis läbi taewakeha kõrguse parandus palju lihtsamaks ja kergemaks on tehtud, sest mitme arwu asemele wõetakse nende üleüldine summa, mida nimetakse üleüldiseks paranduseks ja on antud selleks walmistatud tabelites (meretabelite kogu).

Päikese kõrguse parandamiseks on üleüldine parandus wälja arwatud ja üles tähendud 14 ja 15 tabelites (Wene meretabelite kogu) ja seisab koos: waatleja nähtawa horisoni kalduwusest, astronoomilisest refraktsioonist, keskmise suurusega pooldiameetrist ja parallaksist, mitmesugustele waatleja silma kõrgustele ja obserweeritud taewakehade kõrgustele wastawalt wälja rehken-datud.

Esimesest 14 tabelist saame päikese alumisest äärest obserweeritud kõrguse üleüldise paranduse ja teisest 15 tabelist — paranduse, kui on obserweeritud kõrgus päikese ülemise ääreni. Mõlemate tabelite lõpus on wäikesed tabelid, milledes on antud päikese pooldiameetri muutused aasta jooksul.

Et need tabelid on walmistud kõrguste jaoks, mis üle 5° on, siis jääb üleüldises paranduses kõige suuremaks arwuks päikese pooldiameeter; sellest selgub siis, et 14 tabelis üleüldine parandus alati plussiga (+) on ja 15. tabelis — miinusega (—).

16. ja 18. tabelites on antud kuu kõrguste üleüldine parandus ja 20-das — tähtede ja planeetide jaoks.

16. tabel annab meile kuu kõrguse paranduse alu-
mise ääreni, kuu obserweeritud kõrguse ja selle hori-
sontaal parallaksi järele. Selles tabelis on waatleja
silma kõrgus 20 jalga arwatud.

Tabel 18. koondab eneses needsamad arwud kuu
ülemise ääreni mõõdetud kõrguse parandamiseks. 16.
tabelis wälja rehkendatud üleüldised parandused on kõik
plussiga (+), sellepärast et nendes kuu pooldiameeter
ja horisontaal parallaks suuremad arwud on, kui re-
fraktsioon ja waatleja horisondi kalduwus.

18. tabelis on üleüldine parandus plussiga kuni 68°
kuu kõrguseni ja 69° — miinusega, sellepärast, et ni-
metud kõrguseni pooldiameeter, mis selles tabelis mi-
inusega kuu parallaksist vähem ja üle 68° kõrguse juu-
res suurem on.

Kui olud lubawad mere peal täpisealt kuu
kõrgust mõõta, see on, siis kui meri waikne ja nähtaw
horisont selge, kuu horisontaal — ekwaatoriaal paral-
laks, kantakse waatleja laiusesse weel ühe parandusega
mida waatleja laiuse peale 17. tabelist wõib üles leida.
Peale selle peab weel arwesse wõtma juhtumisel, kui
waatleja silma kõrgus kas vähem ehk suurem on kui
20 jalga, mis 16. ja 18. tabelites on määratud, silma-
piiri kalduwuse muutus, mis on antud mainitud tabelite
lõpul plussiga, kui antud silmakõrgus vähem 20 jalga
ja miinusega ümberpöörduvalt, see on, kui üle 20 jala.

Üleüldised parandused tähtede kõrguste jaoks 20.
tabelis on alati miinusega (—), sellepärast et nad koos
seisawad ainult waatleja nähtawa silmapiiri kalduwu-
sest ja astronoomilisest refraktsioonist, mis mõlemad
miinusega (—) on.

20. tabeli all on wäike lisatabel planeetide pa-
rallaksi jaoks, nende mitmesuguste kõrguste juures. Kõik
need arwud saawad ühendud plussiga üleüldise paran-
dusega, mis on saadud 20. tabelist. Kui taewakehade

kõrguste observeerimise juures õhu seis keskmisest õhu seisust tähtsalt lahku läheb, siis peab astronoomilise refraktsiooni, mis wastawates tabelites keskmise õhu seisu juures on arwesse wõetud, weel 21. ja 22. tabelites antud arwudega parandama. 21. tabelis on antud parandus õhu temperatuuri ja 22. tabelis õhu seisu peale baromeetri järele.

Näituseks, rehkendame eelmised ülesanded 1, 2, 3, 4 ja 5 (§ 58) üleüldise paranduse abil:

1) Observeeritud $h \odot$	$37^{\circ} 10' 50''$
Üleüldine parandus (tabel. 14)	+ $10' 30''$
Pooldiameetri parandus okt. kuus	+ $00' 6''$
Oige geotsentraal kõrgus	= $37^{\circ} 21' 26'' =$ $37^{\circ} 21,5'$
2) Observeeritud $h \overline{\odot}$	$= 48^{\circ} 44' 50''$
Üleüldine parandus (tab. 15)	- $20' 30''$
Pooldiameetri parandus mail (pooldiameetrile juure lisada)	+ $12''$
Oige geotsentraal	$48^{\circ} 24,1'$
3) Observeeritud $h \llcorner$	$= 27^{\circ} 16' 10''$
Üleüldine parandus (tab. 16)	+ $63' 18''$
Parandus silma kõrguse peale	+ $0' 12''$
Oige geotsentraal $h \llcorner$	$28^{\circ} 9,7'$
4) Observeeritud $h *$	$= 40^{\circ} 36' 20''$
Üleüldine parandus tab.	- $5'$
Oige geotsentraal $h *$	$= 40^{\circ} 31,3'$
5) Observeeritud $h \text{♀}$	$= 22^{\circ} 23,8'$
Üleüldine parandus	- $8,1'$
Parallaks (20. tabeli all)	+ $0,1'$
Oige geotsentraal $h \text{♀}$	$= 22^{\circ} 15,8'$

6) Näitus, kus ka baromeetri ja termomeetri seisud arwesse wõetakse:

10-mal jaanuaril observeerisid h \odot $33^{\circ} 41' 40''$ nähtawa horisondi pealt; ci — $17' 10''$; silma kõrgus 28 jalga; temperatuur — 16° C; Baromeeter 720 m.m. Tarwis leida õige geotsentraal kõrgus?

Instrumendiga saadud kõrgus	=	$33^{\circ} 41,7'$
ci	—	$17,2'$
Observeeritud kõrgus	=	$33^{\circ} 24,5'$
Üleüldine parandus (tab. 15)	—	$22,8'$
Parandus temperatuuri pealt (tab. 21)	—	$0,2'$
Parandus baromeetri peale (tab. 22)	+	$0,1'$
Oige geotsentraal h \ominus	=	$33^{\circ} 1,6'$

7) Näitus, kui on observeeritud kõrgus mereranna joone pealt:

20. augustil mõõtsid h \odot $18^{\circ} 27' 30''$ mereranna joone pealt; waatleja äraseis rannast 1 meremiil; ci + $8'$; tarwis leida õige geotsentraal kõrgus?

Instrumendi pealt saadud kõrgus \odot	=	$18^{\circ} 27,5'$
ci	+	$8'$
Observeeritud h \odot	=	$18^{\circ} 35,5'$
Üleüldine parandus (tabel. 14)	+	$8,7'$
Parandus tabelist 19.		$3,0'$
Oige geotsentraal kõrgus \ominus	=	$18^{\circ} 41,2'$

Kui tarwidus nõuab täpiseid resultaate, siis observeeritakse taewakehade kõrgused kindla maa peal kunstlise horisondi abil.

Selleks mõned näitused:

1) 29. märtsil observeerisid kunstlise horisondi pealt h \odot = $39^{\circ} 42' 30''$; ci — $19' 20''$. Temper. õhus + 19° C.; baromeetri seis 29,3 tolli. Tarwis leida õige geotsentriline kõrgus päikesel?

Instrumenti pealt saadud kõrgus	=	39° 42' 30"
ci	-	19' 20"
Kahekordne observeeritud h \odot	=	39° 23' 10"
Nähtaw h \odot	=	19° 41' 35"
Pooldiameeter	+	15' 55"
Nähtaw h \ominus	=	19° 57' 30"
Keskmine astronoom. refrakt. tab. 34.	=	2' 42"
Refraktsiooni parand. termom. peale	-	6"
Baromeetri peale parandus	-	3"
Õige kõrgus riiwawa horisondi pealt	=	19° 54' 57"
Parallaks 9" \times cos h.	+	8"
Õige geotsentraal h \odot	=	19° 55' 5"

2) Kunstlise horisondi pealt h \odot 47° 12' 10" ci = + 42' 30". Temperatuur - 8° R.; Baromeeter 730 mm. Tarwis leida õige geotsentraal päikese kõrgus?

Instrumenti pealt saadud h \odot	=	47° 12' 10"
ci	+	42' 30"
Kahekordne observeeritud h \odot	=	47° 54' 40"
Nähtaw h \odot	=	23° 57' 20"
Päikese pooldiameeter	= -	16' 5"
Nähtaw h \odot	=	23° 41' 15"
Keskmine refraktsioon (tab. 34)	= -	2' 10"
Parandus termomeetri peale	= +	11"
Parandus baromeetri peale	= -	6"
Õige kõrgus riiwawa horisondi pealt	=	23° 39' 10"
Parallaks 9" \times cos h.	= +	8"
Õige geotsentraal h \odot	=	23° 39' 18"

3) 22-sel mail 1920. laius (φ) = 52° 20' N. ja pikkus (L) = 69° 30' W., kell 10 t. 36 m. õhtul mõõtsid kunstlise horisondi pealt (\mathcal{D}) kuu kõrguse alumise ääreni 37° 28' 10"; ci = + 13' 30". Tarwis leida õige geotsentraal kõrgus (\mathcal{D}) kuul?

22. mail keskmine kohalik aeg 10 t. 36 m.
 Pikkus W. 4 t. 38 m.
 22. mail keskmine Greenwichi aeg = 15 t. 14 m.

	Kuu tsentraal pooldiamee- ter.	Kuu horisontaal ekwaatoriaal parallaks.
22. mail Greenwichi poolööl.	16' 11", 48	59' 19", 26
Muutus 3 t 14 m. jooksul	— 1", 8	— 6", 5
Observeerimise ajal	16' 9", 68	59' 12", 76 = P
Parandus laiuse peale		— 7"
$\text{Cos } h \times P$	$p =$	56' 43"
Instrumendiga saadud $h \underline{D}$		= 37° 28' 10"
ci		+ 13' 30"
		37° 41' 40"
Nähtaw kõrgus kuul (\underline{D})		18° 50' 50"
Pooldiameeter		= 16' 10"
Nähtaw $h \underline{D}$		= 19° 7' 00"
Refraktsioon		= — 2' 49"
Oige $h \underline{D}$ riiwawa horisondi pealt		= 19° 4' 11"
Parallaks		= + 56' 43"
Oige geotsentraal $h \underline{D}$		= 19° 0' 54"

§ 59. Antud taewakeha õige kõrguse järele selle nähtaw kõrgus wälja rehken-
 dada.

Mõnes astronoomilises ülesandes on tarwis tea-
 tud taewakeha õige kõrguse järele selle nähtaw kõrgus
 ja sagedasti ka mõõdetaw kõrgus teada saada, siis teh-
 takse seda järgmiselt:

Meie teame juba, et õige kõrgus (h_0) = $h' - r$
 + p , sellest wõrdlusest saame:

$$h' = h_0 - p + r, \text{ see on:}$$

Kui taewakeha nähtawat kõrgust (h') leida, siis peab õigest kõrgusest (ho) maha arwama taewakeha parallaksi (p) ja juure arwama astronoomilise refraktsiooni (r); mõõdetawa kõrguse leidmiseks peab veel waatleja horisoni kalduwuse, pooldiameetri ja indeksi wea ümberpöördud märkidega nähtawale kõrgusele juure panema.

Nagu näha, on meil antud juhtumisel nähtaw kõrgus otsitaw, siis ei wõi meie niihästi parallaksi, kui ka refraktsiooni, mis nähtawast kõrgusest olenewad, mitte täpipealt leida, mis ka just tawilik ei olegi; ligikaudselt wõime need arwud õige kõrguse abil mitmekordse rehkendamisega kätte saada. Päikesel ja planeetidel, millele parallaks wäikene on ja nende kõrgus mitte alla 15° ei ole, arwatakse esiteks parallaks õigest kõrgusest maha; saadud, nõnda nimetud lähema nähtawa kõrguse peale wõetakse wastawast tabelist refraktsioon, mida siis, nagu juba eespool öeldud, õigele kõrgusele (parallaks maha arwatud) juure arwatakse; resultaat annab ligikaudse nähtawa kõrguse.

Kui mainitud taewakehade kõrgus alla 15° on, siis peab ligikaudse nähtawa kõrguse peale teist korda refraktsiooni tabelist välja wõtma ja õigele kõrgusele, millest parallaks juba maha arwatud, juure panema; seda weel korrates, wõib kaunis täpipealse nähtawa kõrguse kätte saada. Seesugust mitmekordset refraktsiooni wäljarehkendamist ei ole praktikas tarwis mitte teha, kui päikese ehk planeedi kõrgus üle 15° on, sellepärast et suurema kõrguse juures refraktsioon vähem muutub. Kuna kuu nähtawa kõrguse otsimise juures tarwis mitmekordset wäljarehkendamist, ükskõik, misugune kõrgus ka oleks, mitte üksi refraktsioonis, waid ka parallaksis, sest wiimane on kuul palju suurem, kui teistel taewakehadel.

