

Storia dell'Astronomia

dalle origini ai giorni nostri

“La più sublime, la più nobile tra le fisiche scienze è senza dubbio l’Astronomia.

L’uomo s’innalza per mezzo di essa al di sopra di se medesima e giunge a conoscere la causa dei fenomeni più straordinari ... ”

Giacomo Leopardi

- 
- I Cinesi
 - Gli egiziani
 - Astronomia greca
 - Il Medioevo
 - Il Cinquecento
 - Il Seicento
 - Il Settecento
 - L'Ottocento
 - Il Novecento
 - Il duemila

I cinesi

L'antica astronomia cinese è celebre per la grande tradizione di osservazioni astronomiche sin dal 2000 a.C. al 1217. risale la registrazione di un' eclissi solare. Astronomi cinesi osservarono e registrarono passaggi di comete o altri eventi come l'esplosione della supernova del Granchio del 1054. Si arrivò anche alla realizzazione di un calendario lunisolare composto di 360 giorni, a cui venivano aggiunti 5 giorni epagomeni esso sorse probabilmente già dal secondo millennio a.C. Il calendari cinesi tuttavia non raggiunse mai il livello di precisione dei calendari di altre civiltà come quella babilonese o maya.

C. Singer: *A History of Technology*, 1954
Storia della tecnologia, 1962

TRASMISSIONE DI CERTE TECNICHE DALLA CINA ALL'OCCIDENTE¹

Un'esauriente discussione sulla cronologia della presente tavola si può trovare nei successivi volumi di *Science and Civilisation in China*.

I. Invenzioni e scoperte	II. Cina		III. Europa		IV. Intervallo di tempo minimo approssimativo, in secoli
	Periodo di sperimentazione	Prima data precisa	Periodo di sperimentazione	Prima data precisa	
a Pompa a catena a palette quadrate	Primo secolo a.C. probabilmente citata nell'83	189	Diciassettesimo secolo?	1672	15
b Molazza o frantoio a ruote	Primo secolo a.C.	170	Quindicesimo secolo? ²	1607	13
Molazza azionata da forza idraulica	..	400	Quindicesimo secolo?	1607	11
c Mulino a martelli	..	Quarto secolo a.C.	..	..	..
Mulino a martelli azionato da forza idraulica	Dal secondo al primo secolo a.C.	20	Quindicesimo secolo? ³	1607	14
d Macchina rotativa per ventilazione, con manovella	..	40 a.C.	850, manovella	Tardo diciottesimo secolo	14
Ventola rotante per ventilazione	..	180	Quindicesimo secolo?	1556	12
Macchina soffiante per forno o forgia, azionata da forza idraulica	Dal secondo al primo secolo a.C.	31	..	Tredicesimo secolo	11
Idem, azionata a manovella	..	1310	..	1757	4
e Soffietto a pistoncini per getto d'aria continuo	..	Quarto secolo a.C.	Quindicesimo secolo?	Sedicesimo secolo	14
f Telaio per tessitura a disegni	Secondo secolo a.C.	100 a.C. circa	..	Dal quarto al quinto secolo	4

NOTE: 1. Estensione della tabella 8 (p. 242) di *Science and Civilisation in China*, vol. 1 (1954), di Joseph Needham, con l'assistenza di Wang Ling per il lavoro di ricerca.

Tutte le date sono d.C., eccetto dove indicato altrimenti. Nell'indicare i periodi della colonna IV si è cercato di tener conto dei non pochi dubbi e oscurità, perciò essi sono frequentemente più brevi del numero ottenuto sottraendo la data della colonna II da quella della colonna III.

- La molazza a ruote cinese aveva un rullo che rotava su una superficie piana, e differiva considerevolmente dal congegno classico a due emisferi e coppa chiamato *trapetum*. Vedere p. 115, fig. 80.
- Mulini per follatura azionati da forza idraulica erano conosciuti in Europa nel tredicesimo secolo e forse prima (p. 218), ma non è chiaro se essi fossero del tipo cinese a maglio inclinato o del tipo a pestelli ad alzata verticale. Il maglio meccanico fu comunque associato allo sviluppo dell'altoforno.

[continua a tergo]

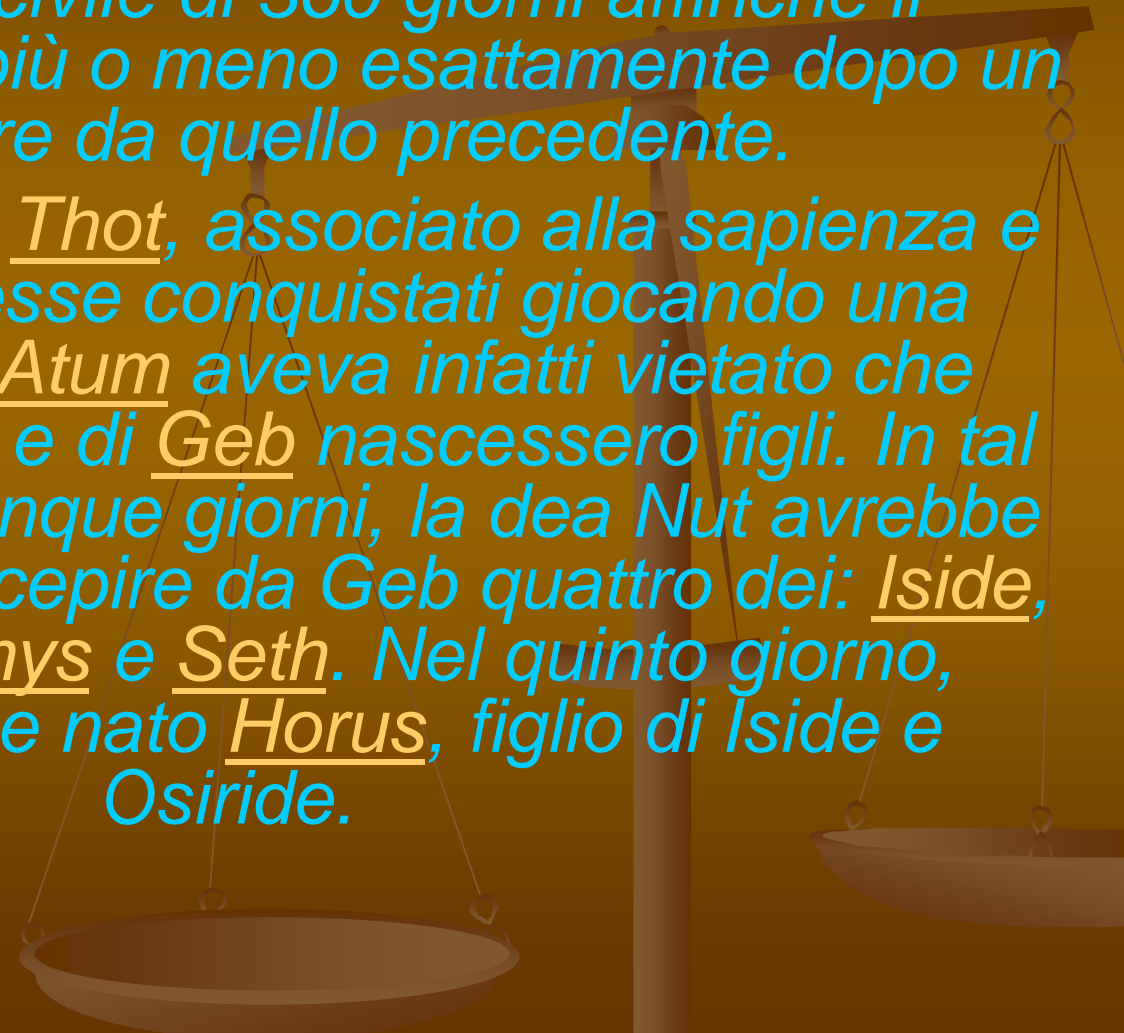
I. Invenzioni e scoperte	II. Cina		III. Europa		IV. Intervallo di tempo minimo approssimativo, in secoli
	Periodo di sperimentazione	Prima data precisa	Periodo di sperimentazione	Prima data precisa	
g Macchinario per la lavorazione della seta: macchina per avvolgimento	Prima del 100 a.C.	Primo secolo a.C.	..	Tutte introdotte attorno alla fine del tredicesimo secolo	3-13
fuso ad alette; torcitura e binatura	..	1090	..	Quattordicesimo secolo	..
utilizzazione della forza idraulica	Tredicesimo secolo	1310	..	Quattordicesimo secolo	..
b Carriola	Primo secolo	231	..	1200 circa	9-10
i Carro a vela (prime grandi velocità su terra)	..	552	..	1600	11
j Carro-mulino che macina mentre viaggia	..	340	..	1580	12
k Finimenti efficienti per attaccare i cavalli: pettorale	Quarto secolo a.C.	Secondo secolo a.C.	Sesto secolo?	1130 circa	8
collare	..	Dal terzo al settimo secolo	Nono secolo?	920 circa	6
l Arco-balestra (arma individuale)	..	Terzo secolo a.C.	Conosciuto nel periodo romano, ma non largamente diffuso prima del Medioevo ¹	Undicesimo secolo	13
m Cervo volante	..	400 a.C. circa	..	1589	12
n Rotore da elicottero (azionato da una corda avvolta attorno all'asse)	..	320	..	Diciottesimo secolo	14
Cinematoscopia (calotta di lampada fatta girare dall'aria calda ascendente)	..	180	..	Diciassettesimo secolo	10 circa
o Trivellazione profonda (per acqua, acqua salmastra e gas naturale)	Secondo secolo a.C.	Primo secolo	..	1126	11
p Fusione del ferro	Quarto secolo a.C.	Secondo secolo a.C.	Ferro fuso prodotto soltanto accidentalmente nell'antichità e nel Medioevo	Tredicesimo secolo	10-12
Vomere d'aratro in ferro curvo concavo	..	Nono secolo	..	1700 circa	25
Aratro-seminatrice con tramoggia	..	85 a.C.	Conosciuto nell'antichità	1700 circa	14

NOTA: 1. Per ulteriori dettagli sulla storia dell'arco in Occidente, vedere pp. 719 e 734 sgg.

