

Introductie tot Maansafstanden

Steven Wepster

Departement Wiskunde
Universiteit Utrecht

28 maart 2013



Outline

Geschiedenis

Maansafstanden

Voorbeelden



Het probleem van geografische lengtebepaling

- ▶ Lengte \equiv *tijdverschil* tussen
 - locale tijd en
 - standaardtijd (locale tijd van een standaardmeridiaan).



Het probleem van geografische lengtebepaling

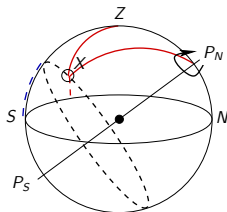
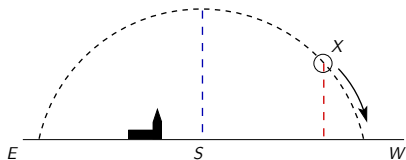
- ▶ Lengte \equiv *tijdverschil* tussen
 - locale tijd en
 - standaardtijd (locale tijd van een standaardmeridiaan).
- ▶ Vergeefse alternatieven:
 - magnetische variatie (Plancius, Halley),
 - Jarichs methode,
 - gewonde honden,
 -



De makkelijke delen

Breedte = $90^\circ - \text{arc}P_NZ$, te bepalen uit:

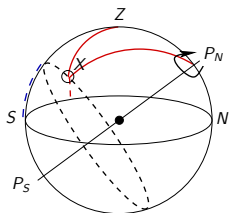
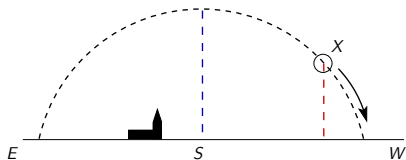
- ▶ hoogte van X (gemeten in de meridiaan),
- ▶ declinatie van X (getabelleerd),
- ▶ en eenvoudige rekenkunde.



De makkelijke delen

Locale tijd $\angle ZP_N X$ te bepalen uit:

- ▶ hoogte van X (gemeten nabij de prime vertical),
- ▶ declinatie van X (getabelleerd),
- ▶ breedte van waarnemer (al bekend),
- ▶ en boldriehoeksregels.



Het moeilijke deel: standaardtijd vinden

Opties:

- ▶ tijdmetre (Gemma Frisius 1530; Huygens, Harrison),

Maar:

- ▶ tijdmeters vertikken het op zee,



Het moeilijke deel: standaardtijd vinden

Opties:

- ▶ tijdmeten (Gemma Frisius 1530; Huygens, Harrison),
- ▶ maansverduisteringen (sinds Ptolemaeus),

Maar:

- ▶ tijdmeten vertikken het op zee,
- ▶ verduisteringen te zeldzaam voor dagelijks gebruik,



Het moeilijke deel: standaardtijd vinden

Opties:

- ▶ tijdmeteter (Gemma Frisius 1530; Huygens, Harrison),
- ▶ maansverduisteringen (sinds Ptolemaeus),
- ▶ Jupiters manen (Galilei 1610),

Maar:

- ▶ tijdmeteters vertikken het op zee,
- ▶ verduisteringen te zeldzaam voor dagelijks gebruik,
- ▶ Jupiters manen alleen per telescoop zichtbaar,



Het moeilijke deel: standaardtijd vinden

Opties:

- ▶ tijdmeten (Gemma Frisius 1530; Huygens, Harrison),
- ▶ maansverduisteringen (sinds Ptolemaeus),
- ▶ Jupiters manen (Galilei 1610),
- ▶ Maansafstanden (Werner 1514; Lieuwe Graaf, Mayer).

Maar:

- ▶ tijdmeten vertikken het op zee,
- ▶ verduisteringen te zeldzaam voor dagelijks gebruik,
- ▶ Jupiters manen alleen per telescoop zichtbaar,
- ▶ de maanbeweging is nogal ongrijpbaar (3-lichamenprobleem)



Royal Greenwich Observatory



opgericht in 1675 voor:

'rectifying the tables of the motions of the heavens . . . , so as to find out the so much desired longitude of places for the perfecting the art of navigation.'



Prijzen uitgelooft



- ▶ door de *Staten Generaal*
- ▶ de beroemde *Longitude Act 1714*:
 - £20.000 tot op 30 mijl,
 - £15.000 tot op 40 mijl,
 - £10.000 tot op 60 mijl.



Lengte beschikbaar



- ▶ 1754/1762: Mayer/weduwe stuurt maantafels naar Engeland.
- ▶ 1757: Campbell ontwikkelt sextant.
- ▶ 1760: Harrison heeft H4 af.
- ▶ 1762: Maansafstanden en H4 getest op zee.
- ▶ 1765, Feb 9: Board of Longitude besluit:
 - prijs voor Mayer én Harrison,
 - publicatie *Nautical Almanac* met voorberekende afstanden



Maansafstanden of Tijdmeters?