Tähtede õige kõrgus pööratakse nähtawaks ainult astronoomilise refraktsiooniga, wiimast esiteks õige kõrguse peale tabelist välja wõttes, siis saadud ligikaudse nähtawa kõrguse peale ja seda korratakse nii kaua, kuni saadud nähtawa ja eelmise ligikaudse nähtawa kõrguste wahe vähem on, kui nõuetaw täpipealsus.

Näitus:

Päikese õige kõrgus ($h \odot$) = $8^{\circ} 12' 45''$.

Tarwis leida nähtaw päikese kõrgus, kuni $2''$ täpipealsuseni?

$$\begin{array}{r} \cos h (8^{\circ} 12'; 8) = 0,99 \\ p = 9'' \times 0,99 = 8'',9 = 9'' \\ h \odot = 8^{\circ} 12' 45'' \\ p = \quad \quad \quad 9'' \\ \hline 8^{\circ} 12' 36'' \\ \text{Refraktsioon} \quad + \quad 6' 24'' \\ \hline \end{array}$$

1-ne ligikaudne nähtaw $h \odot = 8^{\circ} 19' 0''$

Selle peale wõetud tabel

$$\text{refraktsioon} \dots \dots \dots = + 6' 20''$$

2-ne ligikandne nähtaw $h \odot = 8^{\circ} 18' 56''$

Selle peale wõetud refraktsioon $+ 6' 20''$

3-mas ligikaudne nähtaw $h \odot = 8^{\circ} 18' 56''$ (nõutaw täpipealne).

Peatükk IV.

§ 60. Kronomeeter.

Kronomeetriks nimetakse kell, mille mehanism, niisama kui harilikul wedrukellal, wedru abil käima tõmmatakse, kuid mehanism on palju peenemalt ja täielikumalt välja töötatud, et kõik ühetasane ja enam täpipealne oleks, ja temperatuur kronomeetri käigu peale vähem mõjuks.

Kronomeetrid lähewad üksteisest lahku: nende wälimuse, sekundinäitaja löökide ja aja näitamise poolest.

Wälimuse järele jagatakse neid suurteks ja wäikesteks kronomeetriteks.

Suurteks nimetakse kastide sisse asendatud laaukronomeetrid (box-chronometer) ja wäikesteks — taskukronomeetrid; wiimased on taskukella sarnased.

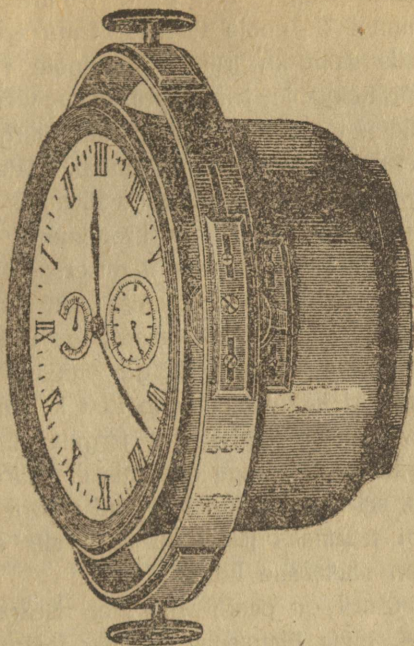
Suured kronomeetrid on kastide sisse nõnda asendatud, et nad laewa kiikumise juures ikkagi horisontaalis seisawad. Kastid on wildiga seestpoolt ära woodertatud, ehk mõne muu willase ollusega, mis ülepea paha sooja ja külma õhu edasikandja on, et sellega kronomeetri mehhanismi rohkem ühetasases temperatuuris hoida.

Sekundinäitaja löökide järele lähewad kronomeetrid üksteisest selles lahku, et ühedel lööb sekundinäitaja kaks korda ühes sekundis, kuna teistel — kümme lööki neljas sekundis. Wiimased nimetakse taskukronomeetriteks ehk nelikümmendikuks (четыредесятник).

Kronomeetrid, mis tähe aja järele käiwad, nimetakse tähekronomeetriks ja need kronomeetrid, mis keskmist aega näitawad — keskmiseks kronomeetriks.

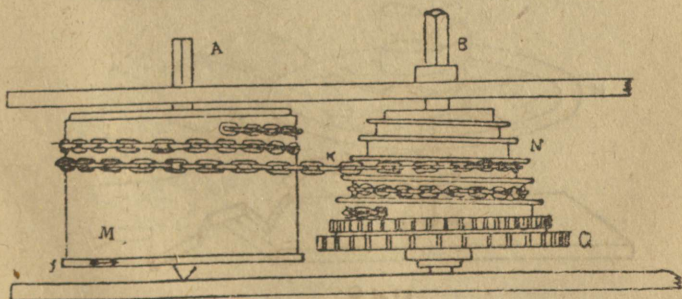
Joonistuse 46. peal on kujutatud suure (box) kronomeetri wälimine nägu, ilma kastita — metallist walmistud tsilindritaolises kehas. Kruwide abil saab tema wildiga wooderdud puukasti sisse kinnitud.

Sisemise ehitusega on kronomeetrid hariliku wedrukella sarnased, mõne täiendawa jaoga, mille abil on wõimalik ühetasast käiku alal hoida aja jooksul, kui wedru, peale kronomeetri üleskeeramist jälle lahti harguneb; ja see jagu on lõigatud järguline koonusetäoline trumm N (joon. 47). Selle trummi abil on wõimalik ühetasast käiku järgmisel wiisil alal hoida:



Joon N 46

Teras-spiraal wedru, mille abil kronomeetri mehaanizm käima pannakse, on asendud trummi M sisse (joon. 47), mis wõlwi A ümber keerleb, nii et üks wedru ots on kinnitud selle wõlwi ja teine — trummi M

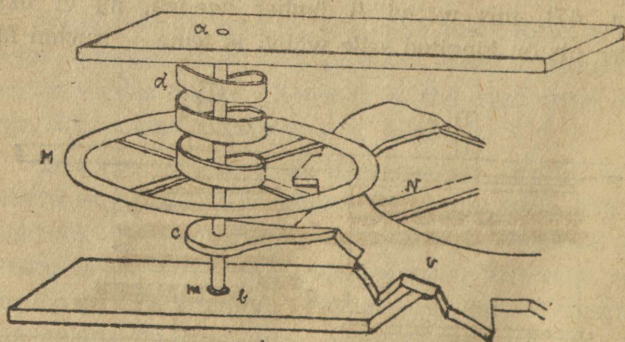


N.47.

sisemise pinna külge. Kui nüüd wõtme abil wõlwi B, läbi trummi N, noole f' sihis, tema wõlwi ümber keerame, siis saab ka trumm M, noole f sihis, keti k läbi pöördkäigu ja tema sees olew wedru keerub kokku, mille järele wedru wabalt lahti hargudes trummile M wastapidi pöördkäigu annab. Wedru, lahtihargumisega nõrgemaks jäädes, vähendab trummi M pöördekäiku, sellega ühes ka kronomeetri mehhanismi liikumist; selle kõrwaldamiseks, nagu eespool öeldud, on trumm N, mis wedru lahtihargumise läbi, keti k abil, ka wastapidi käigu saab ja hammasrattaga Q kronomeetri kella mehhanismile õigetpidi käigu annab.

Kronomeetri käigu ajal kerib kett k ennast trummi ülemisest vähemast ringist järk järgult alumiste suuremate ringide peale, seega mehhanismile kiiremat jõudu edasi andes, sel määdul, kui see jõud wedru nõrgemaks jäämise läbi tasemaks jääb; nii saab siis edasiandew jõud rohkem ühetasane hoitud.

Kronomeetril on peale selle weel iseäraliku ehitusega pendel, mille ühetasane kõikuw liikumine mehhanismi käiku temperatuuri muutmise juures reguleerib.

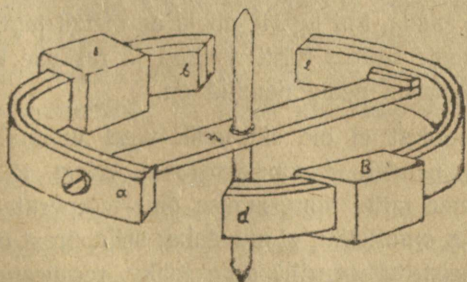


N.48.

Hariliku wedrukella pendel on rõnga M sarnane, (joon. 48) wõlwi m külge kinnitud; ühelt pool selle rõnga läheduses tema wõlwi külge on kinnitud stift c , mis toetatub ratta N hammastesse. Teiselt pool pendelit on spiraalwedru, mille üks ots pendeli wõlwi külge ja teine waheseina a külge on kinnitatud. Ratas N , ennast alatasa pöörates noole r järele, pöörab stifti c abil ka pendeli M tema wõlwi ümber ja sellega ühes keerab spiraalwedru kokku. Niihästi stift c , kui ka ratta N hambad, on nii ehitud, et kui spiraalwedru tarwilikul mõõdul kokku on keeratud, siis stift hambast üle libiseb, mille läbi pendel, kokkukeeratud wedru abil, tagasikäigu saab ja stifti järgmise hambasse üle wiib. Niimoodi omandab pendel M enesele wibutawa ühetasase käigu, sellega ühes kella mehhanismi ühetasast käiku alal hoides.

Kirjeldatud süsteemi hariliku kella pendel ei tööta mitte täpisealt õieti, sellepärast et õhutemperatuuri muutuse puhul rõngas M wõib oma edasi-tagasi liikumist kas kiirendada ehk vähendada, mille läbi ka kella mehhanismi käik muutlik on; kronomeetri mehhanismi juures saab niisugune puudus järgmisel wiisil kõrvaldatud:

Pendeli wõlwi külge kinnitakse metallist plaadike n , nii et wõlw wiimase keskpunktist läbi lä-



N.49.

heb; selle plaadikese mõlemate otsade külge kinnitakse kaarekujulised metall-latid ab ja dc, milledest igaüks kahest mitmesuguse omadusega metall-jaost kokku on pandud; wälimine jagu peab olema suurema ja sisemine vähema paisuwuse koefitsiendiga. Mõlemate kaarede peale on asendud metallist raskuse kaalud A ja B, mida tarwiduse järele kaarede mööda edasi-tagasi nihutada wõib.

Ohu temperatuuri suurenemise juures laieneb pendeli spiraalwedru ja suureneb ka plaadikene n, mille tõttu pendeli wibutaw liikumine pikaldasemaks jääb; kuid kaared ab ja dc, millede wälimised jaod rohkem paisuwad, keeruwad õhu temperatuuri suurenemise mõjul kokku ja kaalud A ja B lähenewad pendeli wõlwile; selle läbi läheneb ka kaarede wibutawa liikumise süsteemi raskusepunkt pöörlewa wõlwile ja kiirendab sellega pendeli käiku sel möödul, kui see esiteks wähendud oli.

Ohu temperatuuri alanemise juures on ümberpöördukt; metall-plaadikese n pikkus väheneb, spiraalwedru tõmbab ennast rohkem kokku, aga selsamal ajal liiguwad raskuse kaalud A ja B pendeli pöördwõlwist kaugeemale, mille läbi selle wibutaw käik enam normaalselt alal hoitakse. Kuid täpipealsemat pendeli liikumist ja sellega ühes õigemal kronomeetri käiku wõib ainult siis kätte saada, kui kaarte ab ja dc metall-jagude omadus ja nende suurus hästi walitud ja raskuse kaalud A ja B õige koha peale pandud on.

Tõepoolest ei ole siitsaadik weel wõimalik olnud niisugust pendeli kompensatsiooni wälja töötada, et kronomeeter mitte mingisuguse õhu temperatuuri muutuse juures oma käiku ei muudaks; sellepärast on kronomeetri meistritel peasiht selle käiku reguleerida mitte wäga suure temperatuuri muutuste piirides.

Et kronomeetri mehanism suurte temperatuuri muutuste eest kaitsta, sellepärast hoitakse nad selle tarwis puust kastide sees, mis wildist ehk muust, vähem õhu edasikandawast materjaalist tehtud patjadega seestpoolt ära woorderdud peawad olema. Laewa peal peab kronomeetri niisuguse kohta asendama, kus ta masinate läbi sünnitatud pörutuste ja wapustuste eest rohkem kaitstud oleks. Ta peab dünamo-masinatest ja elektri wooludest eemal seisma, millede magnetiseerimise jõud kronomeetri käigu peale väga halvasti mõjub. Ka ei tohi kronomeetrit masinate katlate lähedusesse panna, sellepärast et seal väga suur õhu temperatuuri muutus walitseb.