I. Invenzioni e scoperte	II. Cina		III. Europa		IV. Intervallo di tempo minimo approssimativo, in secoli
	Periodo di sperimentazione	Prima data precisa	Periodo di sperimentazione	Prima data precisa	
g Sospensione cardanica	Primo secolo a. C.	180	..	1200 circa	8-9
r Ponti ad archi a settori	..	610	..	1345	7
s Ponti sospesi con cavi	..	Primo secolo a. C.	..	..	..
s Ponti sospesi con catene di ferro	..	580	Proposto nel 1595	1741	10-13
t Canali e fiumi regolati con una serie di paratoie	..	Terzo secolo a. C.	..	1220	17
Dighe e chiuse	..	825	..	1452	7
u Costruzione di navi:	..	Ottavo secolo	..	1180	3
timone del dritto di poppa	..	Quinto secolo	..	1790	12
compartimenti stagni	..	..	..	..	..
v Attrezzatura:	..	Primo secolo a. C.	..	Diciannovesimo secolo	18
vele efficienti (principio del paglietto e della bietta)	..	..	..	..	..
attrezzatura di prua e di poppa	..	Terzo secolo	..	Nono secolo	6
w Polvere da sparo:	Ottavo secolo	850 circa	..	Tredicesimo secolo	4
come innesco di arma incendiaria	..	919	[Uso del fuoco greco nel settimo secolo]	..	..
razzi e lance incendiarie	..	1100 circa	Descritto nel 1300 circa	Quindicesimo secolo	3-4
proiettili da artiglieria	..	1200 circa	..	1320 circa	1
granate e bombe esplosive	..	1000 circa	..	Sedicesimo secolo	4-5
x Magnetismo:	..	..	..	..	..
cucchiaio di magnetite rotante su piatto di bronzo	Primo secolo a. C.	83	..	..	..
magnete galleggiante	..	1020	..	1190	4
ago magnetico sospeso	Decimo secolo	1086	..	..	..
bussola per navigazione	Undicesimo secolo	1117	..	..	2
conoscenza della declinazione magnetica	..	1030	..	1450 circa	4
discussione sulla teoria della declinaz.	..	1174	..	1600 circa	4
y Carta:	..	105	..	1150	10
stampa mediante tavolette di legno o metallo	Sesto secolo	740	..	1400 circa	6
stampa a caratteri mobili	..	1045 (in terracotta) 1314 (in legno)	..	..	..
stampa a caratteri mobili in metallo	1340 circa	1392 (Corea)	..	1440 circa	1
z Porcellana	Primo secolo	Dal terzo al settimo secolo	..	Diciottesimo secolo	11-13

Gli egiziani

Le conoscenze astronomiche degli egiziani, in parte riscontrabili nella costruzione delle piramidi e di altri monumenti allineati secondo la posizione delle stelle, presenta come punto di forza il calendario. Il trascorrere della vita in Egitto era fortemente legato a quella del fiume Nilo e delle sue periodiche alluvioni, le quali avvenivano con una certa costanza, in genere ogni 11 o 13 lunazioni. Gli egiziani si accorsero che l'inizio delle inondazioni avveniva quando si alzava nel cielo la stella Sirio (Sopdet per gli egizi) con un errore di 3-4 giorni al massimo. Con questo riferimento sorsero diversi calendari, il primo era il calendario lunare di 354 giorni con mesi di 29 o 30 giorni. Ma nel tempo si notarono errori di calcolo, così ne fu introdotto un secondo definito calendario civile di 365 giorni, con 30 giorni ogni mese e 5 epagomeni ogni anno.

- 
- *I **giorni epagomeni** erano 5 giorni che, nel calendario dell'Antico Egitto, venivano aggiunti alla fine dell'anno civile di 360 giorni affinché il capodanno cada più o meno esattamente dopo un anno solare da quello precedente.*
 - *Si narra che il dio Thot, associato alla sapienza e alla Luna, li avesse conquistati giocando una partita a senet. Atum aveva infatti vietato che dall'unione di Nut e di Geb nascessero figli. In tal modo, in questi cinque giorni, la dea Nut avrebbe invece potuto concepire da Geb quattro dei: Iside, Osiride, Nephthys e Seth. Nel quinto giorno, invece, sarebbe nato Horus, figlio di Iside e Osiride.*

• *I giorni epagomeni erano aggiunti alla fine dell'anno civile subito prima del capodanno del nuovo anno. Nel calendario civile vago la data del capodanno era mobile e così pure i giorni epagomeni. Con la riforma alessandrina-augustea, che ancorò il calendario egizio a quello giuliano, venne introdotto un sesto giorno epagomeno, con funzioni analoghe al 29 febbraio dell'anno bisestile giuliano.*

• *Dopo questa riforma i giorni epagomeni furono fissati come segue:*

- 24 agosto: Nascita di Osiride
- 25 agosto: Nascita di Horus
- 26 agosto: Nascita di Seth
- 27 agosto: Nascita di Iside
- 28 agosto: Nascita di Nephthys

Ma anche questo calendario mostrava qualche differenza con la realtà. Così fu introdotto un ultimo calendario ancora più preciso, il quale possedeva un ciclo di 25 anni in cui veniva aggiunto un mese intercalare nel 1°, 3°, 6°, 9°, 12°, 14°, 17°, 20°, e 23° anno di ogni ciclo. Questo calendario, estremamente preciso, venne utilizzato anche da Tolomeo nel II secolo d.C. e venne preso in considerazione sino ai tempi di Copernico. Da ricordare che i mesi di 30 giorni erano divisi in settimane di 10 giorni e in 3 stagioni di 4 mesi detti: mesi dell'inondazione, mesi della germinazione, mesi del raccolto.

Già dal 3000 a.C. gli egiziani avevano in uso la divisione delle ore diurne e notturne in dodici parti ciascuna: per le ore diurne usavano regolare il tempo con le meridiane, mentre per le ore notturne si servivano di un orologio stellare, ovvero osservavano le posizioni di 24 stelle brillanti. Le ore così misurate sia di giorno che di notte avevano una durata diversa a seconda della stagione, mantenendo comunque una durata media di 60 minuti. Successivamente, per le ore notturne vennero introdotti i "decani", ovvero 36 stelle poste in una fascia a sud dell'eclittica, ognuna delle quali indicava con maggior precisione l'orario[

Astronomia greca

Gli antichi greci sono stati i primi a tentare una spiegazione degli eventi senza tentare il ricorso a cause soprannaturali. La filosofia greca è osservazione razionale della natura, in un movimento centrifugo, dallo spirito alle cose.

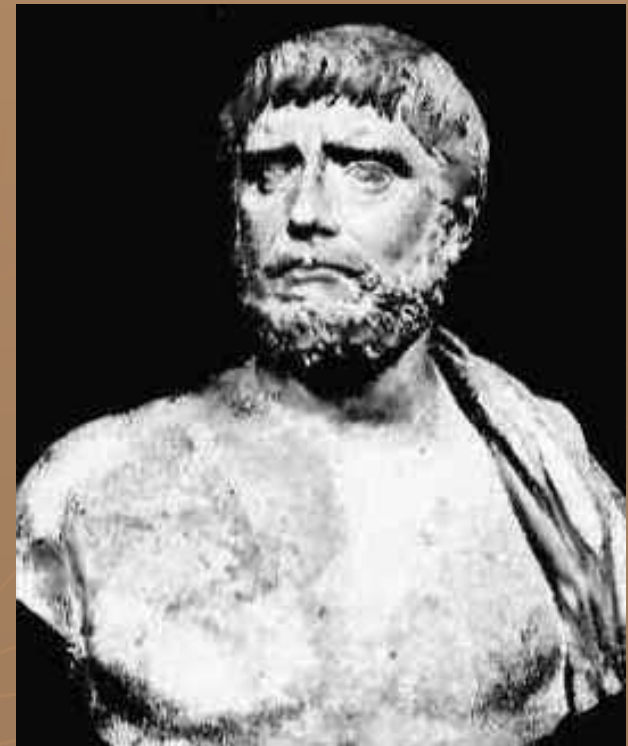
- I primi astronomi greci
- L'ultimo grande astronomo dell'antichità



Nella storia dell'astronomia hanno quindi diritto di cittadinanza i primi filosofi greci che troviamo, prima che nella stessa madrepatria, nelle colonie della Magna Grecia e della Tracia. Tra questi troviamo Talete, Anassimandro, Pitagora, Filolao, Metone ed Eutemone, Platone, Eudosso, Callippo, Aristotele, Aristarco, Euclide, Eratostene, Ipparco ed infine Tolomeo.

Talete di Mileto (626 -548 a.C.)

primo filosofo greco e attento viaggiatore, fece tesoro delle conoscenze e degli studi di Babilonesi ed Egizi, proponendo una teoria a metà strada tra la mitologia greca e le scoperte scientifiche di quel tempo.. Egli riteneva, come gli stessi Babilonesi, che la Terra fosse piatta e galleggiasse sull'acqua come un pezzo di legno.



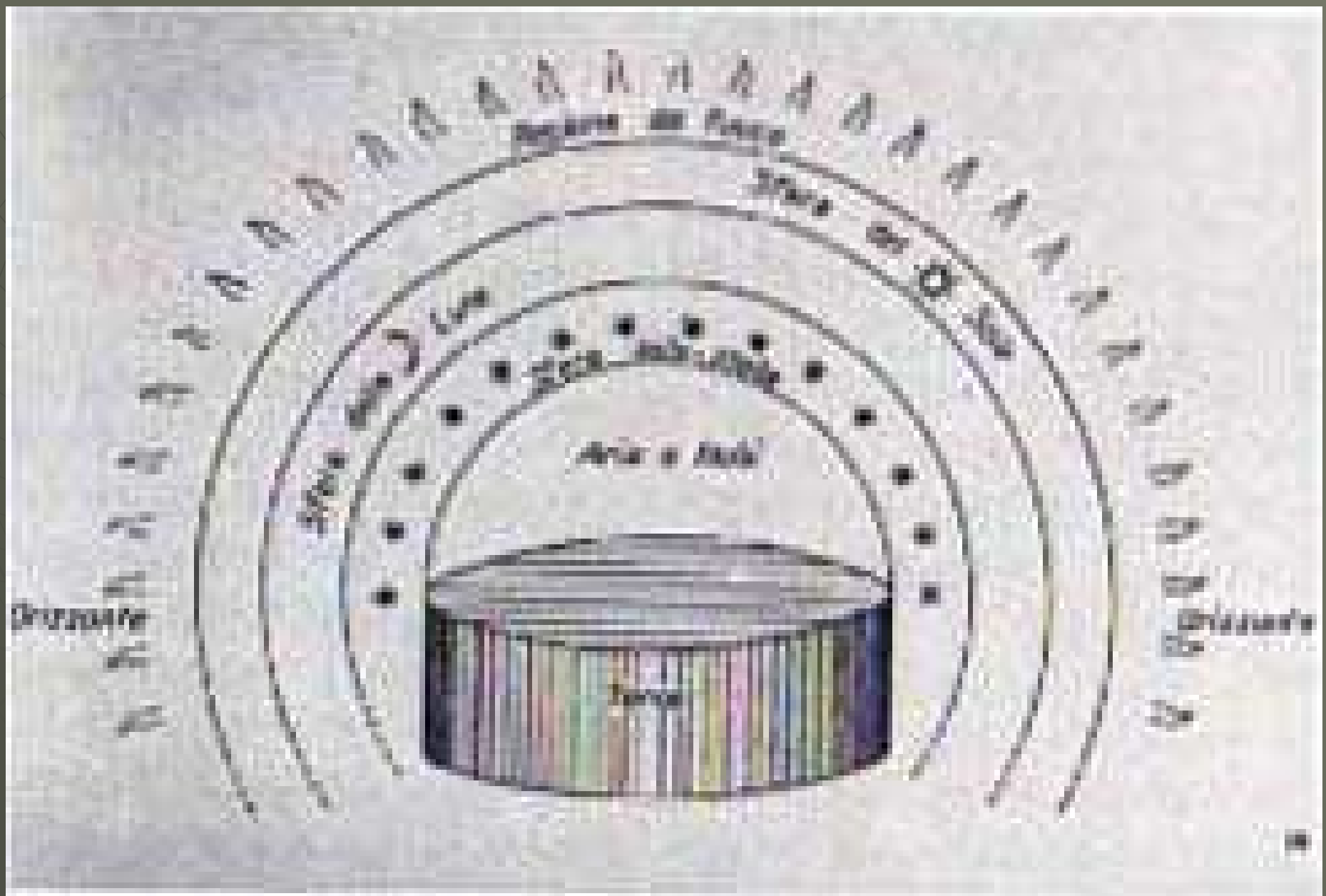
...

