STERREWACHT 'SONNENBORGH' DER RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT.

HANDLEIDING BIJ HET

ASTRONOMISCH PRACTICUM

DEEL A

Het Planetenstelsel

1959

Uitgave van de Stichting PRESSA TRAIECTINA,
Universiteitshuis, kamer 25, Lepelenburg 1,
UTRECHT

Sterrewacht "Sonnenborgh" der Rijks-Universiteit te Utrecht.

HANDLEIDING BIJ HET ASTRONOMISCH PRACTICUM

Deel A

Het Zonnestelsel.

1959

I N H O U D

- o - o -

TER INLEIDING TOT HET ASTRONOMISCH PRACTICUM.

Het astronomisch practicum is bedoeld om de op de colleges besproken onderwerpen tot een levende werkelijkheid te maken. Aan de hand van uitgekozen voorbeelden geeft het een denkbeeld van de wetenschappelijke methoden, die men gebruikt om het Heelal te onderzoeken.

Het practicum wordt wekelijks gehouden op een vaste dag en uur. Telkens als het mogelijk is, worden de hemel-objekten zelf waargenomen. Wanneer de lucht bewolkt is, worden foto's of andere documenten bestudeerd; deze laatste werkwijze is als volwaardig wetenschappelijk te beschouwen; ook de vakastronoom besteedt een groot gedeelte van zijn arbeid aan het bewerken van fotografische opnamen.

<u>De volgende hulpmiddelen zijn vereist:</u>

pen, potlood, gomelastiek;
passer, gradenboog, rekenlineaal;
<u>ongelinieerd aantekenblokje</u>; <u>gecartonneerd schrift</u>;
<u>grafiekenschrift</u> (mm-papier, liefst rood).

Het practicum is geen schooltje! Verwacht wordt in de eerste plaats, dat men met opgewekte belangstelling zal werken en zal trachten de dingen te <u>begrijpen</u>. De leiders van het practicum stellen zich niet voor U te beoordelen, zij willen U alleen uitleggen wat U niet duidelijk zou zijn. Schriften en boeken kunnen naar willekeur geraadpleegd worden, en men kan onbeperkt gebruik maken van de bibliotheek. Er wordt prijs op gesteld, dat de deelnemers elkaar onderling helpen. Gesprekken, die niet op het werk betrekking hebben, zouden echter storend zijn en moeten liever vermeden worden.

Men werkt meestal in groepjes van twee, liefst steeds met dezelfde maat; de groepering wordt aan de deelnemers zelf overgelaten. De direkte waarnemingen worden <u>ordelijk</u> in het aantekenblok opgetekend en verder niet meer gewijzigd; <u>dikwijls</u> zal de één waarnemen en de ander optekenen, daarna worden de rollen verwisseld. Nu stellen beide partners een eenvoudig, beknopt verslag van de proef op, waarin zij beide alle waargenomen getallen overnemen en bewerken. De kunst is dit verslag zodanig te schrijven, dat het over een maand nog begrijpelijk is en leesbaar zal zijn! Waarnemingsuitkomsten vatte men zoveel mogelijk <u>in tabelletjes</u> samen, op de wijze zoals dit hier en daar in de handleiding is aangegeven. Numerieke berekeningen worden door beide partners onafhankelijk van elkaar uitgewerkt, en na elke stap worden de uitkomsten vergeleken; dit is de enige manier om het begaan van vergissingen te vermijden.

Tekeningen van natuurobjecten worden elk der twee deelnemers op een blad van het aantekenblok gemaakt; de oorspronkelijke tekeningen worden worden daarna in het schrift geplakt (gluton alleen aan de hoeken !) Voor het maken van zulke tekeningen is geen enkele bijzondere aanleg vereist; de bedoeling is alleen, dat men zich goed rekenschap gaat geven van alles wat men ziet, en het op duidelijke wijze door een schets leert vast leggen.

Doordat het verslag nog diezelfde avond opgesteld wordt, is de herinnering nog levendig; bovendien wordt vermeden, dat de uitwerking thuis teveel tijd in beslag neemt. Men wordt verzocht, het schrift vóór het verlaten van het practicum aan de leiders te laten zien.

Ieder die sterrekunde gaat bestuderen, doet dit m et de verwachting dat nu inhoud gegeven zal worden aan het overweldigende gevoel, dat over hem is gekomen bij het beschouwen van een fonkelende sterrehemel. Die verwachting zal vervuld worden; maar men moet bereid zijn zich daar moeite voor te geven. Het waarnemen door de kijker vereist oefening. Het werk op fotografieën is een werk met symbolen, waarvan de eigenlijke betekenis pas door een verstandelijke redenering blijkt. Gedurende de arbeid is het echter goed zich af en toe te bezinnen over de wonderlijke schoonheid en grootheid van het Heelal, dat men aan het verkennen is. Ook de vak-astronoom is van dat gevoel doordrongen. Hij brengt het zelden tot uitdrukking, maar het geeft wijding aan zijn werk.

Litteratuur:

Voor elementaire waarnemingen:

Mc. Kready: Sternbuch für Anfänger (II D 143).
Van Herk : De sterrenhemel zelf zien (II G 156).
Plassman : "Hevelius" (II D 199).
Astronomisches Handbuch (II D 190).

Voor de vakman:

Chauvenet: Spherical and practical Astronomy (II G 10).
Danjon et Couder: Lunettes et telescopes (II G 150).

============

A 1. - DE CIRCUMPOLAIRE STERREN.

Doel:
Een kaart tekenen van de sterren om de N-Pool, met behulp van hun coördinaten. Zoals een punt op de Aarde bepaald is door breedte en lengte, wordt een ster aan de hemel aangegeven door deklinatie δ en rechte klimming α. Deze laatste wordt gerekend in uren, gemeten langs de evenaar in de zin: WZO van een overeengekomen beginpunt uit; de gehele cirkel van 360° komt overeen met 24 uren rechte klimming.

Uitvoering:
1. Neem een blad polair grafiekenpapier. Nummer de deklinatiecirkels van 80°, 70°, 60°, 50°, 40°, 30°; kies de schaal zó, dat 2 cm = 10°.
2. Houdt het papier met zijn lengterichting vertikaal, geef aan de naar boven gerichte straal de rechte klimming 0, en nummer verder de meridianen met de daarbij passende uren, in de zin van het uurwerk, van 0 tot 24 u. Het verdient aanbeveling, ook de daartussenin gelegen medianen om de 8^m te nummeren.
3. Zoek de coördinaten der volgende sterren en zet die als stipjes op Uw kaart uit:

	Bij voldoende tijd ook:	
Ursa Major $\alpha\ \beta\ \gamma\ \delta\ \varepsilon\ \zeta\ \eta$	Boötes $\alpha\ \varepsilon\ \delta\ \beta\ \gamma$	
Ursa Minor $\alpha\ \delta\ \varepsilon\ \zeta\ \eta^*\ \gamma\ \beta$	Auriga $\alpha\ \beta\ \theta$	(β Tauri)
Cassiopeia $\beta\ \alpha\ \gamma\ \delta\ \varepsilon$	Perseus $\gamma\ \alpha\ \delta$	

Om deze coördinaten op te zoeken wordt steeds dezelfde werkwijze gevolgd, Die men vlot moet beheersen:
a. Zoek de ster in een ster-atlas op, lees bij benadering zijn coördinaten af, en teken die voorlopig op .(Nauwkeurigheid 1° - 10^m).
b. Raadpleeg de Nautical Almanac vóór 1940 (Mean Places of Stars) of de Yale Catalogue of Bright Stars (X B a 104), bedenkend dat de sterren

* Voor deze ster is $\alpha = 16^h19^m$; $\delta = 75^\circ52'$; de helderheid = $5^m,04$.

daarin gerangschikt zijn naar rechte klimming. U vindt thans de nauwkeurige waarde der coördinaten en vult die in Uw tabel in. Sterren met deklinaties tussen 80° en 90° zijn in een afzonderlijke tabel van "circumpolaire stérren" direkt na de andere opgegeven. Teken terzelfdertijd ook de helderheid der ster op, aangegeven door de grootteklasse m.

4. Zet elk der sterren op een kaart uit als een stip. Door gebruik te maken van de U verstrekte metalen malletjes, kunt U aan elke stip de grootte geven, die bij de helderheid past, uit de Nautical Almanac overgenomen; grote waarden van de "stergrootte" komen overeen met zwakke sterren. Zet er de Griekse letter bij volgens Bayer, en verbind de stippen door een gebroken lijn, in de volgorde van § 3.
5. Gaat de lijn α naar β UMa door de poolster ?
   Hoeveel graden staat de poolster naast die lijn ?
   Hoever is de poolster van de ware pool verwijderd ?
   Hoeveel graden zijn α en β van elkaar ?
   Hoe kunt U aan de hemel de meridiaan vinden, waarop de rechte klimming nul is ?
6. (Bij heldere lucht). De sterren van de kaart één voor één voor één met de hemel vergelijken. Geef in Uw tekening zo nauwkeurig mogelijk de richting van de horizon aan; teken dag en uur op.

Aanvulling:

7. Bekijk ζ UMa met het blote oog en door de kijker. Maak een schets.

Voorbeeld van tabellarisch verslag.

	Voorlopig		Nauwkeurig		
Naam der ster					m
η UMi	16 20	75	16 19	75 53	5,—
——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——

A 2. - DE HERFSTSTERRENBEELDEN.

Doel:

De bestudering van belangrijke sterrebeelden aan beide zijden van de hemelevenaar, voor zover zij in de herfstavonden zichtbaar zijn. Gebruik van atlas en sterrekaart.

Uitvoering:

1. Teken op gewoon millimeterpapier, binnen volgende grenzen:
   rechte klimming: 14 u over 24 u tot 2 u.
   deklinatie : tot + 45°.
   Kies 1,5 cm = 1 u rechte klimming en 1 cm = 10° deklinatie.
   Zijn deze twee schalen in overeenstemming met elkaar ?
   Nummer de schaalverdeling. Let op de zin waarin de rechte klimming wordt uit gezet !

2. Voor elk der volgende sterren worden de coördinaten opgezocht in atlas en Nautical Almanac of Yale Catalogue, de ster wordt door een stipje aangegeven; vervolgens leest men de grootteklasse af, en geeft aan het stipje de juiste grootte.
Neem de Griekse letter over die bij de ster hoort.

	Bootes:	α ε δ β γ (α)	α Boo = Arcturus
de Zwaan,	Cygnus:	α γ η^{*} β δ (γ) ε	α Cyg = Deneb
de lier,	Lyra :	α β γ (α)	α Lyr = Wega
de Arend,	Aquila:	β α γ δ	α Aq = Altair

Andromeda: α β γ (α per). De beroemde nevelvlek M 31 ligt bij α = 0u 38 m, $\delta = 40^{\circ}50'$; teken die.
Pegasus: (α and) β α γ α

3. Bestudeer enkele der beste ster-atlassen, neem de titels enz. over. Onderzoek hoe de verschillende atlassen het probleem hebben opgelost, om de bol op platte vlakken af te beelden. F
4. Geef op Uw kaart het lentepunt aan ("het punt Ariës"), van waaruit de rechte klimming gerekend wordt. Zoek op de atlas in welk sterrebeeld het zich bevindt.
5. Bij heldere lucht.
Identificeer de getekende sterrebeelden één voor één aan de hemel.
Schat de afstanden $\alpha - \beta$ UMi en $\alpha - \beta$ Cep. Zoek de nevelvlek van Andromeda.
Vergelijk een klein stukje van de hemel met de Atlas.
F Neem de draaibare sterkaart, en stel die in voor deze dag en uur. Welke sterrenbeelden zijn thans aan de Zuidzijde van de hemel zichtbaar, nabij de meridiaan?

Litteratuur:
Sterregids der Ned. Ver. van Weer- en Sterrekunde.
Schürig - Götz: Tabulae Caelestes.
Norton : Ster Atlas.

A 3. - B O L D R I E H O E K E N.

Bij alle opgaven maakt men een tekening. Ieder der twee samenwerkende studenten voert de rekening zelfstandig uit, daarna worden de uitkomsten vergeleken. Een berekening in hele graden is in het algemeen voldoende.

1. Bereken de hoekafstand tussen Capella en Aldebaran.
Zoek eerst hun coördinaten op; pas dan de cos.formule toe. Herhaal de berekening met logarithmen, de formule voor dit doel omvormend.

2. Om na te gaan, of een ster verzwakt kan zijn door stofwolken die in het Melkwegvlak zweven, moet men weten hoever zij van dit vlak verwijderd is. Bereken aldus voor Aldebaran hoeveel de galaktische breedte bedraagt. De pool van de Melkweg ligt bij $\alpha = 12^{u}40^{m}$, $\delta = 28^{\circ}$.

3. Naar welk punt van de sterrenhemel beweegt de Aarde op dit ogenblik tengevolge van haar revolutie om de Zon.
Hiertoe gaat men uit van de lengte der zon, die men in N.A. vindt. Teken in het vlak der ekliptika, bepaal α en δ van het bedoelde punt, en zoek in een steratlas waar het zich bevindt.

---
* Voor deze ster is $\alpha = 19^{u}\,54^{m}$; $\delta = 34^{\circ}56'$; helderheid = $4^{m},03$.

4. Bereken azimuth en hoogte van Sirius,waargenomen te Utrecht te $9^u0^m0^s$ sterretijd.

5. Onder welke hoek met de horison verheft de opgaande zon ?
Laat zien dat die hoek gelijk is aan de parallaktische hoek en bereken hem met de asymmetrische formule (waarnemingsplaats: Utrecht; invloed onderzoeken van de tijd van het jaar).

6. Aanvulling.
Voer de berekeningen voor één der vraagstukken uit tot in boogminuten.
Los een paar van de vraagstukken op met het draaibare net.

Litteratuur:

Smart: Sperical Astronomy (II E 113) , hfdst. I.
Versluys: Bol-Driehoeksmeting (XIV B 123).
Becker : Grundriss der Sphärischen und Praktischen Astronomie.

Voorbeeld voor vraagstuk 1 .

Capella.

α = ------
δ = ------
$90^\circ - \delta$ = b = ------
cos b = ------
sin b = ------

Aldebaran.

α' = ------
δ' = ------
$90^\circ - \delta'$ = c = ------
cos c = ------
sin c = ------
$\alpha - \alpha$ = A = ------
cos A = ------
cos b.cos c = ------
sin b.sin c.cosA = ------

----

cos a = ------
a = ------

A 4 . HET ONTWERPEN VAN EEN ZONNEWIJZER.

Een zonnewijzer bestaat uit een staaf, meestal evenwijdig aan de Aardas opgesteld, waarvan de zon schaduw werpt op een vlak met uurlijnen.
De twee eenvoudigste gevallen zijn:
de horizontale zonnewijzer, opgesteld op een horizontale tafel;
de vertikale zonnewijzer, bevestigd tegen een naar het Zuiden gekeerde muur.

Wij zullen de uurlijnen voor elk dezer typen berekenen.

1. Beschouw vooreerst de horizontale zonnewijzer. Bestudeer het beginsel met behulp van de globe (of van een tekening).
   a. stel de as van de globe in de stand die met de breedte φ van Utrecht overeenkomst; deze as stelt de staaf van de zonnewijzer voor.
   b. kies nu de deklinatiecirkel waarop de zon zich moge bevinden; het vlak van deze cirkel is tevens het vlak waarin de schaduw van de

staaf geworpen wordt.

c. de uurlijn komt dus te liggen, daar waar deze cirkel het horizontale vlak snijdt.

2. Stel de gekozen uurcirkel van de globe achtereenvolgens in de uurhoeken t, overeenkomend met de achtereenvolgende uren, en lees telkens het azimuth b van de uurlijn af.

3. Deze voorlopig ruw bepaalde hoeken zijn nauwkeuriger te verkrijgen met een eenvoudige berekening. Ontwerp√ geeft wanneer φ en t bekend zijn. Deze driehoek is rechthoekig; men vindt gemakkelijk een formule die direct b levert. Vergelijk met de voorlopig afgelezen waarden. Het is voldoende, de berekening uit te voeren voor de waarden van t tussen 0° en 90°; die voor andere uurhoeken zijn direct uit de vorige af te leiden.

√. een (rechthoekige) boldriehoek, die U het azimuth b ....

Aanvulling:

4. Herhaal de berekening voor een verticale zonnewijzer.

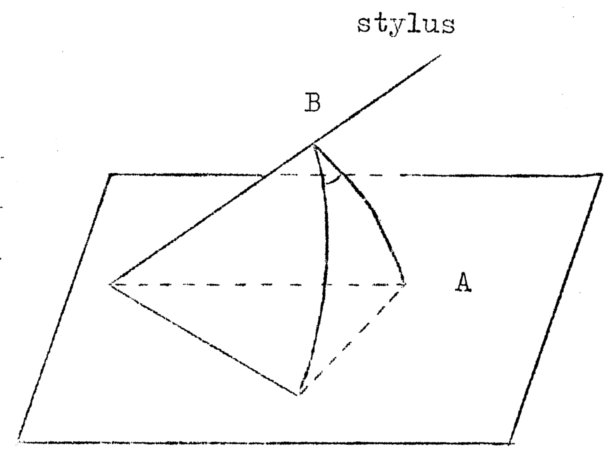
5. Zet voor een der beide typen de gevonden hoeken uit op papier of op een eenvoudige houten zonnewijzer.

6. Bekijk de tentoongestelde boeken en instrumenten die op zonnewijzers betrekking hebben.

Litteratuur:

Mayall en Mayall: Sun Dials (VI K 99).

t	=				
b (voorlopig)	=				
log tg b	=				
log sin φ	=				
log tg b	=				
b (nauwk.)	=				



Breedte van Utrecht = φ = 52°5'

A 5. DE SNELHEID DER DAGELIJKSE BEWEGING.

Alle sterren beschrijven in één etmaal een kleine cirkel om de hemelas. Deze cirkels hebben op de hemelbol een omtrek $2\pi \cos\delta$. De weg die beschreven wordt, is dus het boogje $\frac{360°}{24} \cos\delta = 15° \cos\delta$ per uur, $15' \cos\delta$ per minuut, $15'' \cos\delta$ per sekunde. Men kan daarvan gebruik maken om hoeken te meten.

