

Il CIELO degli ANTICHI

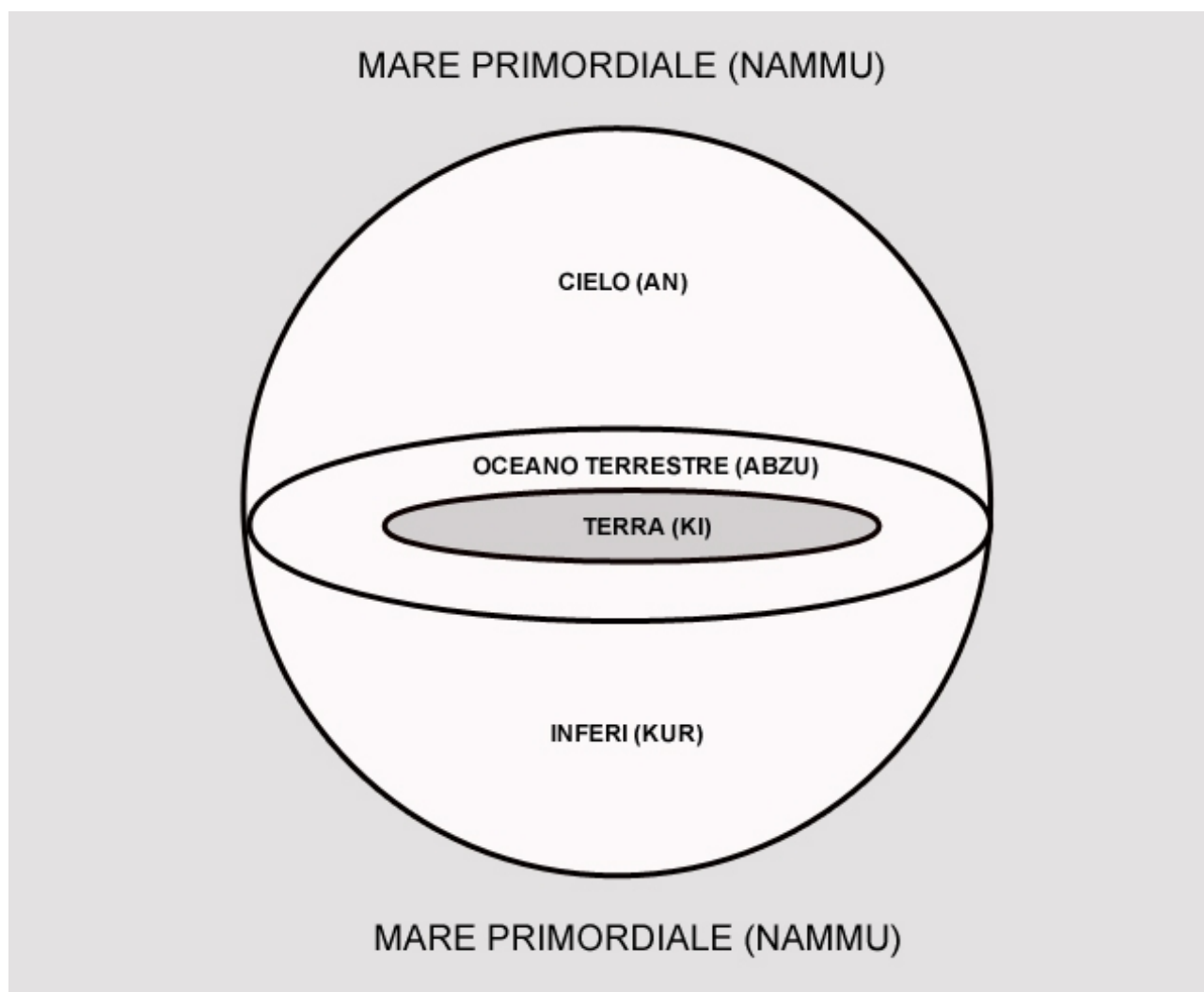
Gianluca Introzzi
Università di Pavia

Corso di Fondamenti della Fisica
Anno accademico 2017/18

Origini babilonesi dell'Astronomia

- Circa nel 3.000 a.C. la Terra viene immaginata dai Sumeri come un **disco piatto**, galleggiante sulle **acque inferiori** (pozzi e sorgenti). Sopra la sfera celeste, c'era una cupola di **acque superiori** primordiali (pioggia)
- Nonostante i presupposti mitologici, l'astronomia babilonese era una scienza esatta: **anno solare calcolato con un errore di 1/100.000** ; orbite del Sole e della Luna con errore solo 3 volte maggiore di quello del XIX secolo

Il cosmo dei Sumeri



Un cosmo chiuso, finito e sferico

Schema huius praeiudicis diuisionis Sphaerarum.