K. Ophorides
L
[1767-16]

il
Hand

THE

NAUTICAL ALMANAC

AND

ASTRONOMICAL EPHEMERIS,

FOR THE YEAR 1767.

Published by ORDER of the

COMMISSIONERS OF LONGITUDE.

L O N D O N :

Printed by W. RICHARDSON and S. CLARK,
PRINTERS;

AND SOLD BY

J. NOURSE, in the Strand, and Mess. MOUNT and PAGE,
on Tower-Hill,

Bookfellers to the said COMMISSIONERS.
MDCCLXVI.

Lengtebepaling werd mogelijk door de NA en de sextant. Chronometers werden pas betaalbaar rond 1840.

Lunars was DE meest toepasbare methode voor bijna een eeuw.



Nodig voor maansafstanden:

- ▶ voorberekende tabellen,
- ▶ sextant,
- ▶ oefening.

Alternatief: hoeveel chronometers nodig?



Nodig voor maansafstanden:

- ▶ voorberekende tabellen,
- ▶ sextant,
- ▶ oefening.

Alternatief: hoeveel chronometers nodig?



Nodig voor maansafstanden:

- ▶ voorberekende tabellen,
- ▶ sextant,
- ▶ oefening.

Alternatief: hoeveel chronometers nodig?



Outline

Geschiedenis

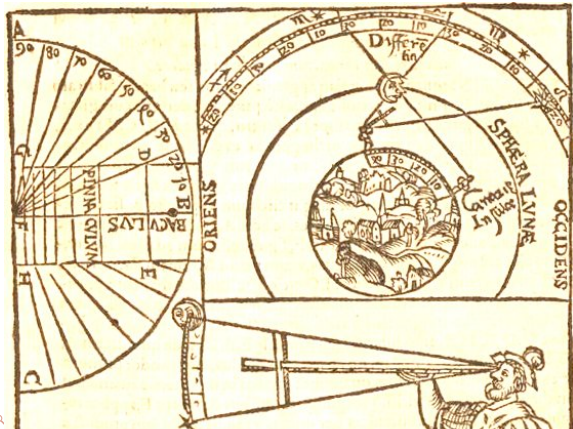
Maansafstanden

Voorbeelden



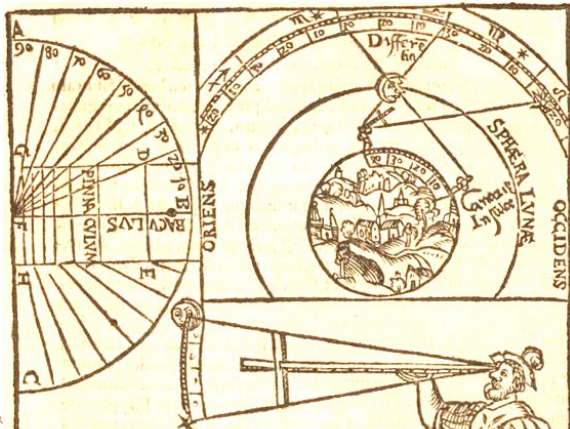
Maansafstanden of *Lunar Distances* (Werner 1514)

- ▶ Maan beweegt om de aarde in 27 dagen, dus zij beweegt $\approx \frac{1}{2}^\circ$ per uur.



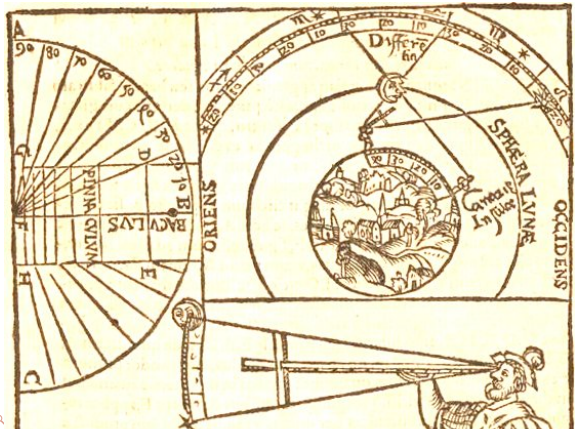
Maansafstanden of *Lunar Distances* (Werner 1514)

- ▶ Maan beweegt om de aarde in 27 dagen, dus zij beweegt $\approx \frac{1}{2}^\circ$ per uur.
- ▶ **Metafoor:** sterren en zon vormen een wijzerplaat, met de maan als wijzer.



