

Da Tolomeo alla campagna internazionale per l'osservazione di Eros: la lunga strada verso la misura della parallasse solare

Valeria Zanini

INAF – Osservatorio Astronomico di Padova

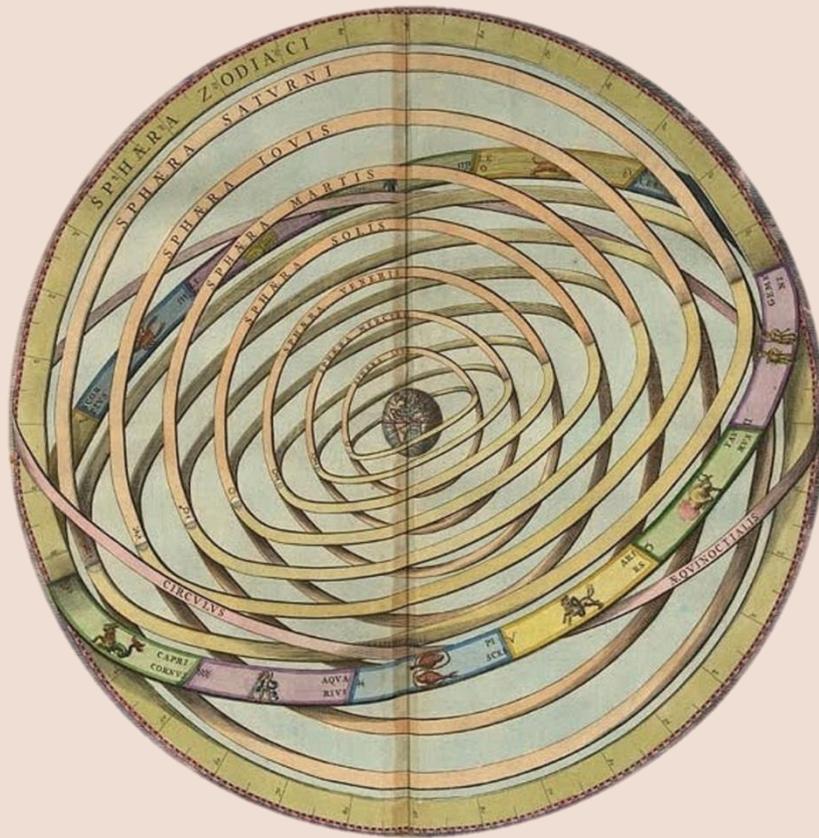


Un problema millenario

Tra i problemi fisico-astronomici, la determinazione della parallasse è il più rilevante e se un astronomo dedicasse a essa tutta la vita, egli impegnerebbe la sua opera nel migliore dei modi

(Riccioli, *Almagestum Novum*, 1651, p. 732)

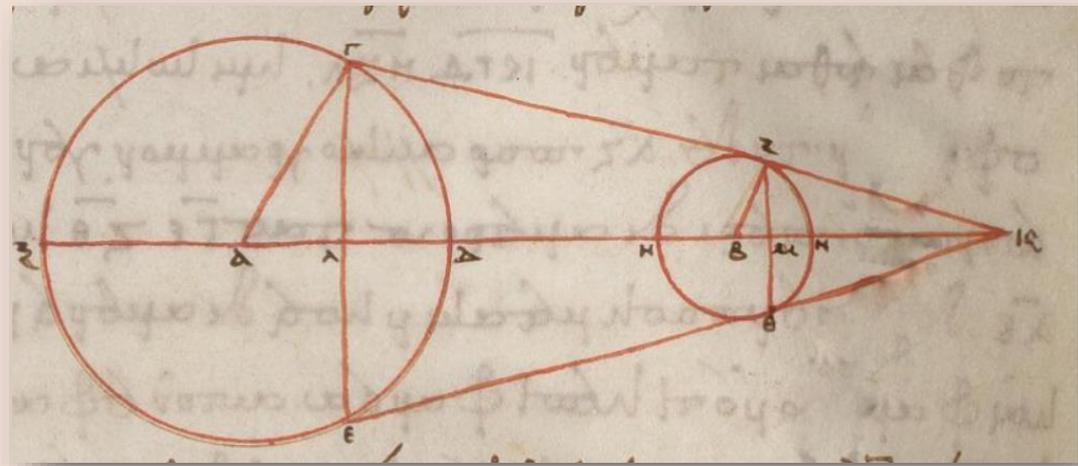
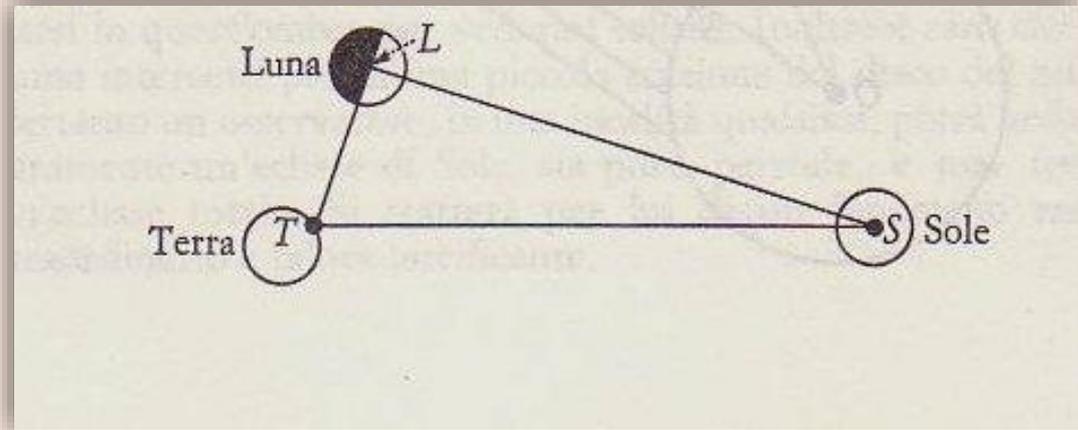
Il cosmo geocentrico