La sfericità della Terra

- Secondo Diogene Laerzio, "[Pitagora](#) fu il primo greco a chiamare la terra rotonda, anche se Teofrasto attribuisce ciò a [Parmenide](#) e Zenone ad [Esiodo](#)"
- L'argomento addotto era la forma a dell'ombra della Terra proiettata sulla Luna durante le eclissi lunari ([l argomento greco](#))
- [Dopo il V secolo a.C.](#), nessuno scrittore greco di fama pensò che il [mondo](#) potesse essere altro che [sferico](#)

Ombra terrestre sulla Luna



Gli argomenti di Aristotele

Aristotele adduce nel “De Caelo” altri due argomenti (II e III) della sfericità della Terra:

- Ogni porzione della Terra tende verso il centro fino a formare una sfera per compressione e convergenza (connessione Fisica/Cosmologia)
- “ci sono stelle viste in Egitto e [...] a Cipro che non si vedono nelle regioni settentrionali”. Dal momento che ciò può accadere solo su una superficie curva, la Terra deve essere una sfera
“non molto grande, perché altrimenti l'effetto di un così piccolo cambiamento di luogo non sarebbe stato così evidente.”

La molteplice tradizione greca

- L'astronomia greca produsse almeno quattro modelli cosmologici di rilevanza storica: “egizio”, geocentrico/omocentrico d'Aristotele, geostatico di Tolomeo ed eliocentrico d'Aristarco.

- **SISTEMA EGIZIO**

Eraclide Pontico (IV sec. a.C.)