Maansafstanden of *Lunar Distances* (Werner 1514)

- ▶ Maan beweegt om de aarde in 27 dagen, dus zij beweegt $\approx \frac{1}{2}^\circ$ per uur.
- ▶ **Metafoor:** sterren en zon vormen een wijzerplaat, met de maan als wijzer.
- ▶ **Principe:** meet maanpositie t.o.v. de sterren/zon, en vind de tijd waarop deze positie zich voordoet.



Precisie

Maan beweegt $\approx \frac{1}{2}^\circ$ per uur

Aarde roteert $\approx 15^\circ$ per uur

\therefore fouten blazen op met factor 30

Lengte binnen 30' vereist maansafstand binnen 1'.

Deze foutmarge gaat op aan:

meetfout,

benaderingen,

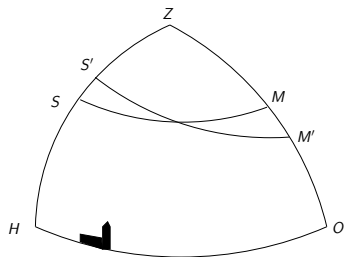
maanbeweging.



Universiteit Utrecht



Clearing a distance



Noodzakelijk te corrigeren voor:
parallax
augmentatie
refractie
afplatting



Outline

Geschiedenis

Maansafstanden

Voorbeelden



Clearing a distance

Computations for finding the Longitude by Observations taken				3 ^d Oct. 1772	
Time by Watch	Dist. \odot or \star 's	Altitude \odot or \star	Altitude γ	Computations continued	
A. 22. 41	105. 54. 45	49. 14	49. 40	Hor ^l Par. at 16. 57	Prop ^l Logarithm 10. 23
A. 26. 0	102. 22. 27	40. 20	35. 42	16. 58	10. 53
A. 32. 43	98. 24	30. 40	25. 42	Prop ^l Logarithm 10. 22	2 ^d Difference 10. 21
A. 39. 12	94. 58. 31	21. 20	15. 42	Prop ^l part \odot or \star	D ^{ist} Prop ^l part 10
A. 2. 28	102. 06. 45	10. 01	05. 42	Prop ^l Logarithm 10. 22	Hor ^l Parallax 10
Mean	Mean	Mean	Mean	Distance \odot or \star Obs rd	102. 56. 43
				\odot or \star Semidiameter \odot & \star	10. 36
				Distance of the \odot or \star and γ centers	102. 46. 07
For reducing the Watch Obs rd at Altitude \odot or \star to a Watch by					
Supposed Apparent time					
Latitude comp ^d 27. 58	Longitude comp ^d 27. 10		- or - in time μ 7. 40		
Time Obs rd by Watch	A. 26. 28				
Supposed Apparent time at Greenwich	A. 14. 52				
For Computing the Apparent time.					
\odot Declination A. 2. 39. 42	" A. 0. 4. 40				
D ^{ist} A. 6. 12. 12	" 6				
Difference in 24 hours	10. 19				
\odot Declination at time of Observations	A. 31. 32				
- or - from \odot 's Polar Distance	10. 26				
Altitude \odot lower limb Obs rd	10. 01				
\odot Semidiameter μ by Dip & Refraction	7				
Altitude \odot center corr ^d	10. 08				
- from \odot 's Zenith Distance	10. 52				
Zenith Distance μ 43	Ar Comp ^d Sine 10. 1. 50				
Polar Distance 48. 46	Ar Comp ^d Sine 0. 51. 5				
\odot Latitude 65. 49	Sum 02. 4. 10				
Sum	113. 50		Sine 91. 05. 6		
$\frac{1}{2}$ Sum Zenith Distance	A. 2. 36		Sine 25. 10. 0		
Sum	116. 14		Sine 80. 4. 0		
$\frac{1}{2}$ Sum \odot 's Co Sine	10. 55		Sine 8. 17. 4		
Doubtful	A. 06. 16				
Henry's μ 10. 33	p ^a A. 06. 16				
Time by Watch when the Altitude \odot was taken	A. 26. 28				
Difference is Watch	by 10. 16				
To Compute from the Observations above					
Time by the Watch when D ^{ist} \odot 's was taken	A. 26. 28				
Watch being by	A. 26. 16				
μ for Longitude from Greenwich comp ^d					
Apparent time at Greenwich					
Mean of the Obs rd Altitude \odot or \star	10. 39				
\odot Semidiameter μ by Dip	7				
Altitude of the \odot or \star corr ^d	10. 46				
Mean of Obs rd Altitude γ	05. 42				
\odot or \star Semidiameter according which limb is Obs rd	10. 36				
Altitude γ corr ^d	10. 06				