Beginsel der proef: voor sterren van verschillende deklinatie bepalen, hoelang ze nodig hebben om de straal van het gezichtsveld van Uw kijker te doorlopen.
Noteer vooreerst met welke kijker U werkt en onderzoek hoe de instelling van deze kijker geschiedt.

1. Richt de kijker op een heldere ster.
   a. Langs de buis kijken, aan bovenzijde en opzij;
   b. Zoeker instellen;(indien de kijker daarvan voorzien is)
   c. Kijker instellen.

2. Breng de ster met de fijne beweging en in het snijpunt der kruisdraden. Zodra dit gelukt is geeft U het sein "nu", en laat de kijker onaangeroerd. Uw medewerker leest de tijd af op een horloge.

3. De ster verplaatst zich door het veld tengevolge van de dagelijkse beweging. Volg haar, telkens af en toe waarnemend, tot zij de rand van het gezichtsveld bereikt. Zodra ze verdwijnt geeft U het sein "stop", waarop de tijd opnieuw wordt afgelezen.

4. Herhaal dit voor verscheidene sterren van zeer verschillende deklinatie.

5. Bereken voor elke ster hoeveel de doorgangsduur t bedroeg, en zet 1/t uit tegen cos δ. Grafiek; trek zo goed mogelijk tussen de waargenomen punten een rechte lijn, die door de oorsprong moet gaan (Waarom ?).

6. Bepaal met behulp dezer tekening de straal en de middellijn van het gezichtsveld van Uw kijker.
   Overweeg of diafragmeren van het objektief het veld wijzigt.

A 6. OMREKENING VAN DE TIJD.

Alle berekeningen direct in het net opschrijven ! Ordelijk schema vooruit overwegen ! Men leze aandachtig het hierna volgende overzicht van de rekenmethode, en make daarna in elk geval de vraagstukken 1, 2, 3, 4, 6, 7, 11, zo mogelijk meer.

1. Omzetting van tijdmaat in hoekmaat (Eén der tabellen V, VI, VII, VIII in N.A. vóór 1940).
   De lengte van Utrecht is $- 0^h20^m31^s01$. Reken dit om in hoekmaat. Omzetting van hoekmaat in tijdmaat (Overeenkomstige tabel achter in N.A.). Reken de lengte van Utrecht, in hoekmaat gevonden, weer tot tijdmaat om, en zie of U het oorspronkelijke gegeven terugvindt.

Vraagstukken, waarbij de geografische lengte geen rol speelt.

2. Omzetting van een interval ST in MT. (en terug)
   Gebruik de tabellen van de Nautical Almanac. (vòôr 1940)
   Neem een tijdsinterval tot in duizendste seconden.

3. Omzetting van de tijd te Greenwich:

GMT —— GST.	0^hGMT op die dag	komt overeen met	—— GST
(via Appar. sid. t.)	t^hMT	komt overeen met	—— ST
	t^hGMT op die dag	komt overeen met	—— GST (som)

GST —— GMT. (via Transit of Aries)

0^hGST op die dag komt overeen met —— GMT

t^hST komt overeen met —— MT

t^hGST op die dag komt overeen met —— GMT (som)

4. Omzetting van de tijd te Greenwich: GMT —— GZT (en terug)
Het verschil is: de tijdvereffening.

5. Omzetting van de tijd te Greenwich: GST —— GZT (en terug)
Het verschil is: α (zon) = "Apparent right ascension" van de zon + 12^h.

<u>Vraagstukken waarbij de geografische lengte een rol speelt.</u>
Deze worden altijd via Greenwich opgelost, omdat de almanak voor die plaats alle gegevens bevat. P = plaatselijk.

6. PMT —— GMT (en terug)
PST —— GST
PZT —— GZT
Het verschil is de lengte. (Neem WL steeds +)

7. PMT —— PST (en terug)
(PMT —— GMT —— GST —— PST)

8. PST —— zônetijd (en terug)
(PST —— GST —— GMT —— zônetijd)

9. PMT —— PZT (en terug)
(PMT —— GMT —— GZT —— PZT)

10. PZT —— PST (en terug)
(PZT —— GZT —— GMT —— GST —— PST)

11. Zônetijd —— PZT (en terug)
(Zônetijd —— GMT —— GZT —— PZT)

---

8 bis. Zônetijd —— uurhoek van een ster (en terug)
Zônetijd —— culminatietijd van een ster.

11 bis. Zônetijd —— uurhoek van de zon (en terug)
Zônetijd —— culminatietijd van de zon.

---

12. Uurhoek maan —— PMT
(GMT benaderd —— PST —— GST —— GMT —— PMT)
daarna beter benaderen.

- - - - - - -

Voor numerieke toepassingen kieze men bijvoorbeeld als uitgangstijd steeds $20^h0^m0^s$ op de practicumdag en L = $5^\circ0'0''$ W (ongeveer de lengte van Utrecht.

A 7. BEPALING DER KORREKTIE VAN EEN TIJDMETER.

De Hohwü-klok geeft ongeveer G.M.T.; bij de klok is de korrektie opgetekend. De daarmee te vergelijken tijdmeters of waarnemingshorloges moeten <u>voorzichtig</u> behandeld worden, <u>vooral in het neerzetten moet schokken vermeden worden.</u>
Plaats Uw tijdmeter op het tafeltje bij klok Hohwü. Vergelijk eerst de aanwijzingen in uren en minuten, en bij benadering in sekunden. Teken nu voor een vaste stand van de klok (liefst een volle minuut) de stand van de tijdmeter op; volg hiertoe de klok door de laatste 10 sekunden in U zelf mee te tellen, kijk en luister intussen naar de tijdmeter, schrijf de stand op tot 0,1 sekunde nauwkeurig. Herhaal dit enkele achtereenvolgende hele minuten, middel en bereken korrektie en gang van de tijdmeter.

$x^h y_1^m 0^s$, 0 Hohwü = ... tijdmeter

$x^h y_2^m 0^s$, 0 Hohwü = ... „

$x^h y_3^m 0^s$, 0 Hohwü = ... „

---

gem.: .... „ = ... „

+ Correctie Hohwü

.... GMT =

G.M.T. - tijdmeter = ...(= korrektie tijdmeter)
Dagelijkse gang = ...

A 8. VERGELIJKING VAN EEN ASTRONOMISCHE KLOK MET RADIOSEINEN.

A "Six pips".
Verschillende omroepstations (Engeland, België) zenden op geregelde tijden tijdseinen uit, die bestaan uit 6 punten met 1 sec. tussenruimte, waarvan de laatste meestal op een vol uur valt.

1. Vergelijk de pendule of tijdmeter met de "six pips". Schat het moment van iedere pip in 0,1 sec. tussen de tikken van de klok en noteer de stand van het uurwerk op de laatste pip. Bepaal de correctie en door vergelijking met de correctie van enige dagen geleden de dagelijkse gang.

B. <u>Wetenschappelijke tijdseinen.</u>
Een wetenschappelijk tijdsein wordt uitgezonden door Parijs-Eifeltoren, vanaf $21^h 25^m 30^s$ G.M.T., dit is ongeveer $21^h 46^m$ U.M.T.

2. Ga tegen deze tijd naar de Noordertoren, waar gelegenheid is het tijdsein op te nemen. Bekijk <u>van te voren</u> het schema van uit te zenden strepen ; voorspel uit de laatst bepaalde klokkorrektie en de dagelijkse gang van de klok, zoals deze op het kaartje aangegeven staan, bij welke stand van de klok het begin van het tijdsein te verwachten is, en bij welke stand ongeveer de best herkenbare momenten zullen vallen; maak het schema voor het optekenen der waarnemingen <u>van te</u> voren klaar.

3. Teken zo nauwkeurig mogelijk (in tiende sekunden) op, bij welke stand de klok de punten op $21^h 28^m 0^s,0$ en $21^h 30^m 0^s,0$ G.M.T. vallen.

4. Neem daarna waar, bij welke stand van de sekundewijzer der klok de tikken van de klok het best coincideren met de tikken van het nonius-sein. Hoeveel tikken van de Hohwü zijn verlopen sedert de laatste volle minuut G.M.T.? Bereken met behulp hiervan de juiste stand van de klok om $21^h28^m0^s,00$ G.M.T. in honderste sekunden:
$0^s,0$ G.M.T.

7/61	6/61	5/61	4/61	3/61	2/61	1/61	coinc.
¦ x	¦ x	¦ x	¦ x	¦ x	¦ x	¦ x	¦ x

¦ = tikken Hohwü
x = tikken Noniussein.

5. Bereken de klokkorrektie (G.M.T.-stand klok) en de dagelijkse gang van de klok.

$21^h28^m0^s,0$ G.M.T. = ...Hohwü

Coincidentie bij sekunde = ...

Laatste tik vóór $0^s,0$ G.M.T.= .... af
verlopen

.... tikken

$21^h28^m0^s,0$ G.M.T. = ... $\pm\ 0^s,01$ Hohwü
G.M.T. - Hohwü = ... (klokkorrektie)

Dagelijkse gang = ...

Litteratuur:
Bulletin horaire (VI K 229).

A 9. BEPALING DER KORREKTIE VAN DE STERRETIJDKLOK.

De Utrechtse sterrewacht gebruikt in hoofdzaak twee astronomische klokken:
a. De "Hohwü", geeft G.M.T.
b. De " de Casseres", geeft U.S.T.

De eerste is met behulp van radioseinen gekorrigeerd. Hiermede wordt nu de sterretijdklok vergeleken. 3 Waarnemers werken samen.

1. Plaats U tussen de twee pendules zo dat U de tikken van beide voldoende duidelijk hoort. U bemerkt dat de twee soorten tikken ten opzichte van elkaar verlopen; als het ogenblik der coincidentie nadert, noteert U uur en minuut van de G.M.T. klok, en geeft het sein "opgepast"! Wanneer het samenvallen zo nauwkeurig mogelijk is, ...
telt U gedurende drie sekunden met de tikken mee: "een, twee, drie". Uw medewerkers noteren bij de derde tel de aanwijzing van de U.S.T.-klok en der G.M.T.-klok. U krijgt dus:
.....febr. .....^{h} ......^{m} ......^{s} Klok Hohwü = ...^{h}...^{m}...^{s}
Klok de Casseres.

- ------------------------klokkorrektie.

------------------------G.M.T.

1b. Tegelijk kunnen twee andere waarnemers de correctie van de Casseres bepalen met behulp van een andere Middelbare Tijd klok, de Molyneux, die electrische secundenkontacten geeft.

a. Een van hen staat bij de Casseres en tikt gedurende 6 minuten op de seinsleutel, precies met de tikken van de klok mee. Hij noteert het ogenblik van de eerste tik en zorgt ervoor, iedere 60^s-tik over te slaan.

b. De tweede waarnemer staat bij de chronograaf. Hij noteert op de papierstrook de volle minuut aanwijzingen en waarschuwt zijn partner dat deze kan ophouden een minuut nadat coïncidentie der tikken plaatsvond.

c. Daarna leest men op de strook af wanneer er coïncidentie was:

......febr..........^{h}............^{m}............^{s}Molyneux = ...^{h}............^{m}............^{s} Casseres

.... Korrektie

G.M.T.

2. Omrekening van G.M.T. in U.S.T. volgens A 6. vraagstuk 7.
Het volgende voorbeeld is na te rekenen met Uw eigen waarnemingen.

Op 29 Sept. 1939 te $10^h5^m40^s,2$ G.M.T. stond de Casseres op $10^h45^m0^s,0$.

Ogenblik van waarneming:	=	10^h	5^m	$40^s,2$	G.M.T.
29 Sept. $0^h0^m0^s$ G.M.T.	=	0^h	27^m	$25^s,71$	G.S.T. (N.A. pag. 18)
10 uur	=	10^h	01^m	$38^s,57$	S.T. (N.A. tabel III)
5 min.	=		05^m	$00^s,82$	S.T. (blz.764)
40 sec.	=			$40^s,11$	S.T.
0,2 sec.	=			$0^s,20$	S.T. op
Ogenblik van waarneming		10^h	34^m	$45^s,41$	G.S.T.
Lengte van Utrecht	=		20^m	$31^s,64$	op
Ogenblik van waarneming		10^h	55^m	$17^s,0$	U.S.T.
Stand klok de Casseres	=	10^h	45^m	$0^s,0$	af
Klokkorrektie	=		$+10^m$	$17^s,0$	

A 10. DE NAUTICAL ALMANAC.

De bedoeling is een overzicht te verkrijgen van de gegevens in rijke overvloed in deze fundamentele publicatie verzameld. Het nagaan van het onderlinge verband tussen de tabellen zou de toepassing der Sferische Sterrekunde in volle omvang vereisen, en zal dus slechts in enkele, bijzonder eenvoudige gevallen geschieden. Nieuwe begrippen die niet duidelijk zouden zijn, kan men verklaard vinden in één der gewone handboeken der Algemene of Sferische Sterrekunde. De nummers 1 en 2 der instructie mogen te samen niet meer dan ½ à één uur in beslag nemen.

1. Zorg vooreerst, een algemeen denkbeeld van de indeling te verkrijgen:
a. gegevens over de hemellichamen;
b. algemene hulptabellen, aangegeven met "Tables" en Romeinse cijfers;
c. afkortingen, notaties en uitvoerige "Explanation".

Het is dus duidelijk dat U voor de verdere studie telkens zult moeten teruggrijpen naar c) om de nodige verklaringen te zoeken; leg daar een leesteken.

2. Maak een korte inhoudstabel van de Nautical Almanac.
Voor elke tabel is op te schrijven op welk hemellichaam zij betrekking heeft, en verder verkort enkele der voornaamste gegevens die men er vindt. Daarna worden die tabellen tot grote groepen samengevat met passende opschriften. Voor de "Tables" is evenzo een verkorte inhoudsopgave te maken, waarbij men de tabellen dikwijls tot kleine groepjes onder één hoofd kan samenvatten.

3. Enkele voorbeelden van het onderlinge verband tussen de tabellen zijn

thans na te gaan ; elk der twee samenwerkende studenten rekent dit voor een andere dag uit.

a. Tabel "Sun"; Verband tussen sidereal time - transit of Aries; semi - diameter - radius vector.

b. Tabel "Sun at Transit"; Verband tussen S.D. in sidereal time - semi-diameter in Arc. S.D. in tabel "Sun" - S.D. in tabel "Sun at Transit" (Raadpleeg de Explanations).

c. Verband tussen:
X.Y.Z. ("Sun's coordin") - radius vector ("Sun").

d. "Phases of the Moon": Verband tussen de opgegeven tijden, de lengte der Zon en de lengte der Maan.

e. Planeten. Verband tussen:
right ascension - meridian passage.

f. Maan: Verband tussen:
S.D. - Horiz. Parallax.

g. Bereken het ogenblik van zonsopkomst of maansopkomst en vergelijk met de tabellen "sunrise" en "moonrise". Invloed van refractie, diameter, hor. parallax.

h. Mean Places of Stars- Apparent Places of Stars.
Verband tussen de coördinaten van één bepaalde ster in beide tabellen.

4. Enkele nieuwe begrippen kunnen bestudeerd worden (naar keuze).
Juliaanse dagen (Table I).
Heliografische lengte en breedte ("Ephemeris for physical observations of the Sun").
Gemiddeld aequinocticum en waar aequinocticum (Explanations-Equinoxes).
Bessel - elementen ener zonsverduistering ("Eclipses").

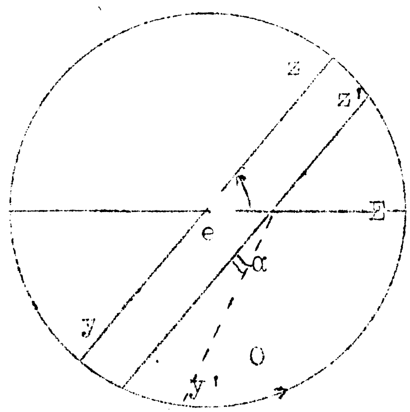
A 11. ONDERZOEK VAN EEN VERDEELDE CIRKEL.

Een verdeelde cirkel is een kostbaar instrument, dat met zorg behandeld moet worden. De schaalverdeling is meestal verzilverd. Men rake haar nooit met de vingers aan, daar de zilverlaag dan oxydeert.

1. Ga vooreerst na, hoe de verdeelde cirkel van Uw instrument ingericht is. Waar zitten de alhidaden met de noniussen ? Zijn de afleesloupes scherp ingesteld ?V Hoe is de klemming en de fijne instelling ? Zoek de beste belichting voor de cirkelaflezing, desnoods met behulp van een bureaulamp of zaklantaarn.
V Draait de cirkel zelf of draait de alhidade ?

2. Onderzoek nu, hoe de cirkel verdeeld is en wat de streepjes en de getallen der schaalverdeling betekenen. Maak een ruw schetsje van de verdeling over een afstand van enkele graden (de nonius wordt pas later onderzocht). De belichting van de schaalverdeling moet zoveel mogelijk symmetrisch geschieden; zijdelingse belichting maakt de streepjes wel duidelijker, maar doet ze een weinig verschuiven.

3. Theorie. Het middelpunt van de alhiade komt nooit volkomen overeen met het middelpunt van de verdeelde cirkel. Daardoor leest men een stand z' af, in plaats van de goede waarde z. Men bewijst eenvoudig dat $z - z' = e \sin (z - E)$; waarin e = excentriciteit = afstand middelpunt cirkel tot middelpunt alhidade. E = schaaldeel waarbij $z' = z$ wordt. De fout schommelt dus tussen + e en - e; zij is meestal zeer gering.