Ehk kronomeetrid ühe üleskeeramisega, ühed 48, teised 56 tundi, küll käia woiwad, siiski, et kronomeeter ettenägemata põhjustel seisma ei jääks, peab teda iga 24 tunni tagant üles keerama ja wõimalikult alati ühel ja selsamal ajal. Kronomeetri üleskeeramiseks peab tema numbrilaua ettewaatlilikult allapoole pöörama, siis wõti kohale panema ja wastupidi tunninäitaja käiku poolringi wõtit keerama ja iga kord natuke wahet pidama (umbes 2—3 sekundi); see on sellepärast tarwilik, et trummi sees olewa wedru kokkukerimise ajal, kronomeetri käik ühe teise abiwedru mõjul alal hoitud saab, mille tegewuse mõju ainult lühikese aja kestab. Juhtuwate löökide, häkiliste pöörete ja temperatuuri muutuste eest kaitsmiseks ei wõi kronomeetrit ühest kohast teise mitte kanda; on seda aga tungiwalt tarwis, siis väga ettewaatlilikult ja ainult kui temperatuuris mitte suurt wahet ei ole.

Obserweerimiste juures, kus meil Greenwichi aeg teatud momendil tingimata tarwilik teada on, ei pruugi mitte kronomeetrit wälja kanda, waid obserweerimise aeg wõib, kas tasku kronomeetri-nelikümmendiku, ehk hariliku taskukella järele üles tähendada, mida oma

korda kronomeetriga wõrrelda wõib, niihästi enne kui pärast obserweerimist.

Laewa kronomeetrid reguleeritakse harilikult kesk-mise ajaga ja sellepärast nimetakse neid, nagu juba eespool öeldud, keskmisteks kronomeetriteks. Krono-meetrid, mis tähe aja järele reguleeritakse, nimetakse tähekronomeetriteks. Wahe on see, et wiimased kesk-misest kronomeetrist kiiremalt käiwad, nimelt 3 mi-nutit ja 56 sekundi öö-päewa jooksul, ehk 10 sek-ühe tunni wältusel.

Laewades, kes pikki reisisid teewad, peab wähe-malt kolm kronomeetrit olema, siis ainult on wõimalik enam täpipealsemalt Greenwichi aega reguleerida, kuna üheainsa kronomeetri abil mitmel juhtumisel aja täpi-pealsuses kindel olla ei wõi.

§ 61. Taskukella wõrdlus kronomeet-ri-ga.

Wõrdluseks nimetakse wahe, kui palju kell ühel ja selsamal momendil kronomeetrist kas ees ehk taga on. Selle wäljarehkendamiseks on tarwis teada aeg, mis näitab kell ja mis kronomeeter ühel ajal. Et mere praktikas nõutud resultaati suuremalt jaolt wõimata on täpipealselt kätte saada, siis arwatakse küllalt olewat, kui aeg kuni ühe sekundi täpipealsusega teada on, selle-pärast on merel järgmine meetod wõrdlemiseks tarwi-tusele wõetud:

Esiteks sääb wõrdleja taskukella kronomeetri kõr-wa, kirjutab wiimase tunnid, minutid ja kümned ehk wiied sekundid paberile; kui weel 5 sek. üleskirjutud arwust puudub, hakkab wõrdleja kronomeetri löökisid lugema ja selsamal ajal waatab tähpanelikult tasku-kella sekundinäitajat; kümnenda löögi ajal tähendab wõrdleja kella sekundi arwu üles, siis minutid ja tunnid, nõnda saame kella ja kronomeetri järele arwatud ajad

ühel momendil; nende differentis ongi otsitaw wõrdlus. Näitab kell rohkem aega, kui kronomeeter, siis on wõrdlus miinusega (—), on aga kronomeetri järele aega rohkem, kui kell näitab, siis — plussiga (+).

Wõrdlemist korratakse kõige vähemalt kolm korda, et sellega juhtumisi ettetulnud wigu kõrwaldada; kõigest kolmest arwatakse siis aritmeetiline keskmine arw wälja.

Näitused:

1) Enne ülesmäärgitud aeg kronomeetri järele 7 t. 59 m. 20 s. ära oodates kuni sekundinäitaja jõuab 15 sekundi peale, loeme sellest momendist kronomeetri löögid, kuni 10-ni; ühel ajal kümnenda löögiga näitas kella sekundinäitaja 33 sekundi, kuna tunni- ja minutinäitaja andsid 8 tundi ja 14 m.

Nüüd saame:

Kronomeetri järele	7 t. 59 m. 20 s.
Kronomeetri järele	7 t. 59 m. 20 s.
Wõrdlus	— 0 t. 15 m. 13 s.

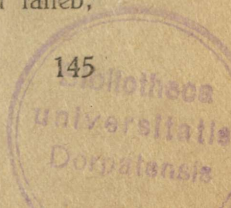
2) Enne ülesmäärgitud aeg kronomeetri järele 6 t. 24 m. 40 s., kui sekundinäitaja oli 35 sekundi peal, hakati kronomeetri löökisid lugema; oli kümnendi loetud, näitas kella sekundinäitaja 30 s.; minutinäitaja — 28 m. ja tunninäitaja 5 tundi.

Neid arwusid üles seades saame:

Kella järele	5 t. 28 m. 30 s.
Kronomeetri järele	6 t. 24 m. 40 s.
Wõrdlus	+ 0 t. 56 m. 10 s.

Enam täpiselemlt ühte kella kronomeetriga wõrrelda wõib järgmisel wiisil:

Esiteks tähendakse üles kella järele tunnid ja minudid ja waadatakse tähelpanelikult kella sekundinäitaja liikumist, ühes sellega kronomeetri lööke kuulates, kuni wiimase löök selle momendiga kokku läheb,



kui kella sekundinäitaja terwet sekundi näitab, siis, kronomeetri lööke lugedes, kirjutakse kella järele saadud sekundi arw üles. Kronomeetri löökide lugemist lõpetades tähendakse aeg üles, mis kronomeeter siis näitas; nüüd arwatakse kronomeetri löökide järele saadud waheaeg kronomeetri ajast maha; resultaat annab aja kronomeetri järele, ühel ajal kellaga sel momendil, kui alustati kronomeetri löökide lugemist.

Näituseks:

Kella sekundinäitaja näitas kronomeetri löögi ajal 41 s. tundide arw oli 3 t. ja minuttie arw 19 m.; sellest momendist arwates loeti 13 kronomeetri lööki, aega oli tema järele 3 t. 28 m. 35 s.

Sellest järgneb:

Aeg kronomeetri järele	3 t. 28 m. 35 s. — 6,5 s. =
	= 3 t. 28 m. 28,5 s.
Aeg kella järele	= 3 t. 19 m. 41,0 s.
Wördlus	+ 0 t. 8 m. 47,5 s.

Taskukronomeetri (nelikümnendiku) wördlemine kronomeetriga.

Nagu teada, käib hariliku taskukella sekundinäitaja ümber, ilma et ta mingisuguste jagude peal seistaks, peale selle ei löö kellade pendel mitte ühesuguseid korralikka lööke. Sellepärast on obserweermise ajal täpisepealse momendi saamine kella järele raskendud, pealegi ilma abiliseta. See puudus kõrwaldakse praktikas sellega, et wõetakse tarwitusele taskukronomeeter, mille sekundinäitaja korralikkude löökidega liigub, nimelt iga 0,4 s. jooksul teeb ühe selgesti kuuldawa löögi ja 25 lööki teewad wälja 10 s.

Taskukronomeetri sekundinäitaja, terwel oma ringkäigul numbrilaua peal, langeb ühte iga paarisarwulise sekundi arwuga, nagu, näituseks, 2 sekundi peal (5

lööki); 4 sekundi peal (10 lööki) ja nõnda edasi; selle peale põhjendades võrreldakse taskukronomeetrit teise kronomeetriga järgmisel viisil:

Taskukronomeetri tunde ja minutid üleskirjutades loetakse tema lööke sellest momendist, kui sekundi näitaja paarisarvulise sekundi arvu näitab (parem oleks terwest kümne arvust peale hakata); taskukronomeetrit kõrwa lähedale pannes ja tema löökisid edasi lugedes waadatakse tähepanelikult kronomeetri sekundinäitaja liikumise järele, kuni nelikümnendiku (taskukronomeetri) löök kronomeetri löögiga kokku langeb. Sel momendil tähendakse üles kronomeetri sekundide arv, mis selle sekundinäitaja siis näitas; saadud arvule lisatakse juure tunnid ja minutid kronomeetri järele. Taskukronomeetri löökide järele väljaarvatud waheaeg lisatakse selle järele esiteks saadud momendile juure; see summa näitab aega ühel ajal kronomeetriga, ja nende wahe on otsitaw sõrdlus.

Näituseks:

Nelikümmendik näitas 4 t. 18 m. 20 s.

Loetud nelik. löögid = 13.

Kronomeeter näitas 3 t. 57 m. 23,5 s.

Eelpool seletud reegli järele saame nelikümmendiku ja kronomeetri ajad ühel momendil:

$4 \text{ t. } 18 \text{ m. } 20 \text{ s.} + 13 \times 0,4 \text{ s.} = 4 \text{ t. } 18 \text{ m. } 25,2 \text{ s.}$

ja $3 \text{ t. } 57 \text{ m. } 23,5 \text{ s.}$

Otsitaw sõrdlus $\frac{3 \text{ t. } 57 \text{ m. } 23,5 \text{ s.}}{4 \text{ t. } 18 \text{ m. } 25,2 \text{ s.}} = 0 \text{ t. } 21 \text{ m. } 1,7 \text{ s.}$

Kui võrreldakse harilikku taskukella kronomeetriga, et wiimase järele aega observeerimise momendil kätte saada, siis peab tegema sõrdlust enne ja pärast observeerimist, sel põhjal, et ühe kella käimise täpipealsus ei wasta mitte hästi kompenseeritud kronomeetri käigu täpipealsusele; niiwiisi kaks sõrdlust saades peab nendest aritmeetilise keskarwu wõtma, mis wastab observeerimise momendile.

Juhtumisel, kui wõrreldakse, kas nelikümmendik ehk harilikult taskukella tähekronomeetriga, mis, nagu teada, keskmisest ajast 3 minuti jooksul 0,5 sekundi ette käib, siis arwatakse wälja wõrdlus obserweerimise ajal, proportsionaalselt waheaegadele, mis on wõrdlemise ja obserweerimise wahel.

Näitus I.

	Kr-meeter	Kell	Wõrdlus
Wõrdlem. enne obserw.	9 t. 41 m. 20 s.	9 t. 34 m. 18 s.	+ 0 t. 7 m. 2 s.
„ peale „	10 t. 35 m. 50 s.	10 t. 28 m. 46 s.	+ 0 t. 7 m. 4 s.
„ obserweer. ajal	—	10 t. 5 m. 30 s.	7 m. 3 s.

Näitus II (tähekronomeetriga).

	Kr-meeter	Kell	Wõrdlus
Enne obserweerimist	5 t. 13 m. 10 s.	5 t. 24 m. 26 s.	— 11 m. 16 s.
Peale „	6 t. 1 m. 30 s.	6 t. 12 m. 37 s.	— 11 m. 7 s.
Obserweerimise ajal	—	5 t. 56 m. 18 s.	
			0 m. 9 s.

Wõrdlemise waheaeg = 6 t. 12 m. 37 s. — 5 t. 24 m. 26 s. = 48,2 minutit.

Obserweerimise ajast kuni teise wõrdlemiseni = 6 t. 12 m. 37 s. — 5 t. 56 m. 18 s. = 16,3 minutit.

Wõrdluse muutus: 48,2 m. — 9 s.

$$16,3 \text{ m.} - x; x = \frac{9 \text{ s.} \times 16,3}{48,2} = 3 \text{ sek.}$$

Sellest järgneb, et wõrdlus on obserweerimise ajal: 0 t. 11 m. 7 s. + 3 s. = 0 t. 11 m. 10 s.

§ 62. Obserweerimise momendi kindlaksmääramine.

Kui astronoomilised obserweerimised nõuawad wastawat momenti kella järele kindlaksmääramist, siis tehtakse seda obserweerija komando järele, praktikas

tarwitusele wõetud sõnaga „stop“; seda sõna kuuldes kirjutab abiline esiteks sekundide, siis tundide ja minutite arwud üles; lühike aeg enne „stop“ peab obserweeriija oma abilist hoiatama sõnaga „walmis“; sellest momendist peale peab abiline tähelepanelikult kella sekundinäitaja järele waatama, et täpipealt sekundi arwu kätte saada, kui „stop“ öeldakse.

On taskukronomeeter (nelikümmendik) olemas, siis wõib selle abil obserweerimise momendi ilma abiliseta kindlaks määrata järgmisel wiisil:

Kõrguse mõõtmise juures nelikümmendiku löökisid kuulates hakkab obserweeriija neid lugema sellest momendist, kui tema kõrguse kätte sai, pöörab siis oma waate nelikümmendiku peale ja jätkab lugemist kuni sekundinäitaja näitab mõnda sekundide kümnet; seda arwu, see on sekunde, tunde ja minutid ülestähendades arwab sellest löökide järele saadud sekundid maha; resultaat annab otsitawa momendi.

§ 63. Kronomeetri parandus.