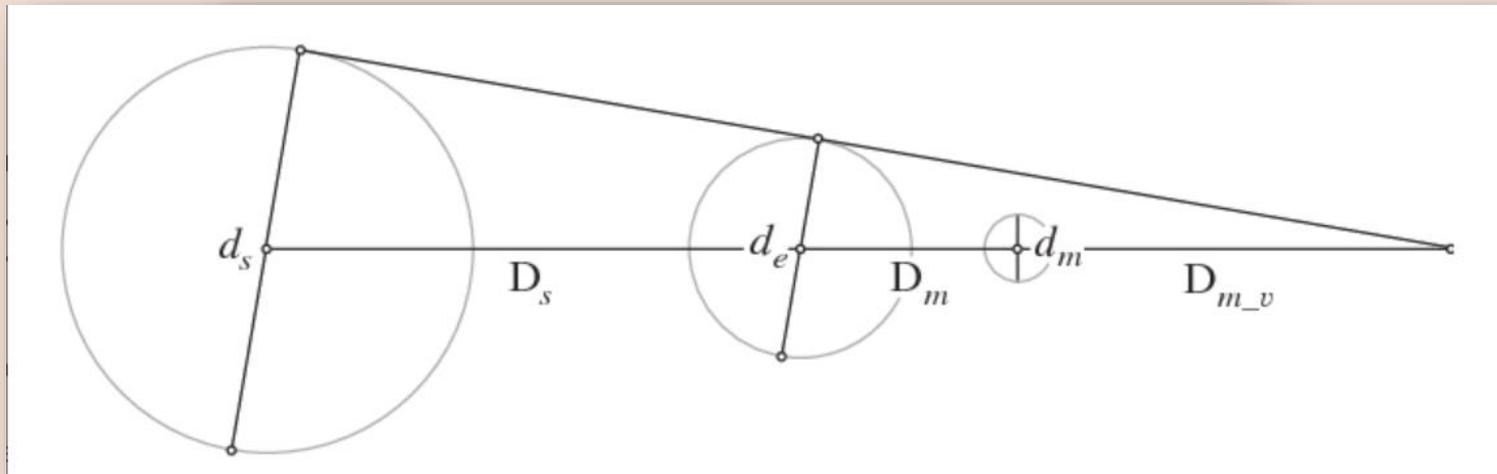
- Con Platone e Aristotele si impone il cosmo geocentrico a sfere omocentriche
- Risponde alla fisica aristotelica
- Trascura le incongruenze osservative
- Fornisce una dimensione alla Terra (400000 stadi), ma non le distanze dei corpi celesti

Aristarco di Samo: la distanza del Sole...

- Metodo della **dicotomia lunare** per misurare la distanza Terra-Sole: si ricava $18 < TS/TL < 19$
- Di conseguenza (diametri apparenti uguali) $18 < D_S/D_L < 19$
- Assunzioni di partenza errate (diametro lunare, distanza angolare tra Luna e Sole)
- Grandi difficoltà operative, tuttavia si consolida l'idea che la parallasse solare sia $1/19$ circa di quella lunare



...e le prime misure assolute

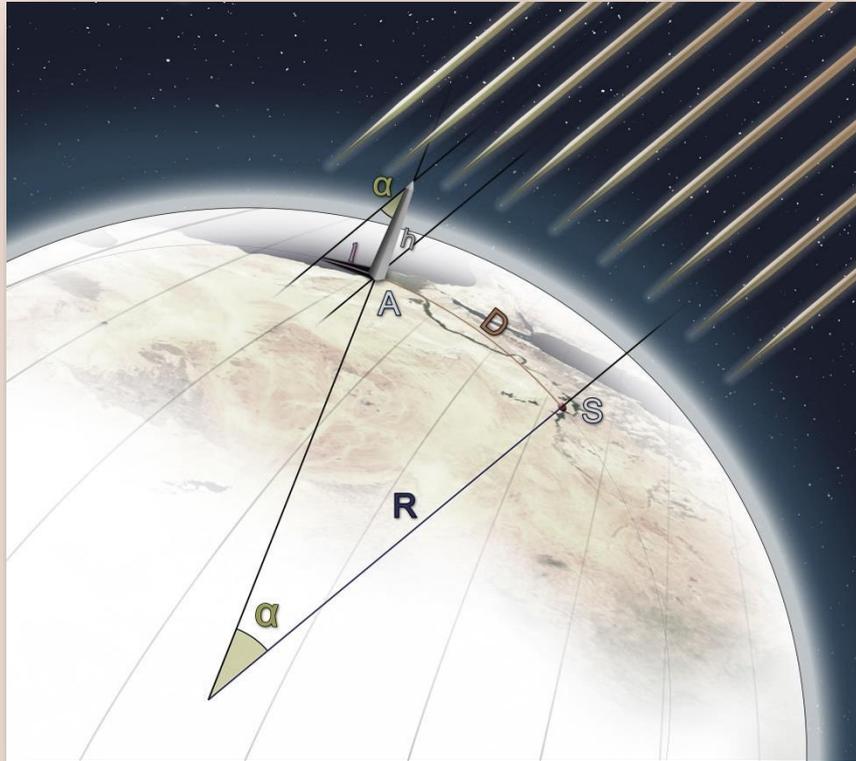


Biblioteca Vaticana, *Codice Vaticano 204*, f. 116 r.