4. Wij willen nu een systematisch onderzoek van onze verdeelde cirkel uitvoeren. Stel één der noniussen met zijn 0 -streep zo zorgvuldig mogelijk in op schaaldeel 0 van de cirkel, daarbij ook lettend op de symmetrische stand van de naburige strepen links en rechts. Uw medewerker leest nu de andere nonius af, scherp en geheel objectief waarnemend; voorlopig kijkt men alleen, bij hoeveel schaaldelen n rechts of links van de 0 -streep coincidentie optreedt (de juiste waarde van deze eenheden wordt later bepaald). Herhaal deze waarneming ook bij hoeken $z = 30^\circ$, 60°, 90°, ... 360°, 30°, 60°. Hierbij is alle aandacht te schenken aan het nauwkeurig uitvoeren der aflezingen; tijdens de metingen zoeke men niet naar een systematisch verloop, maar zette de aflezingen objektief door. Uit de herhaling van een paar metingen is de nauwkeurigheid Uwer aflezing enigszins te beoordelen. Stel n grafisch voor als funktie van z. Men vergemakkelijkt het overzicht door enkele punten 30°, 60°, ... nogmaals bij -30°, -60°, ... De punten spreiden onregelmatig, wegens 1) afleesfouten en 2) niet- periodieke verdelingsfouten; maar meestal tekent zich een sinuskurve in de meet-resultaten af.
Indien de 2 nulstrepen van de nonius niet precies 180° van elkaar verwijderd waren, maar $180^\circ + \alpha$ ligt de kurve meer boven of meer beneden de horizontale as, en wel is $\bar{n} = \alpha$. Bereken α en trek de daarmee overeenkomende horizontale lijn. Leg nu zo goed mogelijk de sinuslijn door de waargenomen punten, lettend op de afstand tussen maximum en minimum, op die tussen de snijpunten met de as, enz. Bereken hieruit de exentriciteit e en de waarde van E. Bedenk: $y' - y = e \sin(z - E) + \alpha$. Wij meten $y' - z' - 180^\circ = 2e \sin(z - E) + \alpha$.

5. Onderzoek tenslotte de verdeling van de nonius. Stel daartoe zijn nulpunt op een hele streep van de cirkel; en let op, na hoeveel deeltjes van de nonius een nieuwe coincidentie optreedt. Daaruit volgt hoeveel elk deeltje van de nonius kleiner is dan een deeltje van de cirkel hoeveel dus "het verloop" per noniusdeeltje bedraagt. Hieruit volgt ook, welke de betekenis is der getallen die bij de noniusverdeling staan Maak een schetstekening op mm-papier van een stukje schaal en van de nonius.
Stel nu de nonius in een willekeurige stand, schat op het oog de positie van het nulpunt, en bepaal deze positie nauwkeuriger met de nonius.

6. Zet nu de door U bepaalde excentriciteit e en noniusfout α om in de juiste hoekmaat en tenslotte ook in millimeters.

Uitbreiding.
7. Het trekken der sinuslijn geschiedt op de gunstigste wijze door gebruik

te maken van de formules:

$$\overline{n} \cdot \cos z = -e \cdot \sin E$$

$$\overline{n} \cdot \sin z = e \cdot \cos E$$

Litteratuur:
Chauvenet: Spherical and Practical Astronomy (II G 10), vol. II, ch.2.

A 12. INSTELLEN VAN EEN KIJKER MET BEHULP VAN DE VERDEELDE CIRKELS.

Deze eenvoudige bewerking is het beginsel van bijna elke astronomische waarneming, en moet dus vlot kunnen worden uitgevoerd.
Kies 1. Procyon; 2. Algol; daarna elke gewenste ster.
Begin met Uw horloge gelijk te stellen met de U.S.T., door vergelijking met de klok de Casseres en aanbrengen der klokkorrektie. Stel de kijker in op deklinatie 0 en op deklinatie 90° om U rekenschap te geven van de wijze waarop de deklinatiecirkel verdeeld is.

Bepalen der coördinaten van een onbekende ster.

1. Richt de kijker op de ster, zet het uurwerk in beweging, klem de kijker.
2. Lees tegelijk de sterretijd af en de uurhoek. Hieruit volgt de α .
3. Lees de deklinatie δ af.
4. Vergelijk met de coordinaten van de N.A.

Instellen van een ster waarvande coördinaten gegeven zijn.

1. Zoek de rechte klimming van de deklinatie van de gegeven ster op, met behulp van ster-atlas en Nautical Almanac.
2. Stel de kijker aan de West-zijde van de pijler, indien de ster een Oostelijke uurhoek heeft; en omgekeerd. Stel de kijker op de juiste deklinatie in, en klem hem.
3. Schat hoeveel tijd U voor verdere berekening en instelling nodig zult hebben (bijv. 30 min.): vermeerder de sterretijd van Uw horloge met dit bedrag. We willen de kijker zo instellen, dat de ster op dat ogenblik in het veld staat. Bereken:
uurhoek = sterretijd - rechteklimming.
4. Stel U ongeveer vóór in welk deel van de hemel de ster zich bevindt. Richt de kijker in de geschatte richting en stel daarna de uurhoek nauwkeurig met de verdeelde cirkels in, volgens Uw berekening.
5. Wacht tot de vastgestelde tijd, klem dan de kijker aan het drijfwerk, en controleer de instelling eerst in de zoeker, dan in de kijker. Bepaal de fout in uurhoek en in δ .

Naam der ster	....
δ	....
α	....
$t' = U.S.T.+30^m$	....
uurhoek = $t' - \alpha$	....

A 13. DE SEKTANT.

De sextant is een vernuftig bedacht instrumentje, waarmede hoeken gemeten kunnen worden op 10'' nauwkeurig, ook al bevindt zich de waarnemer op een slingerend schip. De zeeman bepaalt daarmede de positie van zijn schip, en de tijd. Raak de verzilverde schaal niet met de vingers aan.

1. Bekijk vooreerst het instrument. Het vaste gedeelte bestaat uit een sektor van 60°, ten opzichte waarvan een beweglijke arm draaibaar is, die een spiegeltje D meeneemt in die draaiing; de stand van arm en spiegeltje is af te lezen op een fijne schaal met behulp van nonius en loupe. Bekijk ook: gekleurde glazen, klemschroef, fijne beweging, vizier, kijkertjes.
   Bij het inzetten van kijkertjes mag de fijne schroefdraad niet beschadigd worden: dus eerst terugdraaien tot men het inklikken voelt, dan inschroeven !

2. Stel de draaibare spiegel een paar graden naast de 0; houdt het sextantvlak vertikaal en kijk met één oog door de koperen ring naar een horizontale dakenlijn. U ziet twee beelden: 1) een direct waargenomen beeld; 2) een dubbel gespiegeld beeld, waarvan het licht via de draaibare spiegel en een tweede vast spiegeltje Uw oog heeft bereikt.
   Die twee beelden vallen bijna samen.

3. Verzet de draaibare spiegel over een hoek A. Het direkte beeld blijft onveranderd, het dubbel gespiegelde verplaatst zich over een hoek 2A. De twee beelden die nu samenvallen zijn die van voorwerpen, waarvan de hoekafstand 2 A is. De schaalverdeling vermeldt direct 2 A (en niet A !).

4. Breng aldus tot bedekking: het haantje op de toren van het Oude Mannenhuis met de daklijn; of het kruis op de toren van de kerk Oudwijk met het midden der klok. Viseer steeds op het laagste der twee voorwerpen (waarom ?).
   Alle metingen worden onafhankelijk van elkaar door elk der twee partners uitgevoerd; beide uitkomsten worden opgetekend, daarna gemiddeld.

5. Herhaal de waarneming met een klein kijkertje. Doe enige stappen naar het object toe en zie of de aflezing verschilt. (Niet op de zon richten, gevaar !)
   "Balanceer" het instrument door het kleine draaiingen te geven om de gezichtslijn; het tweemaal gespiegelde beeld beschrijft een boogje; U kunt aldus beoordelen of U het vlak van het instrument goed vertikaal houdt.

6. Bepaling der zonsmiddellijn.
   Zet een gekleurde oogdop op het kijkertje ! Breng de draaibare spiegel weer ongeveer op nul terug terug en richt op de zon. Zorg dat de beide beeldjes elkaar precies raken:
   a) het direkte boven het dubbel gespiegelde;
   b) het direkte onder het tweemaal gespiegelde.
   Lees beide malen de instelling af (in het laatste geval als 359°,...... hetgeen U dan van 360° aftrekt). De afgelezen hoek is de hoek tussen onder- en bovenrand = middellijn van de Zon. Het gemiddelde van beide aflezingen geeft de beste waarde; het halve verschil is de indexfout van Uw instrument.
   Herhaal de waarneming enkele malen. Laat de nonius aflezen door een

der leiders van het practicum, indien U dit te veel tijd kost.
Mocht er geen oogdop met zonneglas bij het instrument behoren, dan kunt U ook de gekleurde glazen in de lichtweg inschakelen. Dit is echter minder goed.

Litteratuur:
J.J. Nassau, II § 145, blz. 77 e.v.

A 14. HET SLIJPEN VAN EEN HOLLE SPIEGEL.

Beginsel:
Wanneer men een losse glazen schijf over een vaste glazen schijf heen en weer beweegt, met slijpmiddel tussen beide oppervlakten, wordt de onderste slijpschijf "vanzelf" bol en de bovenste spiegelschijf hol.

De"slag" bestaat uit een 3voudige beweging:
a) een heen-en weergaande beweging, waarbij het middelpunt der spiegelschijf langs een middellijn van de vaste slijpschijf bewogen wordt;
b) bij de beweging van U af wordt de spiegelschijf iets gedraaid tussen Uw handen;
c) telkens na ongeveer 1 minuut verzet U de slijpschijf over een bepaalde hoek (bijv. 30°), teneinde deze gelijkmatig af te slijpen. Houd de spiegel niet vast bij het handvat, maar leg beide handen rustig en bijna vlak op de spiegelschijf. Voortdurend moet de spiegel overal in goed contact blijven met de slijpschijf.

1. Grof slijpen (1 uur)
Wij beginnen te slijpen met grof carborundum nr. 80 en met lange slagen, waarbij het middelpunt der spiegel schijf vrij nauwkeurig van de ene uiterste rand der slijpschijf tot de andere beweegt. Strooi een afgestreken theelepel carborundum op de slijpschijf en sprenkel er wat water op, tot een tamelijk vloeibaar papje gevormd wordt; begin lange slagen te maken. Na ongeveer 5 minuten hoort men dat het carborundum niet meer werkt; strooi dan een nieuwe hoeveelheid op de schijf en voeg er weer water bij, enz. Na 30 minuten wordt de spiegel onder de kraan afgespoeld. Terwijl het oppervlak nog nat is bepaald men de kromtestraal door een lamp vóór de spiegel heen en weer te bewegen: men ziet dan direkt of men zich vóór of achter het kromtemiddelpunt bevindt. Als de spiegel meer vorm krijgt, houdt men hem op zulk een afstand, dat het spiegelbeeld ongeveer samenvalt met de lichtbron, en meet nu de kromte-straal. Deze moet ongeveer 2 meter worden; het grove slijpen wordt voortgezet tot dit bij benadering het geval is.

2. Fijn slijpen (3 uur).
Men wast spiegel en slijpschijf zorgvuldig schoon onder de kraan der waterleiding, vooral ook de randen reinigend.
Men borstelt en wist ook de tafel af, waarop men werkt. Nu wordt met de tweede soort carborundum nr. 220 geslepen en wel met korte slagen, daar het er om te doen is de spiegel nu zuiver sferisch te maken.
Zijn middelpunt bewege men over 1/3 van de middellijn der slijpschijf.
Na 1 uur spoelt men de spiegel weer af, en controleert nog de kromtestraal. Is alles goed, dan wordt opnieuw en zorgvuldig gespoeld, en men gaat over tot carborundum 2 F; na 1 uur ongeveer moet het oppervlak gelijkmatig zacht mat zijn.
Tenslotte slijpt men nog een uur met "60 - minutenamaril".

3. Het polijsten (2uur) (Stofjas of overall aantrekken !)
De bedoeling is de slijpschijf te bekleden met een peklaag, die de vorm

van de spiegel heeft. Hiertoe wordt zij voorzien van een rand nat papier, waarin men straks het pek zal gieten. Bevochtig de schijf met een weinig terpentijn, om het hechten van het pek te bevorderen.
De spiegelschijf wordt in lauw water gezet.
Giet nu op de slijpschijf een 3 mm dikke peklaag, en laat die iets afkoelen; als de laag voldoende gestold is, dompelt men de spiegel in warm water en druk hem eerst zacht dan toenemend harder tegen het pek, tevens iets draaiend bewegend. De papieren kraag wordt snel verwijderd, en met een natgemaakt mes snijdt men vlug een reeks evenwijdige groeven in de pek, 2 cm van elkaar, asymmetrisch t.o.v. het centrum, zodat het oppervlak in vierkanten verdeeld is. Snijd deze groefjes uit tot kanalen met V-vormige doorsnede, welke tot op het glas doordringen. Druk nog even de spiegel op de slijpschijf en maak wat korte slagen, tot alle facetten met de spiegel in aanraking zijn.
Polijst nu met polijstrood een uur, met korte slagen, zorgdragend dat de spiegel voortdurend aanligt; spoel hem goed af in het daarvoor bestemde bakje. Droog hem met watteproppen en beoordeel de gladheid van het oppervlak, polijst dan telkens nog een half uur, tot het oppervlak voldoende glad is geworden. De bewerking is klaar wanneer de randen voldoende zuiver zijn. Het paraboliseren en figureren zou thans kunnen geschieden; hetzij door elliptische stroken, hetzij door polijsten met een slijpschijf waarvan enkele facetten weggehaald zijn. Dit deel van het werk kost echter de meeste tijd en is alleen verantwoord als men over ervaring beschikt.

4. Het verzilveren (recept van Brashear en Ritchey).
We maken vooreerst de zilveroplossing. Hierbij worden de volgende vloeistoffen gebruikt:

A.) gedest. water 1000, zilvernitraat 100
B.) gedest. water 750, bijtende kali 50
C.) gedest. water 1000, zilvernitraat 15

1. Meet 38 cm^3 van A af.
2. Voeg daarbij geconcentreerde ammonia, telkens zorgvuldig schuddend; er vormt zich een neerslag, dat net tot oplossing gebracht moet worden in een overmaat.
   Men voegt eerst 2 cm^3 snel toe, dan nog 1 à 2 cm^3, met toenemende voorzichtigheid.
3. Voeg bij de vloeistof 35 cm^3 van B, weer aanhoudend schuddend; de kleur wordt plotseling zeer donker.
4. Voor de tweede maal wordt ammonia toegevoegd, tot de vloeistof net helder wordt.
5. Voeg nu oplossing C toe, tot er zich een blijvende troebeling heeft gevormd, die er in doorzicht stroogeel moet uitzien. We hebben nu kolloidaal zilver verkregen. Filtreer over watten.

De reductie vloeistof bestaat uit 1000 water, 100 witte kandijsuiker, 125 cm^3 alkohol (94%), 4 cm^3 geconcentreerd salpeterzuur. Deze oplossing is enkele weken tevoren bereid, zodat de suiker geinverteerd is tot glucose (reductiemiddel !). Meet 25 cm^3 reductievloeistof af.

Nu wordt de spiegel klaar gemaakt. Laat de pekrand met een beschermende laag paraffine bekleden en het oppervlak schoonmaken met geconcentreerd salpeterzuur. De spiegel mag nu niet meer opdrogen, en wordt in een kristalliseerschaal met gedestilleerd water gehouden tot alles voor het verzilveren klaar is. Controleer de temperatuur van de beide vloeistoffen: deze moet liggen tussen 18° en 23° C.; anders moet voorzichtig worden bijgewarmd. Meng snel de afgemeten hoeveelheden zilver-oplossing en reductievloeistof en dompel onmiddelijk de spiegel in het mengsel, luchtbellen zoveel mogelijk vermijdend door schuinhouden. Beweeg de spiegel zachtjes op en neer. Na ongeveer 5 minuten ziet de vloeistof er reeds zeer modderig uit en beginnen er zilverschilfertjes aan het oppervlak te drijven. De verzilvering is dan afgelopen. Breng de schaal naar de spoelbak en spoel de spiegel onder de kraan af, het laatste met een scheutje gedestilleerd water. Droog hem in de luchtstroom van een ventilator. De inhoud van de schaal wordt uitgegoten in een fles voor "zilverresten"; vrijwel al het zilver kan daaruit terug gewonnen worden.

Polijsten van de zilverlaag.

Tenminste 24 uur na het verzilveren kan men de zilverlaag polijsten met zeemleer en het fijnste polijstrood. Het blauwe waas dat de spiegel bedekt verdwijnt geheel, maar microscopisch fijne krasjes zijn niet geheel te vermijden. Van de aldus verzilverde spiegel kan men met groot gemak de kromtestraal bepalen: zoek op welke afstand een lichtbron geplaatst moet worden, wil het beeld met de bron zelf samenvallen. Voer nu ook de spiegelproef van Foucault uit en beoordeel uw spiegel.

5. Spiegelproef van Foucault.

Onderzocht wordt of een lichtpunt in het kromtemiddelpunt ook precies in dit kromtemiddelpunt afgebeeld wordt. Verplaats het mes van links naar rechts, eerst dichter bij de spiegel, dan verder er van daan; zoek het punt waar licht- en schaduwbeelden het gevoeligst zijn. Maak uit, of de kromming van het oppervlak bij nadering tot de rand toeneemt of afneemt (afgeplat ellipsoide), verlengd ellipsoide, paraboloide, of hyperboloide. Stel U daartoe het spiegel oppervlak voor als een berg of dal, belicht van rechts; in het eerste geval ziet U:

I  in het tweede geval II 

Dit laatste is de wenselijke toestand.

Litteratuur:

E. von Krudy: Das Spiegelteleskop in der Astronomie (II G 95)
Amateur : Telescope making (XV A 247).
Tilanus : Hemel en dampkring, 28, 15, 1930.

A 15. DE MERIDIAANKIJKER.

Onze kleine refractor wordt vast ingesteld op een uurhoek van 0^u. We kunnen hem nu beschouwen als een meridiaankijker (afgezien van stabiliteit, precisie, en mogelijkheid tot exakt omleggen). Van elke meridiaankijker, die zo goed mogelijk ingesteld is worden de overblijvende drie fouten bepaald door waarneming van de doorgangen van sterren op allerlei deklinaties: a) de azimuthfout, b) de helling, c) de collimatiefout. Telkens wordt de doorgangstijd van de ster waargenomen en de afwijking bepaald t.o.v. de juiste culminatietijd.

1. Begin met Uw horloge te vergelijken met de cassores-klok en noteer het verschil: horloge - U.S.T., rekening houdend met de klokcorrectie.