Ehk küll kronomeetri mehanism, kella mehanismiga wõrreldes, palju täielikumalt ja täpipealsemalt on ehitatud, siiski ei wasta tema järele arwatud aja üksused Greenwichi keskmise ehk täheaja üksustele, kuigi kord selle järele käima oli pandud. Harilikult märkame meie praktikas, et kronomeeter, mis küll kord oli täpipealse ajaga ühte pandud, mõne aja pärast kas rohkem ehk vähem näitab; näitab tema täpipealsest ajast rohkem, siis on tema üksused lühemad, kui vähem — siis pikemad; esimesel juhtumisel öeldakse „kronomeeter käib ette“, teisel — „taga“; see wahe, kui palju ta käib ees ehk taga täpipealsest ajast (keskmisest ehk täheajast Greenwichis), nimetakse „kronomeetri parandus“ ehk kronomeetri seis. Parandusel — ees — on märk miinus (—) ja pluss (+), kui taga; nii tuleb

parandus kronomeetri ajast esimesel juhtumisel maha ja teisel juhtumisel sellele juure arwata. Kronomeetri parandus ei jää mitte muutmatuks, sest tema üksused on mõnikord pikemad, mõnikord lühemad, sellepärast peab ühe ja sellesama kronomeetri paranduse aeg ajalt uuesti wälja rehkendama, niisama ka paranduse muutuse. Kronomeetri parandust wõib mitmesuguse meetodi järele wälja rehkendada. Iga meetod sisaldab eneses täpise Greenwichi aja wäljarehkendamise sel momendil, kui kronomeetri aeg teada on.

§ 64. Kronomeetri paranduse wäljarehkendamine ajasignaali ja obserwatooriumi kellade järele.

Mitmes sadamalinnas on iseäralik signaal sisse seatud, millega kohaliku kesklõuna aega teada antakse (mõnes sadamas Greenwichi kesklõuna aega). Harilikult antakse selleks signaal ühe masti otsa tõmmatud palli äkilise mahalaskmisega, mis mõni minut enne seda masti otsa tõmmatakse. Mõnes sadamas antakse ajasignaal ka suurtükilaskmisega. Tarwilikud teadused sadama signaali kohta on lootsias antud. Signaali moment tähendakse üles kella järele, mis kronomeetriga wõrreldakse enne ja pärast lõunat; wõrdluse abil wõime leida aja kronomeetri järele sel momendil, kui signaal anti, see on kohaliku keskmise lõuna ajal. Täpise keskmise Greenwichi aja saame kätte, kui kohaliku keskmise lõuna aja, mis signaal andis, pikkusega Greenwichisse üle wiime. Mõlemaid aegu wõrreldes saame nende wahe kätte, mis kronomeetri paranduseks nimetatakse. Kui tähekronomeetri parandust tarwis wälja arwata, siis peab saadud täpise Greenwichi aja — täheajaks muutma.

Näitus:

Signaali koha pikkus: 1 t. 36 m. 10 sek. 0-st.

Kellaaeg signaali ajal: 10 t. 14 m. 22 s.

	Kr-meeter	Kell	Wõrdlus
Wõrdlem. enne lõun.	10t.13m 40s.	9t.58m.19s.	+0t.15m.21s.
„ pärast „	10t.40m.10s.	10t.24m.50s.	+0t.15m.20s.
Lõuna ajal	—	—	+0 t. 15 m. 20,5 s.
Kell näitas signaali ajal		10 t. 14 m. 22 s.	
Wõrdlus		+ 0 t. 15 m. 20,5 s.	
Kronomeeter signaali ajal		10 t. 29 m. 42,5 s.	
Täpipealne kohalik keskmine aeg		0 t. 0 m. 0 s.	
Pikkus O		1 t. 36 m. 10' s.	
Täpipealne keskm. Greenw. aeg		10 t. 23 m. 50 s.	
Kronomeeter näitas		10 t. 29 m. 42,5 s.	
Kronomeetri parandus Greenw. aja kohta		= —	5 m. 52,5 s.

Kui suurtükipaugu järele on tarwis signaali aega kätte saada, siis peab kella ajast esiteks maha arwama selle waheaja, millal paugu hääl läbi õhu waatleja kõrwu tungib, teades, et hääl igas 5½ sekundis, keskmiselt arwates, ühe meremiili edasi jookseb, ehk ühes sekundis umbes 323,5 meetrit.

Et hääle kiirus mitmesuguse wälise mõju tõttu wäga muutlik on, siis on soowitaw, et suurtükipaugu signaali ainult äärmisel juhtumisel tuleb tarwitada, näituseks udu ajal, mil muud signaali näha ei ole. Nendes sadamates, kus on olemas mereobserwatoorium, wõib kronomeetri paranduse wälja rehkendada, kui meie wõrdleme kella laewa kronomeetriga ja obserwatooriumi kellaga, mille parandus alati teada on; selleks peab wõrdlema kella esiteks laewa kronomeetriga, siis obserwatooriumi kellaga ja peale selle jälle teist korda laewa kronomeetriga; nende wõrdluste abil wõime leida laewa kronomeetrite paranduse järgmise näituse järel:

	Kr-meeter	Kell	Wahe kr-meetr.— kell
Esimene kella wõrdl. laewa kronom.	7t.11m.30s.	6t.58 m. 24 s.	+0t.13m.6s.
Kella wõrdl. obserwa- toor. kellaga	7t.35m.37s.	7t.44 m. 11 s.	—0t.8m.34s
Teine kella wõrd- lus laewa krono- meetriga	8 t.33 m.50 s.	8 t.20 m. 46 s.	+0t.13m.4s.
Kella wõrdlus laewa kronomeetriga, kui obserwatooriumi kronomeetriga wõr- reldi	—	—	+ 13 m. 5s.

Wõrdlemise ajal oli obserwatooriumi kella (kronomeetri) parandus Greenwichi keskmise aja kohta + 0 t. 17 m. 55 s.

Sellest tabelist saame kella paranduse Greenwichi aja kohta = — 8 m. 34 s. + 17 m. 55 s. = + 9 m. 21 sek.

Laewa kronomeetri parandus = + 13 m. 5 s. — 9 m. 21 s. = — 3 m. 44 s.

§ 65. Kronomeetri öö-päewa käik.

Kronomeetri paranduse muutus, mis sellest tuleb, et tema üksused ei ole mitte ühesugused nendele wastawate, kas keskmise ehk täheaja üksustega, nimetakse kronomeetri käiguks. Et mitme kronomeetri käigud mitte üksteisele ei wõrdu niihästi nende wältawuse kui ka märgi järele, siis peab iga kronomeetri käigu eraldi wälja rehkendama; see käik on tarwilik teada praktikas teatud waheaja jooksul, näituseks ööpäewa jooksul; niisugune käik nimetakse kronomeetri öö-päewa käiguks; on öö-päewa käik teada, siis wõib leida seda igasuguse nõuetawa aja wältusel. Kui kro-

nomeetri üksused wastawa täpise aja üksusest lühemad on, siis omandab ööpäewa käik märgi miinus (—), kui pikemad, siis — plussi (+). Esimesel juhtumisel kronomeetri positiivne parandus väheneb ja negatiivne suureneb; teisel juhtumisel positiivne suureneb ja negatiivne väheneb.

Kronomeetri ööpäewa käigu väljarehkendamiseks on tarwis esiteks tema parandus teatud waheaegade järele välja arwata, siis nende wahe wõtta ja selle waheaja päewade (24 tundi) arwu peale jagada. Waheaeg kahe momendi wahel, mil esiteks parandused välja rehkendati, peab olema 7 kuni 20 päewani; wähema waheaja järele ei ole soowitaw, sellepärast, et temperatuuri muutuse korral muudab ennast ka kronomeetri käik ja siis peab seda jälle iga lühikese aja tagant uuesti välja arwama, mis mere peal sagedasti wõimata on. Harilikult peab kahe paranduse väljarehkendamise momentide waheaeg niisugune olema, mil kronomeetri käik rohkem ühesugune oleks, see on, kui õhu temperatuuris mitte suurt muutust ei ole; on aga waheaeg liig pikk, näituseks üle kolme nädala, siis wõib temperatuur palju muutuda ja leitud ööpäewa käik ei wasta mitte nõuetawale. Igal juhtumisel, kui temperatuur palju muutunud on, peab ööpäewa käigu uuesti välja rehkendama.

Kronomeetrite parandused, millede abil selle ööpäewa käik välja rehkendakse, peawad olema ühe ja sellesama meetodi järele leitud.

Näitus:

1) Kronomeetri parandus Greenwichi aja kohta 5. mail kell 4 t. 20 m. oli — 1 t. 18 m. 9 s. Seesama parandus ka Greenw. aja kohta 17. mail kell 9 t. 30 m. a. m. oli — 1 t. 17 m. 28 s. Tarwis leida kronomeetri ööpäewa käik?

16. mail 21 t. 30 m. keskm. Gr.	
aega oli parandus	— 1 t. 17 m. 28 s.
5. mail 4 t. 20 m. keskm. Gr.	
aega oli parandus	— 1 t. 18 m. 9 s.

Wahe = 11 päewa 17,2 t. = 11,7 päewa; parand.
wahe = + 0 t. 00 m. 41 s.

$$\text{Öö-päewa kõik} = + \frac{41 \text{ s.}}{11,7} = + 3,5 \text{ sek.}$$

2) 22. augustil, pikkus 1 t. 10 m. O-st kell 8 t. 16 m. a. m. Kronomeetri parandus keskmise kohaliku aja kohta + 1 t. 11 m. 50 s. 3. septembril, samas pikkuses, kell 4 t. 28 m. ja sama kronomeetri parandus, kohaliku keskmise aja kohta + 1 t. 13 m. 42 s. Tarwis leida kronomeetri öö-päewa kõik?

21. aug. kell 20 t. 16 m. kohaliku	
keskm. aja järele parand.	⊕ 1 t. 11 m. 50 s.
3. sept. kell 4 t. 28 m. kohaliku	
keskm. aja järele parand.	+ 1 t. 13 m. 42 s.

Wahe = 12 päewa 8 t. 12 m.

Kronomeeter jäi sellel ajal taha + 1 m. 52 s. = 112 s.

$$\text{Öö-päewa kõik} = \frac{24 \times 112}{296,2} = + 9,07 \text{ sek.}$$

3) 18. augustil, pikkus 1 t. 16 m. W-st, kronomeetri parandus kohaliku keskmise aja kohta, kell 8 t. 24 m. a. m. oli = 0 t. 23 m. 19 s.; 28. augustil, pikkus 2 t. 32 m. O-st, sellesama kronomeetri parandus kell 4 t. 31 m., kohaliku keskmise aja kohta oli + 4 t. 8 m. 41 sek. Tarwis leida öö-päewa kõik?

Paranduse ülewimine Greenwichi aja peale.

Kronomeetri parandus pikkuses 1 t.

16 m. W-st $+ 0 \text{ t. } 23 \text{ m. } 19 \text{ s.}$

Pikkus $+ 1 \text{ t. } 16 \text{ m. } 00 \text{ s.}$

Kronomeetri parandus Gr. keskm.

aja kohta $+ 1 \text{ t. } 39 \text{ m. } 19 \text{ s.}$

Kronomeetri parandus pikkuses 2 t.

32 m. O-st $+ 4 \text{ t. } 9 \text{ m. } 41 \text{ s.}$

Pikkus $- 2 \text{ t. } 32 \text{ m. } 00 \text{ s.}$

Kronomeetri parandus Gr. keskm.

aja kohta = $+ 1 \text{ t. } 37 \text{ m. } 41 \text{ s.}$

Kronomeetri paranduse väljarehkendamise aja ülewimine Greenwichisse:

1-se paranduse väljarehkendamine 17.

augustil $20 \text{ t. } 24 \text{ m.}$

Pikkus W. $1 \text{ t. } 16 \text{ m.}$

1-se paranduse aeg Greenw. aja järele

17. aug. $+ 21 \text{ t. } 40 \text{ m.}$

2-se paranduse väljarehkendamise aeg

28. aug. $4 \text{ t. } 31 \text{ m.}$

Pikkus O-st = $2 \text{ t. } 32 \text{ m.}$

2-se paranduse aeg Greenwichi aja

järele 28. aug. = $1 \text{ t. } 59 \text{ m.}$

Öö-päewa käigu leidmine:

17. aug. kell 21 t. 40 m. krono-

meetri parandus keskmise Green-
wichi aja kohta $+ 1 \text{ t. } 39 \text{ m. } 19 \text{ s.}$

28. aug. kell 1 t. 59 m. krono-

meetri parandus keskmise Green-
wichi aja kohta $+ 1 \text{ t. } 37 \text{ m. } 41 \text{ s.}$

Wahe = 10 päewa 4 t. 19 m.

Kronomeetri käik selle aja sees = $- 1 \text{ m. } 38 \text{ s.} = 98 \text{ s.}$

Öö-päewa käik = $\frac{24 \times 98}{244,3} = - 9,63 \text{ sek.}$

§ 66. Keskmise aja ehk täheaja väljarehkendamine kronomeetri järele, kui on teada selle ennemalt väljaarvatud parandus ja öö-päewa käik.

Keskmise ehk täheaja kindlaksmääramiseks kronomeetri järele saadud aja abil, on tarwis teada selle täpipealne parandus antud momendil. Seda võime leida kronomeetri paranduse ja öö-päewa käigu abil, mis olid välja rehkendatud enne, kui laew sadamast merele sõitis.