E' considerato da Plutarco il primo dei Sette Saggi.

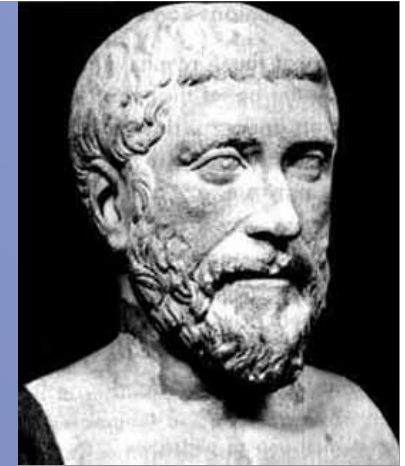
***Erodoto** dice che prevede l'eclissi totale di Sole del 585 a.C. ma gli studiosi moderni danno poco credito a questa affermazione, o per lo meno, si tende a pensare che, avuta conoscenza del periodo delle eclissi di 18 anni, oggi detto saros, Talete abbia dato la previsione di una eclisse generica.*

Anassimandro (610 – 547 a.C.)

Si dice che Anassimandro abbia introdotto in Grecia l'uso dello gnomone (apprendendolo probabilmente dai Babilonesi). Ad Anassimandro si fanno risalire le prime idee sulla convessità della superficie terrestre. Egli pensava che la Terra avesse forma cilindrica, con l'asse orientato nel senso levante-ponente. Si dice anche che egli abbia eseguito per primo una misurazione dell'obliquità dell'eclittica (affermazione fortemente dubitata oggi).



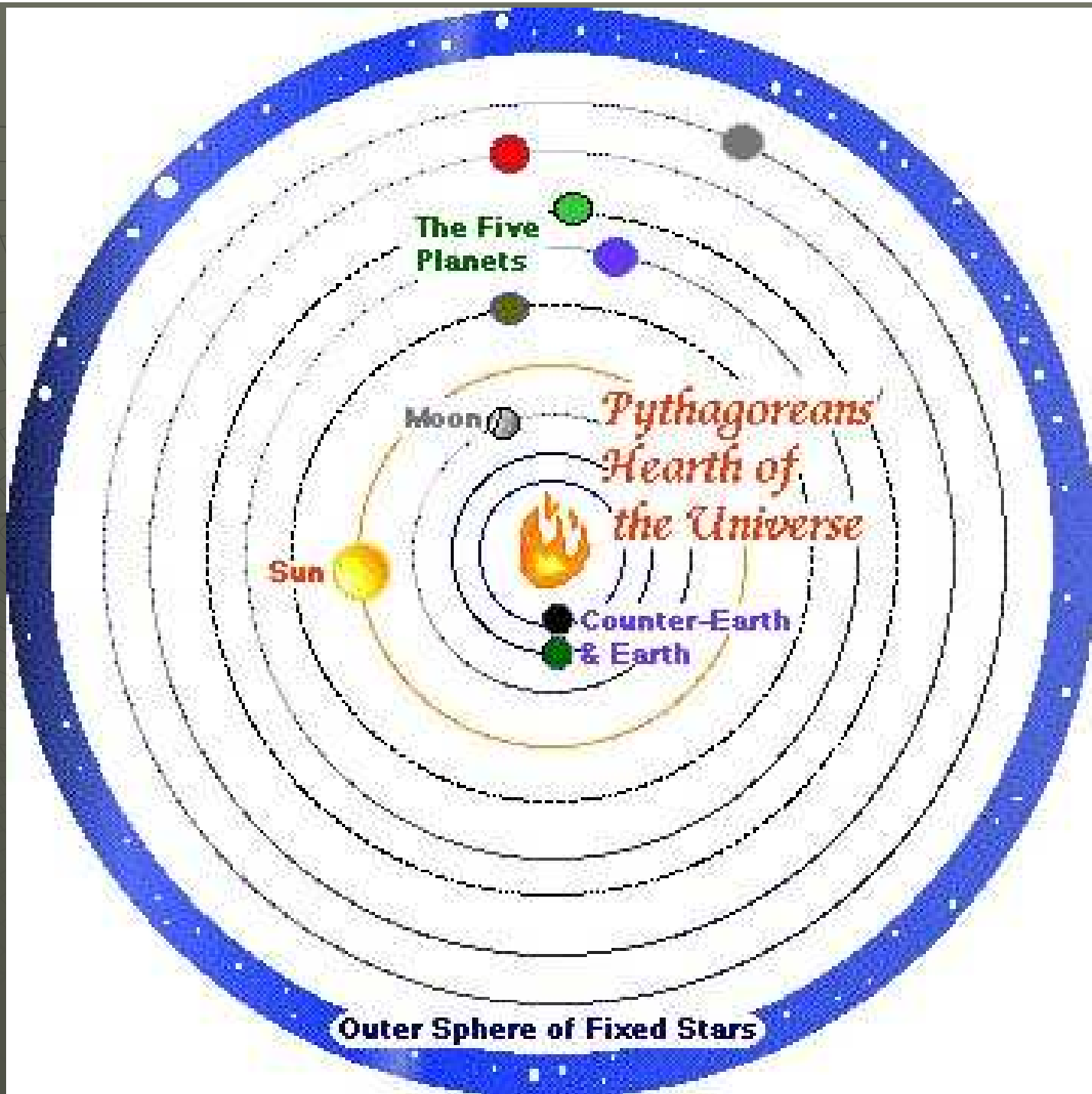
PITAGORA (Samo, ~570 a.C.)



Non ci è giunto alcuna opera scritta (e nemmeno eventuali titoli). Sembra addirittura che tutto il suo insegnamento abbia avuto un carattere completamente orale.

In astronomia è attribuita a Pitagora l'affermazione secondo cui la Terra ha forma sferica, e che anche l'orbita della Luna era inclinata rispetto all'equatore celeste.

I pitagorici avevano sviluppato una teoria delle sfere armoniche, per la quale i pianeti emettevano dei suoni dipendenti dalla velocità con cui ruotavano intorno alla Terra.



Sun

Moon

The Five Planets

Pythagoreans' Hearth of the Universe

Counter-Earth & Earth

Outer Sphere of Fixed Stars

Filolao (470 – inizio IV sec. a.C.)

è ritenuto il primo ad aver tolto la Terra dalla posizione centrale del cosmo.

Secondo il sistema da lui proposto (figura 10), al centro dell'universo era posto una sorta di fuoco primigenio, un ente fisico animatore di tutto l'universo, al quale era dato il nome di fuoco centrale, oppure di dimora di Zeus.

La Terra, T, ruotava attorno al fuoco centrale. Interposto tra la Terra e il fuoco centrale, Filolao aveva posto anche un nuovo corpo celeste, da lui chiamato Antiterra, A, (Antichton, la cui introduzione consentiva di arrivare al numero perfetto di dieci corpi celesti). Terra e Antiterra avevano velocità angolare di rivoluzione attorno al fuoco centrale uguali, ed entrambe pure uguali alle proprie velocità di rotazione attorno al proprio asse.

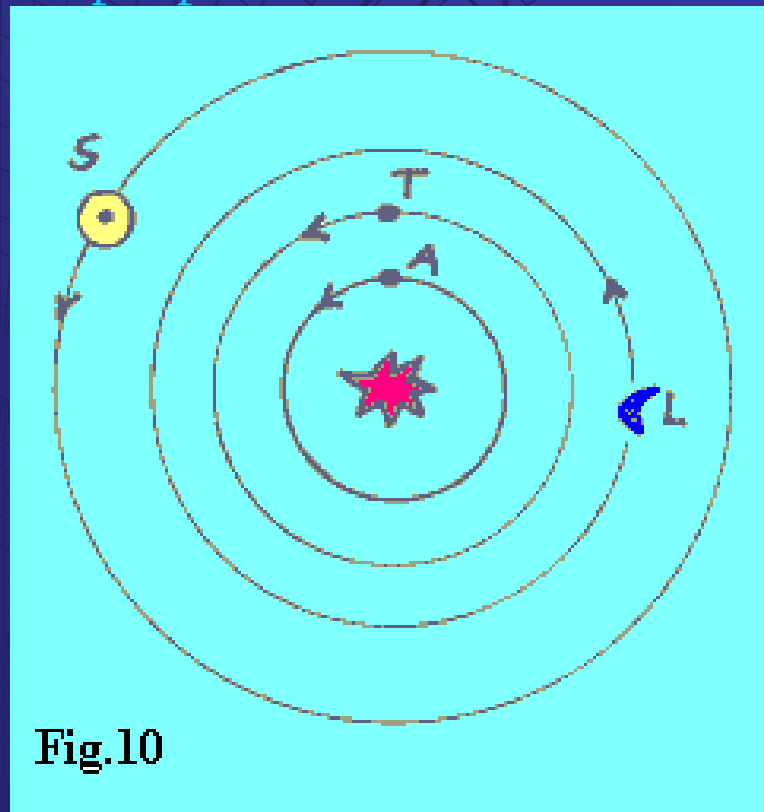


Fig.10

In definitiva, l'Antiterra si manteneva sempre sull'allineamento Terra-fuoco centrale. Siccome l'emisfero terrestre abitato era quello rivolto verso il Sole, dalla Terra l'Antiterra non poteva essere mai vista (forse avrebbe potuto essere vista dalla Grecia, centro dell'emisfero abitato, se ci si fosse molto spostati verso est o verso ovest, oltre l'India o oltre le Colonne d'Ercole). La rotazione della Terra attorno al fuoco centrale rendeva ragione dell'alternarsi del dì e della notte, perché l'emisfero terrestre abitato, per mezza rotazione era rivolto verso il Sole, e per l'altra metà in senso opposto.

Metone (470 – 400 a.C.) ed Eudosso (460 – 390 a.C.)

L'osservazione del solstizio estivo del 432 a.C. e l'introduzione del ciclo lunisolare di 19 anni.

Eudosso attribuisce ai due la misura della durata delle stagioni in giorni, a cominciare dall'estate, con i valori 90, 90, 92 e 93.