2. Stel de refractor eens en vooral op de uurhoek 0° en klem hem. Met behulp van een lijst van tijdsterren vindt U direkt welke ster straks culmineren zal; vooral heldere sterren zijn waardevol. Stel de kijker op de opgegeven declinatie en wacht tot de ster in het veld verschijnt. Men verlicht het veld een weinig door met een lampje schuin in het objectief te schijnen. De hoogte van de kijker wordt nu iets gecorrigeerd,

tot de ster precies langs de horizontale draad loopt, Op het ogenblik waarop hij de vertikale draad doorkruist, geeft de waarnemer het sein "nu" aan de tijdopnemer; deze leest de tijd af, in sekunden, en tekent die op. Tenminste 4 sterren worden aldus waargenomen, bij voorkeur bij zeer verschillende declinaties (ook aan de N.kant). Bedacht moet worden, dat de kijker merkbare fouten vertoont en dat men dus reeds vóór de opgegeven tijd klaar moet zijn om de doorgang te observeren.

3. Vergelijk opnieuw Uw horloge met de Casseres-klok, noteer opnieuw het verschil. Bereken met een ruwe interpolatie (uit het hoofd) hoeveel het verschil bedroeg voor elk der waargenomen passagetijden. Herleid de waarnemingen tot U.S.T.

4. Haal uit de Nautical Almanac de rechte klimming der waargenomen sterren voor het betreffende jaar. Bereken voor elke ster het verschil:
Δ = waargen.culminatietijd $- \alpha$.

5. Al deze verschillen hadden eigenlijk = 0 moeten zijn. Dat dit niet het geval is, bewijst dat er instrumentele fouten zijn. Om die op te sporen, beginnen we met Δ voor te stellen als funktie van δ . Trek een vloeiende kurve door deze punten. Voor sterren wier benedenste culminatie waargenomen is, vervange men δ door $180^\circ - \delta$ en α door $12^h + \alpha$.

6. Volgens Bessel is deze kurve voor te stellen door:
$$\Delta = m + n \operatorname{tg} \delta + c \sec \delta .$$
Men kiest drie punten van de kromme, ver uit elkaar gelegen, en stelt de drie overeenkomstige vergelijkingen met drie onbekenden op. De grootheden m, n, c worden uitgedrukt in tijdsekunden. Bereken m, n, c. Bereken nu nog een paar andere punten van de kurve en zie of zij behoorlijk door Bessel's formule voorgesteld wordt.

7. De grootheid c stelt de collimatiefout voor. De grootheden m en n leveren de beiden andere fouten, volgens de betrekking:
$$a = m \sin \varphi - n \cos \varphi$$
$$b = m \cos \varphi + n \sin \varphi$$
Men rekene a, b, en c nog om tot boogminuten.

Vóór de waarnemingen:	Na de waarnemingen:
Klok Casseres	Klok Casseres ....
U.S.T.	U.S.T. ....
horloge	horloge ....
U.S.T. - horloge	U.S.T. - horloge ....

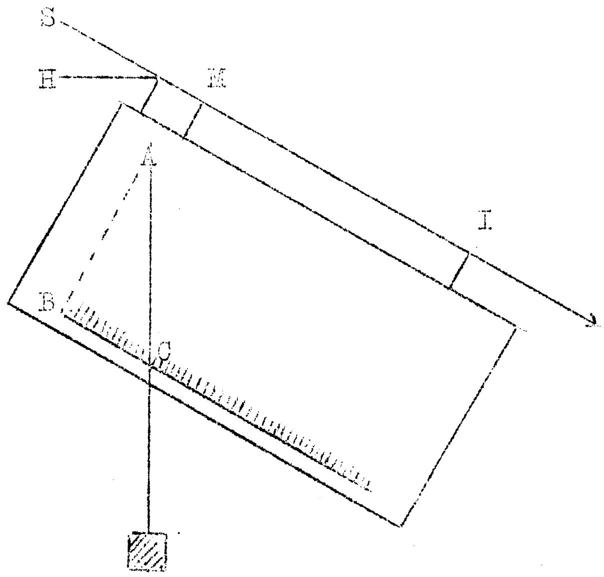
Nummer der klokster					
α					
δ					
Culminatietijd volgens horloge					
Culminatietijd U.S.T.					
$\Delta = \alpha$ - culminatietijd					

Uitbreiding. - In werkelijkheid hoort men m, n, c te berekenen met Kleinste kwadraten.
Overweeg in welke delen van de hemel de verschillende coëffic. het best bepaald kunnen worden.

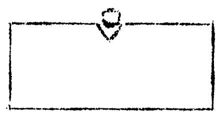
A 16. HET BEPALEN VAN DE BREEDTE.

De breedte van de plaats van waarneming φ bepalen we hetzij uit de hoogte van de pool (immers poolshoogte = geografische breedte), hetzij uit de hoogte van een ster of ander hemellichaam (zon, maan of planeet), het eenvoudigste op het ogenblik van kulminatie.

1. Voor het meten der hoogte gebruikt men gewoonlijk sextant of universaalinstrument; wij zullen hier van een eenvoudiger hulpmiddel gebruik maken. Bekijk de "hoogtemeter".



We richten het vizier IM naar de waar te nemen ster; de verticaal AC wordt aangegeven door een schietlood. Hoek SMH = BAC, de hoogte der ster, wordt bepaald uit zijn tangens BC/AB; AB = 20,0 cm. Er is gezorgd, dat AB zo goed mogelijk $\perp$ BC staat (B is het beginpunt der schaalverdeling); door vergelijking met een universaalinstrument is de hoogte van de korrel K zó geregeld, dat C in B valt als IM horizontaal loopt (mogelijke fout = 0,5 mm). De hoogtemeter is aan een stabiel statief bevestigd.
Men richt zo, dat inkeping, korrel en ster samenvallen; de lijn IM wijst dan naar de ster.

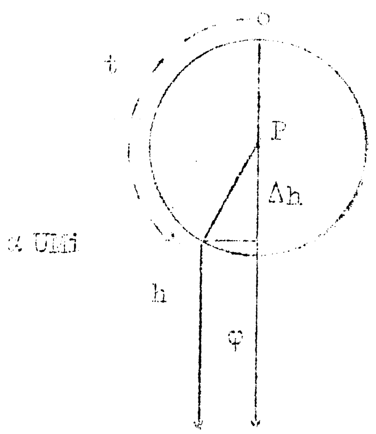


Op dit ogenblik leest Uw maat de stand van het schietlood af op de schaalverdeling: BC = ...
Herhaal de metingen enkele malen, de draad tegen de wind beschermend; maak het gemiddelde van Uw waarneming op.

2. Het bepalen van de poolshoogte.

Hiervoor maken we gebruik van de poolster (α UMi), die zich ten naastebij in de pool bevindt. Zet Uw horloge op sterretijd, door vergelijking met de Casseres-klok. Meet volgens § 1 de hoogte h van de Poolster; dan is deze bij benadering = de poolshoogte, dus = de breedte φ . Teken op, bij welke plaatselijke sterretijd de bepaling is geschied.

3. Voor een nauwkeuriger bepaling van φ moeten we in rekening brengen, dat α UMi op een afstand van 70' van de pool staat, dus in 24 uur een cirkeltje om deze heen beschrijft, met straat 70'. Noemen we de uurhoek van α UMi = t, dan is dus φ = h-70' cos t = h + Δ h, indien h = de gemeten hoogte van de poolster.



Ter vereenvoudiging geven we op blz. 22 a een tabel voor Δh als functie van de plaatselijke sterretijd, berekend met behulp van de berekende rechte klimming van α UMi. Breng met behulp van deze tabel en met de door U afgelezen plaatselijke sterretijd, de korrektie Δ h aan, en bereken aldus φ nauwkeuriger dan onder § 2.

HULPTABEL VOOR WAARNEMINGEN AAN DE POOLSTER.

Plaatselike S.T.	Δh	P.S.T.	Δh	P.S.T	Δh	P.S.T.	Δh	P.S.T.	Δh
0^h	-63'	5^h	-46'	10^h	+39'	15^h	+66'	20^h	- 5'
	-66'		-39'		+46'		+63'		-14'
1^h	-69'	6^h	-31'	11^h	+53'	16^h	+58'	21^h	-23'
	-70'		-22'		+58'		+52'		-31'
2^h	-70'	7^h	-13'	12^h	+63'	17^h	+46'	22^h	-39'
	-69'		- 4'		+66'		+39'		-46'
3^h	-66'	8^h	+ 5'	13^h	+69'	18^h	+31'	23^h	-53'
	-63'		+14'		+70'		+22'		-58'
4^h	-58'	9^h	+23'	14^h	+70'	19^h	+13'	24^h	-63'
	-52'		+31'		+69'		+ 4'		-66'

Hoogte van de Poolster

BC = { ....
....
....

..............gem.

h = ...

φ benaderd = ...

φ gecorrigeerd = h +   h = ...

U.S.T. = ...

Hoogte van sterren bij culminatie

Ster	Culminatietijd (U.S.T.)	δ	h	φ
....	....	......	......	....
....	....	......	......	....
....	....	......	......	....

Breedte, gemiddeld= ....

4. Bepaling van φ uit de kulminatiehoogte van een ster.

De hoogte h van een ster, die juist in het Zuiden in de meridiaan staat, is: $h = (90 - \varphi) + \delta$; we kunnen φ dus ook berekenen uit 'n meting van deze h.
Zoek in de Nautical Almanac "Mean Places of Stars" een drietal heldere sterren, die omstreeks deze tijd door de meridiaan gaan; let op, of ze door het Zuiden of door het Noorden gaan, in dit laatste geval veranderen de tekens in de formule ! Neem dus liefst $\delta < 52^o$.
Schrijf de rechte klimming van de door U uitgezochte ster op, dit is dus tevens de plaatselijke sterretijd op het ogenblik der kulminatie. Zoek de ster op in een atlas en aan de hemel. Meet de hoogte h van de ster omtrent het ogenblik, waarop deze in de meridiaan moet staan (Een tijdsverschil van 10 minuten hindert in dit geval niet). Bereken φ uit de gevonden waarde voor h.

5. Uitbreiding.
Neem de hoogtemeter mee naar huis, en meet de hoogte van de zon in de MERIDIAAN.
Zoek van te voren in de Nautical Almanac op, hoe laat te Greenwich de zon door de meridiaan gaat in G.M.T., en hoe groot de deklinatie is. ("Sun at Transit at Greenwich"). Bij zeer goede benadering kunnen we de tijdvereffening om 12 uur U.M.T. gelijk stellen aan die om 12 uur G.M.T.: om dezelfde tijd U.M.T. kulmineert de Zon dus te Utrecht; we kunnen hier bovendien het verschil tussen U.M.T. en de wettelijke Nederelandse tijd verwaarlozen. Meet de hoogte van de zon niet door direct naar de zon te kijken ! Dit is verblindend en zeer gevaarlijk! Richt de hoogtemeter tennaastebij naar de zon; houd een papiertje achter de inkeping, en vang daarop de schaduw van de korrel en inkeping op; beoordeel aan de schaduw, of de hoogtemeter juist is gericht, en lees af. Bereken φ uit: $\varphi = 90^o + \delta - h$.

Litteratuur:

Chauvenet: Spherical and Practical Astronomy (II G 10) vol.I ch.6.
(hulptabel voor waarneming aan de poolster zie blz. 22 a).

A 17. BREEDTEBEPALING UIT CIRCUMMERIDIAANHOOGTEN DER ZON.

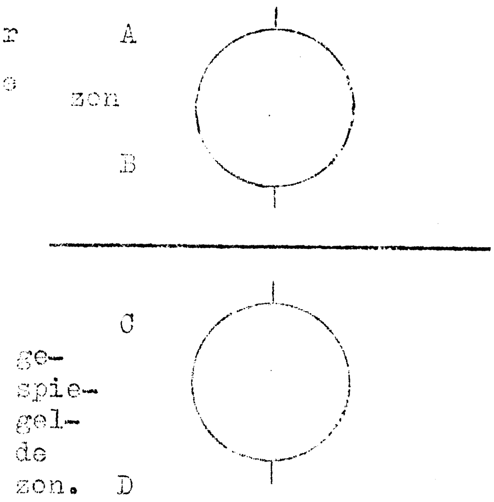
Beginsel.

De breedte van een plaats $\varphi = 90 - h_o + \delta$, waarin h_o = zonhoogte in die meridiaan, gezuiverd van refractie en parrallaxis en δ = deklinatie der zon. Om h_o te vinden meten we de hoogte der zon enige malen na de meridiaansdoorgang (uurhoek $t < 20$ à 25 min.). Daar wij de tijd als bekend aannemen, kan elke waarneming een waarde voor h_o opleveren. Nauwkeuriger resultaat geeft het uitvoeren van een aantal waarnemingen., die wij kortheidshalve grafisch bewerken. De gevonden hoogten liggen bij benadering op een parabool $h = h_o - at^2$, waarvan de top h_o geeft. (Waar hangt de konstante a van af ?) Wij zetten grafisch uit tegen t^2, vinden een rechte lijn en bepalen zijn snijpunt met de ordinaat-as.

Waarneming.

1. Stel het kijkertje van de sextant op oneindig; zet er een zonneglaasje vóór. Daar wij geen vrije horizon hebben, moeten wij onze toevlucht nemen tot een horizontale spiegel en wij meten nu 2h i.p.v. h . Nivelleer de spiegel. Om de beelden in het veld te krijgen: Stel de sextant

op nul, richt op de zon, schuif naar hoger getallen terwijl ge het tweemaal gespiegelde beeld in het veld houdt en de sextant steeds lager richt, tot Uw blik tenslotte de horizontale spiegel ontmoet. De kunst is de sextant in de vrij smalle bundel te houden, die door de spiegel terug gekaatst wordt; ook balancere men de sextant telkens om zeker te zijn dat men hem in een vertikaal vlak houdt. In geval de waarneming niet gelukt, vrage men aan een der assistenten hoeveel de instelling ongeveer bedraagt. Wij kunnen naar verkiezing de bovenrands hoogte $\frac{AD}{2}$ nemen er er de straal der zon aftrekken, of de onderrandshoogte $\frac{BC}{2}$ en de straal der zon erbij tellen om de middelpuntshoogte te krijgen. Naar gelang men het ene of het andere kiest, schijnen de zonsbeelden naar elkaar toe of van elkaar af te gaan; werk afwisselend op de ene en op de andere manier. Stel de alhidade en de fijnschroef in tot de beide zonsbeelden elkaar bijna raken en wacht ! Op het moment der nauwkeurige aanraking zegt ge: Opgepast ....stop ! en Uw partner leest de tijd op de chronometer af. Herhaal de gehele waarneming enkele malen; verwissel de rollen. Bepaal tenslotte de index-korrektie.



Uitwerking.

2. Zoek de straal der zon in de N.A., en herleid Uw bepaling op het centrum der zonneschijf.

3. Herleid de afgelezen tijden tot U.W.T. door de volgende reducties:
   a) Korrektie die bij de tijdmeter aangegeven is om tot U.M.T. te herleiden;
   b) Tijdvereffening = U.W.T. - U.M.T.
   Druk die uit in tijdminuten (één decimaal achter de komma), quadrateer dit bedrag en zet het uit tegen de zonshoogte (100 eenheden = 2 cm abscis). Kies een vast getal in de buurt der kleinste gemeten hoogte en zet de verandering der hoogte t.o. daarvan uit, met 100" hoogte = 1 cm ordinaat.

4. Leg door de gevonden punten een rechte. Indien de punten systematisch afwijken is de oorzaak daarvan de deklinatieverandering van de zon gedurende de waarneming. Herleid in dit geval de punten tot de waarde die zij hebben zouden bij $\delta_{t.o}$
   Het snijpunt van de rechte met de ordinaat is de gevraagde middelpuntshoogte der zon.

5. Pas hierop toe: de indexkorrektie; de korrektie van de refraktie en die voor de parrallaxis. Dan vindt U de gecorrigeerde h_o. Deze, ingevuld in $90^o - h_o + \delta$, geeft U de breedte van Utrecht; de deklinatie wordt genomen voor het midden van de waarnemingstijd.

Litteratuur:

Chauvenet: Spherical and Practical Astronomy, Vol. I , ch. 6.

Straal der zon is	= ....
Korrektie tijdmeter	= ....
Tijdvereffening	= ....
Herleiding op U.M.T.	= ....

Tijd van aanraking	$\frac{AD}{2}$	$\frac{EC}{2}$	Tijd herleid tot U.M.T.	t	t^2	h (gemeten)
....	....	....	....	......	......	....
....	....	....	....	......	......	....
....	....	....	....	......	......	....

h_0 (voorlopig)	= ....
Indexkorrektie	= ....
Refraktie	= ....
Parallaxis	= ....
h_0(gecorrigeerd)	= ....

A 18. BEPALING VAN DE TIJD UIT HOOGTEMETING.

Uit de hoogte van een ster is de uurhoek van dit hemellichaam te berekenen, en daaruit weer de sterretijd. Het is duidelijk, dat de bepaling het nauwkeurigst zal zijn als de ster in de 1^e vertikaal staat (W of E).

1. Vergelijk Uw horloge met de sterretijdklok. Bepaal de korrektie op ongeveer 10 sekunden nauwkeurig, en zet Uw horloge op U.S.T.

2. Kies één van de opgegeven sterren (zie het bord!) in het Oosten of Westen en bepaal enkele keren haar hoogte met behulp van de hoogtemeter. Tezelfdertijd leest U Uw horloge af om de juistheid Uwer uitkomst later te controleren. Het is verassend hoe snel de hoogte verandert, reeds na 1 à 2 min. is het verschil merkbaar.

3. Zet de afgelezen schaalwaarden c van de hoogtemeter tegen de tijd t uit, trek een gladde kromme, kies daarvan één bepaald punt C,T voor de berekening.

4. Bereken de sterretijd uit de driehoek Pool-Zenith-Ster. Vergelijk met de afgelezen tijd en schrijf het verschil op, bedenkende dat Uw horloge per uur 10 sec. achterloopt t.o.v. sterretijd.

5. Herhaal de waarnemingen met andere sterren.

Litteratuur:

Chauvenet: Spherical and Practical Astronomy (II G 10), Vol. I, ch.5.

Naam der ster .... $\sin\varphi$ = ... $\sin\delta$ = ...

α .... $\cos\varphi$ = ... $\cos\delta$ = ...

δ .... $\sin h$ = ...

c	t
......	......
......	......
......	......
......	......

C	T	h
......	......	......

$\sin\varphi . \sin\delta$ = ...