Diagramma delle eclissi: dai teoremi di congruenza e di similitudine dei triangoli della geometria Euclidea, Aristarco ricava: $\frac{19}{3} < R_S/R_T < \frac{43}{6}$ e $\frac{108}{43} < R_T/R_L < \frac{60}{19}$ cioè $R_S \sim \frac{6^3}{4} R_T$ e $R_L \sim \frac{1}{3} R_T$

Noto il R_T si potrebbero ricavare le dimensioni assolute

Eratostene e la misura del diametro terrestre



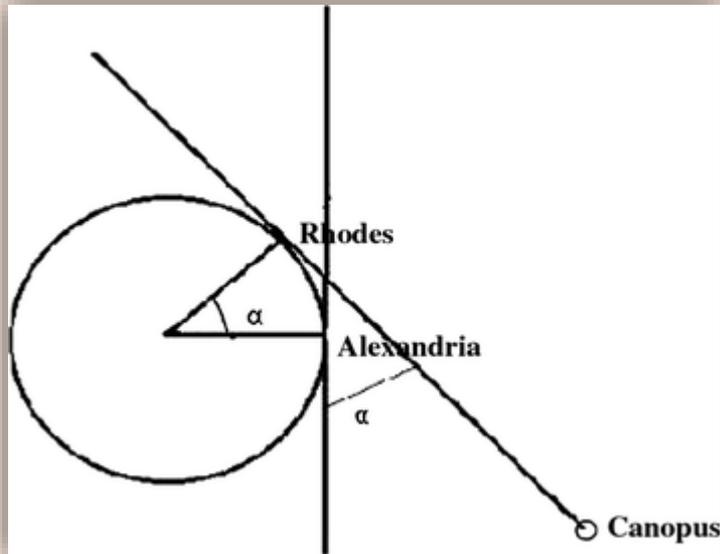
$D = 5000$ stadi

$\alpha = 1/50$ di circonferenza

Circ. terrestre = $5000 \times 50 = 250000$
stadi

Con Eratostene il raggio terrestre è
conosciuto con il corretto ordine di
grandezza

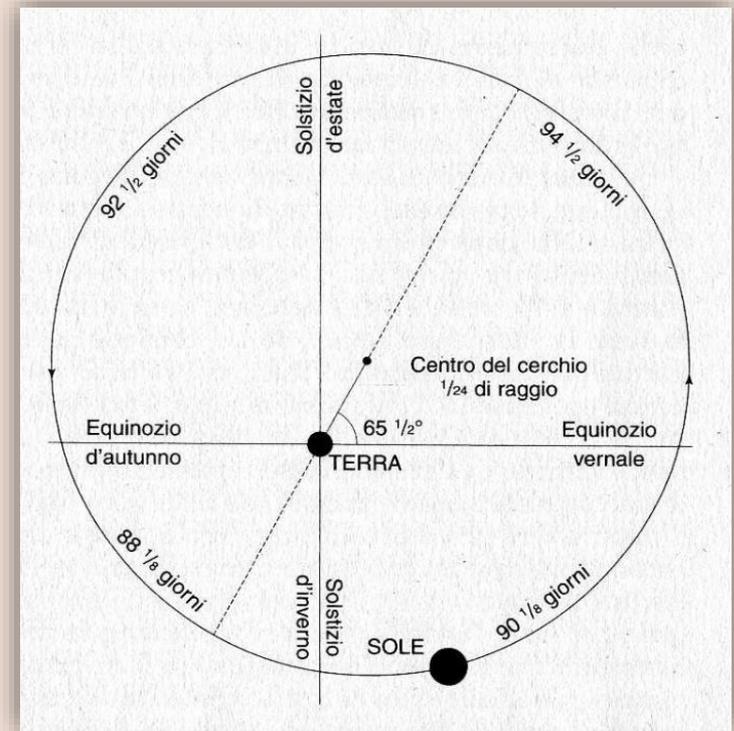
La Terra di Posidonio



Si basa sulla misura dell'altezza di Canopo effettuata da Rodi e da Alessandria → circonferenza terrestre di 180000 stadi (72% del precedente)

Ipparco e l'astronomia predittiva

- Si propone di costruire un modello geometrico del Cosmo che permetta di prevedere la posizione degli astri nel tempo (eccentrici ed epicicli)
- È considerato il padre della trigonometria (funzione corda)
- Elabora una soddisfacente teoria del Sole (eccentrico) e discreta (eccentrico + epiciclo) della Luna
- è il primo astronomo (conosciuto) ad applicare il metodo di Aristarco per ottenere le distanze