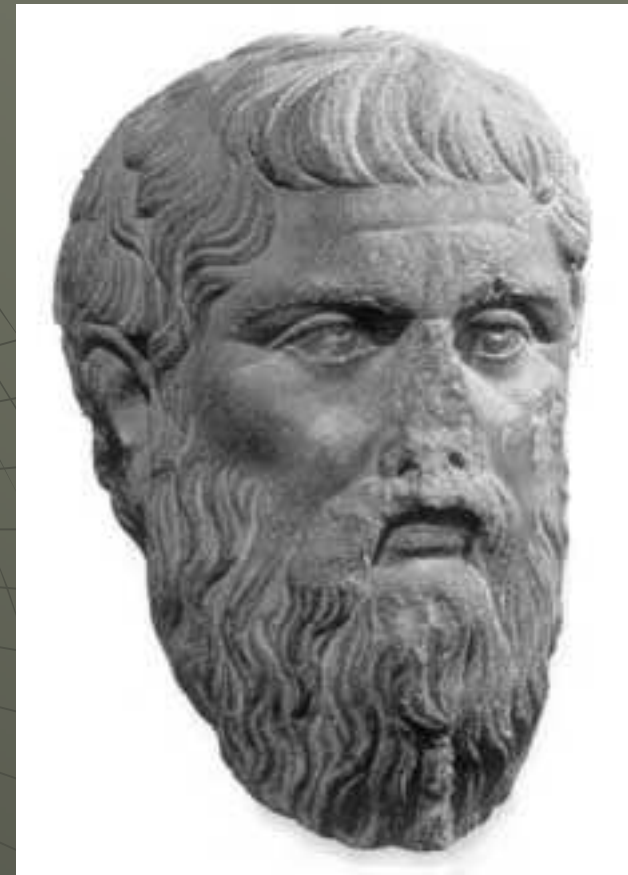
Ancora oggi del ciclo di Metone viene tenuto conto dalla Chiesa nel calcolo della data della Pasqua, in funzione di alcune costanti, tra le quali anche il numero d'oro

Il numero d'oro di un anno qualunque (che è il numero d'ordine dell'anno all'interno del ciclo) è dato dal resto della divisione di $(\text{anno} + 1)$ per 19. Per esempio, per l'anno 2009 abbiamo: $(2009 + 1) / 19 = 105$ con resto 15: siamo cioè nel 105° ciclo di Metone, e il numero d'oro per l'anno 2009 è il 15.

PLATONE

Sua la nozione di sfere cristalline, quindi solide, che trasportavano nei loro movimenti attorno alla Terra, naturalmente immobile al centro del cosmo, in successione la Luna, il Sole, Mercurio, Venere, Marte, Giove, Saturno e da ultimo la sfera delle stelle fisse. Riteneva che la luce mostrata dalla Luna fosse luce riflessa dal Sole. Infine, per Platone erano assolutamente indiscutibili gli assiomi pitagorici (1) della circolarità dei moti di tutti gli astri (il cerchio era la figura geometrica che maggiormente racchiudeva i caratteri della perfezione) e (2) della loro uniformità.

Nacque ad Atene intorno al 427 a.C, e vi morì intorno al 347



In un passo della sua opera ***Timeo*** è detto che
". . . la Terra nostra nutrice si avvolge intorno
all'asse che è esteso per tutto l'universo, e Dio
la fece guardiana della notte e del giorno . . .".
Da molti, antichi e moderni, l'aver associato le
due frasi "si avvolge intorno all'asse che è
esteso per tutto l'universo" e "e Dio la fece
guardiana della notte e del giorno",
rappresenta una adesione all'idea di moto di
rotazione. Aristotele, nel ***De Coelo*** afferma ". .
. alcuni, pur mettendo la Terra nel centro, la
fanno rivolgersi intorno all'asse che attraversa
il mondo, come sta scritto nel *Timeo*"

Eudosso

Eudosso di Cnido (410 - 350 a.C. circa) frequentò con molta probabilità sia Platone che Aristotele

L'opera **Delle velocità**. In essa era descritta una pietra miliare nella storia dell'astronomia, il cosiddetto sistema delle **sfere omocentriche**, cioè il primo approccio su basi scientifiche a una strutturazione geometrica del cosmo nel suo complesso.

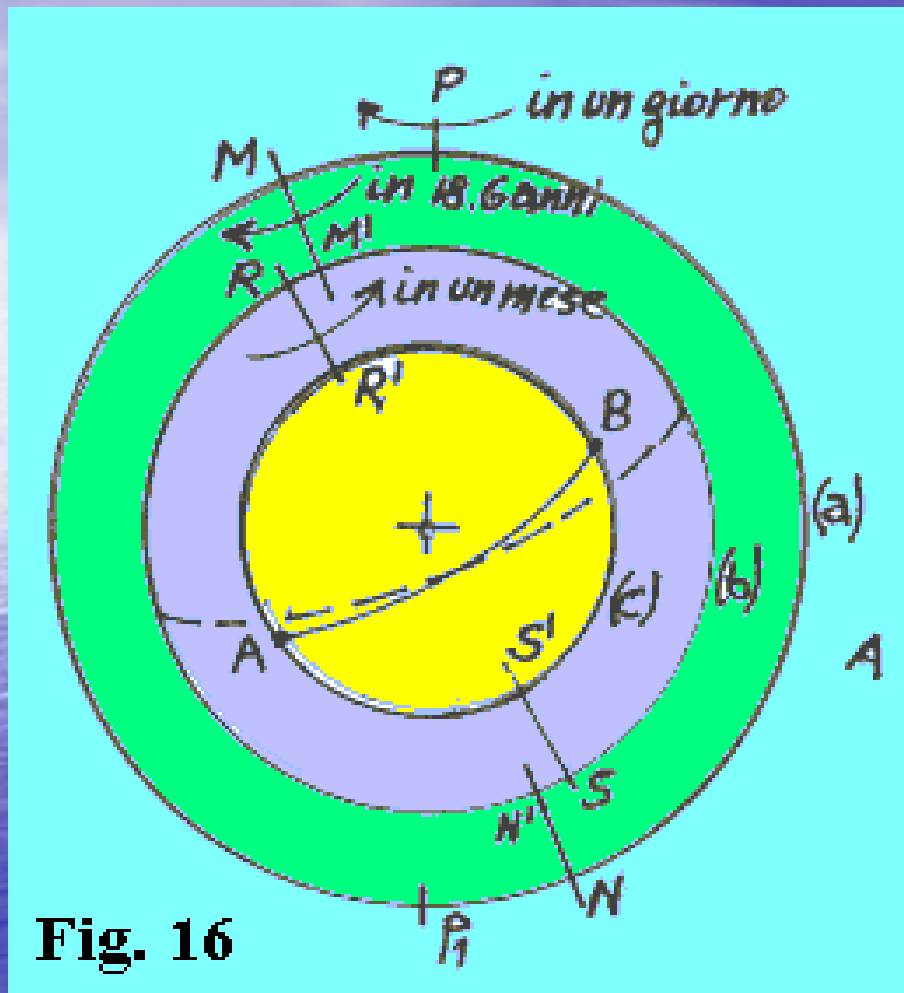


Fig. 16

La Luna è fissata sull' "equatore" della sfera gialla(c).

la figura descrive il sistema per la Luna. La Terra è al centro. La sfera (sezione sferica solida) (a), verde, ha fissate su di sé le stelle e ruota da est a ovest in un giorno, rispetto all'asse PP1. La sfera (b), viola, ruota nello stesso senso della sfera (a) ma con un periodo di 18,6 anni. L'asse di questa sfera è impernato nei punti M,N della sfera (a), ed è inclinato rispetto all'asse di questa sfera di 24° (valore dell'obliquità ai tempi di Eudosso). La sfera (c) gialla, ruota in senso contrario a quello delle altre due nel periodo di un mese lunare. L'asse di questa terza sfera è impernato nei punti R'S' della sfera (b) ed è inclinato di circa 5° rispetto all'asse di quest'ultima

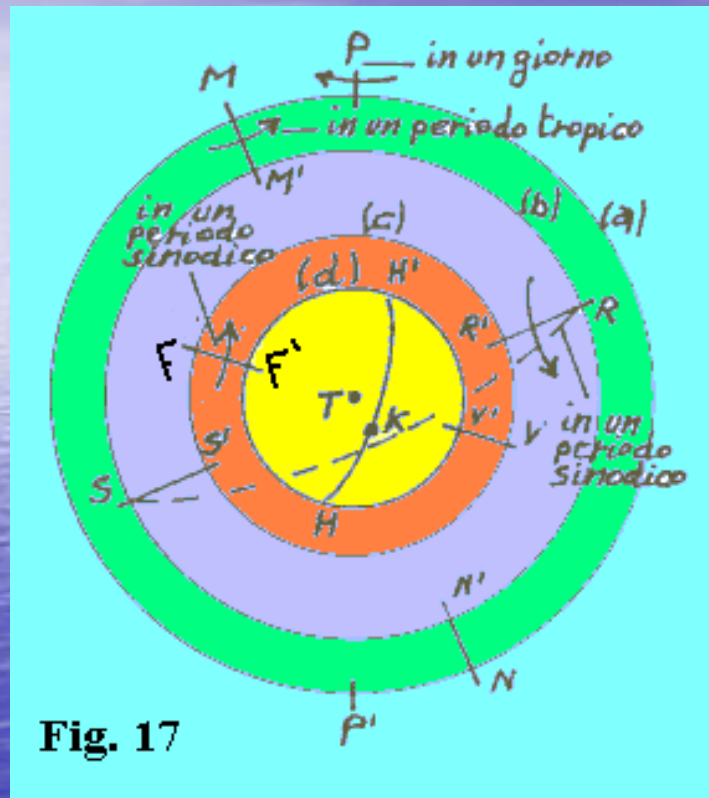
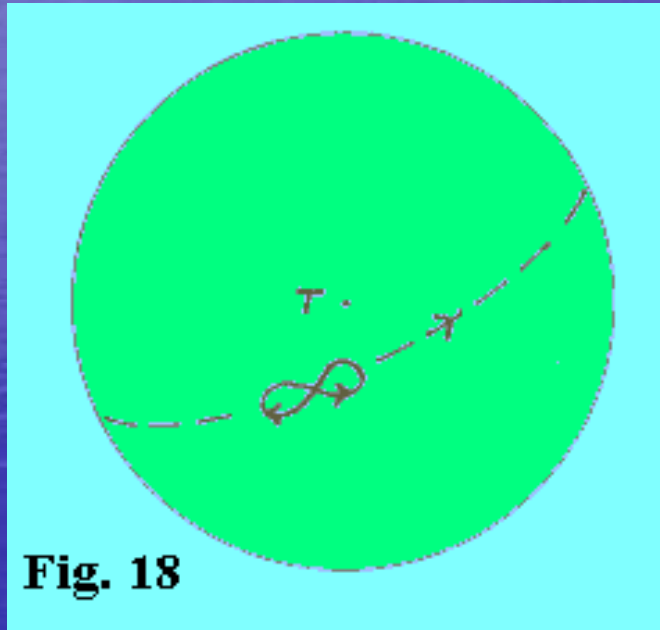