$\sin h - \sin\varphi . \sin\delta$ = ...

$\cos\varphi . \cos\delta$ = ...

$\cos t$ = ...

t = ...

α = ...

U.S.T. (gemeten) = ...

U.S.T. (klok) = ...

verschil = ...

A 19. PLAATSBEPALING MET BEHULP VAN HOOGTECIRKELS.

(Sumner - St. Hilaire).

Meting.

1. Vergelijk Uw horloge met de pendule Hohwü, die G.M.T. aangeeft en die de rol speelt van scheepschronometer. Bepaal de korrektie op 10 sec. nauwkeurig en zet Uw horloge op Greenwichtijd.
2. Kies een duidelijk herkenbare ster of planeet, en bepaal haar hoogte met behulp van de hoogtemeter; tegelijk leest U uw horloge af.
3. Herhaal dit met een ster die in azimuth ongeveer 90° van de eerste verwijderd is.

Om het rekenwerk te vereenvoudigen en om een iets grotere nauwkeurigheid te bereiken doen we afwisselend dergelijke hoogtebepalingen gedurende een twintigtal minuten. Door grafische interpolatie wordt de hoogte van de twee hemellichamen afgelezen voor hetzelfde tijdstip.

Uitwerking.

4. Schat uit het gegiste bestek dat Uw breedte tussen 50° en 54° ligt. Bepaal voor elke ster de twee punten van de hoogtecirkel die met deze breedte overeenkomen. Dit geschiedt als volgt (geschatte grootheden en de daaruit afgeleide zijn tussen haakjes gezet):

   Oplossen : (t), uit δ , (φ) , h.

   Omrekenen : $(t) \longrightarrow$ (UST)
   GMT $\longrightarrow$ GST Naut. Alm.
   proef 6

   Vergelijken : GST en (UST); geeft de (lengte).

5. Trek drie standlijnen op mm-papier (1° = 2 cm).
   Neem het beste snijpunt en vergelijk met de coordinaten van Utrecht.

Litteratuur:

Smart: Sea Navigation (XIII, 73), ch. 6.

Naam der ster	α	δ	GMT	h
....	....	....	....	....
....	....	....	....	....
....	....	....	....	....
....	....	....	....	....

A 20 . HET BEGINSEL EENER AFSTANDSBEPALING UIT DE PARALLAX.

Deze methode is fundamenteel voor het bepalen van de afstand der sterren; zij is echter slechts toe te passen met grote instrumenten en uiterst zorgvuldige meettechniek. Wij zullen ze nabootsen met kunstmatige lichtbronnen.

1. Wij begeven ons naar de Maliebaan, waar het ruiterpad een rechte doorkijk verschaft van ongeveer 700 m. lengte. Aan het eind brandt één lantaarn A, die onze "Achtergrondster" voorstelt. De dichterbij geplaatste "ster S" waarvan de afstand bepaald zal worden, is een groen gekleurde zaklantaarn. Wanneer wij ons van de ene zijde van het pad naar het andere begeven, zien wij de parallaktische verschuiving. Onze verplaatsing over enkele meters komt overeen met de verplaatsing der Aarde in de loop van een half jaar: 300 miljoen km. Bedenk bij alle berekeningen steeds dat de hoekjes zeer klein zijn, gebruik dus nergens <u>sin</u> of <u>tg</u> maar steeds **rad**.

2. Stel een houten statief W aan de ene zijde van het pad. Bepaal van daar uit met sextant de hoek AWS, in boogminuten. (Twee bepalingen; gemiddelde. Het is niet nodig de nulpuntsfout van de sextant te bepalen).

3. Verplaats U naar de andere zijde en stel daar een tweede statief W'. Stel U ten opzichte van dit statief in nauwkeurig dezelfde stand als eerst ten opzichte van W. Bepaal weer de hoek AW'S. (Twee bepalingen; gemiddelde).

4. Meet de afstand tussen de twee statieven met een touw en een duimstok. Intussen zal ook de afstand WS tot aan de ster gemeten worden, voor kontrole na afloop der proef.

5. De parallax p is de hoek, waaronder men vanuit een ster de halve straal der aardbaan zou zien. Beschouw eerst de ster A als oneindig ver verwijderd. Bereken nu de parallax

$$\tfrac{1}{2}\,\widehat{WSW'} = \tfrac{1}{2}\,(\widehat{AWS} - \widehat{AW'S}),$$

aannemend dat men beide malen S aan dezelfde zijde van A heeft waargenomen. Reken deze hoek om in rad.

6. Voer nu nog een korrektie in voor de achtergrondster; wij nemen aan dat uit statische overwegingen een ruwe schatting van haar afstand mogelijk is; stel 700 m. Toon aan dat daardoor een korrektie $\frac{WW'}{700}$ rad aan de hoek $\widehat{WSW'}$ moet worden aangebracht; moet die bijgeteld of afgetrokken worden ? Verbeter nu de parallax.

7. Bereken de afstand der ster $= \dfrac{\text{straal der aardbaan}}{p}$

   Vergelijk met de direkte meting; hoe groot is de relatieve fout ?

Voor de dichtstbijzijnde werkelijke ster (Proxima Centauri) is de parallax ongeveer het duizendste gedeelte van wat wij hier gemeten hebben.

A 21. HET UITMETEN VAN EEN HEMELFOTO.

De methode zal worden toegepast op een blad van de Carte du Ciel, zone van Parijs of Toulouse. Dze foto is waardevol en moet met grote zorg behandeld worden.

Bekijk het U gegeven blad. Op dezelfde plaat zijn achtereenvolgens drie opnamen gemaakt bij ietwat verschillende standen van de plaat, zodat elk

sterretje 3-voudig afgebeeld is; aldus kan men sterbeeldjes onderscheiden van vuiltjes op de plaat. Op de plaat is bovens een netwerk afgedrukt, tenopzichte waarvan alle metingen gebeuren.
Op elk blad staan enkele sterren waarvan de absolute coördinaten (α , δ) met de meridiaankijker gemeten zijn.
De opgave is, met behulp daarvan de coördinaten der overige sterren te berekenen.

DEFINITIE van standaardcoördinaten.

Midden boven de foto zijn de benaderde coördinaten α , δ opgegeven van het centrum der plaat. Beschouw deze voorlopig als volkomen exakt; neem aan dat de lijnen van het netwerk precies volgens de α, δ -richtingen lopen; dat de plaat geheel loodrecht op de optische as stond; dat er geen refraktie noch aberratie was. In dit ideale geval zullen we de cartesische coördinaten van een ster op de plaat, uitgedrukt met de brandpuntsafstand als eenheid, de standaardcoördinaten der ster noemen .
Ze zijn bij benadering:

$$\xi = (\alpha - \alpha_o) \cos \delta_o$$

$$\eta = \delta - \delta_o$$

Rekening houdend met het feit, dat het bolopppervlak van de hemel afgebeeld wordt op een vlakke plaat, is dit nog iets nauwkeuriger te schrijven,
Stel $\alpha - \alpha_o = X$, $\delta - \delta_o = Y$.
Dan is $\xi = X (\cos \delta_o - Y \sin \delta_o)$

$$\eta = Y + \frac{\sin 2\delta_o}{4} X^2$$

Bedenk dat alle hoeken in radialen uitgedrukt zijn; 1 rad = 3438'. Wil men dus in boogminuten rekenen, dan is

$$\xi' = X' \left(\cos \delta_o - \frac{Y'}{3438} \sin \delta_o \right) ,$$

$$\eta' = Y' - \frac{\sin 2\delta_o}{4.\ 3438} X$$

Standaardcoördinaten der vergelijkingssterren.

De catalogus, passend bij de U gegeven plaat, heeft betrekking op één bepaalde zone van 2° in deklinatie; op alle opnamen heeft het centrum der plaat dus dezelfde deklinatie δ_o. Voor de beschrijving zijn de opnamen gerangschikt naar de rechte klimming α_o van het spectrum der plaat.

Zoek de clichébeschrijving van de plaat die U bewerkt. Alleen de helderste sterren zijn daarin gecatalogiseerd; de vergelijkingssterren zijn vet gedrukt. De hier gebruikte coördinaten zijn de cartesische coördinaten der sterren op de plaat. Tussen de catalogus en de plaat vindt U merkbare afwijkingen te wijten aan de precessie. Deze catalogus zullen we niet gebruiken.

1. Aan het eind van de lijst vindt U nogmaals de gebruikte vergelijkingssterren, in de zelfde volgorde, maar ditmaal met hun preciese α en δ , door meting met de meridiaankijker bepaald. Kies drie dezer vergelijkingssterren, niet al te helder en niet te dicht op elkaar, en maak nu een tabel, waarin U voor elk dezer sterren opschrijft:
   α ; δ (merk op dat bij de opgaven van α het aantal uren weggelaten is, daar α nooit meer dan 4 tijdminuten van α_o verschillen kan).
   $X = \alpha - \alpha_o$ (α_o en δ_o zoals boven de plaat aangegeven.)
   $Y = \delta - \delta_o$
   X' ; Y' (met boogmin. als eenheid en in decimale breuken)
   η ; ξ (zie hoger; zijn de korrektietermen niet te verwaarlozen?)

Dit zijn de standaardcoördinaten, waarmede nu verder gewerkt zal worden.

Berekening van de constanten der plaat.

In werkelijkheid is niet voldaan aan de eisen, opgesomd bij de invoering der standaardcoördinaten; ook is nooit de schaal geheel gelijk aan de afgesprokene. Daardoor worden de werkelijke coördinaten x en y. Men kan nu bewijzen dat met grote benadering:

$$\xi - x = a + bx + cy; \quad \eta - y = d + ex + fy.$$

2. Uit meting van x en y voor de 3 vergelijkingssterren zijn dus 3 paar vergelijkingen te halen, en de constanten a, b, ... te berekenen. De meting van x en y hoort te geschieden met een meetmicroscoop. Wij gebruiken in plaats daarvan een gewoon millimeterschaaltje, dat we onder de loupe in 0,1 mm aflezen. De aflezingen geschieden voor elk der drie sterbeeldjes en worden gemiddeld; x en y worden uitgedrukt in boogminuten met behulp van de schaal die op de plaat aangegeven staat.

3. Stel de vergelijking op en bereken de constanten.

4. Omgekeerd kan men nu uit de gemeten coördinaten de α en δ ener onbekende ster afleiden. Kies een duidelijk herkenbare, maar niet te heldere ster; meet x en y; bereken ξ en η uit de hoger aangegeven vergelijkingen. Ga tenslotte over tot x en y, dan tot α en δ.

Litteratuur:

Smart:Spherical Astronomy (II E 113), ch.12.

A 22. DE BAAN VAN DE MAAN.

1. De Jakobsstaf

werd reeds gebruikt door de zeevaarders ten tijde van Columbus. Het uiteinde van de lange staaf wordt tegen Uw jukbeen aangedrukt, dicht onder het oog, en het dwarshout wordt verschoven tot het net de hoekafstand bedekt tussen de twee punten waarvan men de afstand wil bepalen. Met een klemschroef wordt het dwarshout eerst "zacht wrijvend" ingesteld; na de instelling wordt het iets vaster geklemd en leest men de hoek af op de schaal. Men vindt daar onmiddelijk de waarde θ, gegeven door

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{a}{b}.$$

Voor kleinere hoeken gebruikt men de korte zijde van het dwarshout (5 cm breed) waarbij de andere schaal past. Voor nog kleinere hoeken neemt men het andere, smallere uiteinde, en halveert alle getallen der ("kleine") schaal.

2. Meet op die wijze de afstand tussen enkele goed kenbare punten in het landschap. Elk punt wordt tenminste 3 maal gemeten, en men neemt het gemiddelde.

3. Meet enkele der volgende hoekafstanden aan de hemel:

van α Cygni tot β Cygni;
van Capella naar Aldebaran;
de zijde van de driehoek Albireo, Wega, Altair;
van α UMa naar de Poolster.

4. Meet zorgvuldig de afstand van de Maan tot aan 3 naburige sterren, (niet verder dan 30°). Corrigeer voor de straal der Maan($0,2^{\circ}$), en zet Uw resultaten uit op een Dierenriemkaart: het centrum der Maan bevindt zich in het snijpunt van 3 cirkelboogjes.

5. Herhaal deze meting een aantal dagen in de loop van een maand.
Teken de baan van de Maan.
Bepaal daaruit:

De duur der siderische maand;
de lengte van de stijgende en van de dalende knoop;
de helling van de baan t.o.v. de ekliptika.

6. Evenzo kan de baan ener planeet worden vastgelegd. Dit is bijv. interessant in het geval van Mars, vooral wanneer de planeet een lus beschrijft.

A 23. DE STAND DER PLANETEN IN HUN BAAN.

De banen der planeten zijn ellipsen die zeer weinig van een cirkel afwijken; ze kunnen benaderd worden door cirkels, waarvan het centrum zich op een kleine afstand van de zon bevindt. Daar de helling der baanvlakken klein is, kunnen we de banen zelf vervangen door hun projectie op het vlak der ekliptika. We zullen enkele dezer geprojecteerde banen tekenen, gebruik makend van de elementen der planetenbanen, die men achter in elk astronomieboek opgegeven vindt.

1. De Zon wordt in het midden van Uw papier afgebeeld.
Trek van uit dit punt een horizontale lijn naar rechts, de richting voorstellend naar het lentepunt. Ontleen aan de tabel voor Mars de lengte van de stijgende knoop, en trek de knopenlijn.

2. Trek evenzo de lijn die gericht is naar het perihelium, goed oplettend op de wijze waarop de "periheliumhoek" gedefinieerd is.

3. Neem als schaal: 5 cm = 1 astronomische eenheid. De afstand van het middelpunt van de ellips tot aan het brandpunt is c = ea (e = excentriciteit, a = halve lange as); ontleen e en a aan de tabellen, bereken a en c op de schaal der tekening. Bereken ook de kleine as b , en zie of de voorstelling der baan door een cirkel voldoende benaderd is (rekenen met kleine grootheden !). Bepaal wáár het middelpunt der Planetenbaan genomen moet worden.

$$b = a\sqrt{1-e^2} \simeq a\left(1-\tfrac{1}{2}e^2\right).$$

4. Trek nu de baan van Mars. Voluit getrokken wordt het gedeelte boven het vlak der ekliptika, het overige wordt gestippeld.

5. Teken evenzo de banen van de Aarde en van Eros.

6. Wat is de geocentrische lengte van de Zon op 21 Maart?
Wat is de heliocentrische lengte van de Aarde op 21 Maart ?

7. De plaats ener planeet in haar baan is bepaald door de hoek (Perihel. - Zon - Planeet) = ware anomalie, welke niet veel verschilt van de middelbare anomalie (die de planeet zou hebben, als ze overal in haar baan dezelfde hoeksnelheid behield).
Gegeven zijnde dat Mars op 18 XI 1952 door zijn perihelium ging, bereken de middelbare anomalie voor vandaag (tabellen van Juliaanse dagen gebruiken !) in graden. Om van deze over te gaan tot de ware anomalie, voegt men de middelpuntsvereffening toe, welke hieronder is gegeven.
Wanneer moet zij positief, wanneer negatief gerekend worden?
Bereken tenslotte de heliocentrische lengte der planeet op de gevraagde datum en teken haar positie.
Waar bevindt zich op dezelfde datum de Aarde?

Uitbreiding.

1. Meet in Uw tekening de geocentrische lengte van Mars en zoek in een ster-atlas in welk sterrebeeld wij dan de planeet zien.

2. De heliocentrische breedte der planeet is met voldoende benadering:

$$\beta = i \sin (\lambda - \lambda_{\Omega}) \qquad \text{Waarom?}$$

De geocentrische breedte volgt uit de overweging, dat de planeet op een afstand r van de Zon βr boven of beneden het vlak der ekliptika staat. Is dus A de afstand Aarde - planeet, dan is de geocentrische breedte:

$\beta \frac{r}{A}$. Meet op Uw tekening $\frac{r}{A}$ en bereken de geocentrische breedte.

Vergelijk met de ekliptika kaart.

3. Onder welke hoek zien we het grensvlak licht-donker op Mars ? Teken de schijf zoals zij er vandaag uitziet, met de juiste ellipsvorm van de terminator.

4. In 1952 grijpt een Mars oppositie plaats, waarin we Mars dicht naderen in welke tijd van het jaar zal dit zijn? In welk sterrenbeeld bevindt zich Mars dan ?

Middelb. Anomalie	0°;	10°;	20°;	30°;	40°;	50°;	60°;	70°;	80°;	90°.
Mpt. vereffening in graden:										
Mars	0,0;	2,1;	4,1;	5,9;	7,5;	8,8;	9,8;	10,4;	10,7;	10,6.
Aarde	0,0;	0,3;	0,7;	1,0;	1,2;	1,5;	1,7;	1,8;	1,9;	1,9.
Venus	0,0;	0,1;	0,3;	0,4;	0,5;	0,6;	0,7;	0,7;	0,8;	0,8.

Middelb. Anomalie	100°;	110°;	120°;	130°;	140°;	150°;	160°;	170°;
Mpt. vereffening in graden:								
Mars	10,2;	9,6;	8,7;	7,6;	6,3;	4,8;	3,3;	1,7.
Aarde	1,9;	1,8;	1,6;	1,4;	1,2;	0,9;	0,6;	0,3.
Venus	0,8;	0,7;	0,7;	0,6;	0,5;	0,4;	0,3;	0,1.

Litteratuur:
Grafiek "de Planeten", achter in de Sterrengids.

A 24. DE BAAN VAN EEN PLANETOIDE.

Wij zullen bij wijze van oefening de methode toepassen volgens welke Kepler de baan van Mars bepaalde. De moderne methode van Gauss en anderen vereisen veel meer rekenwerk. Aan de kleine planeet Amphitrite werden de volgende waarnemingen gedaan:

Publicatie	Datum	Jul. Dag	α	δ
5297	11-1-1923	242 3431	$10^h\ 50^m$	+ 13° 0
A.N. 5352	10-5-1924	3916	17 0	- 31° 7
5418	15-8-1925	4378	0 46	+ 4° 6
5588	10-2-1927	4922	9 43	+ 19° 8
5625	14-6-1928	5412	15 47	- 29° 2
5704	18-9-1929	5873	23 41	- 2° 1
5866	19-3-1931	6420	8 35	+ 23° 7
6020	18-10-1933	7364	22 31	- 9° 2

1. Herleid met behulp ener ekliptikakaart deze coördinaten tot geocentrische lengte (λ) en breedte (β). Werk zo nauwkeurig mogelijk. Het is niet nodig de (schijnbare) baan te tekenen.