Sel momendil, kui aeg kronomeetri järele üles on tähendud, võib tema täpipealset parandust järgmisel viisil leida:

1) Kronomeetri ajaga nõuetawal momendil ühendame wastawa märgiga tema ennemalt leitud paranduse, siis saame lähema keskmise ehk täheaja Greenwichis.

2) Leitud lähem Greenwichi aeg võib olla kas hommikul ehk õhtul, see on, A. M. ehk P. M., seda võib kindlaks määrata teatud lähema pikkuse ja aja järele kohaliku meridiaani peal.

3) Astronoomia järele arvatud lähemast Greenwichi ajast arwame selle aja maha, mil kronomeetri parandus välja rehkendatud oli; resultaat annab waheaja sellest ajast arwates, kui ennemalt parandus leiti, kuni ajani kronomeetri järele antud momendil; see waheaeg pöörata öö-päewa üksusteks (въ сутки) ja selle kümmendikkudeks jagudeks.

4) Kronomeetri öö-päewa käik tarwis korrata waheaja üksuste arwu peale ja kaswatus ühendada wastawa märgiga endise parandusega; resultaat on täpipealne kronomeetri parandus antud momendil.

Greenwichi aja leidmiseks tarwis täpipealne parandus ühendada oma märgiga kronomeetri ajaga antud momendil.

Näitused:

1) 20. jaanuaril, pikkus 54° O-st, umbes kell 10 t. õhtul oli aeg kella järele 7 t. 11 m. 32 sek. Kronomeetri parandus Greenwichi lõuna ajal 16. jaanuaril — 0 t. 1 m. 19 sek., öö-päewa käik + 5 s. Kella sõrdlus kronomeetriga — 0 t. 53 m. 42 s. Tarwis leida keskmine Greenwichi aeg?

Kell näitas	7 t. 11 m. 32 s.
Wõrdlus	— 0 t. 53 m. 42 s.
<hr/>	
Kronomeetri aeg	6 t. 17 m. 50 s.
Kronomeetri parandus	— 0 t. 1 m. 19 s.
<hr/>	
Lähem Greenwichi aeg 20. jaan.	6 t. 16 m. 31 s.
Käik 4,3 öö-päewa jooksul	+ 21 s.

Otsitaw Greenw. keskm. aeg. 20/I. = 6 t. 16 m. 52 s.

2) 23. weebruaril, pikkus 86° O-st umbes kella 2 ajal peale lõunat näitas kell 9 t. 58 m. 28 s.; kronomeetri parandus keskmise Greenwichi aja kohta, Greenwichi lõuna ajal 18. weebruaril oli — 0 t. 25 m. 4 s.; öö-päewa käik — 5,6 s., kella sõrdlus kronomeetriga — 1 t. 18 m. 35 s. Tarwis leida keskmine Greenwichi aeg?

Kell näitas	9 t. 58 m. 28 s.
Wõrdlus	— 1 t. 18 m. 35 s.
<hr/>	
Kronomeetri aeg	8 t. 39 m. 53 s.
Parandus	— 0 t. 25 m. 4 s.

Lähem Greenwichi keskmine aeg 23. weebruaril	8 t. 14 m. 49 s. hommikul
ehk 22. weebr.	— 20 t. 14 m. 49 s.
Käik 4,8 öö-päewa jooksul	— 27 s.

Otsitaw keskmine Greenwichi aeg 22. II. = — 20 t. 14 m. 22 s.

3) 28. märtsil 101° W-sti pikkuses umbes kell 8 õhtul näitas kell, mis kronomeetriga võrreldi, 2 t. 14 m. 8 s.; kronomeetri parandus keskmise Greenwichi aja kohta 22. märtsil Greenwichi lõuna ajal oli — 0 t. 32 m. 11 s., öö-päewa käik — 6,2 s.; kella sõrdlus kronomeetriga + 1 t. 0 m. 58 s. Tarwis leida keskmine Greenwichi aeg?

Kell näitas 2 t. 14 m. 8 s.

Wõrdlus + 1 t. 0 m. 58 s.

Kronomeetri aeg 3 t. 15 m. 6 s.

Parandus — 0 t. 32 m. 11 s.

Lähem Greenwichi keskmine aeg 29.

märtsil 2 t. 42 m. 55 s. hommikul

ehk 28. märtsil 14 t. 42 m. 55 s.

Käik 6,6 öö-päewa kohta

— 0 t. 0 m. 41 s.

Otsitaw Greenw. aeg

28. märtsil = 14 t. 42 m. 14 s.

4) 27. aprillil 1920. aastal 63° pikkuses, umbes kell 7 t. peale lõunat, aeg kella järele, mis kronomeetriga võrreldi, 7 t. 53 m. 18 s.; kronomeetri parandus Greenwichi täheaja kohta, keskmise Greenwichi lõuna ajal 24. aprillil oli + 1 t. 29 m. 35 s., öö-päewa käik + 45 s.; kella sõrdlus kronomeetriga — 4 t. 5 m. 22 s. Tarwis leida Greenwichi täheaeg?

Kell näitas 7 t. 53 m. 18 s.

Wõrdlus — 4 t. 5 m. 22 s.

Kronomeetri aeg 3 t. 47 m. 56 s.

Parandus + 1 t. 29 m. 35 s.

Lähem Greenwichi täheaeg 5 t. 17 m. 31 s.

Käik 3,1 öö-päewa jooksul + 14 s.

Otsitaw Greenwichi täheaeg 27.

aprillil = 5 t. 17 m. 45 s.

5) 20. juulil 1920, 132° pikkuses W-sti, umbes kella 10 ajal hommikul, tähendasid kella aja, mis kronomeetriga võrreldi 10 t. 24 m. 14 s.; kronomeetri parandus Greenwichi täheaja kohta, keskmise Greenwichi lõuna ajal 16. juulil oli — 3 t. 17 m. 37 s., öö-päewa käik + 5,4 s. võrdlus — 4 t. 29 m. 7 s. Tarwis leida Greenwichi täheaeg?

Kell näitas	10 t. 24 m. 14 s.
Wõrdlus	— 4 t. 29 m. 7 s.
<hr/>	
Kronomeetri aeg	5 t. 55 m. 7 s.
Parandus	— 3 t. 17 m. 37 s.
<hr/>	
	2 t. 37 m. 30 s.
Lähem Greenwichi täheaeg	14 t. 37 m. 30 s.
Käik 4,3 öö-päewa jooksul	+ 23 s.
<hr/>	
Otsitaw Greenwichi täheaeg 20. juulil	= 14 t. 37 m. 53 s.

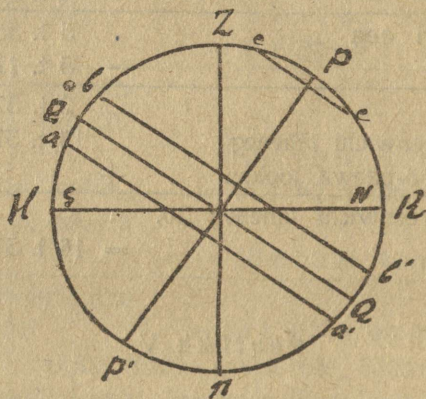
Peatükk V.

§ 67. Koha laiuse väljarehkendamise taewakeha meridiaani kõrguse järele.

Taewakeha meridiaani kõrguse järele koha laiuse väljarehkendamiseks on tarwis observeerida selle kõrgus, kas ülemise ehk alumise kulmineerimise ajal; observeerimine peab algama 10 kuni 15 minutif enne kulmineerimist, selleks on waja esiteks lähem kulminatsioon aeg kronomeetri järele wälja arwata. Observeerida wõib, kas nähtawa, ehk kunstlise horisondi pealt; ka wõib mereranna joone pealt meridiaani kõrgust observeerida. Observeerimise juures peab seda tähele panema, kas oli kõrgus Nordi ehk Süüdi observeeritud. Saadud kõrgus pööratakse õigeaks kõrguseks,

siis wõetakse Nautical Almanacist obserweeritud taewakeha deklinatsioon, arwatakse see wälja antud momendil, see on, kulminatsiooni ajal; on nüüd õige meridiaani kõrgus ja deklinatsioon käes, siis arwatakse koha laius joonistamise abil järgmiselt wälja:

Ring HZRN kujutab waatleja meridiaani tasapinda, HR õige horisoni tasapind, S ja N — Nordi ja Süüdi punktid õige horisoni peal, Z seniit ja n nadiir. Laiuse kindlaksmääramise juures wõib 4 juhtumist ette tulla.



Joon N 50

Tähendame meridiaani kõrguse tähega H ülemise kulminatsiooni ja H' — alumise kulminatsiooni juures ja deklinatsiooni tähega δ , siis saame taewakeha meridiaani kõrguse, mille deklinatsioon koha laiusega eranimeline on:

$$as = SE - Ea, \text{ ehk}$$

$$H = (90^\circ - \varphi) - \delta, \text{ sellest järgneb:}$$

$$90^\circ - \varphi = H + \delta \text{ ja wiimaks saame}$$

$$\varphi = 90^\circ - (H + \delta) \dots \dots \dots (1).$$

Kui taewakeha deklinatsioon on koha laiusega ühenimeline ja laiusest wähem (joon. 50), siis saame:

$$bS = SE + Eb \text{ ehk}$$

$$H = (90^\circ - \varphi) + \delta, \text{ sellest järgneb:}$$

$$90^\circ - \varphi = H - \delta \text{ ja}$$

$$\varphi = 90^\circ - (H - \delta) \dots\dots\dots (2).$$

Kui taewakeha deklinatsioon on koha laiusega ühenimeline ja laiusest suurem, siis saame:

$$cN = PN + Pc \text{ ehk}$$

$$H = \varphi + 90^\circ - \delta, \text{ sellest järgneb:}$$

$$\varphi = (H + \delta) - 90^\circ \dots\dots\dots (3).$$

Wiimaks, kui taewakeha deklinatsioon on koha laiusega ühenimeline ja suurem kui laiuse täiendus (alulise kulminatsiooni juures), siis saame:

$$c'N = c'Q - QN \text{ ehk}$$

$$H' = \delta - (90^\circ - \varphi), \text{ sellest järgneb:}$$

$$90^\circ - \varphi = \delta - H', \text{ ja}$$

$$\varphi = 90^\circ - (\delta - H') \dots\dots\dots (4).$$

Nagu juba teame, saab meridiaani kõrgus, kas Süüdi ehk Nordi nimeline, mis sellest oleneb, kust punktist on arvatud, Süüdi ehk Nordi punktist; näitustes (1) ja (2) on taewakeha meridiaani kõrgus Süüdi, (3) ja (4) — Nordi. Peale selle on taewakehade meridiaani kõrgused erinimelised tema deklinatsiooniga ainult teisel juhtumisel eelpool näitustes, kuna teistes kolmes juhtumises nad ühenimelised wõiwad olla.

Eelpool tähendud näitustest saame laiuse väljarehkendamiseks järgmised reeglid:

1) Kui ülemise kulminatsiooni juures taewakeha meridiaani kõrgus ja tema deklinatsioon on ühenimelised, siis peab mõlemad kokku arwama [näitus (1) ja (3)], kui erinimelised, siis wõtma nende wahe [näitus (2)]. Kui seal juures $H + \delta$ on vähem kui 90° , siis saame koha laiuse, kui $H + \delta$ arwame 90° maha [näitus (1)], kui aga $H + \delta$ suurem on kui 90° , siis arwame temast 90° maha [juhtumine (3)].

Wahe ($H - \delta$) arwatakse 90° alati maha [näit. (2)]. Kõige nende reeglite juures tuleb tähele panna, et juhtumistes (1) ja (2), see on, mil H ja δ summa ehk wahe vähem on kui 90° , siis on koha laius kõrgusega erinimeline; on aga H ja δ summa suurem kui 90° , siis on laius kõrgusega ühenimeline.

2) Et koha laiust leida alumise kulminatsiooni juures meridiaani kõrguse abil, peab meridiaani kõrguse ja deklinatsiooni wahe 90° maha arwama (juhtumine 4), saadud koha laius jääb meridiaani kõrgusega ühenimeliseks.

Taewakehadel, mille deklinatsioon öö-päewa jooksul mitte ei muutu, on kõige suurem kõrgus ülemise kulminatsiooni ja kõige vähem kõrgus tema alumise kulminatsiooni ajal. Muutub aga taewakeha deklinatsioon, siis on kõige suurem ja kõige vähem meridiaani kõrgus, kas üürrike aeg enne ehk pärast kulmineerimist. Obserweerimistest on selgunud, et kui taewakeha läheneb ülemise poolusele, siis on kõige kõrgem meridiaani kõrgus pärast ülemist kulmineerimist ja kõige vähem üürrike aeg enne alumist kulminatsiooni.

Jääb aga taewakeha tema deklinatsiooni muutuse tõttu kaugemale ülemisest poolusest, siis sünnib ümberpööratud nähtus, see on: kõige suurem (meridiaani) kõrgus on pisut enne ülemist ja kõige vähem pärast alumist kulminatsiooni. Wahe kõige suurema ja kõige vähema kõrguste ja meridiaani kõrguste wahel on seda suurem, mida rutem muutub taewakeha deklinatsioon ja ümberpöördult. Nagu teada, muutub päikese ja planeetide deklinatsioon kaunis pikalt, sellepärast siis ka nimetud wahe nii väike on, et praktikas seda arwesse ei ole tarwis wõtta. Tähe juures on see wahe null (0). Kõige suurema ja meridiaani kõrguse, niisama ka kõige vähema ja meridiaani kõrguse wahetakse arwesse

praktikas ainult kuu meridiaani kõrguse observeerimisel, mille deklinatsioon mõnikord kaunis ruttu muutub.