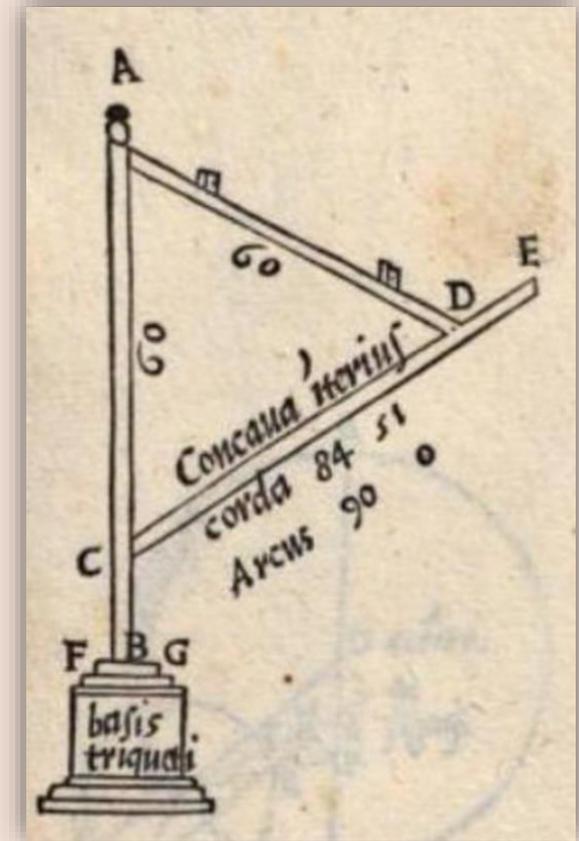


Stabilisce una parallasse solare di ca. 3'

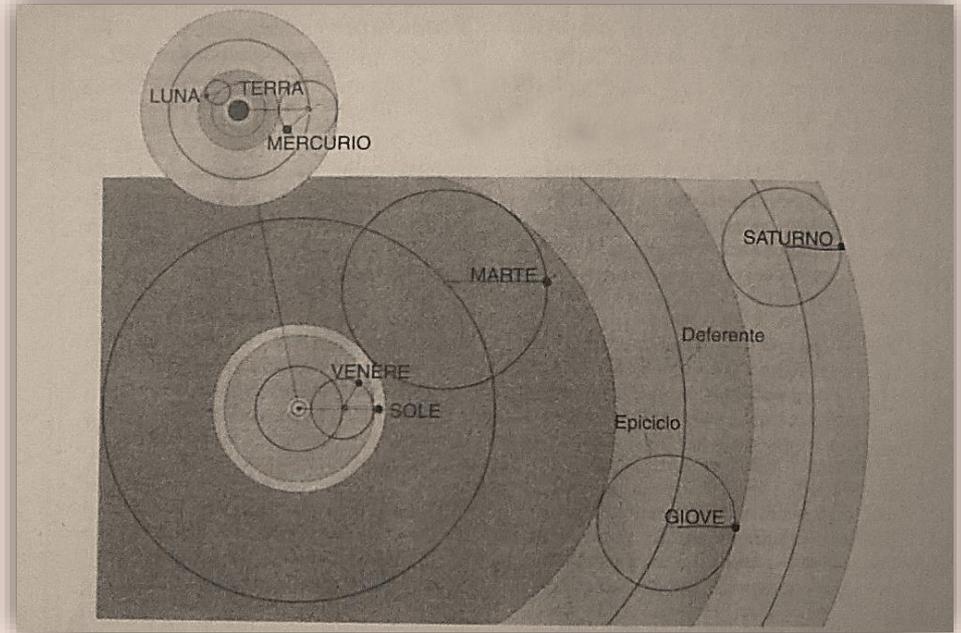
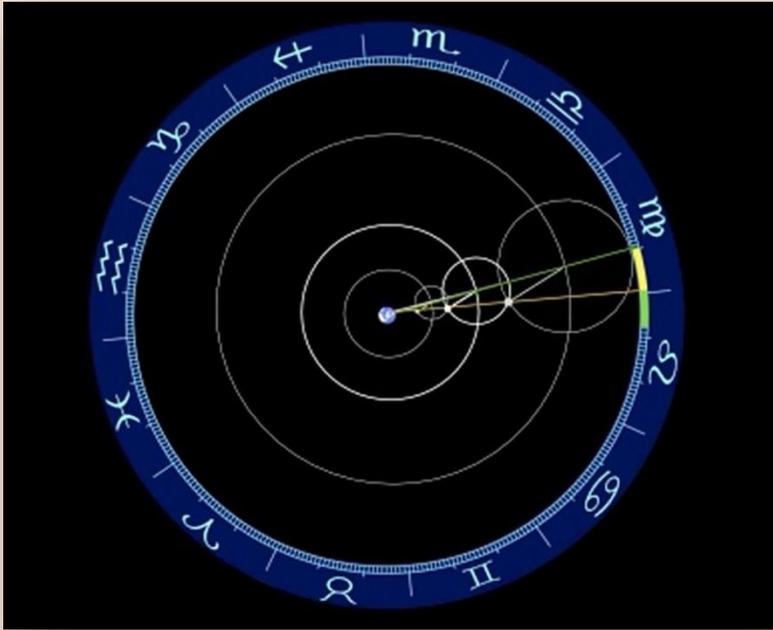
Il Cosmo di Tolomeo



- Porta a compimento la teoria cosmologica geocentrica
- Combina astronomia matematica di Ipparco, con la cosmologia fisica aristotelica
- Si dedica alla misura di parallasse lunare e solare per l'elaborazione delle rispettive sfere planetarie
- Introduce lo strumento parallattico