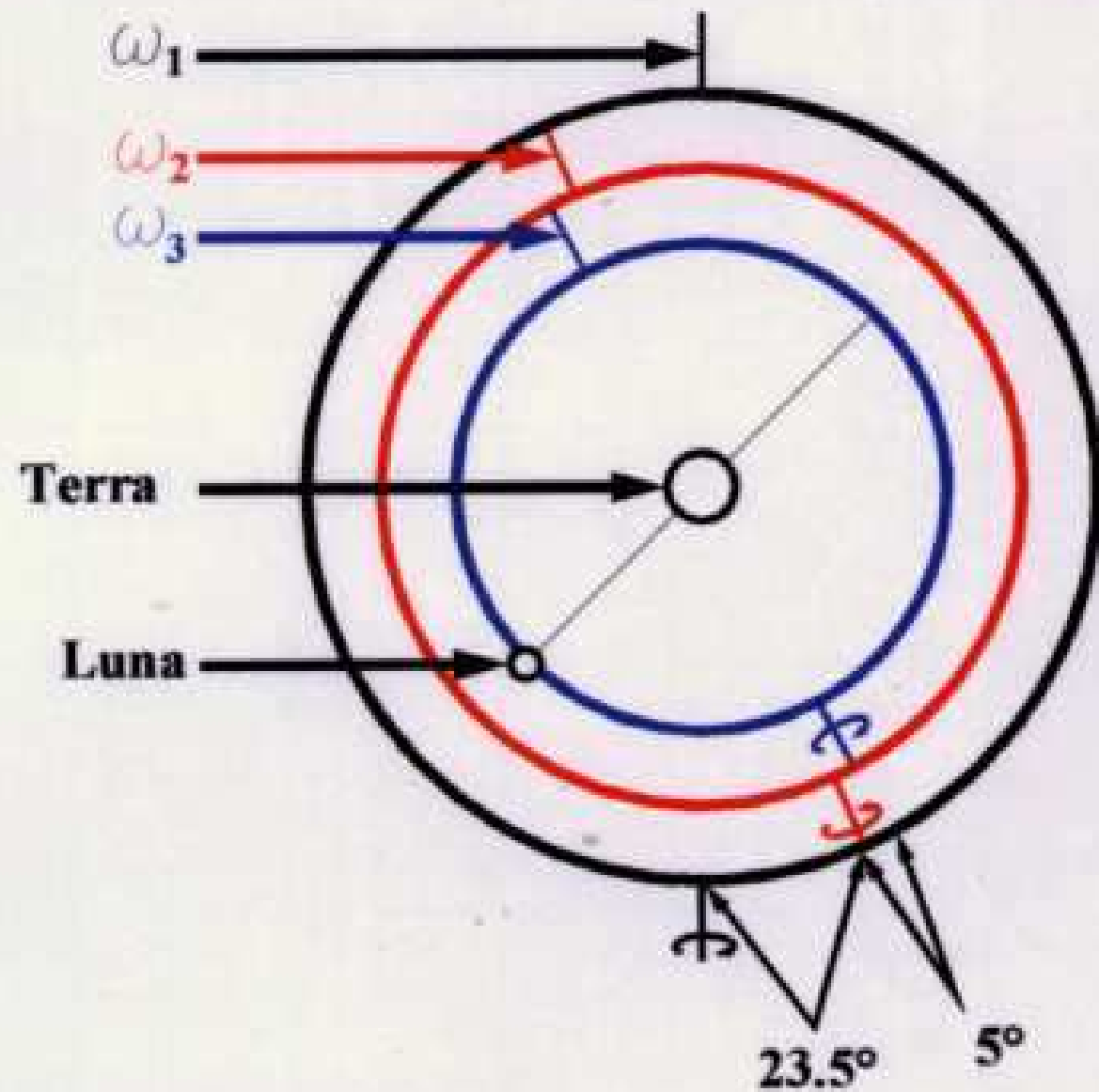
Fig. 17

L'asse della sfera (c) è posto nel piano dell'eclittica, va ad imperniarsi nei punti R ed S della sfera (b) e ruota con periodo pari al periodo sinodico del pianeta. La sfera (d) ha l'asse scostato rispetto all'asse della (c) di una certa quantità, e ruota pure con periodo pari al periodo sinodico del pianeta, ma in senso contrario rispetto a quello della sfera (c). Il pianeta si trova sull'"equatore" della sfera (d).

Siccome l'effetto di queste due sfere era quello di far descrivere una figura "ad otto" (la famosa "*ippopeda*", secondo Simplicio, il percorso addestrativo per i cavalli), il risultato di questa costruzione è che il pianeta doveva apparire agli occhi dell'osservatore geocentrico, muoversi secondo il moto diurno per la sfera (a),



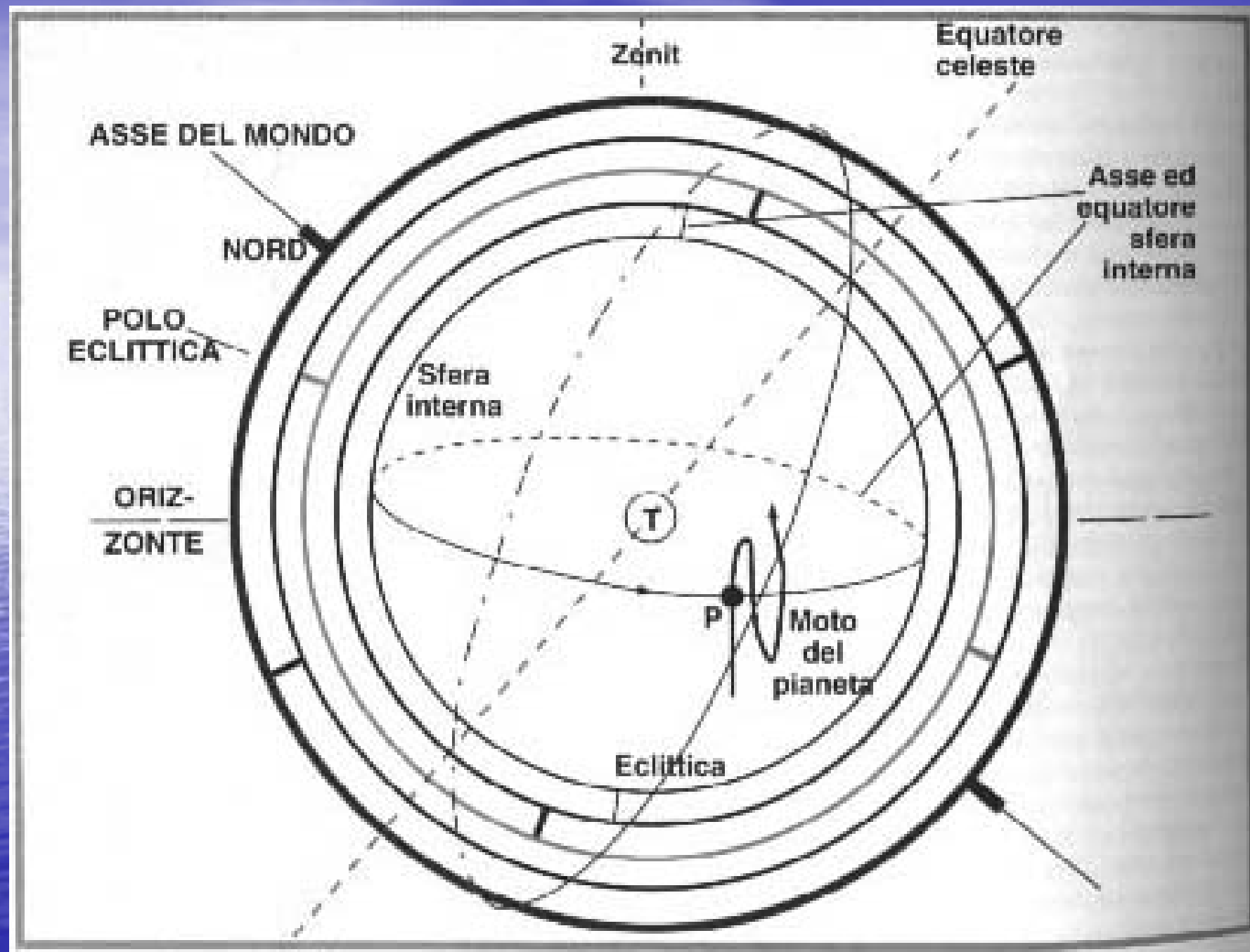
muoversi lungo l'eclittica per la sfera (b), e contemporaneamente alternare fasi di moto retrogrado, di stazionamenti, di sollevamenti e abbassamenti rispetto all'eclittica, per l'azione combinata delle sfere (c) e (d).

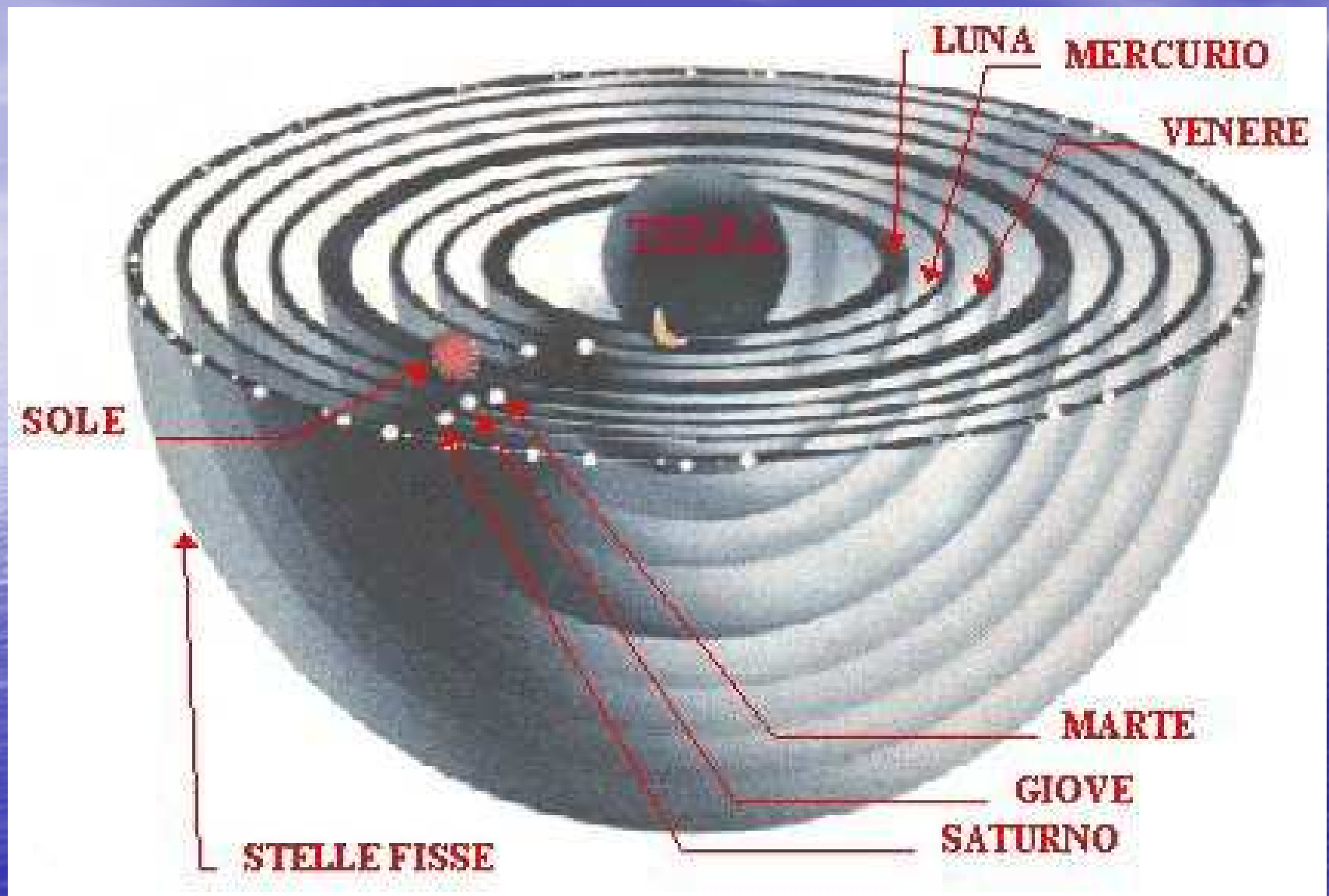


$$\omega_1 = \frac{1 \text{ giro}}{24 \text{ ore}}$$

$$\omega_2 = \frac{1 \text{ giro}}{233 \text{ lunazioni}}$$

$$\omega_3 = \frac{1 \text{ giro}}{27,2 \text{ giorni}}$$





CALLIPPO

Poniamo le date del 370 e del 310 a.C. come date di estensione della vita di **Callippo di Cizico**, anche se si tratta di date stimate.