Observeerimise juures peab esiteks taewakeha ääre, kas ülemise ehk alumise, kui sellel diameeter on, nähtawa horisondiga kokku panema, siis mikrokruga teda selles seisukorras pidama, kuni märgatakse, et taewakeha äär, mis esiti nähtawat horisonti riiwas, sellest juba läbi lõikab; siis on wiimane arw, sekstandi järel, taewakeha meridiaani kõrgus.

Meridiaani kõrguse mõõtmise ajal jääb selle muutmise (suurenemine ülemise kulminatsiooni ja vähene mine alumise kulminatsiooni juures) alatasa vähemaks, kuni wiimaks waatlejale näib, nagu jääks taewakeha seisma, see on, tema kõrgus üürige aeg enam ei muutu; sellest momendist ei wõi mikrokrugi enam keerata, waid peab ootama, kuni taewakeha äär horisondist juba natuke läbi lõikab; mikrokrugi mitte enam keerates tähendatakse kraadide, minutite ja sekundide arw limbi ja vernieeri pealt üles, parandatakse see indeksi weaga ja üleüldise parandusega; saadud õige meridiaani kõrguse ja Naut. Almanacist antud momendi peale wäljawõetud deklinatsiooni abil arwatakse eelpool näidatud wormelite põhjal koha laius wälja.

Näitused:

1) 23. weebruaril 1920. a., pikkus $65^{\circ} 57'$ O-st, observeeriti nähtawa horisondi peal päikese meridiaani kõrguse alumisest äärest ($H \odot$) $27^{\circ} 39' 20''$ Süüdi ülemise kulminatsiooni ajal. Indeksi wiga (ci) = $- 11' 50''$; silma kõrgus (\perp) 30 jalga. Tarwis leida koha laius (φ)?

Instrumenti järel kõrgus . . . 27° 39,3'	23. weebr. õige kohalik aeg 0 t. 0 m. 0 s.
Indeksi wiga . . . 11,8'	Pikkus O. . . 4 t. 24 m.
Observeritud mer. kõrgus \odot 27° 27,5'	22. weebr. õige Greenwichi aeg . . . 19 t. 36 m.
Üleüldine pa- randus . . + 9,1'	23. weebr. lõuna ajal päikese deklinatsioon 10° 11' 27,4''
Õige kõrgus 27° 36,6'	Tunnimuutus 54,68'' \times 4,6 = + 4' 11,5''
	Deklinatsioon lõuna ajal = 10° 15' 38,9'' S
	Meridiaani kõrgus . . 27° 36' 36'' S
	H + δ = 37° 52,65'
	φ = 52° 7,6' N

2) 28. augustil 1920, pikkus 102° 5' W., obserweeriti päikese meridiaani kõrguse alumise ääreni, ülemise kulminatsiooni ajal (H \odot) 39° 18' 40'' S; indeksi wiga (ci) + 7' 30''; silma kõrgus (\perp) 32 jalga. Tarwis leida koha laius?

Instrumenti järele kõrgus . . . 39°18,7''	28. aug. õige kohalik aeg 0 t. 0 m. 0 s.
Indeksi wiga . + 7,5''	Pikkus W. = 6 t. 48 m. 00 s.
Obserweeritud kõrgus . . = 39°26,2'	28. aug. õige Green. aeg = 6 t. 48 m. 00 s.
Üleüldine pa- randus . . + 9,2'	28. aug. lõunal deklinatsioon \odot 9°44'4,7'' S.
Õige H \odot . = 39°35,4'	Tunnimuutus : 53'' \times 6,8 t. = — 6'0,4''
	\odot deklinatsioon 9°38'4,3'' N. H \odot = 39°35'0,0'' S.
	H — δ = 29°56,9' φ = 60°3' N.

3) 15. detsembril 1920. pikkus 70° 28' W. obserweeriti H \odot 80° 44,5' S. ülemise kulminatsiooni juures; ci = — 9,2'; silma kõrgus — 36 jalga. Tarwis leida kohta laius?

Instrumenti järele H \odot = 80° 44,5'	15./XII õige kohalik aeg = 0 t. 0 m. 0 s.
ci = — 9,2'	Pikkus W. = 4 t. 42 m. 00 s.
Obserweeritud H \odot = 80° 35,3'	15 / XII õige Green. aeg = 4 t. 42 m. 00 s.
Üleüldine pa- randus . . + 10,3'	15/XII \odot dekli- natsioon lõuna ajal Greenw. = 23° 16,5'
Õige H \odot . . = 80° 45,6'	Tunnimuutus 7,8'' \times 4,7 = — 0,6'
	Kohalikul lõuna \odot δ ajal = 23° 15,9' S. H \odot = 80° 45,6' S.
	H + δ = 104° 1,5' φ = 14° 1,5' S.

4) 30. mail 1920, pikkus $109^{\circ} 35'$ Ost, obserweeriti nähtawa horisoni pealt päikese meridiaani kõrgus ülemisest äärest, alumise kulminatsiooni ajal ($H' \odot$) = $9^{\circ} 22' 50''$ N.; indeksi wiga + $16' 40''$; silma kõrgus 34 jalga. Tarwis leida koha laius?

Instrumenti järele $H' \odot = 9^{\circ} 22,8'$ Indeksi wiga + $16,7'$	30. mail õige kohalik aeg 12 t. 0 m. 0 s. Pikkus Ost. = 7 t. 18 m.
Obserweeritud $H' \odot = 9^{\circ} 39,5'$ Üleüldine pa- randus . . . — $27,3'$	30 / V. õige Green. aeg = 4 t. 42 m. $\odot \delta$ Greenwichi lõuna ajal $30/V = 21^{\circ} 46' N.$ Tunnimuutus $22'' \cdot 3 \times 4,7 = + 1,7'$
Õige $H' \odot = 9^{\circ} 12,2' N.$	$\odot \delta 30/V.$ öösel $21^{\circ} 47,7' N.$ $H' \odot 9^{\circ} 12,2' N.$ $\delta - H' = 12^{\circ} 35,5'$ $\varphi = 77^{\circ} 24,5'$

Nagu näitustest selgub, on koha laiuse väljareh-kendamine päikese meridiaani kõrguse abil väga kerge ja lihtne, kuid igakord ei ole võimalik meetodi tarwi-tada, sest juhtub, et just kulmineerimise ajal päikene pilwe tükiga kaetakse, mille läbi meridiaani kõrgus saa-mata jääb; sel ja muul juhtumisel võib koha laiust wälja rehkendada meridiaani kõrwal kõrguse abil, mille üle seletus selle õpperaamatu II jakku kuulub.

Peatükk VI.

§ 68. Pikkuse kindlaksmääramine kro-nomeetri aja järele.

Kui meil kahe meridiaani peal teatud täpipealseid aegu ühel ja selsamal momendil üksteisega wõrdleme.

siis saame nende wahe, mis niisama suur on, kui nende meridiaanide pikkuste wahe, ajas arwatud; arwame meie aga ühe nendest aegadest Greenwichi meridiaani peal, millest harilikult kõik meremehed oma koha pikkuse arwawad, ja teise aja kohaliku meridiaani peal, ja wõrdleme neid aegu ühel momendil üksteisega, siis saame kohaliku meridiaani pikkuse Greenwichi meridiaanini arwates. Kui sellejuures kohaliku meridiaani peal aega rohkem on, kui Greenwichis, siis on pikkus O-st, kui aga koha peal vähem aega, siis — W. Wõrdlemiseks wõib tarwitada: keskmist, õiget ja täheaega, kuid wõrrelda wõib ainult ühesuguseid aegu, see on: keskmine aeg keskmise ajaga, õige aeg õige ajaga ja täheaeg täheajaga.

Ka ühe ja sellesama taewakeha tunninurki, koha peal ja Greenwichis ühel ajal wõrreldes, saame waatleja seisukoha pikkuse; on tunninurk koha peal suurem, kui Greenwichis, saab pikkus olema O-st, ümberpöördult — W-st.

Greenwichi aeg määratakse kindlaks kronomeetri järele, mille parandus ja õõ-päewa käik peab täpipealt teada olema; kuid täpipealselt on Greenwichi aega wõimalik ainult siis leida, kui laewa peal vähemast kolm kronomeetrit on.

On täpipealne Greenwichi aeg teada, siis on tarwis kindlaks määrata selsamal momendil kohalik aeg, mida allpool tähendud wormeli järele wälja rehkendakse, mis koos seisab kohalikust laiusest, taewakeha kõrgusest ja selle deklinatsioonist antud momendil.

Pikkuse leidmiseks selle meetodi järele peab obserweerima taewakeha kõrguse umbes esimese wertikaali peal; soowitaw wõtta mitu kõrgust üksteise järele ja iga kõrguse juures kella aeg üles tähendada, mida oma kord kronomeetriga, kas enne ehk pärast obserweerimist

wõrreldakse. Kõikide kõrguste wahel wõetakse aritmeetiline kõrgus, mida siis indeksi weaga ja üleüldse parandusega õigeks kõrguseks pööratakse; ka momentidest arwatakse aritmeetiline keskmine moment kronomeetri järele, mis peale selle parandusega ja öö-päewa käiguga ära parandakse; saadud Greenwichi aja peale wõetakse Nautical Almanacist taewakeha deklinatsioon; siis rehkendakse wälja lähema kohaliku laiuse, deklinatsiooni ja kõrguse abil kohaliku meridiaani peal taewakeha tunninurk, järgmise wormeli järele:

$$\sin 2^{1/2} t. = \frac{\cos (\varphi - \delta)}{2 \cos \varphi \cos \delta} \left[1 - \frac{\sin h.}{\cos (\varphi - \delta)} \right]$$

Kui taewakeha obserweeritakse O-sti wertikaali läheduses, siis peab leitud tunninurga (t) 24 tunnist ehk 360° maha arwama. On sel teel kas tunninurgad ühel ja selsamal taewakehal, Greenwichis ja waatleja meridiaani peal, ehk ühesugused ajad leitud, siis wõtame nende wahe, ja kohalik pikkus on käes.

Näitus:

21-sel jaanuaril 1920, lähem φ (laius) 49° 38,6' S ja pikkus W.; kohaliku pikkuse wäljarehkendamiseks obserweeriti nähtawa horisoni peal umbes kell 6 t. 30 m. hommikul hh ☉ ja tähendati momendid äles kella järele, mis kronomeetriga wõrreldi, mille parandus oli keskmise Greenwichi lõuna ajal 4. jaanuaril + 0 t. 29 m. 17 s.; öö-päewa käik + 4 sek.; indeksi wiga - 17' 40"; silma kõrgus 32 jalga; obserweerimise ajal oli wõrdlus kronomeeter - kell = + 1 t. 5 m. 18 s.; tarwis leida waatleja seisukoha pikkus?

Kõrgused instr. järele.

Momendid
kella järele.

17° 14' 40"	9 t. 26 m. 23s.
17° 26' 40"	9 t. 27 m. 7 s.
17° 35' 30"	9 t. 27 m. 55 s.
17° 43' 50"	9 t. 28 m. 39s.

Keskm. h \odot = 17° 30' 10" Kesk. moment. = 9 t. 27 m. 31 s.

ci = — 17' 40" wõrdlus + 1 t. 5 m. 18 s.

üleüld. parandus 7' 42" parandus + 0 t. 29 m. 17 s.

Õige h \odot = 17° 20,2' Lähem Greenw.
aeg 20/1. 23 t. 2 m. 6 s.

Öö-päewa käik

17 päewa jooksul + 1 m, 8 s.

Keskm. Greenw.

aeg. 20. jaan. = 23 t. 3 m. 14 s.

	\odot deklinatsioon	Ajatasandus
21. jaan. Greenw. lõuna ajal muutus 57 min. peale . . .	20° 7,3' + 6	11 m. 10,69 s. — 7
Observerimise keskmisel momendil	20° 7,9'S	(-)11m.10,0s.

Rehkendus Gausse tabelite abil:

$\varphi = 49^{\circ} 38,6'$ S.	Sec.	0,1887	
$\delta = 20^{\circ} 7,9'$ S.	Sec.	0,0274	
$\varphi - \delta = 29^{\circ} 30,7'$	Cos	9,9396	— Log sin h
2	L'og	9,6990	9,4742 = 0,4654

9,8547

B . = 9,8179

Log sin $2\frac{1}{2}$ t. = 9,6726

t. = 5 t. 46 m. 28 s.

Õige kohalik aeg = 18 t. 13 m. 32 s.

Õige Greenwichi aeg = 22 t. 52 m. 4 s.

Koha pikkus . . . = 4 t. 38 m. 32 s. = 69° 38' W

Peatükk VII.

§ 69. Kompassi paranduse wäljareh-kendamine.