By the Ephemeris.					
Semidiameter γ at 17. 26	" 17. 26				
12 hours Difference	6		" 17. 33		
- For Increase of Altitude γ	p ^a 03		" 17. 36		
Apparent Semidiameter γ	17. 39				
\odot Semidiameter	10. 36				
Sum of Apparent Semidiameter \odot & \star	28. 15				
Computations continued					
Hor ^l Par. at 16. 57	Prop ^l Logarithm 10. 23				
16. 58	10. 53				
Prop ^l Logarithm 10. 22	2 ^d Difference 10. 21				
Prop ^l part \odot or \star	10				
Prop ^l Logarithm 10. 22	Hor ^l Parallax 10				
Distance \odot or \star Obs rd	102. 56. 43				
\odot or \star Semidiameter \odot & \star	10. 36				
Distance of the \odot or \star and γ centers	102. 46. 07				
Computation of Refraction by M. Lyons Table.					
Alt ^l corr ^d μ 1. 52. 40	T. N. 1106		D ^{ist} T. N. 1120		
Alt ^l 2D ^{ist} 32. 46	33. 80		1266		10. 21
T. N. 1106	1 st Diff ⁿ 1266		2 ^d Diff ⁿ 10. 21		
1 st Prop ^l part 45	1 st Dist ⁿ part 21		2 ^d Dist ⁿ part 2		
Sum	11. 11				
- 2 ^d Prop ^l part 2					
to this 11. 09	Number for an Index 2. 1179				
Logarithm Co. Sec. Distance	2. 11. 2				
Logarithm Co. Sec. Distance	2. 12. 4				
By Tab ^l of North Dist ⁿ & left Alt ^l 65	Distance left \odot - more				
Sum or Difference is the	10. 1		2. At Effect of Refrac ⁿ		
Distance \odot or \star centers	102. 46. 07				
Effect of Refraction	2. 01				
Distance clear of Refraction	102. 44. 06				
For Parallax					
Altitude \odot or \star corr ^d 10. 46	" 10. 46				
- Refraction p. s.	10. 46				
Alt ^l low μ corr ^d 10. 1	Co. Sec ² 10. 5069				
D ^{ist} \odot or \star Obs rd Ref ⁿ 10. 36	Sine 9. 9007				
Prop ^l Log Hor ^l Parallax	10. 28		10. 28		
Prop ^l Log Arch 1 st	10. 28		9. 9974		
Altitude γ corr ^d 05. 42	" 05. 42				
- Refraction p. s.	05. 42				
Alt ^l γ corr ^d 05. 42	Co. Sec ² 10. 2716				
D ^{ist} \odot or \star 102. 46. 07	1 Tang ² 10. 0360				
Prop ^l Log Hor ^l Parallax	10. 28		10. 28		
Prop ^l Log Arch 2 ^d	6. 37		1. 1710		
Arch 1 st 10. 28	" 10. 28				
Prin ^l Effect of Parallax 53. 01	or Parallax in Distance				
Distance clear of Refraction 102. 44. 06					
Prin ^l Effect of Parallax	53. 01				
Distance clear of Principal Effect of Parallax	102. 56. 10				
By Table 4 th for second corr ^d of Parallax	2				
Reduced Dist ⁿ clear of Refraction & Parallax	102. 56. 08				
By the Ephemeris					
D ^{ist} \odot or \star & γ A at 6. 05. 53	6. 05. 53		D ^{ist} 102. 56. 08		
D ^{ist} at 12 hours	102. 52. 53		Red ^{uct} Dist 102. 56. 08		
1 st Diff ⁿ 1. 50. 04	2 ^d Diff ⁿ 12. 55				
Proportional Logarithm of 1 st Difference	2. 6. 2				
D ^{ist} at 12 hours	102. 52. 53		2 ^d Difference 12. 55		
Proportional Log.	2. 6. 2		Diff ⁿ 12. 55		
Share of the 1 st Dist ⁿ 6. 05. 53	Diff ⁿ 12. 55				
Give Apparent time 6. 05. 53 at Greenwich					
Apparent time A. 26. 16 at taking the D ^{ist} \odot or \star & γ					
Difference 1. 15. 36	In time μ 2. 01				
Difference 1. 15. 36	In time μ 2. 01				
In Longitude between the Place of Observation and Greenwich					



Voorbeeld

Op 29 maart 2013 om 00:44 MET, dat is 28/3 23:44 UT, in gispositie $52^{\circ}25'N$ $005^{\circ}13'E$ meet men afstand maan-Regulus $60^{\circ}11'9$. Maans azimuth ca 160° , gemeten hoogtes Regulus $40^{\circ}34.9$, maans bovenrand $21^{\circ}41.3$. Ooghoogte 2.9m.