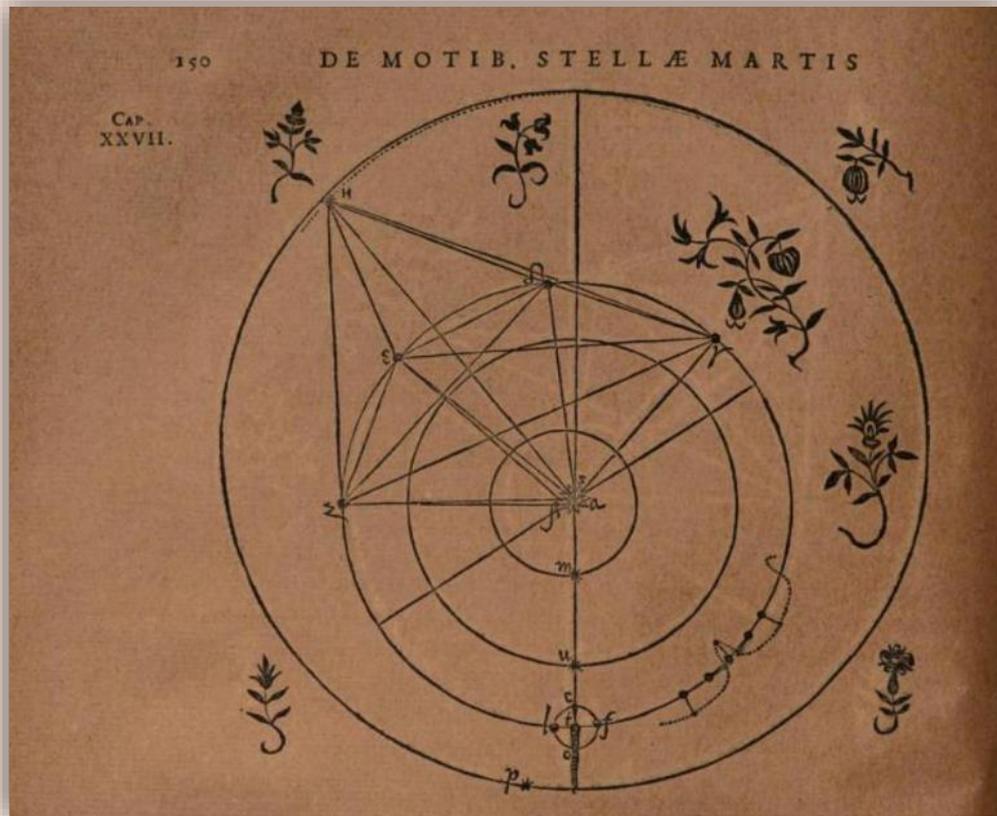


Il Cosmo di Tolomeo



- Modello basato sui rapporti → non fornisce le distanze planetarie
- **Ipotesi dei pianeti:** non vi è 'vuoto' tra le sfere dei sette pianeti
- Sulla base della parallasse calcolata calcola per la sfera delle stelle fisse un raggio pari a poco meno di 20.000 volte il raggio terrestre (ca. 130 milioni km)

Le dimensioni del nuovo Cosmo



Keplero: sulla base dell'orbita di Marte (osservazioni di Tycho Brahe), egli conclude che la parallasse solare non può eccedere il minuto d'arco
→ evidenza i limiti delle misure antiche e rilancia nuove campagne osservative

Le dimensioni del nuovo Cosmo

opiniones .

I. TAB. Distantia Fixarum ex Hypothesi Copernicæ à diuersis deducta, respectu centri Terræ aut Vniuersi .

Ordo opinionum	Auctores	Semidiametri Terræ
1	<i>Aristarchus</i>	1 478 656
2	<i>Mæstlinus</i>	1 290 000
		1 345 600
		2 580 000
		9 030 000
		13 046 400
3	<i>Keplerus in Stella Noua Sed in Epit. Astron.</i>	34 077 066 $\frac{2}{3}$ 60 000 000
4	<i>Lansbergius olim, & Hortensius</i> <i>Lansbergius postea</i>	10 312 227
		41 958 000

quantiu diametri globi terrestris etc. vna, vt hinc potest sphaerarum proportionem eruamus .

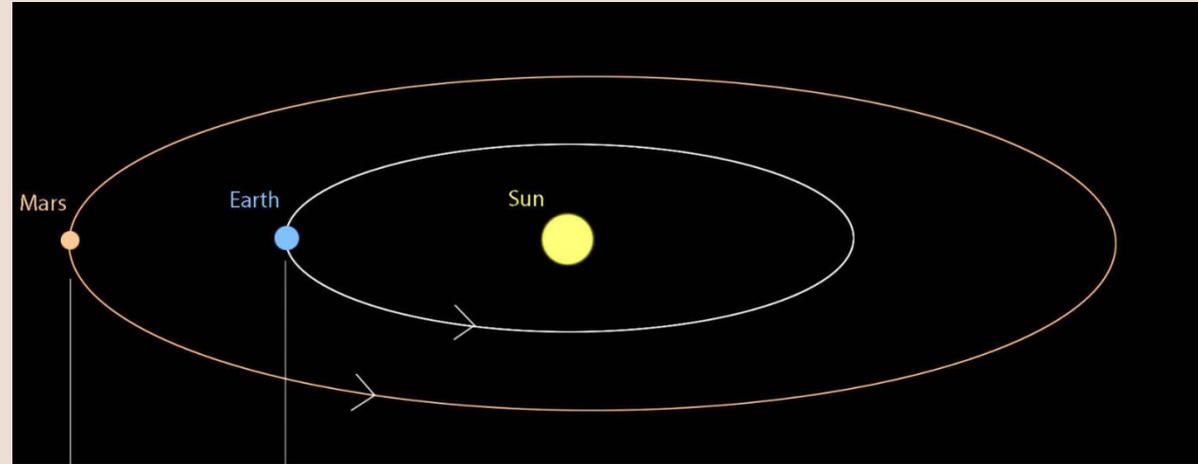
II. TABVLA. Diametri sphaerarum Trium Insignium, per diametros Terræ expressæ.