Nagu juba navigatsioonist meil teada, nimetakse kompassi paranduseks kompassi nõela äraseis õigest meridiaanist, ehk nurk, mis on ühe taewakeha ehk maakera pinna peal olewa kompassi ja õige peilungi wahel. Sel põhjal on tarwis teada ühe taewakeha õige azimut, kui meie siis wõrdleme seda sellesama taewakeha kompassi järele saadud azimudiga, — resultaat annab kompassi paranduse.

Taewakeha kompassi azimut mõõdetakse selleks ehitatud pelengaatoriga, mis kompassi peale on asendatud, nii et teda wabalt kompassi tsentri ümber wõib pöörata. Pelengaatori ühe diameetri otsade külge on kinnitud kaks wertikaalis seiswat sihtlauakest (мишени) üks nendest on raami sarnane, mille keskel, jällegi wertikaalis, niit on tõmmatud; see sihtlauake saab peilimise ajal peilitawa maapealse asja ehk taewakeha poole pööratud; selle taga liigub wertikaali tasapinda mööda üks peegel, mille abil wõib taewakeha peegeldud warju niisuguse seisukohta seadida, et ta waatlejale hästi näha on. Teisel sihtlauakesel on keskel wertikaalis üks kitsas läbilõige (lõhe); see sihtlauake pööratakse peilimise ajal wastu waatleja silma; sellepärast nimetakse see silma sihtlauaks ja esimene, mis asja poole pööratakse — asja sihtlauaks. Silma sihtlaua külge on kinnitatud prismaklaas, mille läbi waatleja peilimise ajal kompassi kraadid ja nende jaod näha wõib; peale selle kinnitakse

sellesama sihtlaua külge wärwiklaasid, mida siis tarwitakse, kui päikest ehk muud taewakeha peilitakse, mis waatleja silmale liig hele on. Peilimise ajal pöörab waatleja pelengaatori diameetrit kuni ta silma sihtlauakese läbi waadates taewakeha nii näeb, et teise sihtlauakese niit üle peilitawa tsentri läheb; siis annab arw, mis waatleja läbi prismaklaasi waadates kompassi kaardi pealt saab, taewakeha kompassi peilungi.

Et peilimise ajal pelengaator mitte täpipealselt horisontaalis ei seisa, siis sünnitab see saadud kompassi peilungis wäikese wea; wiga on seda suurem, mida kõrgemal seisab peilitaw taewakeha. See wiga kõrwaldakse sellega, et walitakse peilimiseks harilikult niisugune aeg, millal taewakeha horisondi lähemal seisab, see on, kui selle kõrgus nii wäike on, et ilma peeglitaw taewakeha sihtlauakeste läbi näha wõib. Peilitawa taewakeha õiget peilungi ehk azimuti wõib mitmesuguse meetodi järele wälja arwata, milledest selle õperaamatu I jakku allpool seletatud meetodid kuuluwad.

§ 70. Azimut-tabelid.

Taewakeha õige azimudi leidmiseks on valmistatud mitmesugused tabelid, milledest õige azimut teatud koha laiuse taewakeha deklinatsiooni ja selle tunninurga abil wälja wõetakse kuni 1'-se täpipealsuseni. Nendest on praktikas kõige rohkem tarwitusele wõetud: 1) Burdwood'i tabelid, pealkirjaga: „Sun's true bearing or azimuth tables“, sisaldab eneses päikese õiged azimudid, mis wastawad tema mitmesugusele deklinatsioonile ja tunninurgale, koha laiuse tarwis 30° kuni 60° -ni järgmises korras. Iga lehekülje peal ülewal on tähendud keskmine koha laius ainult kraadides (Latitude), selle juures kordub üks ja seesama laiuse kraadide arw 12 lehekülje peal. Laiuse all horisontaal reas on tähendud deklinatsioon kraadides 0° kuni 23° -ni, esiteks

laiusega ühenimeline (Declination — same Name as Latitude), siis erinimeline laiusoga (Declination — contrary Name to Latitude). Wertikaalis paremal ja pahemal pool on antud õige aeg (Apparent Time) 0 t. kuni 12 tunnini, iga 4 minuti tagant; sealjuures pahemal pool pealkirja all A. M. (Ante Meridian), mis tähendab — enne kulminatsiooni aega; see aeg arwatakse õige pool-öö ajast. Paremal pool — pealkirja all P. M. (Past Meridian) — peale kulminatsiooni, joone wahel tähendud õige aeg arwatakse lõuna ajast. Kui antud kohalik õige aeg on vähem kui 12 tundi, siis on see argumendiks parempoolsetele arwudele, on aga antud õige aeg suurem kui 12 tundi — siis tarwitakse pahemalt poolt arwu (A. M.).

Päikese õige azimut on antud tabelites kraadides ja minutites poole-öö meridiaanist arwates W-sti, kui antud õige aeg 12 tunnist vähem on, ja O-sti, kui aeg üle 12 tunni on; esimesel juhtumisel on azimut Nordi laiuses NW ja teisel juhtumisel NO nimeline; Süüdi laiuses, nendesamade tingimiste juures, — SW ja SO. Iga lehekülje peal tabelite all on tähendatud järgmised reeglid, ümberpandult:

Kui laius Nord:	{	Õige aeg A.M. loe azimut Nordist Osti
	{	„ „ P.M. „ „ Nordist W-ti
Kui laius Süüd:	{	Õige aeg A.M. loe azimut Süüdist Osti
	{	„ „ P.M. „ „ Süüdist W-ti

Tabelitest wõetakse wälja õige azimut esiteks tunni-nurga tunni ja minutite ja laiuse ning deklinatsiooni kraadide peale, siis nende sekundide ja minutite peale, proportsionaalselt arwates.

Näituseks:

1) Koha laius $42^{\circ} 39' N$; deklinatsioon päikesel $15^{\circ} 20' N$, õige kohalik aeg 20 t. 45 m. 18 sek. Tar-

wis leida õige azimut Burdwood'i tabelite järele? (Kuni 15' täpipealsuseni).

Laiuse 42° 39' N asemel wõtame 43° N.

Päikese deklinatsiooni 15° 20' asemel 15° N.

Õige aja 20 t. 45 m. 18 s. asemel ... 20 t. 45 m.

Õige aeg on antud juhtumisel üle 12 tunni, sellepärast on see moment hommikul ja arwatakse poollest ööst 8 t. 45 m.

135. lehekülje peal laiuse juures 43° N ja deklinatsioon 15° N.

Õige aeg 8 t. 44 m. saame azimudi	108° 25'
Õige aeg 8 t. 48 m. saame azimudi	109° 18'
4 m. peale muutub azimut =	53'
1 m. peale muutub azimut =	13'

Nii saame 8 t. 45 m. peale õige azimudi 108° 25' + 13' = 108° 38' NO.

Tähendus: Laiuse ja deklinatsiooni minutid selles näituses arwesse ei ole wõetud sellepärast, et praktikas küllalt on, kui meie õige azimudi täpipealselt kuni 15' wälja arwame; nõutakse azimut kuni 1' täpipealsuseni, siis peab azimudi laiuse ja deklinatsiooni minutite pealse proportsionaalselt wälja rehkendama.

2) Koha laius 48° 24' S, õige aeg 3 t. 10 m. 36 s.; deklinatsioon päikesel 7° 25' N; tarwis leida õige azimut kuni 1' täpipealsuseni?

190. lehekülje pealt leiame:

Laius 48° S.	{ dekl. $\delta = 7^\circ$ N.	} õige azimut
	{ õige aeg = 3 t. 12 m. P.M. J	$\odot = 127^\circ 57'$ SW
	muutus deklin. δ 25' peale +	14'
	„ 1 m. 24 s. õige aja peale +	19'
<hr/>		
Õige päikese azimut . . .		= 128° 30' SW

Edasi leiame 200. lehekülje pealt sellesama deklinatsiooni juures (7°), õiget aega 3 t. 12 m. ja laius 49° S, õige azimudi = $128^{\circ} 14'$ SW. Järgneb deklinatsiooni järele = $7^{\circ} 25'$ ja õige aja järele (3 t. 10 m. 36 s.) saab olema õige azimut (Z) = $128^{\circ} 47'$ SW.

Siin muutub õige azimut 1° laiuse peale = $17'$ ja $24'$ laiuse peale = $7'$.

Sellest järgneb, et päikese õige azimut on $128^{\circ} 30'$ SW + $7'$ = $128^{\circ} 37'$ SW, ehk $51^{\circ} 23'$ NW.

Burdwood'i azimut-tabelid võib tarvitada ka teiste taewakehade azimudi väljaarwamiseks, kui nende deklinatsioon mitte üle 23° ei ole. Wahe on selles, et õige aja asemele peab wõtma nende tunninurga, mis loeme P. M., kui on vähem 12 t. ja A. M. kui — suurem 12 tunnist.

Burdwood'i tabelid on kokku seatud ainult nende taewakehade azimutide jaoks, millede kõrgus mitte üle 60° ei ole; selleks on azimutide asemel märkus tähendud: Sun's Altitude above 60° (päikese kõrgus üle 60°).

2) Azimut-tabelid Davis on täpipealt sellesamas korras kokku seatud, kui Burdwoodi tabelid, ainult selle wahega, et Davis'i omad sisaldawad eneses taewakeha azimuti 0° kuni 30° laiuses. Niisama on ka M. Schdanko tabelid walmistatud laiuse jaoks 60° kuni 75° . Mõlemates on taewakeha deklinatsioon antud 0° kuni 23° -ni. Davis'i tabelites on weel lisatabelid nende taewakehade azimutide tarwis, millede deklinatsioon üle 23° on.

3) Ebsen'i azimut-tabelid. Need tabelid on kõige rohkem tarwitusele wõetud, sellepärast, et nad on walmistatud laiuse jaoks 0° kuni 72° -ni ja taewakeha deklinatsiooniga 0° kuni 29° -ni. Üks ja seesama laius kor-dub nelja (4) lehekülje peal, nendest kaks lehekülge laiusega, mis ühenimeline deklinatsiooniga ja kaks lehekülge — erinimeline.

Oige aeg on antud iga 10 minuti tagant, paremal ja pahemal pool wertikaal-joontes, selle juures paremal pool 0 t. kuni 8 tunnini ja pahemal pool — 12 tunni wõrra vähendatud — 16 tunnist kuni 24 tunnini; s. o. — paremal pool loetakse õige aeg lõuna ajast ja pahemal pool keskööst. Oige azimut on antud täpisealsuseni kuni $0,1^{\circ}$ poolöömeridiaanist arwates.

Ebseni tabelitest azimuti wälja wõttes peab selle muutuse argumentide, see on õige aja, koha laiuse ja taewakeha deklinatsiooni minutite ja sekundite wältsel proportsionaalselt wälja rehkendama. Näituseks, rehkendame ühe ülesande Ebseni tabelite järele:

Antud koha laius = $48^{\circ} 24' S$, $\delta = 7^{\circ} 25' N$ ja õige aeg 3 t. 10 m. 36 s. Tarwis leida päikese õige azimut?

194. lehekülje pealt saame:

48° laiuse peale.

7 ^o deklinatsiooni peale	} päikese õige azimut (Z)	
3 t. 10 m. õige aja peale		= $128,4^{\circ}$ NW.
muutus 24' peale laiuses		= + $0,1^{\circ}$
„ 25' „ deklinatsioonid		+ $0,2^{\circ}$
„ 0,6 m. peale ajas		— $0,1^{\circ}$

Päikese otsitaw õige azimut $128,6^{\circ}$ NW.

Kompassi paranduse kindlaksmääramine päikese tõusu ja loojamineku ajal.

§ 71. Kompassi paranduse wäljarehkendamiseks päikese peilungi abil sel momendil, kui ta tõuseb ehk looja läheb, wõetakse päikese kompassi peilung siis, kui päikese alumine äär 24' nähtawast horisondist kõrgel on; seda peilungi päikese õige peilungiga, tõusu ehk loojamineku ajal, wõrreldes, saame kompassi paranduse (variatsioon ühes deviatsiooniga).

Oige azimut päikese tõusu ja loojamineku ajal võib Burdwood'i azimut-tabelitest wälja wõtta koha laiuse ja deklinatsiooni järele (sun rises, sun sets bearing).

Oige azimudi nimetust määratakse kindlaks järgmiste reeglite järele:

Tõus NO	neljandikus	ja	loojaminek NW	neljandikus	kui laius N ja deklinats. N
„ SO	„	„	loojaminek SW	neljandikus	kui laius N ja deklinats. S
„ SO	„	„	loojaminek SW	neljandikus	kui laius S ja deklinats. S
„ NO	„	„	loojaminek NW	neljandikus	kui laius S ja deklinats. N

Kui päikese deklinatsioon on 0° , siis peab olema azimut 90° .

Näituseks:

Koha laius $41^{\circ} 24' N$, päikese deklinatsioon $8^{\circ} 38,3' S$.

Oige azimut päikesel Burdwoodi tabelitest:

Laius $41^{\circ} N$.	} Oige azimut päik. tõusu ajal $101^{\circ} 58' NO$
Deklinats. $9^{\circ} S$.	
mnutus $22'$ jooksul deklinatsioonis — $29'$	
„ $24'$ laiuses	+ $4'$
<hr/>	
Oige azimut päikesel	= $101^{\circ} 33' N$.
	ehk $78^{\circ} 27' SO$

§ 72. Kompassi paranduse kindlaks-määramine peilungi abil momendil, kui päikese ülemine äär waatleja nähtawat horisonti riiwab.