2. Bepaal de omloopstijd van de kleine planeet. Onderzoek hiertoe op welke ogenblikken zij door haar knoop is gegaan, en welke interval tussen twee achtereenvolgende doorgangen door éénzelfde knoop ligt. Haal dit uit de waarnemingen, (1),(4),(7); (2), (5), enz. door het ogenblik te bepalen waarop $\beta = 0$. Het zal nu duidelijk zijn waarom wij juist de waarnemingsdagen hebben gekozen, welke hier opgegeven zijn.

3. Teken op een blad papier een cirkel met een straal van 3 cm, die de aardbaan voorstelt. Het punt Aries ligt rechts. Zoek in een almanak de geocentrische lengte van de Zon op elk der 8 waarnemingstijden, en teken de overeenkomstige standen van de Aarde.

4. Groepeer de waarnemingen zo, dat drie daarvan telkens een of twee omloopstijden uit elkaar liggen, dus betrekking hebben op éénzelfde stand der kleine planeet, gezien van uit twee verschillende posities van de Aarde. Trek de waarnemingsrichtingen en bepaal drie standen der kleine planeet.

5. Trek een cirkel door de drie aldus bepaalde standen: het is de baan der kleine planeet.

6. Leid uit Uw tekening af: $\underline{a}$ en $\underline{e}$; ruwe schatting voor π. Uit $\underline{a}$ kunt U de omloopstijd berekenen met Kepler's 3^e wet; vergelijk de uitkomst met § 2.

7. Bepaal nog de "lengte" van de klimmende knoop en het ogenblik waarop de planeet door haar perihelium ging.

8. Leid uit de waarnemingen $\underline{i}$ af, u herinnerd dat

$$\text{helioc. breedte} = i \sin (\lambda - \lambda_{\Omega});$$

$$\text{geoc.} \quad ,, \quad = \frac{r}{\Delta} \text{. helioc. breedte .}$$

A 25. <u>DE BEREKENING DER GEOCENTRISCHE COORDINATEN VAN EEN PLANEET.</u>

Elementen voor 1956:			Mars	Aarde
	Ω	=	$49^\circ 13'$	———
	i	=	1° [illegible]	———
	π	=	$335^\circ 15'$	$102^\circ 11'$
	a	=	1,52369	1,000
	e	=	0,0934	0,0167
Periheliumdoorgang:			21 aug. 1956.	$\varepsilon = 23^\circ 27'$

Wij berekenen de geocentrische coördinaten van Mars voor dezelfde datum waarop proef A 23 betrekking heeft, en op de wijze welke op het college Algemene Sterrekunde uiteengezet is. Alle berekeningen worden in 4 decimalen onafhankelijk van elkaar uitgevoerd, door elk der twee samenwerkenden, en dan na elke stap gecontroleerd. Van groot belang is het ordelijk en overzichtelijk uitvoeren van alle bewerkingen. De nodige formules staan op de volgende bladzijde.
Bepaal achtereenvolgens voor Mars:

M (Reeds bekend bij het tekenen der Marsbaan; daarvan over te nemen: sedert laatste perihelium-doorgang zijn .... dagen verlopen)

E (Reeks ontwikkeling naar M); wat er aan M toe te voegen is, berekene men in radialen, zette het om in graden en voege het dan bij M.

v (Reeks ontwikkeling naar M).

r (Uit E en a).

Aequatoriale heliocentrische coördinaten van Mars.

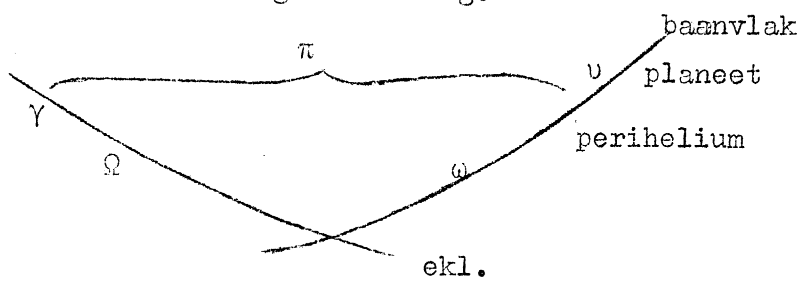
We berekenen vooreerst de constanten van Gauss: a, A; b, B; c, C; Ieder groepje samenwerkende studenten berekent één dezer paren. Nu becijfert men achtereenvolgens:

$$\omega = \pi - \Omega \text{ ; en daaruit } A', B', C'; x_4, y_4, z_4.$$

Een dergelijke berekening zou men nu ook voor de aarde moeten uitvoeren. De coördinaten x_A, y_A, z_A, worden dan van teken omgekeerd en zijn dan de geocentrische coördinaten der Zon. Deze vindt men kant en klaar in de Nautical Almanac.

Geocentrische coördinaten:

$X, Y, Z,$	voor de Zon (te ontlenen aan de N.A.)
$\xi \quad \eta \quad \zeta$	voor de planeet.
$\alpha \quad \delta \quad \Delta$	voor de planeet. Vergelijk met de Planetary Coördinates, en bepaal de afstand tussen de door U berekende richting en het resultaat der nauwkeurige storingsberekening.



Litteratuur:

Smart: Spherical Astronomy (II E 113), ch. 5.

$$E = M + e \sin M + \frac{e^2}{2} \sin 2M + \ldots..$$

$$v = M + 2e \sin M + \frac{5}{4} e^2 \sin 2M + \ldots..$$

$$r = a\,(1 - e \cos E).$$

$$a \sin A = \cos \Omega$$
$$a \cos A = - \sin \Omega \,.\, \cos i$$

$$b \sin B = \sin \Omega \,.\, \cos \varepsilon$$
$$b \cos B = \cos \Omega \,.\, \cos \varepsilon \,.\, \cos i - \sin i \,.\, \sin \varepsilon$$

$$c \sin C = \sin \Omega \,.\, \sin \varepsilon$$
$$c \cos C = \cos \Omega \,.\, \cos i \,.\, \sin \varepsilon + \sin i \,.\, \cos \varepsilon$$

Men berekene eerst a, daarna vindt men twee waarden voor A met de eerste vergelijking; met de tweede beslist men.
Evenzo voor b, B en c, C.

$$A' = A + \omega \qquad x_4 = ra \sin (A' + v) \qquad x_A = r.\cos (\pi + v)$$
$$B' = B + \omega \qquad y_4 = rb \sin (B' + v) \qquad y_A = r.\cos \varepsilon \;.\; \sin (\pi + v)$$
$$C' = C + \omega \qquad z_4 = rc \sin (C' + v) \qquad z_A = r.\sin \varepsilon \;.\; \sin (\pi + v)$$

$$X = - x_A \qquad \xi = X + x_4 \qquad \xi = \Delta \;.\; \cos \delta \;.\; \cos \alpha$$
$$Y = - y_A \qquad \eta = Y + y_4 \qquad \eta = \Delta \;.\; \cos \delta \;.\; \sin \alpha$$
$$Z = - z_A \qquad \zeta = Z + z_4 \qquad \zeta = \Delta \;,\; \sin \delta$$
$$\Delta^2 = \xi^2 + \eta^2 + \zeta^2$$

A 26. HET 3 LICHAMEN-VRAAGSTUK.

Terwijl dit vraagstuk in zijn algemeenheid tot de allermoeilijkste behoort, is vrijwel ieder bijzonder geval gemakkelijk oplosbaar met behulp van stapsgewijze numerieke integratie.
We beproeven deze methode voor het volgende probleem:

Een dubbelster bestaat uit twee gelijke componenten I en II, die om hun gemeenschappelijk zwaartepunt wentelen.
Een even zware enkelvoudige ster III komt uit de verte aan en gaat vrij dicht voorbij de dubbelster. Welke storingen treden op? Zal één der componenten van de dubbelster meegesleept worden? (Ontstaan van het zonnestelsel volgens Lyttleton!)

Vereenvoudigde veronderstellingen:
De drie lichamen bewegen in één vlak.
Stel de massa's m_1, m_2, m_3.
Stel hun afstanden: r_1 tussen II en III.
r_2 tussen I en III.
r_3 tussen I en II.

Volgens Newton zijn de krachten, die op de ster I werken:

$$f.\frac{m_1m_2}{r_3^2} \quad \text{en} \quad f.\frac{m_1m_3}{r_2^2}$$

welke krachten samengesteld kunnen worden.
We ontbinden ze volgens de coördinaatassen:

$$m_1x_1 = f.\frac{m_1m_2}{r_3^2}\;.\;\frac{x_2 - x_1}{r_3} + f.\frac{m_1m_3}{r_2^2}\;.\;\frac{x_3 - x_1}{r_2}$$

$$m_2x_2 = f.\frac{m_1m_2}{r_3^2}\;.\;\frac{x_1 - x_2}{r_3} + f.\frac{m_3m_2}{r_1^2}\;.\;\frac{x_3 - x_2}{1}$$

enz. waarbij de grootheden r altijd positief te rekenen zijn. Aangezien de massa's even groot zijn, kunnen we bij geschikte keuze van de eenheden stellen:

$$fm_1 = fm_2 = fm_3 = 1.$$

De vergelijkingen worden dan:

$$\ddot{x}_1 = \frac{x_2 - x_1}{r_3^3} + \frac{x_3 - x_1}{r_2^3} \qquad \ddot{y}_1 = \frac{y_2 - y_1}{r_3^3} + \frac{y_3 - y_1}{r_2^3}$$

$$\ddot{x}_2 = \frac{x_1 - x_2}{r_3^{\,3}} + \frac{x_3 - x_2}{r_1^{\,3}} \qquad \ddot{y}_2 = \frac{y_1 - y_2}{r_3^{\,3}} + \frac{y_3 - y_2}{r_1^{\,3}}$$

$$\ddot{x}_3 = \frac{x_1 - x_3}{r_2^{\,3}} + \frac{x_2 - x_3}{r_1^{\,3}} \qquad \ddot{y}_3 = \frac{y_1 - y_3}{r_2^{\,3}} + \frac{y_2 - y_3}{r_1^{\,3}}$$

1. Bekijk zorgvuldig de vorm dezer vergelijkingen en prent ze U in, om vergissingen bij het rekenen te voorkomen.
2. Kies de beginvoorwaarden:

   $x_1 = -1$ $\quad y_1 = 0$ $\quad \dot{x}_1 = \dots.$ $\quad \dot{y}_1 = \dots.$

   $x_2 = +1$ $\quad y_2 = 0$ $\quad \dot{x}_2 = \dots.$ $\quad \dot{y}_2 = \dots.$

   $x_3 = +(2)$ $\quad y_3 = 10$ $\quad \dot{x}_3 = 0$ $\quad \dot{y}_3 = (2)$

   Bij de stippels vulle men zelf de snelheden in, die vereist zijn om de dubbelster in cirkelbanen te doen lopen. De grootheden tussen () kunnen naar smaak iets gewijzigd worden.
3. Breng de 3 lichamen in tekening; 1 lengte-eenheid is 1 cm.
4. We maken nu een systematische tabel, waardoor de banen gevolgd kunnen worden, opklimmend met $\Delta t = 1$.
5. Meet op de tekening r_1, r_2, r_3, bereken $r_1^{\,3}$, $r_2^{\,3}$, $r_3^{\,3}$. Bereken de twee termen, waaruit $\ddot{x}$ bestaat, dan $\ddot{x}_1$, enz. tot de 6 versnellingen bekend zijn op $t = 0$.

   Contrôle: Op elk ogenblik moet $\Sigma \ddot{x} = 0$; $\Sigma \ddot{y} = 0$.

   Dit komt omdat de termen twee aan twee gelijk zijn, maar van tegengesteld teken. Het rekenwerk is door deze opmerking tot de helft teruggebracht.
6. Bereken de 6 snelheden op $t = \frac{1}{2}$, aannemend dat de versnellingen tussen $t = 0$ en $t = \frac{1}{2}$ nog practisch dezelfde zijn als bij $t = 0$.

   Dus $(\dot{x}_1)_{t=\frac{1}{2}} = (\dot{x}_1)_{t=0} + \frac{1}{2}(\ddot{x}_1)_{t=0}$; enz.
7. Bereken de 6 coördinaten op $t = 1$, aannemend dat de snelheden tussen $t = 0$ en $t = 1$ voortdurend die waren, welke voor $t = \frac{1}{2}$ gelden.

   Dus $(x_1)_{t=1} = (x_1)_{t=0} + (\dot{x}_1)_{t=\frac{1}{2}}$

   Breng de stand der drie lichamen in tekening $t = 1$.
8. Meet r_1, r_2, r_3. Herhaal verder de bewerkingen nr. 5 - 7, en volg de banen zolang als de resultaten interessant zijn. In de gehele berekening worden steeds twee decimalen meegenomen, niet meer. Alle berekeningen kunnen uit het hoofd of met de bovenste schalen van de rekenliniaal uitgevoerd worden.
9. Trek de banen vloeiend door de opeenvolgende berekende posities; gebruik hiervoor verschillend gekleurde inkt. Vergelijk met de tekening van andere, die uit gewijzigde beginvoorwaarden verkregen zijn.

<u>Uitbreiding.</u>

10. De berekeing is niet geheel nauwkeurig, daar we hebben aangenomen, dat de versnelling bij <u>t</u> onveranderd blijft werken tot <u>t</u> + $\frac{1}{2}$. Het is mogelijk hiermee voldoende rekening te houden door opeenvolgende benaderingen. Aldus krijgt men de methode der <u>numerieke integratie</u>. Ook voor de vakman blijft verwonderlijk, hoe snel deze methode convergeert.

11. Indien het dubbelsterrenstelsel niet al te sterk gestoord is, is het interessant de baan van het zwaartepunt van dit stelsel te berekenen, en de banen der componenten t.o.v. dit (onbewegelijk gedachte) punt. Deze banen gaan over in ellipsen.

12. Als $m_2 = m_1$ zijn de ellipsen van beide componenten identiek, het is dus voldoende om één van hen te bepalen. Zet de berekening van de banen der (oude of nieuwe) dubbelstercomponenten nog voort gedurende enkele tijdseenheden (bijv.10) na afloop van de storing. Teken dit deel van de baan van één der componenten t.o.v. het gemeenschappelijk zwaartepunt Z als oorsprong. U vindt een ellipsboog met Z als brandpunt. Bepaal snelheid en voerstraal op een zelfde tijdstip t_1 en bereken de grote as der kegelsnede uit:

$$v^2 = f.\frac{m_1 + m_2}{8}.\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)$$

Daarbij is v^2 uit uw berekening af te leiden volgens

$$v^2 = \dot{\xi}_1^2 + \dot{\eta}_1^2, \text{ waarbij } \begin{aligned} \dot{\xi}_1 &= 1/2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \\ \dot{\eta}_1 &= 1/2(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) \end{aligned}$$

13. De richting van de apsidenlijn (lange as van de ellips) wordt geometrisch vastgelegd; dit probleem komt neer op het bepalen van het tweede brandpunt F_2. Trek hiertoe een raaklijn aan een punt P van de baan. De helling van deze raaklijn is gelijk aan $\dot{\xi}_1 / \dot{\eta}_1$. De verbindingslijn F_2P maakt met deze lijn een even grote hoek als de lijn F_1P. F_2 wordt gevonden met behulp van de formule

$$r_1 + r_2 = 2a.$$

Aldus zijn de twee brandpunten, de grote as, de excentriciteit en dus ook de kleine as vastgelegd. Schets de ellips.

14. De periode van beweging is evenredig met $a^{3/2}$ (Harmonische wet van Kepler); vergelijk met behulp van deze wet de omloopstijd voor de storing met de omloopstijd na de storing.

15. IJk de verkregen tekening. Neem voor de straal der dubbelsterbanen de plausibele waarde 10^{14} cm. Dan wordt onze lengte-eenheid 10^{14} cm. Ook weten we dat $f = 6,7.10^{-8}\ cm^3.\ g^{-1}.\ sec^{-2}$. Met $m = 10^{33}$ gram, zou $fm = 6,7.10^{25}\ \frac{cm^3}{sec^2}$ worden, terwijl we hadden geeist: $fm = 1$.

We krijgen overeenstemming, indien de lengte-eenheid is 10^{14} cm en de tijdseenheid $= 1,2\ .10^8$ sec = 4 jaar, want in die eenheden wordt fm =

$$10^{33}.\ 6,7\ .10^{-8}.\ \frac{1,4\ .10^{16}}{10^{42}} = 1.$$

__Litteratuur:__

Zumkley: A.N. 272, 66, 1941.

A 27. GRAFIEK ENER MAANSVERDUISTERING.

1. De aanstaande maansverduistering grijpt plaats op .... Zoek in de N.A. de rechte klimming van Zon en Maan, en bepaal het ogenblik der oppositie in G.M.T. (Nauwkeurigheid 1 uur).

2. Neem als oorsprong O van een rechthoekig coördinatenstelsel de stand van het middelpunt der aardschaduw op het ogenblik van de oppositie. De tekening wordt in onze gedachten zo bewogen, dat O voortdurend op dit middelpunt gericht blijft. Op de verticale deklinatie-as zetten

we het centrum der Maan op het ogenblik der oppositie, en gaan nu verder tekenen <u>hoeveel de Maan op der schaduw der Aarde wint.</u>

3. Zoek hiertoe in de N.A. hoeveel de rechte klimming der Maan en der Zon veranderen tussen twee uur voor en twee uur na de eclips. Maak het verschil en herleid dit tot boogminuten, bedenkend dat bij de deklinatie een tijdmin overeenkomt met een boog van 15' . cos δ. Geef in Uw grafiek aan hoeveel de Maan in rechte klimming gewonnen heeft t.o.v. de aardschaduw, bij -2 u, -1 u, +1 u en +2 u na de oppositie

4. Herhaal hetzelfde voor de deklinatie. Bedenk daarbij, dat de deklinatie van de aardschaduw stijgt als die der Zon daalt en omgekeerd.