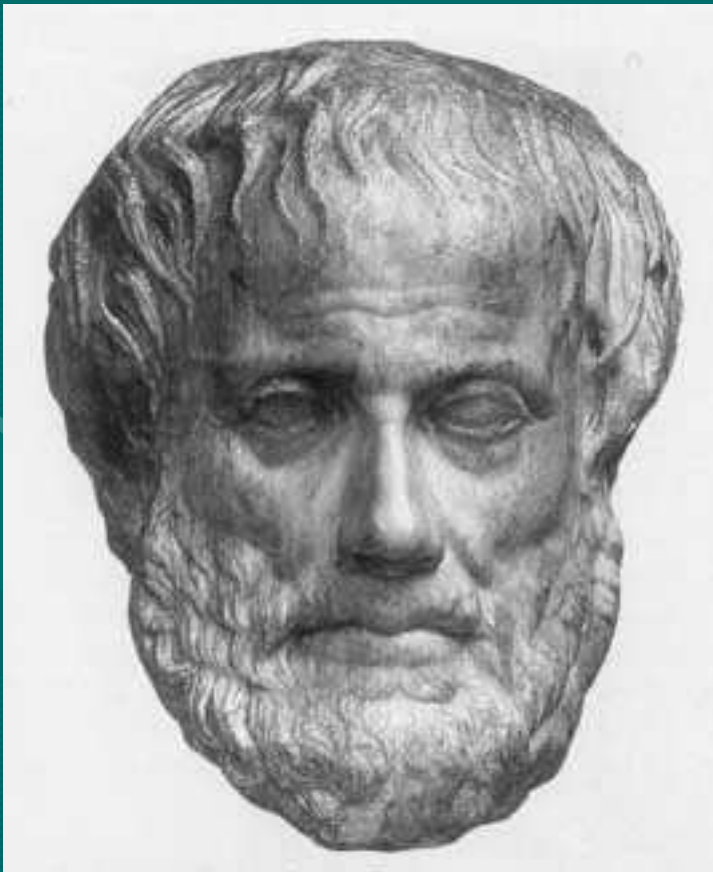
Ha eseguito una misura di durata delle stagioni, che risultò più precisa di quella eseguita un secolo prima da Metone. I valori di Callippo furono di 94 giorni per la primavera, 92 per l'estate, 89 per l'autunno e 90 per l'inverno. Come si vede, il totale di 365 giorni esatti risente ancora di una imprecisione.

Altra sua importante innovazione astronomica fu l'aver adattato il ciclo di Metone al cosiddetto periodo (ciclo) di Callippo. Questo fu sostanzialmente un ciclo di quattro periodi metonici.

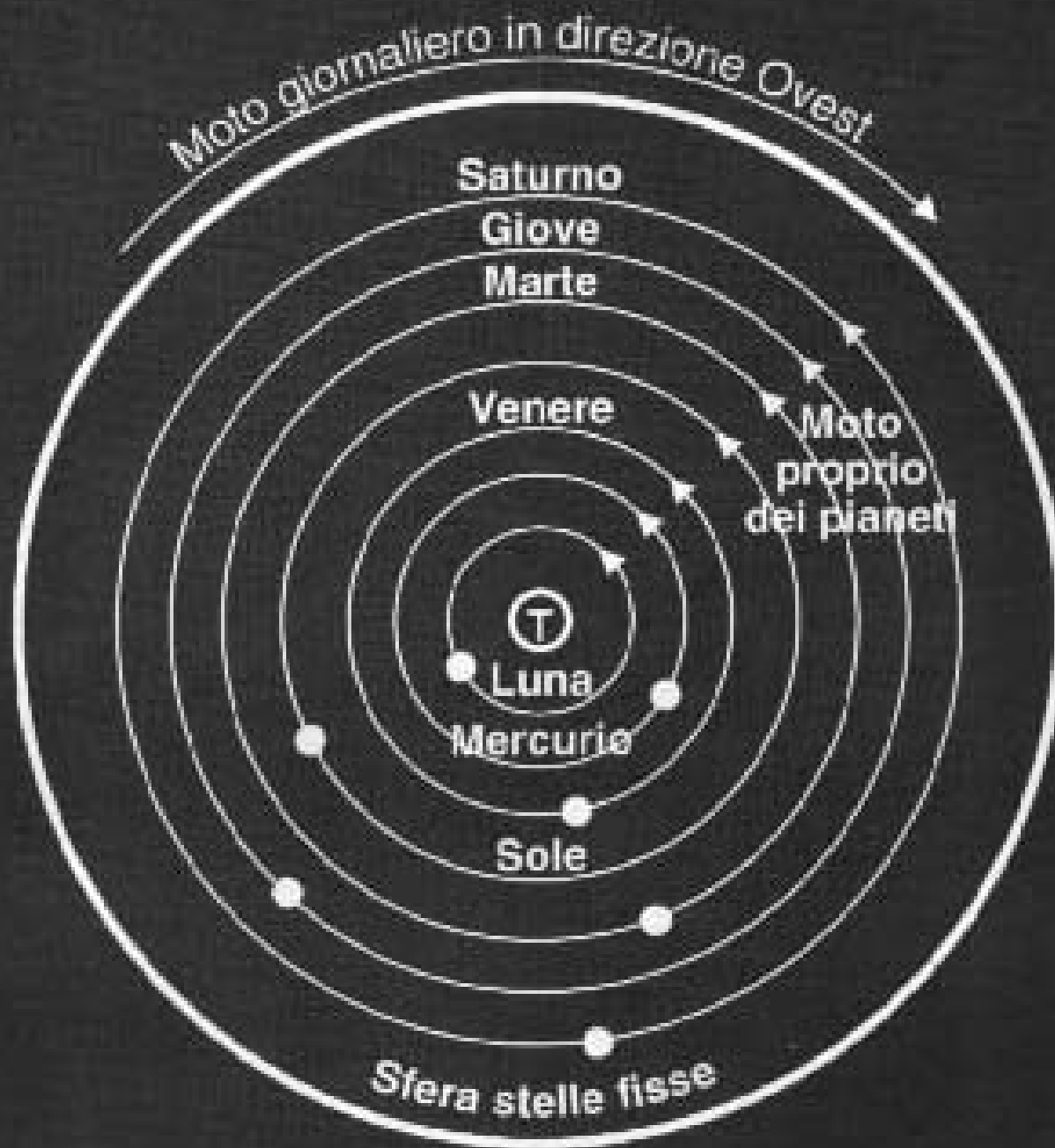
Quindi il ciclo di Callippo aveva la durata di $4 \cdot 235 = 940$ mesi lunari, ma con una diversa distribuzione tra mesi di 29 e mesi di 30 giorni, rispetto al ciclo di Metone

ARISTOTELE

Vero caposaldo nella storia della scienza, non ultimo dell'astronomia. Egli nacque intorno all'anno 384 a.C. nell'isola di Stagira (Macedonia). Morì nell'anno 322 a.C.



Con Eudosso si ebbe una prima realizzazione dell'esortazione di Platone a risolvere il problema di spiegare le apparenti imperfezioni nei moti dei pianeti tramite combinazioni di movimenti originari circolari e uniformi.

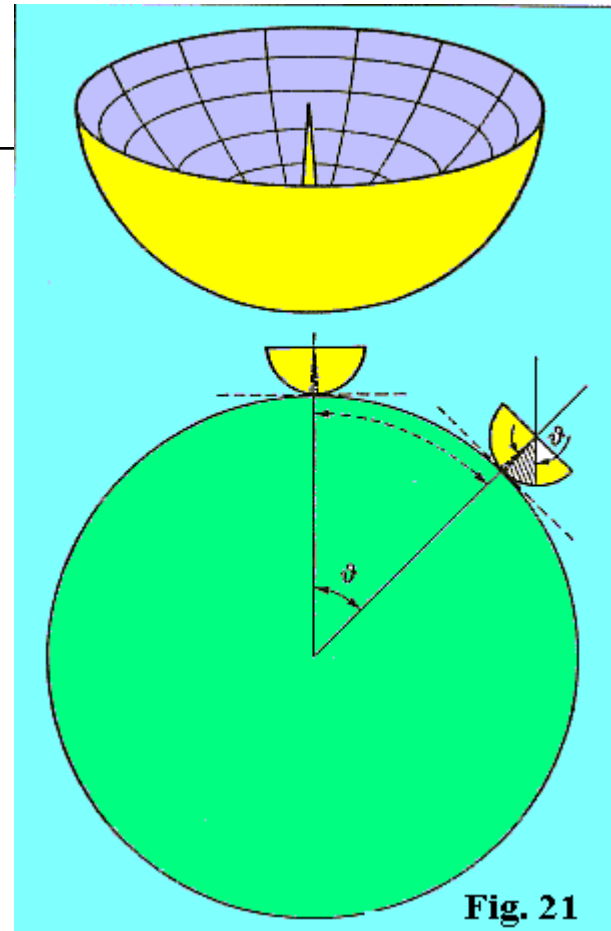


ARISTARCO di Samo

Anche della vita di **Aristarco** non si sa quasi nulla, se non che nacque quasi certamente nell'isola di Samo intorno al 310 a.C., che morì intorno al 230 a.C., probabilmente ad Alessandria

Da Tolomeo sappiamo che osservò il solstizio estivo del 280 a.C. La stima di cui godette presso i contemporanei è attestata dal fatto che era chiamato "*il matematico*"

Secondo Vitruvio, Aristarco fu l'inventore di un tipo di orologio solare, la **scafa** (la figura illustra l'uso che ne fece Eratostene per misurare l'altezza meridiana del Sole ad Alessandria - si veda il paragrafo dedicato ad Eratostene). A lui è riconosciuto il merito di essere stato il primo aperto sostenitore del moto della Terra sul suo asse e del moto della stessa attorno al Sole.