Ex Auctoribus	Orb. An. Diam. T.	Sphaeræ H. Diam. T.	Sphaeræ Fix. Diam. Terræ
<i>Aristarcho</i>	1216	12160	1500 000
<i>Copernico</i>	1142	11420	47 000 000
<i>Mæstlino</i>	1160	11600	2600 000
<i>Herigonio</i>	1200	12000	1400 000
<i>Galileo</i>	1208	12080	13 000 000
<i>Scheinero</i>	1208	12080	13 000 000
<i>Tychone</i>	1150	11500	8 000 000
<i>Longomontano</i>	1288	12880	8 000 000
<i>Bullialdo</i>	1460	14600	60 000 000
<i>Lansbergio</i>	1498 $\frac{1}{2}$	14985	61 000 000
<i>Keplero</i>	3469	34690	60 000 000
<i>Nobis</i>	7300	73000	300 000 000
<i>Vendelino</i>	14656	146560	600 000 000
<i>Gassendo</i>	1150	11500	120 000 000

XV. lam

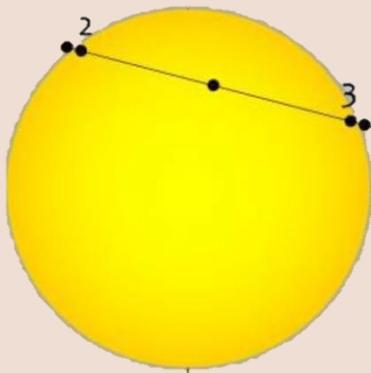
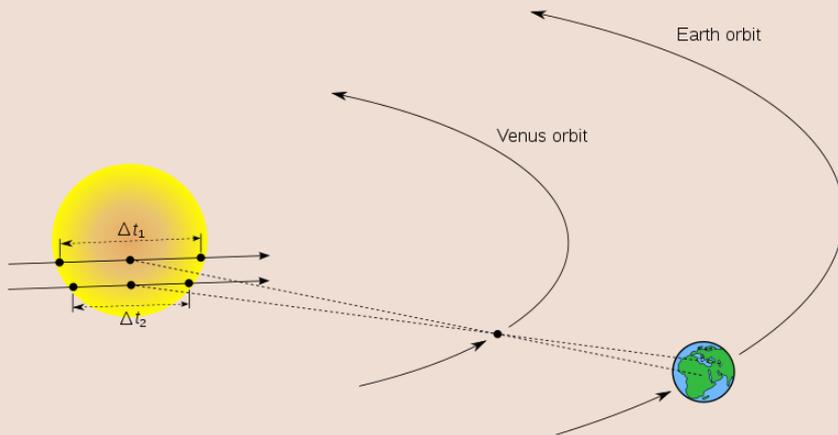
- Giovan Battista Riccioli: uno degli ultimi esempi di applicazione della dicotomia lunare ; trova $\pi = 28''$ (ca. 50 mln di km)
- → dimensione della sfera delle stelle fisse: 300 mln diam. terrestri (quasi 2000 miliardi di km)

Nuove metodologie



- Giovanni Domenico Cassini: utilizza l'**opposizione di Marte** del 1672
- Osservazioni contemporanee da Parigi (Cassini, Picard e Roemer) e Guiana Francese (Richer) della distanza angolare del pianeta rispetto a psi Aquarii → risultati contrastanti, ma $\pi = \text{ca. } 9.5'' - 10''$ (il primo valore moderno)

Nuove metodologie



- **Il Transito di Venere:** proposto da James Gregory e rilanciato da Halley nel 1716: dalla differenza di durata del transito osservata in due località distinte della Terra (Δt_1 e Δt_2) si ottiene la parallasse di Venere e quindi l'U.A. tramite la terza legge di Keplero
- Transiti del XVIII secolo (1761 e 1769): risultati deludenti ($8'' < \pi < 11''$) per le difficoltà osservative

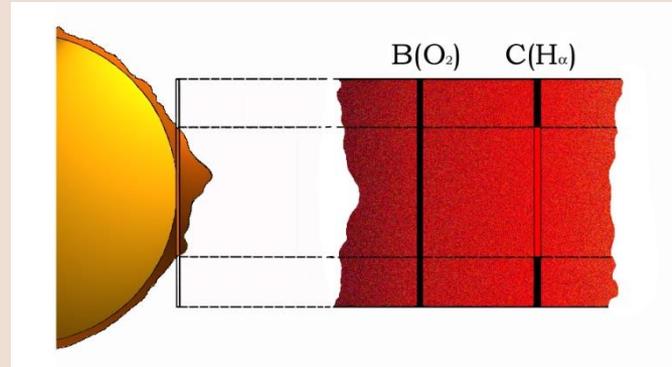
Fenomeno raro: si verifica ogni $105 \frac{1}{2}$ anni e mezzo oppure ogni $121 \frac{1}{2}$ alternativamente, con due eventi appaiati, separati di otto anni uno dall'altro.