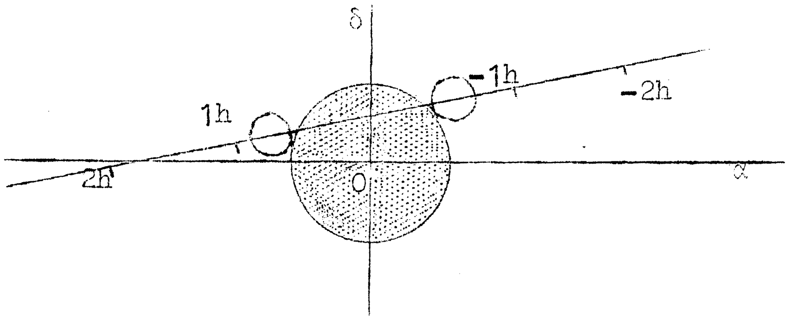
5. Teken nu de baan van het maancentrum in ons coördinatenstelsel. Is het een rechte lijn?

6. Als straal van de aardschaduw in hoekmaat neme men: straal aardschaduw = horizontale maansparallaxe + zonsparallaxe - straal der Zon (in hoekmaat). (Vgl. Young, nr. 367 en 372). De nodige getallen vindt men in de N.A. Trek om de oorsprong een cirkel met de juiste straal, die de aardschaduw voorstelt.

7. Trek vanuit het midden der aardschaduw boogjes met straal = straal aardschaduw + maanstraal, die de baan der Maan snijden en aangeven waar het centrum der Maan zich bevindt bij eerste en laatste contact. Teken de maanschijf op deze twee ogenblikken. Teken op dergelijke wijze de maanschijf bij begin en einde der totaliteit.

<u>Uitbreiding.</u>

8. Lees de stand af van het centrum der Maan op de 4 beschouwde momenten, en bereken op welke ogenblikken G.M.T. de contacten plaats grijpen; herleid tot Nederlandse tijd. Meet met een gradenboog bij welke positiehoeken zich de aanrakingspunten van de maanschijf met de aardeschaduw bevinden. Maak een overzichtelijke tabel van Uw uitkomsten en vergelijk die met de gegevens van een almanak.



A 28. <u>WAARNEMING VAN EEN PARTIELE ZONSVERDUISTERING.</u>

De bedoeling is het ogenblik der contacten zo goed mogelijk te bepalen. Dit lukt het best uit metingen van de contactkoorde. Men make zich vertrouwd met de kijker, waarmee de waarneming uitgevoerd zal worden. De "losse" kijkers worden op een vrije waarnemingsplaats (het platte dak bij de hut der zonnewaarnemingen of het dak van de bibliotheek) opgesteld, zodanig, dat men de verduistering tot het einde kan volgen. De plaats der Zon is op dat ogenblik bepaald door:

uurhoek = ...   deklinatie = ...
azimuth = ...   hoogte = ...

De parallaktische kijkers worden op de juiste wijze opgesteld, zodat tijdens de waarnemingen slechts de uurhoek hoeft worden bijgeregeld.
Van te voren wordt het zonsbeeld scherp op het scherm afgebeeld; men verandere hieraan tijdens de waarneming niets, opdat de afmeting van het zonsbeeld constant blijft. Bepaal de middellijn door enkele metingen in verschillende richtingen. Men zorge ervoor, b.v. door een of meer concentrische cirkels op het scherm te trekken, dat het zonsbeeld steeds vrijwel centraal t.o.v. de kijkeras gevormd wordt. Een radiële vervorming van het zonsbeeld heeft dan geen invloed op de metingen.

De methode volgens dewelke de koorde zal worden gemeten, oefene men van tevoren aan zijn eigen kijker, door middel van metingen van de zonsmiddellijn of van het gedeelte van een lijn op het scherm, waarvan het <u>bewegend</u> zonsbeeld een koorde van veranderlijke lengte uitsnijdt.

De chronometer wordt voor en na de eclips met de Hohwü vergeleken. Met behulp van de korrekties kunnen dan alle tijden in M.E.T. of G.M.T. omgezet worden.

Ga na op welke tijd, door Uw chronometer aangegeven, gij het eerste contact kunt verwachten.
Houd alle verdere benodigdheden gereed: papier en potlood, mm-papier met passende schaalverdeling of steekpasser.

1. <u>De Waarneming</u>. Let op tegen het tijdstip van eerste kontakt. Tracht het tijdstip van eerste kontakt waar te nemen.
2. Bepaal een aantal malen dicht na het eerste kontakt (bijv. met tussenpozen van ongeveer 20 sec. gedurende 10 minuten) de lengte van de koorde (in 0,1 of 0,25 mm.), terwijl Uw maat bij iedere meting de tijd (op minstens 0,5 sec. nauwkeurig) afleest.
3. Bepaal de maximale lengte van de koorde uit enige metingen (koordemetingen <u>en</u> tijd) omstreeks het midden van de eclips (.........)
4. Herhaal de metingen onder 2 genoemd, tegen het einde van de eclips.
5. Neem het tijdstip van laatste kontakt waar.

Methode der koordemeting naar verkiezing:

a) met een schaal op mm-papier.

b) met een steekpasser.

Men kan òf de lengte van de koorde volgen en op een ogenblik, waarop men van zijn aflezing zeker is, het teken "Stop" aan zijn chronometerpartner, òf kan telkens van te voren een afstand op mm-papier of tussen de punten van de steekpasser aanbrengen en het moment aangeven, waarop de koorde deze lengte bereikt heeft. Voor deze laatste methode raadplege men de algemene grafiek, die het verband tussen de tijd en de koordelengte aangeeft.

<u>Bewerking</u>.

Voorlopig wordt gewerkt met de direkt afgelezen, niet omgerekende tijden; de koordelengten worden gewoon in mm uitgedrukt.
Neem aan dat de middellijnen $\underline{2r}$ van Zon en Maan gelijk zijn, en dat de Maan eenparig beweegt volgens $\overline{PM}$. Op elk ogenblik is:

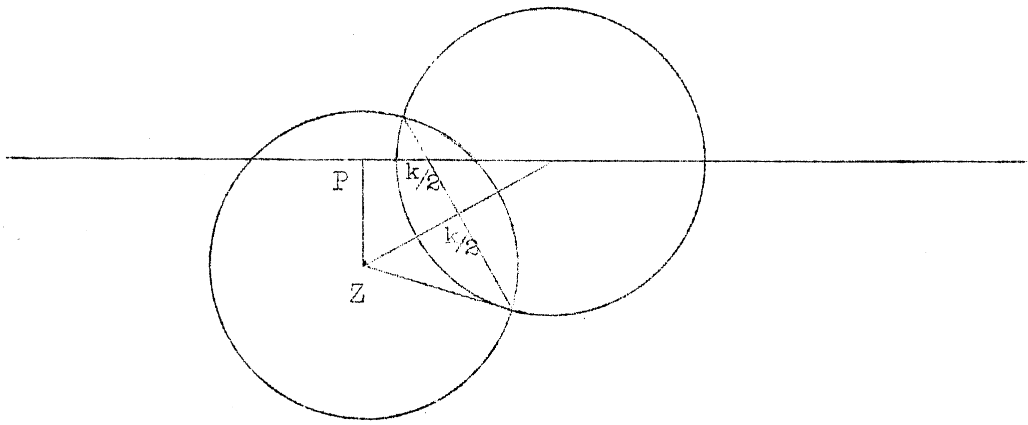
$$\overline{PM}^2 = \overline{ZM}^2 - \overline{ZP}^2 = 4\overline{ZN}^2 - \overline{ZP}^2 = 4r^2 - k^2 = \overline{ZP}^2$$

De afstand PM is evenredig met de tijd t, indien we $t = 0$ stellen op het ogenblik dat de middelpunten elkaar zo dicht mogelijk genaderd zijn.

6. Schrijf dus $t = A\sqrt{B^2 - k^2}$, en kies de constanten zo dat B = de maximale waarde van k (Voor $k = B$ wordt $t = 0$); $A.B$ = helft van de tijd tussen eerste en laatste aanraking (bij aanraking is $k = 0$).
   Deze gegevens zijn bij benadering uit Uw waarneming (1), (3), en (5) te halen.

7. Uit elke koordmeting is nu het ogenblik der laatste aanraking te berekenen:
   $$t_{k-0} - t = A\left(B - \sqrt{B^2 - k^2}\right)$$

8. De gevonden waarden verlopen meestal een weinig; zet die uit tegen de waarnemingstijd, en bepaal naar welk tijdstip de berekende kontakttijd konvergeert. Reken om op G.M.T.



Litteratuur:

M. Minnaert, Hemel en Dampkring 27, 373, 1929.

Tijd	k	k^2	B^2-k^2	$\sqrt{B^2-k^2}$	$B - \sqrt{B^2-k^2}$	$t + A(B - \sqrt{B^2-k^2})$
......	0					
......	......	......	......	......	....	....
......	......	......	......	......	....	....
......	......	......	......	......	....	....
......	k_{max}	......	......	......	....	....
......	......	......	......	......	....	....
......	......	......	......	......	....	....
......	......	......	......	......	....	....
......	0					

gemiddeld: $t_{k=0}$ = ...

= .... GMT

A 29. HET BEPALEN VAN EEN METEOORBAAN

Sedert 1943 worden in Nederland meteoorwaarnemingen georganiseerd door de "Werkgroep Meteoren van de Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrekunde", die in samenwerking met Belgische waarnemers een eigen blaadje uitgeeft: "De Meteoor". Een aspekt van het werk van deze groepen is het bepalen van de ligging van een meteoorbaan ten opzichte van het aardoppervlak uit gelijktijdig gedane waarnemingen. Deze berekening zal vanavond in een iets vereenvoudigde vorm gemaakt worden met behulp van een drietal waarnemingen van een meteoor.

De gegevens.
De meteoor werd waargenomen op 19 april 1944, te 21.18 uur U.T. door vier waarnemers in drie stations. De rechte klimmingen en declinaties van begin- en eindpunten der banen zijn reeds omgezet in hoogte h en azimut A ter vereenvoudiging van het rekenwerk.

waarnemer		W.J.Claas	C. de Jager	J. van Diggelen	S.v.den Bergh.
waarnemingspost		Utrecht	Utrecht	Weesp	Wassenaar
	x	-17,7	-17,7	-23,6	-70,4
	y	- 7,7	- 7,7	+17,2	- 2,4
beginpunt	α	14^h41^m	14^h36^m	15^h01^m	15^h46^m
	δ	74°	70°	70°	58°
eindpunt	α	4^h01^m	4^h06^m	11^h02^m	16^h20^m
	δ	74°	77°	64°	57°
beginpunt	h_b	61°	63°	60°	55°
	A_b	205°	212°	213°	235°
eindpunt	h_e	43°	46°	78°	50°
	A_e	159°	$161^\circ,5$	$164^\circ,5$	234°
schatting van tijdsduur		0,4 sec	0,5 sec	0,3 sec	0,3 sec

De x en y coordinaten van de waarnemingsposten zijn uitgedrukt in km t.o.v. Amersfoort als nulpunt. Al onze berekeningen worden gemaakt t.o.v. een vlak dat in Amersfoort aan de aarde raakt. We stellen eenvoudigheidshalve dat de z coordinaten der waarnemers 0 zijn.

1. Zet de drie waarnemingsposten W_1, W_2 en W_3 uit op een blad grafiekenpapier (Wassenaar zoveel mogelijk links, Utrecht zoveel mogelijk onderaan; 1 km = 2 mm). Trek de vier azimutlijnen naar het eindpunt. Het eindpunt E ligt boven het zwaartepunt E' van de snijpunten dezer lijnen.
2. Bepaal voor ieder der drie waarnemingen de hoogte E'E van het eindpunt in km, gebruikmakend van de drie afstanden W_1E', W_2E'. W_3E' en van de drie hoogtehoeken h_e. Bepaal de gemiddelde waarde van EE'. Dit is de hoogte van het eindpunt boven het raakvlak van Amersfoort.
3. Het beginpunt kan op deze wijze niet bepaald worden (waarom niet?). We volgen daarom een andere methode om de baan vast te leggen. Teken eerst de drie meteoorbanen in een gnomonische sterrekaart, met behulp van de Norton atlas, of met de α-δ schaal in de omtrek van de kaart. Bepaal de radiant van de meteoor. Lees met behulp van een sterrenatlas α en δ van de radiant af.

4. Bereken nu uit α en δ de hoogte h_r en het Azimut A_r van de radiant. Werk op graden nauwkeurig met Uw rekenlineaal. Trek vanuit de projektie E_1 van het eindpunt de azimutlijn naar de radiant. Dit is de projektie van de meteoorbaan.
5. Voor ieder waarnemingsstation wordt het beginpunt van de baan bepaald door de azimutlijnen W_1BI', ... enz. te trekken. Bestaat er verband tussen de opgegeven tijdschattingen en de waargenomen baanlengten?

formules:

$$t = \Theta - \alpha$$
$$\sin h = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t$$
$$\sin A = \cos\delta \sin t \,/\, \cos h$$

Amersfoortse sterretijd op het ogenblik van waarneming:

Θ = GST $+ 21^m 33^s = 11^h 31^m$

breedte van Amersfoort:

$\varphi = 52^\circ 9'$.

A 30. WAARNEMING VAN PLANETEN DOOR DE KIJKER.

Het interessantst zijn Venus, Mars, Jupiter, Saturnus. Deze planeten zijn het best waarneembaar als ze niet te laag aan de hemel staan en als ze zich dicht bij de Aarde bevinden.

1. Onderzoek vooreerst de opstelling van de kijker, waarmede U zult waarnemen. Hoe kan hij bewogen worden? Hoe wordt gefocusseerd? Is er een zoekertje?

2. Kies een goed waarneembare planeet, en onderzoek die met een zwakvergrotend oculair. Teken het gehele veld in een cirkel van 8 cm middellijn, met eventuele satellieten en achtergrondsterren. Deze schets moet rechtstreekse aan de kijker gemaakt worden en mag later niet meer gewijzigd worden! Let op de verhoudingen en lichtsterkten.

3. Geef de oriëntering van Uw tekening aan. Let hiertoe op de richting der dagelijkse beweging, die alle hemellichamen van O naar W meevoert. Waar zijn nu Z en W? Schrijf bij Uw tekening: datum, tijd, naam van de kijker, vergroting.

4. Maak een tweede tekening bij sterke vergroting; het gezichtsveld wordt weer voorgesteld door een cirkel van 8 cm middellijn. Dit maal moeten alle waarneembare bijzonderheden van de planeet zelf zo goed mogelijk weergegeven worden. Voorzie ook deze tekening van alle aantekeningen zoals in par. 3.

5. Tracht ook nog Uranus of een der helderste planetoiden waar te nemen, gebruikmakend van de Nauti... Almanac en een sterre-atlas. Tekenen!

6. Identificeer de satellieten die U waargenomen heeft en zo mogelijk de achtergrondsterren, met behulp van de Nauticul Almanac en een sterre-atlas.

Litteratuur

Renseling: Astronomisches Handbuch (II D 190), blz. 152.
Plassmann: "Hevelius" (II D 199), blz. 344.

A 31. HET TEKENEN VAN HET MAAN-OPPERVLAK.

De bedoeling is met behulp van een zeer bescheiden kijkertje een algemeen overzicht te verkrijgen van de topografie van de Maan. Nabij Volle Maan gaat het vooral om de verdeling van de verschillende vlakten over het zichtbare oppervlak; de plaats van enige opvallende kraters en stralenstelsels. Nabij eerste of laatste kwartier komt het relief veel sprekender te voorschijn, maar men overziet slechts een gedeelte van het oppervlak.

Uw kijker wordt op zijn tafeltje parallaktisch opgesteld: het "volgen" vereist nu slechts draaien in één coördinaat. Zorg ervoor, het oculair zo scherp mogelijk op het beeld van de Maan in te stellen.

1. Begin eerst met "gewoon voor Uw genoegen" het beeld van de Maan te bekijken, te bewonderen en U in het algemeen te oriënteren. Pas daarna gaat U over tot tekenen.
2. Trek op een blad ongelijnd papier een cirkel van 15 cm middellijn. Oriënteer de randen van dit blad evenwijdig aan de richting der kruisdraden in Uw kijker (E W, N S). Verlicht Uw papier bij het tekenen met behulp van een zaklantaren(zuinig omgaan met de batterij!)

3. Begin met de omtrekken der vlakten lichtjes te schetsen. Vul deze nu in met arcering, beproevende enigszins de juiste toonwaarden benaderen.
4. Schets ten opzichte van de vlakten enkele der meest opvallende kraters. Nabij V.M. zijn deze dikwijls als heldere stipjes zichtbaar. Geef ook aan, welke stralenstelsels U ziet.
5. Vul de andere details aan die U met Uw kijkertje kunt waarnemen. Noteer op Uw tekening de richtingen E, W, N, S, dag en uur der waarneming, brandpuntafstand, objectiefmiddellijn, vergroting.
6. Begeef U nu naar de bibliotheek en vergelijk Uw tekening met een behoorlijke Maankaart. Ongetwijfeld zult U teleurgesteld zijn over Uw tekening. Het is bijzonder moeilijk, van zulke ongewone vormen een juiste indruk weer te geven. En toch helpt zulk een schets buitengewoon om U wegwijs te maken in de Maanlandschappen. Plaats kleine inktcijfertjes bij de voornaamste vlakten, en ontwerp een lijstje van hun namen. Doe hetzelfde voor de kraters enz. In geen geval moogt U de tekening nog wijzigen naar aanleiding van de Maankaart.
7. Sommige partijen, die niet voldoende tot hun recht gekomen zijn of die niet zeker geïndentificeerd zijn, zult U nog eens willen vergelijken met de werkelijkheid. Keer dus tot de kijker terug en corrigeer hier en daar. Kies een interressant gebied en tracht dit meer in bijzonderheden weer te geven.

A 32. DE VORMEN VAN DE MAANKRATERS.

U worden ter hand gesteld:

a) Twee sterk vergrote foto's van éénzelfde maankrater bij verschillende zonshoogte, uit de atlas van Weinek (Praag).

b) Het overeenkomstig gebied uit de "Atlas Topographique de la Lune" van de sterrenwacht te Parijs, met de daarbij passende systematische tekening op doorzichtig papier.

c) Een gewone maankaart of atlas, voor algemene orientering.