Sellel juhtumisel, kui waatlejal wõimalik on päikese ülemise ääre tõusmist ehk loojaminekut tähele panna, siis peilib tema kompassi järele päikest, mida peale selle päikese õige azimudiga wõrdleb, — resultaat annab kompassi paranduse.

Õige azimut on sel momendil wäljarehkendatud ja 43 tabelisse koondatud (Wene meretabelite kogu 1903. aasta wäljaanne) mitnesuguse laiuse tarwis 0° kuni 75° -ni ja deklinatsiooni 0° kuni 24° -ni ühe- ja erinimelisena.

Näituseks:

Antud koha laius $51^{\circ} 22' N$ ja deklinatsioon $12^{\circ} 31' N$.

43 tabelist saame:

$$\begin{array}{r} \text{Laius} = 51^{\circ} N. \\ \text{☉} = 13^{\circ} N. \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Laius} \\ \text{☉} \end{array}} \right\} \dots \dots Z = 67,8^{\circ}$$

muutus 22' peale laiuses — 0,2°

„ 29' „ deklinats. + 0,8°

Päikese õige azimut (Z) = 68,4° NW

§ 73. Kompassi paranduse kindlaksmääramine päikese peilungi abil O-sti või W-sti wertikaali peal.

Kompassi paranduse leidmine selle meetodi järele on eelmistest sellepoolt kergem ja lihtsam, et ei ole tarwis õiget azimuti wälja rehkendada, waid ta on igal taewakehal, kui see esimese wertikaali peal seisab, — 90° ; sellepärast on waja taewakeha peilida kompassi järele ainult sel momendil, kui see esimese wertikaali peale jõuab ja saadud kompassi azimut wõrrelda õige O-sti ehk W-estiga, — resultaat on kompassi parandus.

Esimese wertikaali peal on wõimalik ainult niisuguseid taewakehasid peilida, millede deklinatsioon koha laiusega ühenimeline ja wähem on, kui laius. Enne kui peilimisega algust teha, peab wälja rehkendama aja, mil taewakeha üle esimese wertikaali läheb, ehk tema nähtaw kõrgus sel momendil. Nende jaoks on walmistatud tabelid (Wene tabelite kogu tabel 28), mille argumentideks on waatleja seisukoha laius 1° kuni 80° ja taewakeha deklinatsioon 2° kuni 50° ; nimetud argu-

mentide järele saame tabelist taewakeha tunninurga ja selle kõrguse esimese wertikaali peal. Oletades sellega, et antud meetodi järele kompassi parandus kuni $\frac{1}{4}^{\circ}$ -ni wälja rehkendakse, praktikas on küllalt, kui wälja arwatakse otsitaw aeg täpipealsuses kuni 0,1 minutini, aga kõrgus kraadides ja selle ühe küm-nendiku jaoni. Taewakeha deklinatsioon wõetakse Nautical Almanacist ainult antud kuupäewa peale; saadud lähema deklinatsiooni ja koha laiuse järele wõetakse tabelist taewakeha tunninurk või selle kõrgus esimese wertikaali peal. On waatlejal täpipealselt teada tema seisukoha pikkus ja kronomeetri parandus, siis rehkendab ta wälja tunninurga järele keskmise Greenwichi aja; selle ja paranduse abil leiab aja, mis kronomeeter ehk laewakell näitab, mille järele taewakeha kompassi azimudi peab peilima.

Taewakeha tunninurga esimese wertikaali peal wõib Burdwoodi tabelist wälja wõtta, antud laiuse, taewakeha deklinatsiooni ja õige azimudi järele; wiimane peab, muidugi teada, 90° olema. Kui koha pikkus ehk kronomeetri parandus waatlejale mitte nõuetawa täpipealsuseni teada ei ole, siis peab taewakeha esimese wertikaali peal wiibimise momendi tema kõrguse järele kindlaks määrama; selleks wõetakse tabelist taewakeha õige kõrgus esimese wertikaali peal; ühendakse ümberpööratud märkidega selle pooldiameeter, nähtawa horisondi kalduwus ja indeksi wiga, siis saadakse kõrgus instrumendi järele, mis wastab taewakeha obserweeritud kõrgusele esimese wertikaali peal. Instrumendi vernieeri selle arwu peale seades, obserweerib waatleja taewakeha, kuni tema peegeldud warju äär riiwab waatleja nähtawat horisonti; sel momendil peab peilima taewakeha kompassi azimut.

Kui soowitakse enam täpipealsemat kompassi azimuti selle meetodi järele kätte saada, siis wõetakse

Naut. Alm. esiteks saadud Greenwichi aja peale taewakeha deklinatsioon teist korda wälja, mille järele weel kord, kas taewakeha tunninurk ehk selle kõrgus esimese wertikaali peal tabelist wälja wõetakse.

Näituseks:

27. mail 1920 lähem laius 59° N. L 26° O, päikese peilung kompassi järele NO 84° esimese wertikaali peal.

Kronomeetri parandus Greenwichi keskmise aja kohta Greenwichi lõuna ajal 23. mail + 3 t. 12 m. 8 s. ja öö-päewa käik - 2,5 s. Indeksi wiga (ci) = + 15'; silma kõrgus 30 jalga. Tarwis leida aeg ja kõrgus, kui päikene üle esimese wertikaali läheb ja kompassi parandus?

Lähem deklinatsioon $\odot = 21,3^{\circ}$ N.

„ laius (φ) = 59° N.

Kronomeetri järele aja wäljarehkendamine, mil päike üle 1 wertikaali läheb.

28 tabelist wõetud

tunninurk 5 t. 7 m.

Lähem kohalik õige aeg 18 t. 53 m.

Pikkus O. 1 t. 44 m.

Lähem Greenwichi

õige aeg 26/V. 17 t. 9 m.

Aja tasandus — 3 m.

Lähem Greenwichi

keskm. aeg 26/V. 17 t. 6 m.

Kronomeetri parand. - 3 t. 12 m.

13 t. 54 m

Aeg kronom. järele 1 t. 54 m.

Instrumendi järele kõrguse wäljarehkendamine 1 vertik. peal.

Päikese lähem

õige kõrgus $24^{\circ} 45'$

Üleüldine pa-

randus . . . — 8,6'

Päikese näh-

taw kõrgus

\odot = $24^{\circ} 36,4'$

Indeksi wiga

ci = 15'

Kõrgus instru-

mendi jär. = $24^{\circ} 21,4'$

Päikese õige azimut NO 90°

„ kompassi azimut NO 84°

Kompassi parandus 6° O-st.

Esimese jao lõpp.

Trükiwigade õiendused.

Lhk.	rida	on trükitud	tuleb lugeda
9	6 ülevalt	n. Z	n Z
9	7 „ (ja mujal)	nadir	nadiir
11	17 „ (j. m.)	seniti	seniiti
12	13 alt (j. m.)	joonestus	joonistus
15	13 „ (j. m.)	eranimeline	erinimeline
19	2 ülevalt	waheajal	waheajad
22	11 alt (j. m.)	amplitutideks	amplituutideks
23	11 „ (j. m.)	eranimeline	erinimeline
27	14 „ (j. m.)	formeli	wormeli
30	9 ülevalt	Meridiaan kõrgus	Meridiaani kõrgus
33	9 alt (j. m.)	perpendikulääris	perpendikulaaris
33	7 „	muutmine	muutus
36	6 ülevalt (j. m.)	tähtekogu	tähekogu
38	2 alt	orbiitaks	orbiidiks
39	1 ülevalt (j. m.)	orbiita lõikab	orbiit lõikab
60	8 „	4. (365 × 2422 ..)	4 × 365,2422 öö- ööpäewa=1460.9688 päewa=1460.9688
85	1 „	limbaks	limbiks
85	3 „	limba otsast	limbi otsast
85	3 ja 4 ülevalt	Graadide arw	kraadide arw
120	19 ülevalt	umbes 0", 1	0,1"
125	5 alt	veagaci	veaga ci

SISUKORD.

§§	Lhk.
Sissejuhatus	5
Meresõidu astronoomia	—
Peatükk I.	
1. Maakera kuju	6
2. Taewa wõlw	8
3. Taewa sfäär	—
4. Mitmesugused ringid ja jooned taewa sfääri peal	—
5. Taewa sfääri jagamine teatud ringidega ja tähtsamad punktid sfääri peal	11
6. Taewatelje kalduvus nurk-loodjoonele	12
7. Taewakehade koordinaadid	13
8. Taewakeha polaar-kolmnurk	17
9. Nähtaw taewakehade öö-päewa liikumine	18
10. Taewakehade koordinaatide muutmine nende öö-päewa nähtawa liikumise juures	19
11. Kui waatleja maakera pinna peal kusagil poolitaja ja pooluse wahel seisab	21
12. Nähtaw öö-päewa taewakehade liikumine, kui waatleja poolitaja peal on.	24
13. Nähtaw öö-päewa taewakehade liikumine waatlejale, kes pooluse peal on	25
14. Taewakeha meridiaani kõrguse, selle dekli- natsiooni ja waatleja laiuse üksteisest ärarippuwus	26
15. Taewakehade nähtaw liikumine	31

16.	Öö ja päewa kestwuse muutmine	33
17.	Nähtused troopikas	35
18.	Tähetäewa näo muutus	36
19.	Taewakehade koordinaadid ekliptika suhtes	37
20.	Kuu liikumine teiste taewakehade keskel	38
21.	Kuu muudatused	40
22.	Planeedid ja nende nähtaw liikumine	43
23.	Precessioon	44
24.	Taewakehade nähtawa liikumise seletus	45
25.	Kopernikuse süsteem	46
26.	Päikese nähtawa aastaliikumise seletus ekliptika mööda	47

Peatükk II.

27.	Ajamõõtmine	50
28.	Aja üleminek kraadidesse ja ümberpöördult	51
29.	Keskmine aeg	56
30.	Astronoomiline ja kodanline ajaarwamine	57
31.	Täheaasta	58
32.	Troopika - aasta	59
33.	Kodanline aasta	59
34.	Tähe-, kesk- ja õige-aegade üksuste wõrdlus	60
35.	Aegade wõrdlemine antud momendil mitmes pikkuses	63
36.	Nautical Almanak ja sellest taewakehade koordinaatide wäljawõte	66
37.	Antud keskaeg õigeaks ajaks muuta ja ümberpöördult	69
38.	Antud keskmisele ajale leida wastaw täheaeg ja ümberpöördult	72
39.	Antud õige aja järele wastaw täheaeg leida ja ümberpöördult	77

40.	Päikese tunninurga järele keskmine aeg leida ja ümberpöördult	77
41.	Päikese kulminatsiooni aeg leida	78

Peatükk III.

42.	Nurgamõõtmise instrumendid sekstant ja oktant	79
43.	Vernieeri ehitus	88
44.	Sekstandi wigade tundmine ja nende kõrvaldamine	91
45.	Indeksi wiga, selle leidmine ja ärakaotamine	96
46.	Nurgamõõtmise instrumendi observeerimiseks walmissaadmine	99
47.	Nurkade mõõtmine maakera peal olewate asjade wahel	100
48.	Päikese ja kuu kõrguse mõõtmine nähtawa horisondi peal	101
49.	Tähtede kõrguse mõõtmine nähtawa horisondi peal	103
50.	Kunstlik horisont	104
51.	Päikese kõrguse mõõtmine kunstlise horisondi peal	108
52.	Astronoomiline refraktsioon	109
53.	Maakera pinnapealne refraktsioon	113
54.	Waateleja nähtawa horisondi kalduwus	114
55.	Waatekiire kalduwus	117
56.	Päikese ja kuu nähtaw pooldiameter	118
57.	Taewakeha parallaks	121
58.	Observeeritud taewakeha kõrguse õigeks kõrguseks pööramine	124
59.	Antud taewakeha õige kõrguse järele selle nähtawa kõrguse wäljarehkendamine	135

Peatükk IV.

60.	Kronomeeter	137
61.	Taskukella wõrdlus kronomeetriga	144
62.	Obserweerimise momendi kindlaksmääramine	148
63.	Kronomeetri parandus	149
64.	Kronomeetri paranduse wäljarehkendamine	
65.	Kronomeetri öö — päewa käik	152
66.	Kesk- ja täheaja kindlaksmääramine krono- meetri järele	156

Peatükk V.

67.	Koha laiuse wäljarehkendamine taewakeha meridiaani kõrguse järele	159
-----	--	-----

Peatükk VI.

68.	Pikkuse kindlaksmääramine kronomeetri aja järele	166
-----	---	-----

Peatükk VII.

69.	Kompassi paranduse wäljarehkendamine	170
70.	Azimut tabelid	171
71.	Kompassi paranduse wäljarehkendamine päi- kese peilungi järele, kui see tõuseb ehk looja läheb	175
72.	Kompassi paranduse wäljarehkendamine päi- kese peilungi läbi, kui selle ülemine äär rii- wab waatleja nähtawat horisonti	176
73.	Kompassi paranduse wäljarehkendamine päi- kese peilungi abil O-sti wõi W-sti werti- kaali peal	177