Il transito di Venere del 1874

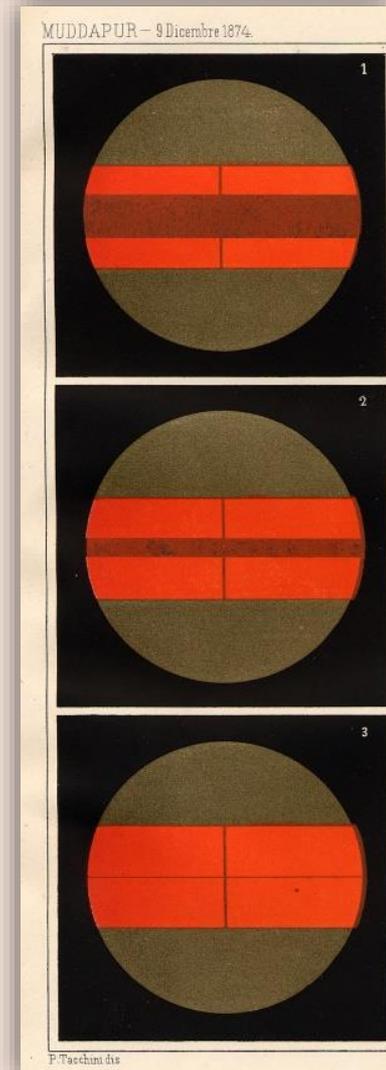


Missione Italiana in India:
sperimentazione di un
innovativo metodo osservativo
spettroscopico per registrare
anche il I e IV contatto

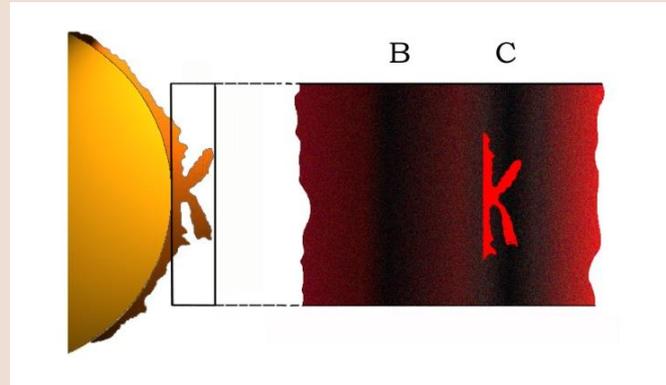
Il transito di Venere del 1874



Primo metodo (Tacchini):
fenditura molto stretta e tangente, genera spettro cromosferico osservato in corrispondenza della riga di emissione H_α dell'idrogeno. L'ingresso del pianeta nella fenditura produceva la rottura dello spettro e la comparsa di una riga trasversale; l'egresso produceva un effetto analogo ma opposto

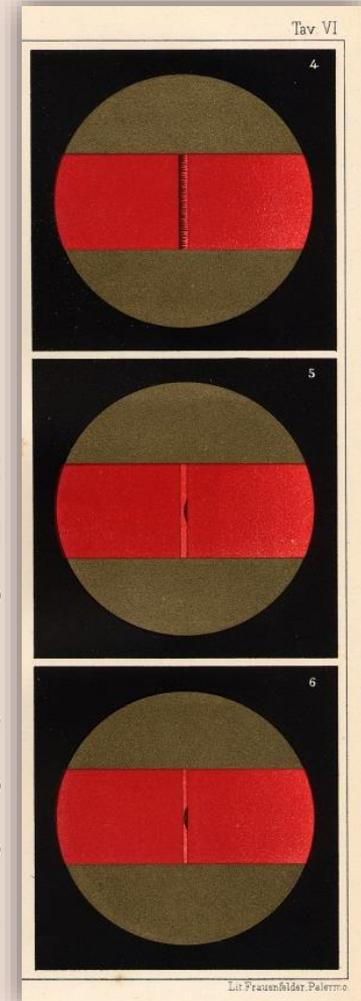


Il transito di Venere del 1874

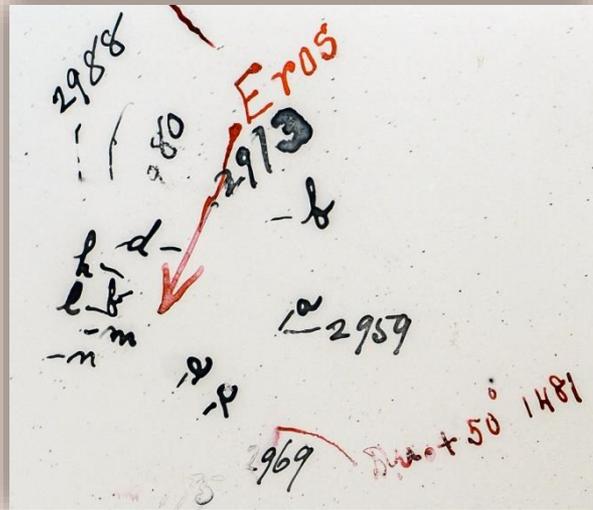


Secondo metodo (Abetti):

fenditura tangente ma larga; si osserva in corrispondenza della riga H_{α} l'intera porzione di cromosfera racchiusa entro la fenditura più una piccolissima porzione del disco del Sole. Il pianeta diventa visibile come un dischetto nero transitante sulla cromosfera. Al momento della congiunzione tra questo e il bordo nero del Sole si registrava l'istante del primo contatto, e in maniera analoga i successivi.