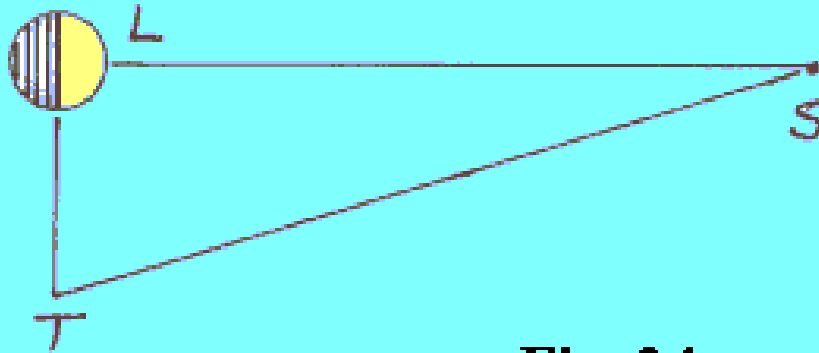


Fig. 24

In figura 24, L è la Luna alla quadratura, T il centro della Terra e S il centro del Sole. Secondo la misura di Aristarco l'angolo STL era “*meno di un quadrante, di un trentesimo di quadrante*”, cioè tre gradi meno di novanta gradi, cioè 87°

Poiché alle eclissi totali di Sole (Fig. 25) questo veniva coperto per intero dalla Luna, si poteva dedurre che i loro diametri apparenti erano eguali. Si poteva allora costruire una figura in cui entrambi i mezzi dischi apparenti sottendono lo stesso arco α . Allora, essendo TS da 18 a 20 volte TL, anche SH' doveva essere da 18 a 20 volte LH. Evidentemente, l'errore iniziale di misura si ripercuoteva nel calcolo delle misure dei raggi relativi.

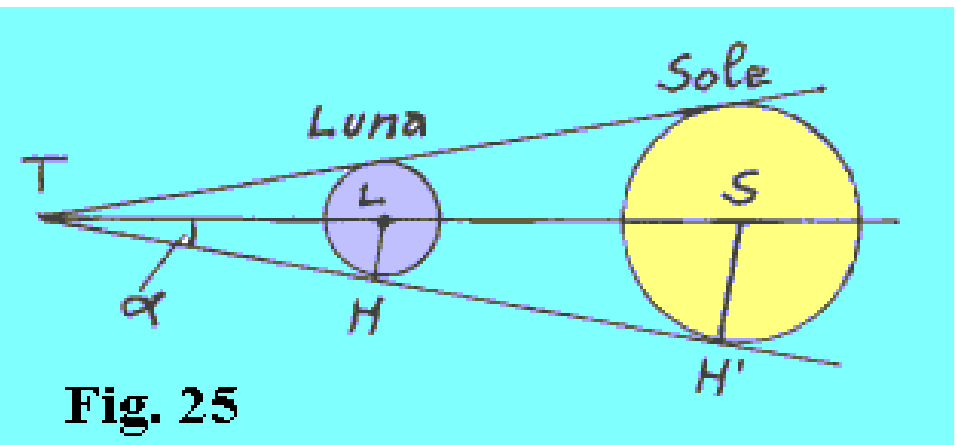
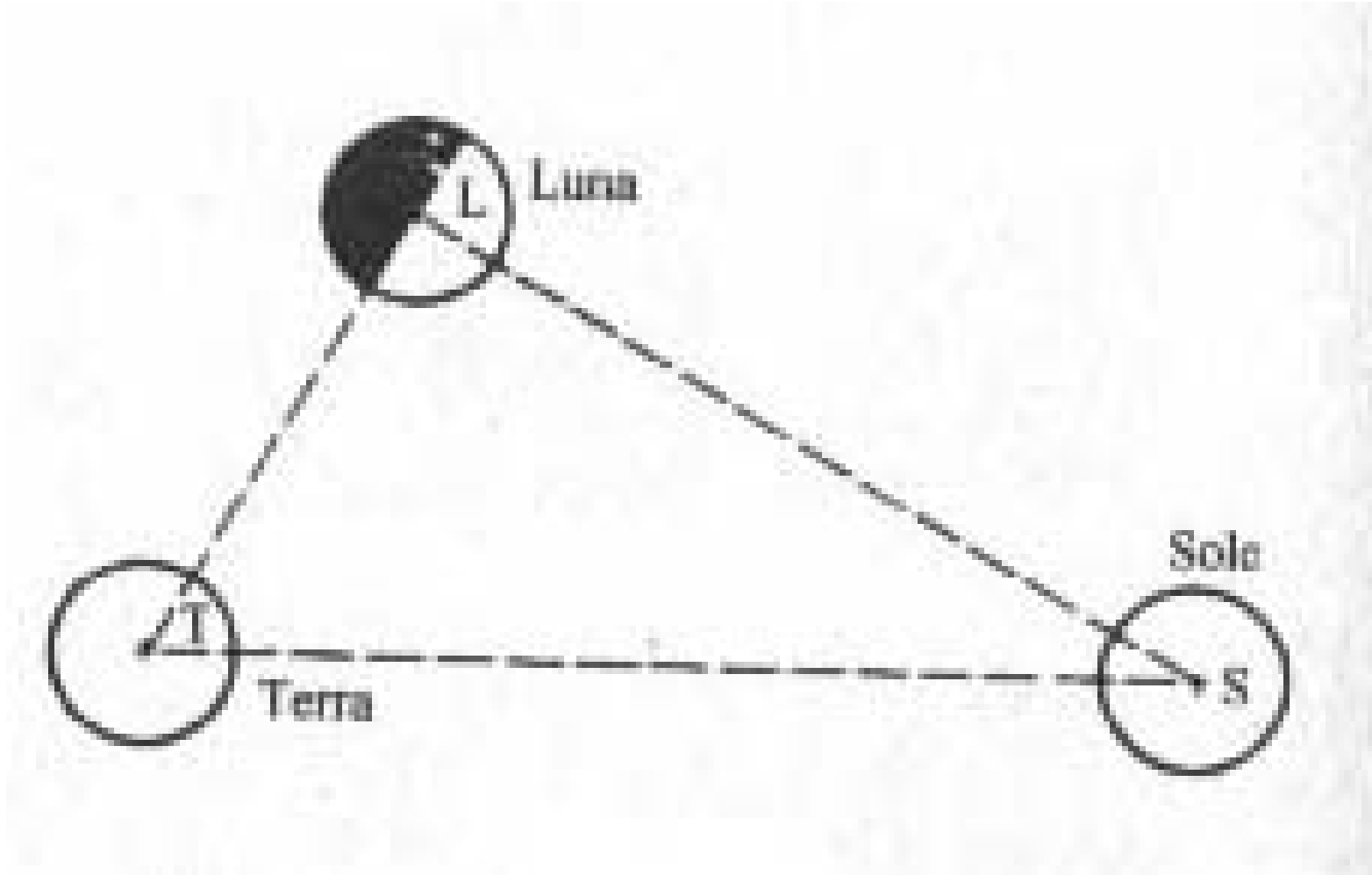
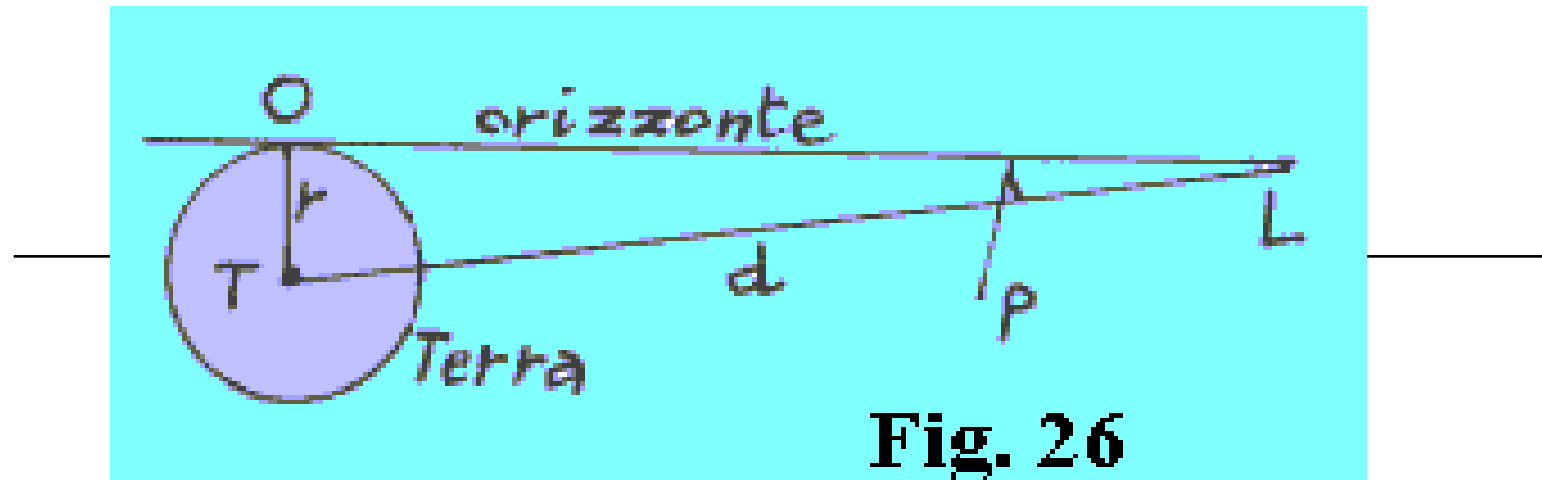


Fig. 25





Nel procedere ulteriormente, anziché seguire il complicato modo di ragionare euclideo di Aristarco, utilizzeremo la trigonometria. Diamo il concetto di parallasse orizzontale di un oggetto celeste, nel nostro caso della Luna. Mentre un osservatore **O** (posto sulla superficie terrestre) osserva il sorgere della Luna **L** (altezza Luna zero), simultaneamente un osservatore fittizio posto al centro della Terra **T**, la osserva alta sull'orizzonte di un angolo **p**, detto **parallasse orizzontale**. Si ha: $\sin(p) = r / d$. (**d** è la distanza Terra-Luna).