We nemen bij voorkeur opvallende, grote kraters, niet op grote breedte ($\beta < 30^\circ$), niet te dicht bij de terminator.

1. Bekijk de drie afbeeldingen. Identificeer de gebieden en vergelijk de strukturen. Geniet de weelde der details en de schoonheid der maanformaties.

2. Op de Weinek-foto, die we verder bewerken, vindt men onderaan de diameter van het maansbeeld. Vergelijk met de straal van de Maan: 1740 km en leid daaruit de ware diameter af van de krater, die wij onderzoeken. Om perspektivische verkorting te vermijden, mete men zo goed mogelijk loodrecht op de straal van de maan, die door het object gaat. (N.B. "10 Fuss" = 312 cm).

3. We zullen nu de hoogte van een berg berekenen uit de lengte van zijn schaduw. In de figuur zijn aangegeven: C = centrum der Maan;

A = centrum der maanschijf; T = terminator; V = voet van de berg; B = de bergtop; Z = het subsolaire punt; S = uiteinde der schaduw; de Zon heeft de selenografische lengte λ_o ; de berg heeft λ ; die van de andere punten is ook langs de straal aangegeven. Bij wassende maan is λ_o positief, bij afnemende maan negatief.

Men ziet direct dat de zonnestralen het maanoppervlak in S treffen onder een hoek:

$$BSV = ZOV' = \lambda + 90^\circ - \lambda_o$$

De schaduwlengte is dus:

$$SB = \frac{VB}{\sin BSV} = \frac{VB}{\sin(\lambda + 90^\circ - \lambda_o)}$$

$$= \frac{VB}{\sin(\lambda - \lambda_t)}$$

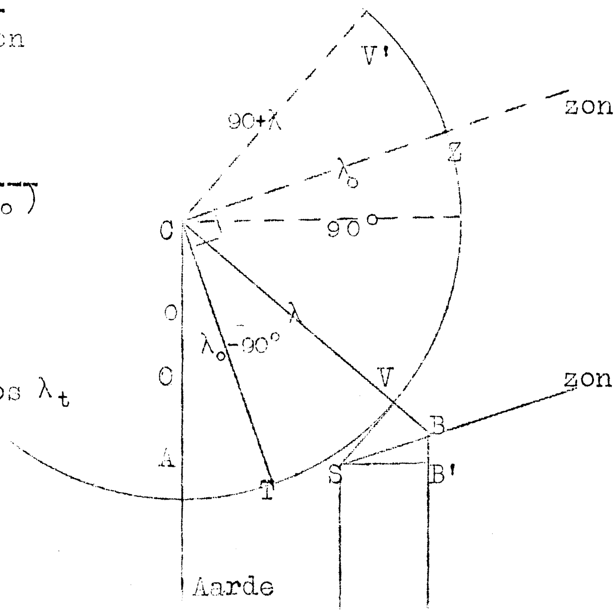
Zij wordt door ons in projektie waargenomen als:

$$SB' = SB \cos(\lambda_o - 90^\circ) = SB \cos \lambda_t$$

$$= VB \frac{\cos \lambda_t}{\sin(\lambda - \lambda_t)}$$

Tenslotte is de hoogte:

$$VB = SB' \frac{\sin(\lambda - \lambda_t)}{\cos \lambda_t}$$



(Wassende Maan)

Maak een schematische tekening voor de door U bewerkte foto, waarop de invalsrichting der zonnestralen en de ligging van de terminator aangegeven zijn.

Meet de schaduwlengte van verschillende details en bepaal de werkelijke hoogteverschillen

4. Herhaal dit op de andere foto en zie of de bepalingen overeenstemmen. Tracht een doorsnede op schaal van deze maankrater te tekenen.

Gebruik bij het uitzoeken van materiaal vooral XII A 24, tabellen blz. 10, 13 en 18 Atlas Weinek.

A 32. GEZICHTSBEGOOCHELINGEN BIJ HET WAARNEMEN VAN PLANETEN.

Bij waarnemingen van planeten tracht men de uiterste grens te bereiken van wat ons oog nog onderscheiden kan. Daarbij kunnen allerlei physiologische en psychologische faktoren het beeld vervalsen. Om de invloed daarvan te schatten is het van groot nut proeven met modellen te nemen, die onder dezelfde gezichtshoek worden waargenomen als de planeet door de kijker. Een model dat op dergelijke wijze getekend wordt als de planeet zelf, zal vermoedelijk de ware toestand van het planeetoppervlak zeer nabij komen.

Bij zulke subtiele waarnemingen moet elke suggestie volstrekt vermeden worden. Een ieder wordt dus dringend verzocht geheel zelfstandig te werken, zonder de tekening van anderen ook maar vluchtig te bekijken, en zonder één woord te spreken.

1. Achtereenvolgens worden verscheidene modellen nagetekend, zo gekozen, dat ze vanuit het midden van de zaal onder dezelfde hoek worden waargenomen als de planeet waarop ze gelijken, gezien door een 300 x vergrotende kijker. De omtrek van de tekening is al vooruit met een pas-

ser getekend, zodat de middellijn 8 cm wordt. Geef alle bijzonderheden en schaduwtinten weer die U bespeurt, ook al zijn ze op de grens van de waarnemingsmogelijkheid.
Ga niet van Uw plaats; bedenk dat er bij waarneming door de kijker geen gelegenheid is het beeld duidelijker of groter te maken. Houdt Uw lorgnet op.

2. Teken psychologische waarnemingen op, die U bij Uzelf hebt gedaan gedurende het natekenen der modellen. (Vermoeienis, aandacht, nabeelden)

3. Zet op de tekening Uw naam en de afstand, welke U van het model verwijderd was. Lever de tekening in voor discussie, maar zonder het model te bekijken tot alle tekeningen af zijn.

4. Vergelijk daarna de tekeningen met de modellen, onderzoek welke verschillen voorkomen en vraag U af wáárdoor ze waarschijnlijk ontstaan zijn.

5. Meet de diameter van het kleinste zwarte vlekje op heldere grond dat U heeft kunnen waarnemen en van het grootste dat U niet heeft gezien, en bereken met welke gezichtshoek die overeenkomt.
Met welke ware grootte komt dit overeen op de Maan? Op Mars?
$1 \text{ rad} = 206\,265''$.

Litteratuur:

Villiger: Neue Ann. München, 3, 301, 1898.
Evans en Maunder: M.N. 63, 488, 1903.
Schiaparelli: Marte.

A 34 DE ROTATIEPERIODE VAN SATURNUS.

U wordt een sprectum van Saturnus ter hand gesteld op grote schaal (de spleet van de spectrograaf was gericht volgens de aequatoriale diameter en sneed de ring aan beide kanten); U kunt onmiddellijk waarnemen dat de spectraallijnen een helling vertonen. Op een afstand $r \sin \varphi$ van het centrum is de snelheid in de gezichtslijn $v \sin \varphi$, waarbij v de snelheid is van een punt aan de rand van de planeet. De Dopplerverschuiving is dus evenredig met de afstand van het centrum, de spectraallijnen moeten een helling vertonen maar recht blijven.

1. Prik het spectrum met vier punaises op een blad papier.

2. Bepaal de schaal van het spectrum; identificeer aan beide uiteinden van het spectrogram enkele lijnen van het zonnespectrum door vergelijking met de atlas Rowland of enkele lijnen van het Vanadiumspectrum door vergelijking met Ap. J. 41, 86, 1915. Mt. W. contr. No. 94. Hieruit volgt de gemiddelde dispersie voor het gefotografeerde spectraalgebied.

3. We zullen nu zo precies mogelijk de helling der lijnen van het planeetspectrum bepalen. Leg een liniaal langs een dezer lijnen en verleng die, zorgdragend alleen op het tekenpapier te tekenen en niet op de originele foto.

4. Leg nu de liniaal langs een naburige lijn van het vergelijkingsspectrum (onder en boven verbindend). Trek weer de lijn op het tekenpapier.

5. Bepaal de hoek θ tussen beide lijnen in radialen.

6. Herhaal deze metingen aan tenminste vier lijnen en neem de gemiddelde.

7. Meet de middellijn van de planeet uit de breedte van het spectrumbandje. Saturnus vertoont een sterke randverzwakking, waardoor een zuivere meting moeilijk is. Zoek de plaats waar het spectrum zo breed mogelijk is en meet de uiterste punten tot waar nog een fotografische indruk waar te nemen is.

8. Met behulp van de hellingshoek θ vindt U de verplaatsing der spectraallijnen aan de omtrek der planeet, eerst in millimeters, dan in Å, dan in Km/sec.
$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 2 \frac{v}{c}$; de factor 2 ontstaat doordat het licht teruggekaatst wordt op het planeetoppervlak.

9. Bepaal tenslotte de omwenteltijd $T = \frac{2 \pi r}{v}$; de aequatoriale straal r van Saturnus bedraagt 61550 Km. Vergelijk Uw uitkomst met die, verkregen uit de waarneming van vlekken op de planeet.
Als de as van Saturnus niet loodrecht op de waarnemingsrichting staat maar onder een hoek $i \neq 90^\circ$, hebben we niet de ware omtreksnelheid gemeten maar de componente v sin i. Daardoor zou de ware omwenteltijd gelijk zijn aan de gemeten T x sin i. Daar i tot 62° dalen kan, zou sin i zelfs 0,88 kunnen worden.

Uitbreiding:

10. Let op de richting der spectraallijnen in het spectrum van de ring. Verklaar die.

11. Vergelijk de golflengte der Vanadiumlijnen met die van de overeenkomstige V-lijnen in het zonnespectrum. De verschuiving komt overeen met de Dopplerverplaatsing tengevolge van de relatieve beweging van Saturnus en van de Aarde. Schat de orde van grootte. Preciese metingen zijn moeilijk wegens de kromming der spectraallijnen (prismaspectrograaf).

35. DE ALBEDO VAN VENUS.

In de jaren 1900 - 1909 heeft G. Müller met de fotometer van Zöllner een mooie reeks metingen uitgevoerd van de lichtsterkte van Venus. Deze zijn door zijn zoon gereduceerd tot normaalpunten en gepubliceerd (A.N. 227, 65, 1926), en wel als sterhelderheden ("grootteklassen"). Hieruit zullen we de albedo der planeet berekenen.

Phasehoek α	helderheid in grootteklassen	m voor $\Delta = 1$	$\delta m = m - m_0$	logI	f
0°	$-3^m,75$	$-4^m,88$	0,00	0,00	1,00
20	-3,41	-4,58	-	-	-
40	-3,28	-4,24	-	-	-
60	-3,59	-3,85	-	-	-
80	-3,83	-3,41	-	-	-
100	-4,03	-2,94	-	-	-
120	-4,23	-2,42	-	-	-
140	-4,23	-1,83	-	-	-
160	-3,72	-1,14	-	-	-

1. Vooreerst moeten alle helderheden herleid worden tot wat ze zouden zijn, als de Aarde zich op Δ = 1 AE van Venus bevond. Dit is

reeds door Müller uitgevoerd. (Tabel, kolom 3).
Ga dit na. Stel R = Zon - Venus = 0,72 AE. Dan is Δ, de afstand Venus - Aarde, bepaald geworden uit de heliocentrische coördinaten der beide planeten. Men kan bv. verifiëren dat: $1 = R^2 + \Delta^2 - 2R\Delta\cos\alpha$, en dat $\Delta = 1$ voor $\cos\alpha = \frac{R}{2} = 0{,}36$ met $\alpha = 69^\circ$. Vgl. de tabel!

2. Nu drukken we die helderheden uit t.o.v. van de oppositiehelderheid: $m = m_o + \delta m(\alpha)$.
3. Herleid de grootteklassen $\underline{m}$ tot intensiteiten $\underline{I}$, bedenkend dat
$$\log I = -0{,}4\, m + \text{const.}$$
dus
$$\log I = \log I_o - 0{,}4\delta m(\alpha).$$
$$I(\alpha) = I_o \,.\, f(\alpha).$$
4. Wij zullen $\underline{I}$ en $\underline{I_o}$ nu beschouwen als de lichtsterkte (lichtstroom per eenheid van ruimtehoek) door Venus teweeggebracht.
Stel evenzo Z = de lichtsterkte, door de zon teweeggebracht.
Een planeet met straal $\underline{r}$ op afstand $\underline{R}$ onderschept: $\pi r^2 \,.\, \frac{Z}{R^2}$

Deze planeet zendt uit: $I_o \int_o^{\pi} f(\alpha).2\pi\sin\alpha.d\alpha$.

De albedo volgens Bond bedraagt dus:
$$A = \frac{R^2\ I_o}{r^2\ Z} \,.\, \int_o^{\pi} 2f(\alpha).\sin\alpha.\ d\alpha = \underline{pq}.$$

5. Bepaal eerst de integraal $\underline{q}$ grafisch. Bereken dan de vóórfaktor $\underline{p}$, bedenkend dat $\log\frac{I_o}{Z} = 0{,}4(m_Z - m_o)$, want we vergelijken de helderheid van de Zon met die van Venus op dezelfde afstand van 1AE. Hieruit volgt dan de albedo van Venus.

<u>Uitbreiding.</u> Bestudeer een tabelletje met de waarden van $\underline{p}$, $\underline{q}$ en de albedo voor de verschillende planeten. (Russell, Ap. J. <u>43</u>, 190, 1916).

<u>Gegevens:</u>

Zon - Aarde... $149{,}7.10^6$ km = 1 AE

Zon - Venus... $108{,}3.10^6$ km = 0,72 AE

Diam. Aarde... 12700 km.

Diam. Venus... 12400 km.

Visuele Lichtsterkte van de Zon $m_z = -26^m{,}72$.

A 36. HET UITMETEN VAN EEN DUBBELSTER MET DE MICROMETER.

1. Keuze van de ster.

Men neme een dubbelster, waarvan de componenten een afstand vertonen van de orde 3" - 10". In aanmerking komen b.v.

Naam	Scheiding	m totaal	Δ m
η Cas	8",5	3,0	3,6
Vir	6",0	3,0	0,0
α Gem	4",6	1,8	0,9
ε Boo	2",7	3^m	3^m

2. Verlichtingsinrichting.

Zet de transformator aan op kamer 18, handle omhoog. Aan de peiler van de grote kijker bevindt zich een schakelbordje; verbindt het snoer, dat langs de kijker loopt, met een der stopcontacten voor 220 Volt. Het verlichtingslampje, dat het veld verlicht wordt aangesloten op 5 Volt aan het oculaireinde van de kijker. De lichtsterkte is te regelen met het weerstandje op het schakelbord.

3. Voorbereiden van de waarneming.

De micrometer is bevestigd aan het oculairuiteinde van de kijker, die met speciale tegengewichten uitgebalanceerd is. Onderzoek hoe de draden verplaatst kunnen worden en hoe de stand van de schroef afgelezen wordt. Stel de kijker in op de gekozen ster en stel het drijfwerk in beweging.

4. Positiehoek.

Draai de micrometer tot de vaste kruisdraad V de verbindingslijn der twee componenten aangeeft; lees de positiehoek af op 1° nauwkeurig. Ieder van de samenwerkende waarnemers herhale de meting, de micrometercirkel ontstellend, telkens vóór een andere waarnemer begint. Gemiddelde.

5. Afstand.

Stel de vaste dwarse draad D_1 in op één der componenten, de beweeglijke dwarse D_2 draad op de andere. Bepaal de afstand in schaaldelen van de trommel. De meting wordt door allen herhaald en men middelt de uitkomsten. Bij het instellen van de draad op elk der twee sterren, draaie men beide malen in dezelfde richting, om dode gang te vermijden!

6. Richting OW.

Om het nulpunt voor de meting van de positiehoek te bepalen, draaie men de vaste draad V in de richting OW. Men zet het drijfwerk stop en volgt nu de dagelijkse beweging: het beeld van de ster moet nauwkeurig langs de draad lopen.

7. Bereken bij benadering de afstanden in boogsecunden: een omwenteling van de trommel komt overeen met 20".

8. Vergelijk de gemeten afstand en positiehoek met: Aitken, Double Stars.

A 37. DE BEPALING VAN STER-COORDINATEN MET DE MERIDIAANKIJKER.

1. Keuze van de ster.

Neem de lijst van kloksterren en kies er enkele, die omstreeks het ogenblik van waarneming culmineren. Bij voorkeur neme men sterren aan de Zuidkant. Zoveel mogelijk moet iedere deelnemer één doorgang waarnemen; mocht dit niet voor ieder goed gelukken, dan kan men ook de waarnemingsresultaten van een ander gebruiken.

2. Begin met het instrument te bekijken; bewegingsmogelijkheden en klemming.

3. Verlichtingsinrichting.

Kruisdraden donker op heldere grond. Zet de transformator aan op kamer 18; handle naar omhoog. Op elk van de peilers van de kijker bevindt zich een lampje L, dat licht werpt volgens de OW-as, en dat dan via een spiegeltje S het gehele veld verlicht. Het lampje wordt tot lichtgeven gebracht door indrukken van een knop K, en geregeld door draaien aan het weerstandje W.

4. Waarneming van de doorgang.

Stel de kijker van te voren op de hoogte, waarop U verwacht dat de ster zal verschijnen, afgeleid uit de deklinatie, die in de tabel opgegeven staat. Open het deurtje van de sterretijdklok. Tegen dat de ster gaat verschijnen, begint U in gedachten mee te tellen met de klok. Zodra de ster in het veld komt, regelt U snel de hoogte der horizontale kruisdraden. Bepaal, zo mogelijk op 0,1 sec. nauwkeurig, op welke ogenblikken de ster door de centrale draad gaat. Controleer direct na de waarneming of het tellen nog overeenkomt met het tikken der klok.

Indien de waarneming om een of andere reden mislukt, bepale men alsnog de doorgang door een der volgende draden. De vakastronoom bepaalt steeds de doorgangstijden voor alle draden en reduceert die op de centrale draad.

5. Bepaling van de coördinaten.

Lees de hoogte van de doorgang zo nauwkeurig mogelijk af met beide noniussen, neem het gemiddelde. (Deklinatie). Bereken
Rechte klimming: Uit het ogenblik van doorgang. Vergelijk Uw uitkomsten met de gegevens van de N.A.

6. Uitbreiding.

Breng de correctie voor refractie aan uit een refractietabel. Herleid α en θ op het aequinoctium van 1950,0