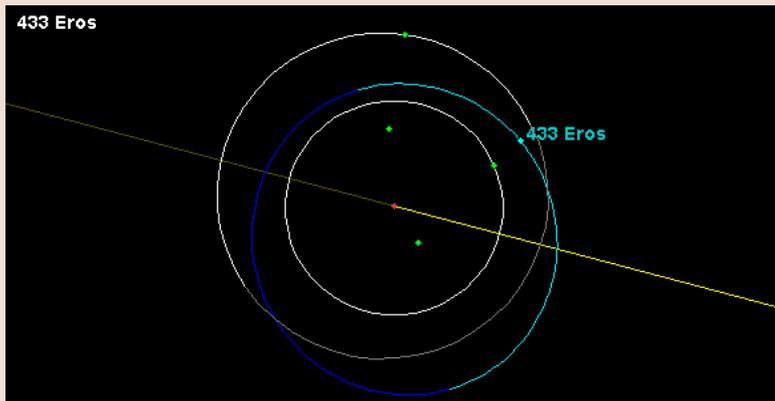


La grande campagna osservativa di Eros



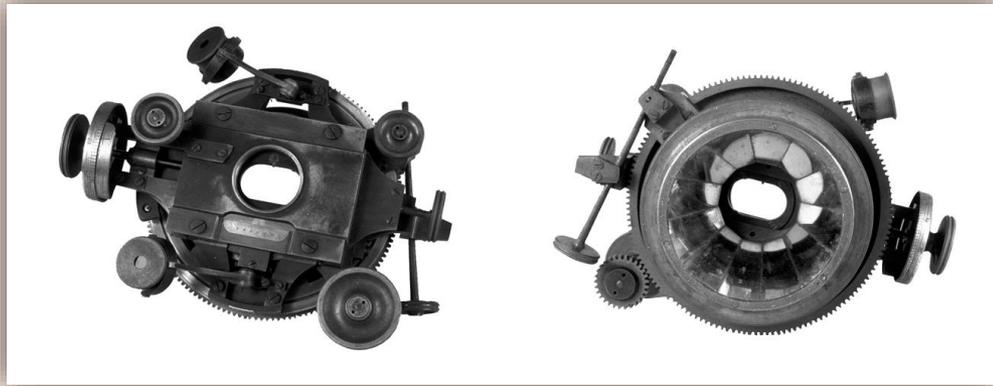
13 agosto 1898: scoperta di 1898 DQ da parte di Gustav Witt (Oss. Berlino) e Auguste H.P. Charlois (Oss. Nizza), il primo membro dei near-Earth object .

Opposizione prevista per 30 ottobre 1900: opportunità unica per la determinazione della parallasse solare



→ *Comité International Permanent pour the Exécution Photographique de La Carte du Ciel* istituisce una commissione temporanea speciale incaricata di coordinare le osservazioni per la determinazione della parallasse solare

Eros – il contributo padovano



Antoniazzi: osservazioni micrometriche con il metodo dei transiti (differenza nei tempi di transito del pianeta e della stella di confronto attraverso i fili del micrometro e misurazione della differenza di declinazione, mantenendo fisso il telescopio).



Eros – il contributo padovano

- 80 -

23 Ottobre 1908
 Sirene, min. filare I W. (433) Eros local. n. R.D. 51. 598. (2.5/4)
 di Sirene

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
21	27	45	49	29	173																				
301		80			179																				
339		130	120		171																				
373		172			179																				
620		219			179																				
50	369	31	46.5		176																				
302		49.8			178																				
370		56.7	549		179																				
465		58.1			171																				
458		63.2			178																				
53	153	30	22.2		177																				
284		17.3			169																				
226		43.1	320		177																				
289		44.7			173																				
380		67.2			172																				
36	381	17	37.2		171																				
388		42.0			178																				
295		46.8	465		173																				
383		61.5			171																				
367		65.4			171																				
52	577	0	10.7		171																				
630		20.0			178																				
471		24.9	282		173																				
717		29.2			165																				
147		33.4			162																				
6	380	7	32.2		160																				
330		47.3			163																				
378		50.1	537		163																				
420		58.6			164																				
465		63.0			165																				
9	510	10	21.2		162																				
109		28.1			160																				
161		31.7	369		166																				
194		38.4			168																				
242		40.6			166																				
11	318	12	27.4		156																				
186		42.2			162																				
270		47.4	66.8		164																				
357		74.2			165																				
101		76.1			160																				
10	310	15	29.5		166																				
181		34.5			162																				
236		37.2	306		166																				
274		43.9			168																				
326		47			153																				
18	55	19	21.7		160																				
103		26.2			160																				
155		31.6	310		159																				
202		35.6			160																				
244		40.4			158																				
22	11	20			167.30																				

Differenza di decl.

27.00	0	0	
25	19.51	- 7.07	
25	20	1.97	
25	20	2.15	
25	20	2.1	
25	20	2.5	
25	20	2.7	
27.25	19.14	5.9	
26	11	5.8	
20	10	7.0	
24	0.5	2.9	
		- 8.353	
2. 22	4	40	0.922102
22	7	28.2	1.323881
22	11	58.8	2.245933
14	5	39.4	+ 176.14
8	6	19.0	
1	1	14.6	
4	4	59.4	

Quadrante

A 8° 5' 0" l. m. Padova

α - α = + 1" 16.73 + 2' 56.72 4.3810

2 29 22.52 + 52 3 1.69

2 30 39.25 + 52 6 1.54

log p = 9.786 - 2.203

4.607 4.607

0.139n - 1.58 4.596 + 3.9

0 = 2 20 37.87 52 6 1.99

2 20 39.50 52 6 1.74

1.63 + 2.4

Stessa stella comparativa sia di sera che di mattina. Antoniazzi eseguì complessivamente 180 osservazioni micrometriche, relative a 113 stelle di confronto scelte dal catalogo *Astronomische Gesellschaft* e poi corrette con le posizioni fornite dal Catalogo fotografico standard di Hinks.

Parallasse ricavata:

$$\pi = 8'' \cdot 795 \pm 0'' \cdot 023$$

Arthur R. Hinks (Oss. Cambridge), che ridusse le serie di misure, derivò:

$$\pi = 8'' \cdot 807 \pm 0'' \cdot 0028 \text{ (fotografico);}$$

$$\pi = 8'' \cdot 806 \pm 0'' \cdot 004 \text{ (micrometrico);}$$

Le osservazioni padovane ebbero lo stesso peso di quelle del Lick Obs. (91 cm)