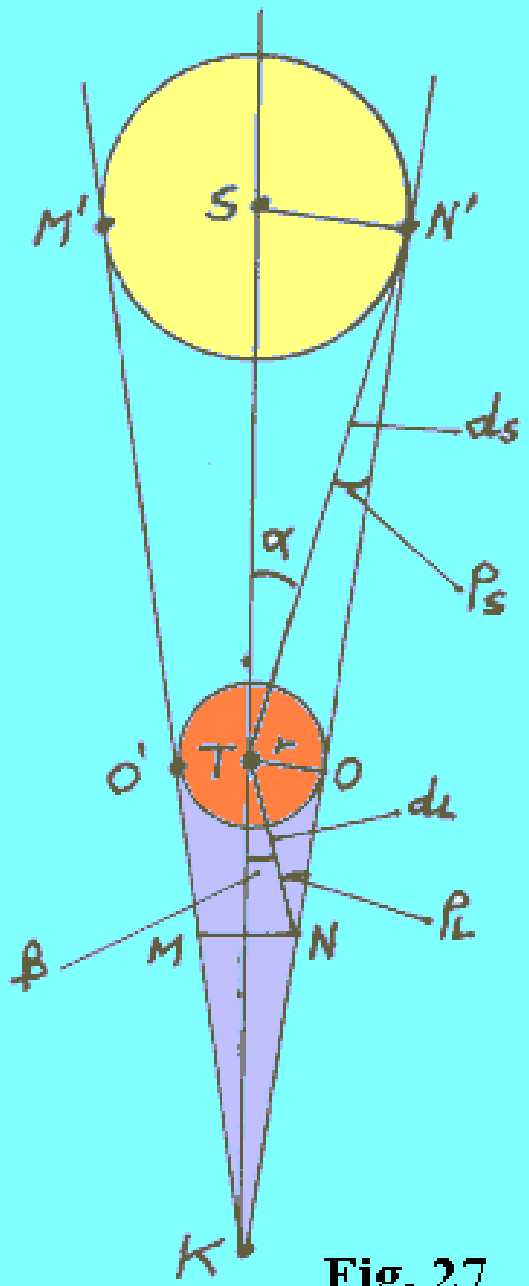


Fig. 27

- cono d'ombra terrestre, **O-O' - M-K-N** (qui immaginiamo che **MN** sia la traccia del percorso lunare all'interno del detto cono d'ombra).
- a** e **b** siano i raggi angolari del Sole e del cono d'ombra, misurati dal centro della Terra **T**. **PS** e **PL** siano le parallassi orizzontali rispettivamente di Sole e Luna, sopra definite.
- $\alpha + \beta = 180^\circ - N'TN$.
- $PS + PL = 180^\circ - N'TN$ per cui abbiamo: $\alpha + \beta = PS + PL$.
- Così come in precedenza Aristarco aveva determinato che il raggio del Sole era circa 19 volte quello della Luna, afferma correttamente che anche $PL = 19 \cdot PS$ e ciò lo porta a concludere che

$$\alpha + \beta = 20 \cdot PS \quad (1)$$

•Infine Aristarco dice che "l'estensione dell'ombra terrestre [lungo MN] è di due lune" per cui "l'angolo b è di una luna". Altra ipotesi preliminare di Aristarco era che "la Luna sottende un quindicesimo di segno di zodiaco" (e questo è uno stranissimo errore da parte di Aristarco, che avrebbe evidentemente dovuto dire "un sessantesimo di segno di zodiaco"). Siccome secondo un'altra ipotesi Sole e Luna hanno lo stesso diametro, per Aristarco si ha: $\alpha = 1^\circ$ e $\beta = 2^\circ$, per cui, sostituendo nella (1) si ha

$$PS = (3/20)^\circ \text{ e } PL = (3/20) \cdot 19 =$$

$$(57/20)^\circ$$

ERATOSTENE

Nacque a Cirene, la Bengasi dell'odierna Libia, nel 276 e visse fino al 194 a.C.



Il nome di Eratostene oggi è popolarmente celebrato per il celebre algoritmo di ricerca dei numeri primi, il famoso **crivello di Eratostene**, (un classico sulla teoria dei numeri e negli esempi elementari di problemi di linguaggi di programmazione), e per la stupefacente precisione con la quale pervenne alla misura della circonferenza terrestre. Egli descrisse il suo procedimento nel trattato ***Sulla misura della Terra***, che oggi è perduto

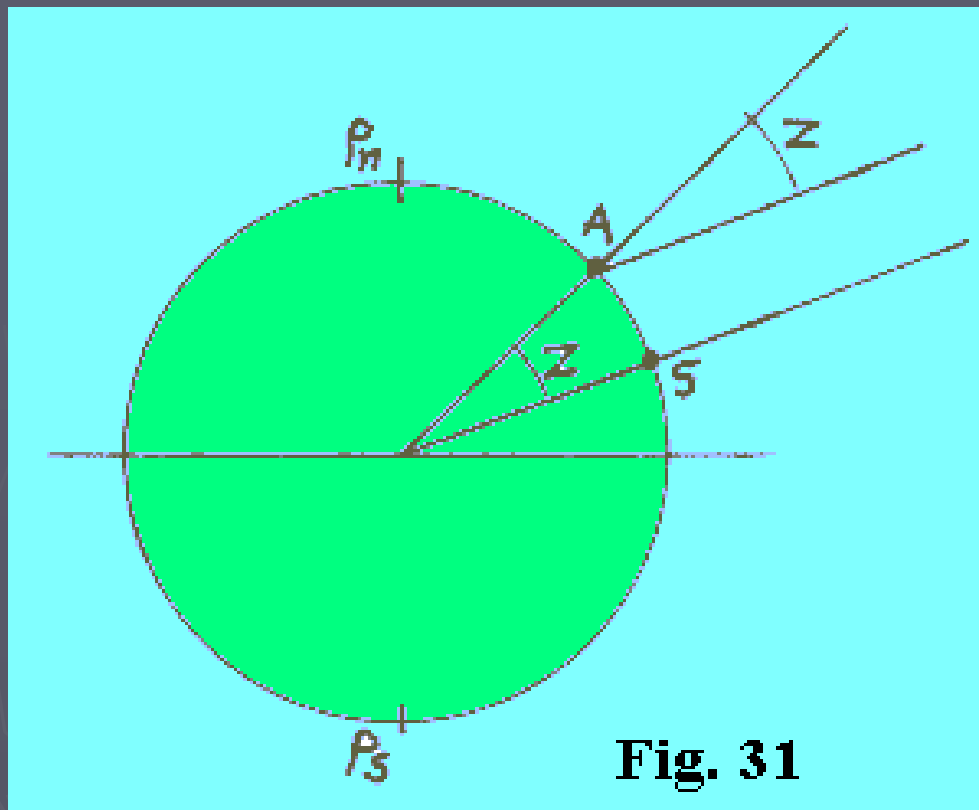


Fig. 31

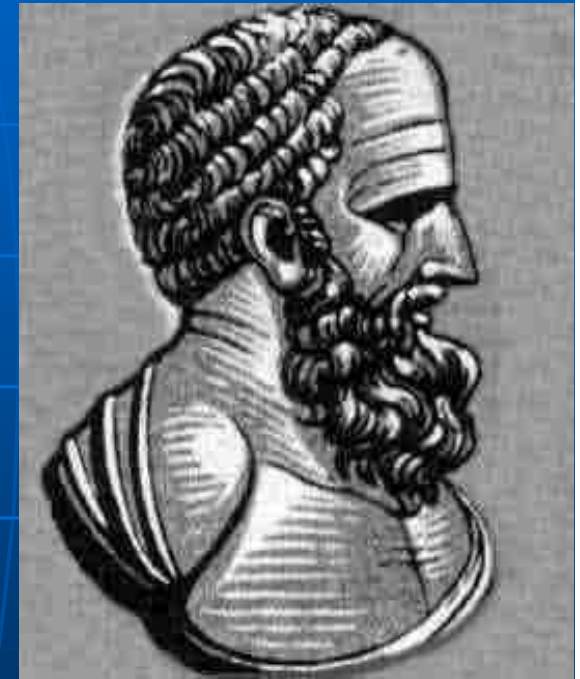
Assumendo correttamente l'ipotesi di parallelismo tra i raggi solari di Siene e di Alessandria (a causa della grande distanza del Sole dalla Terra), conoscendo la misura della distanza tra Alessandria e Siene (5000 stadi),

nonché la localizzazione delle due città all'incirca sullo stesso meridiano, con una semplice proporzione egli pervenne alla misura di 250.000 stadi per la circonferenza terrestre. La figura 31 illustra il procedimento di Eratostene. **S** è Siene, **A** è Alessandria. Eratostene misurò l'angolo **Z** al mezzodì del solstizio estivo ad Alessandria e lo trovò di $1/50$ di circonferenza. Allora, anche l'arco **AS** doveva essere $1/50$ di circonferenza.

IPPARCHO

Nasce a NICEA nel ~190 a.C.

- compilò una lista di tutte le eclissi lunari che erano state osservate in Mesopotamia fin dal secolo VIII a.C.
- Affrontò un **modello di teoria planetaria**
- **Studiò modelli di teorie solare e lunare**
- calcolò la **lunghezza dell'anno tropico** con una precisione di circa 6 minuti e scoprì la **precessione degli equinozi** attribuendole il valore annuo straordinariamente preciso di $45''$.
Compilò un **catalogo di stelle** che conteneva circa 850 voci.



- Nella teoria solare di Ipparco, il **Sole** si muoveva su un **eccentrico fisso**, mentre per quella **lunare**, adottò un **eccentrico mobile**.
- Ripetendo le misure di Aristarco, delle **distanze della Luna e del Sole**, per la Luna ottenne una distanza di **59** raggi terrestri, valore molto prossimo al vero, che è di circa 60
- Calcolò il numero di giorni intercorsi tra un solstizio estivo osservato da Aristarco nel 280 a.C. e un solstizio estivo che lo stesso Ipparco aveva osservato nel 135 a.C.
- Calcolò la lunghezza dell'anno tropico in **$109574 / 300 = 365.2466667$** , che Ipparco espresse alla maniera di allora con **$365 + \frac{1}{4} - \frac{1}{300}$** (quella attuale è pari a $365 + \frac{1}{4} - \frac{3}{400}$, cioè 365.2425)
- Resta famosa la determinazione della **longitudine dell'apogeo dell'orbita solare**

Tolomeo da Alessandria, elaborò la più compiuta sintesi astronomica dell'antichità, passata alla storia come "ALMAGESTO".

Propose la cosiddetta teoria tolemaica o geocentrica. Secondo tale teoria, il Sistema Solare è una grande sfera; la Terra, piatta e immobile, sta al centro di questa sfera e attorno a essa ruotano su una serie di sfere concentriche il Sole, la Luna e gli altri pianeti. Il tutto è circondato dall'ultima sfera, quella delle stelle fisse, che segna il confine dell'Universo. La teoria tolemaica dominò l'astronomia per tutto il Medioevo. Benché con il passare dei secoli e con il moltiplicarsi delle osservazioni astronomiche furono notati dei fenomeni che contraddicevano questa teoria, le vennero apportate solo delle modifiche: la teoria tolemaica fu universalmente accettata per almeno 1500 anni.



100 d.C.-175 d.C.

- Il titolo greco originale di quest'opera era *Mathematikè syntaxis* ("Trattato matematico"). Il nome *Almagesto* viene dall'arabo ed è dovuto alla circostanza che, come per larga parte della scienza e della filosofia greca classica, la sua diffusione iniziale in Europa è avvenuta soprattutto attraverso manoscritti arabi che furono tradotti in latino da Gerardo da Cremona nel XII secolo.
- In questo lavoro, una delle opere più influenti dell'antichità, Tolomeo raccolse la conoscenza astronomica del mondo greco basandosi soprattutto sul lavoro svolto tre secoli prima da Ipparco. Tolomeo formulò un modello geocentrico (che da lui prenderà il nome, tolemaico, appunto) del sistema solare che rimase riferimento per tutto il mondo occidentale (ma anche arabo) fino a che non fu sostituito dal sistema solare eliocentrico di Copernico.