Terra al centro (assurda la rotazione terrestre) -

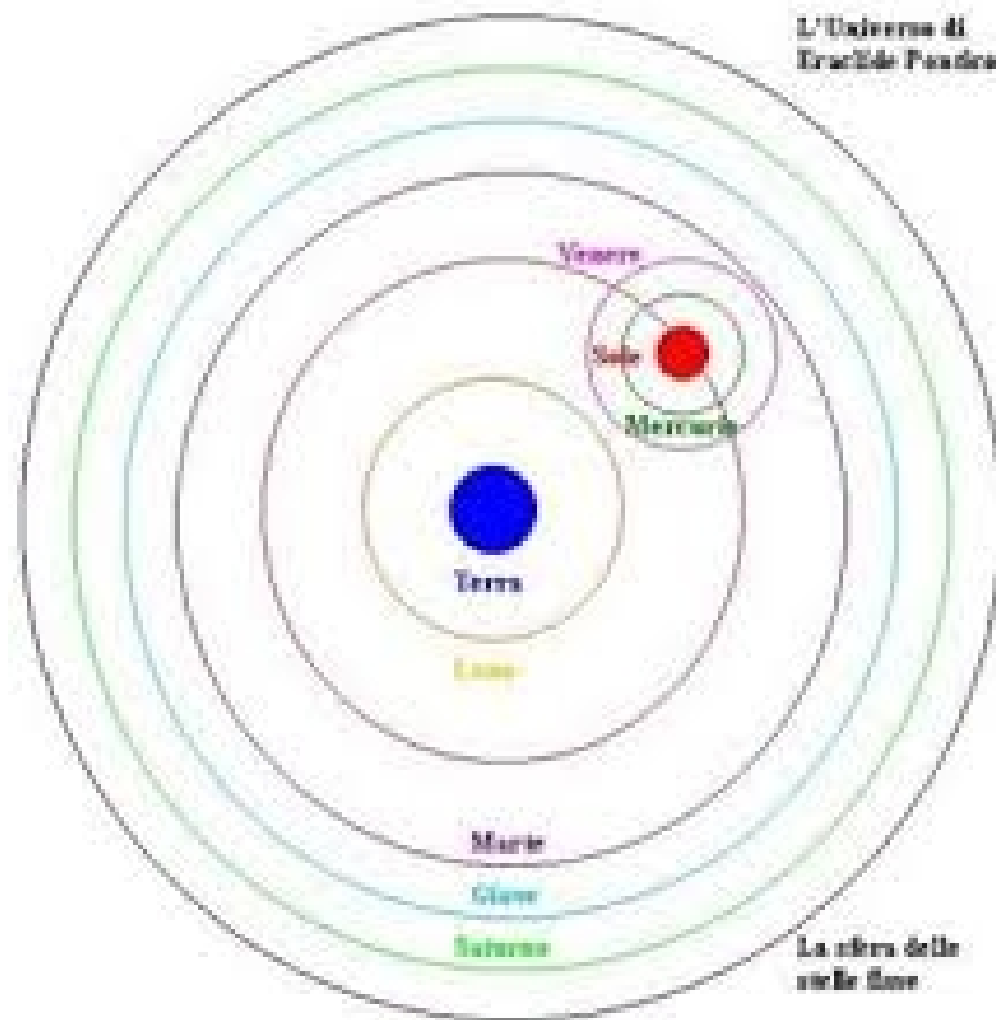
Luna - Sole - Marte, Giove e Saturno

(pianeti esterni) girano **attorno alla Terra** -

Mercurio e Venere (pianeti interni) girano

attorno al Sole (non vi si scostano mai molto)

Il sistema egizio (Mercurio e Venere ruotano col Sole)



Platone e Aristotele

- PLATONE

L'ossessione di forme perfette: **sfera** (cosmo, pianeti); **cerchio** (orbite percorse a **velocità uniforme**)
Grande catena dell'Essere (**scala naturae**): dio – spiriti – umanità – animali – vegetali – minerali

- SISTEMA GEOCENTRICO e OMOCENTRICO:
EUDOSSO 26, CALLIPPO 33, ARISTOTELE 55

Cosmo chiuso: 8 sfere di cristallo con astri - motore immobile (dio). Nona sfera esterna vuota ("*primum mobile*") aggiunta da Tolomeo; **Empireo** introdotto nel Medioevo. **Fisica aristotelica**: tutti i gravi tendono spontaneamente al centro della Terra

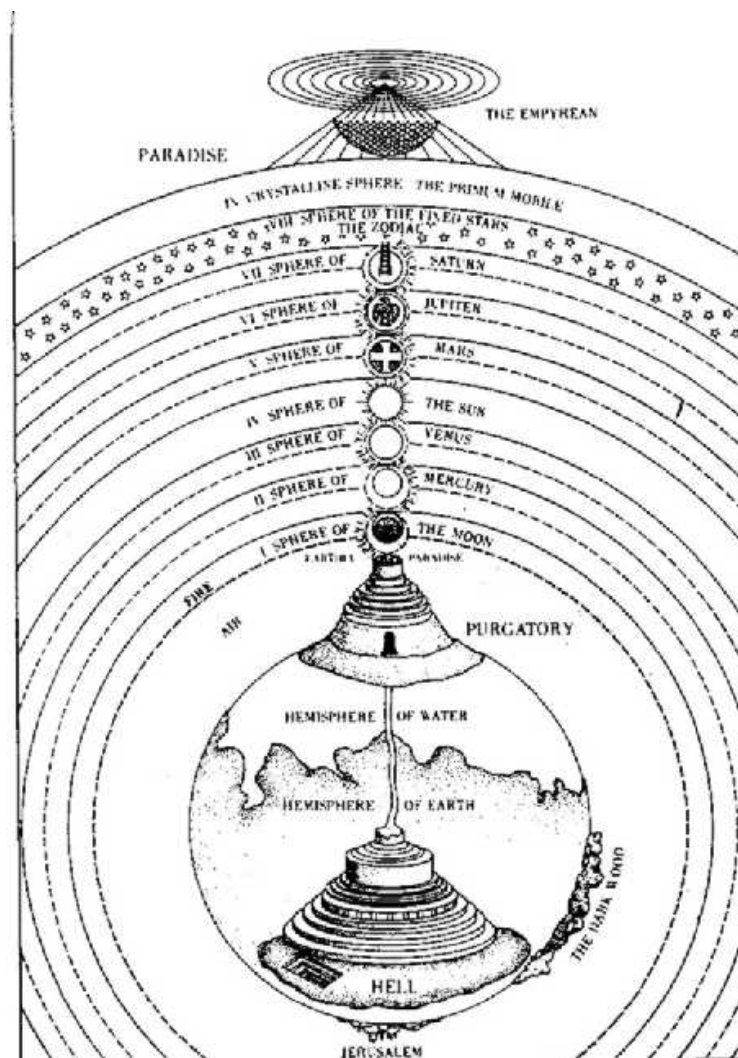
La cosmologia aristotelica (geocentrica e omocentrica)

Schema huius praemissae diuisionis Sphaerarum.



L'universo di Dante

(“demonocentrico” e con l'Empireo)



La quintessenza o etere

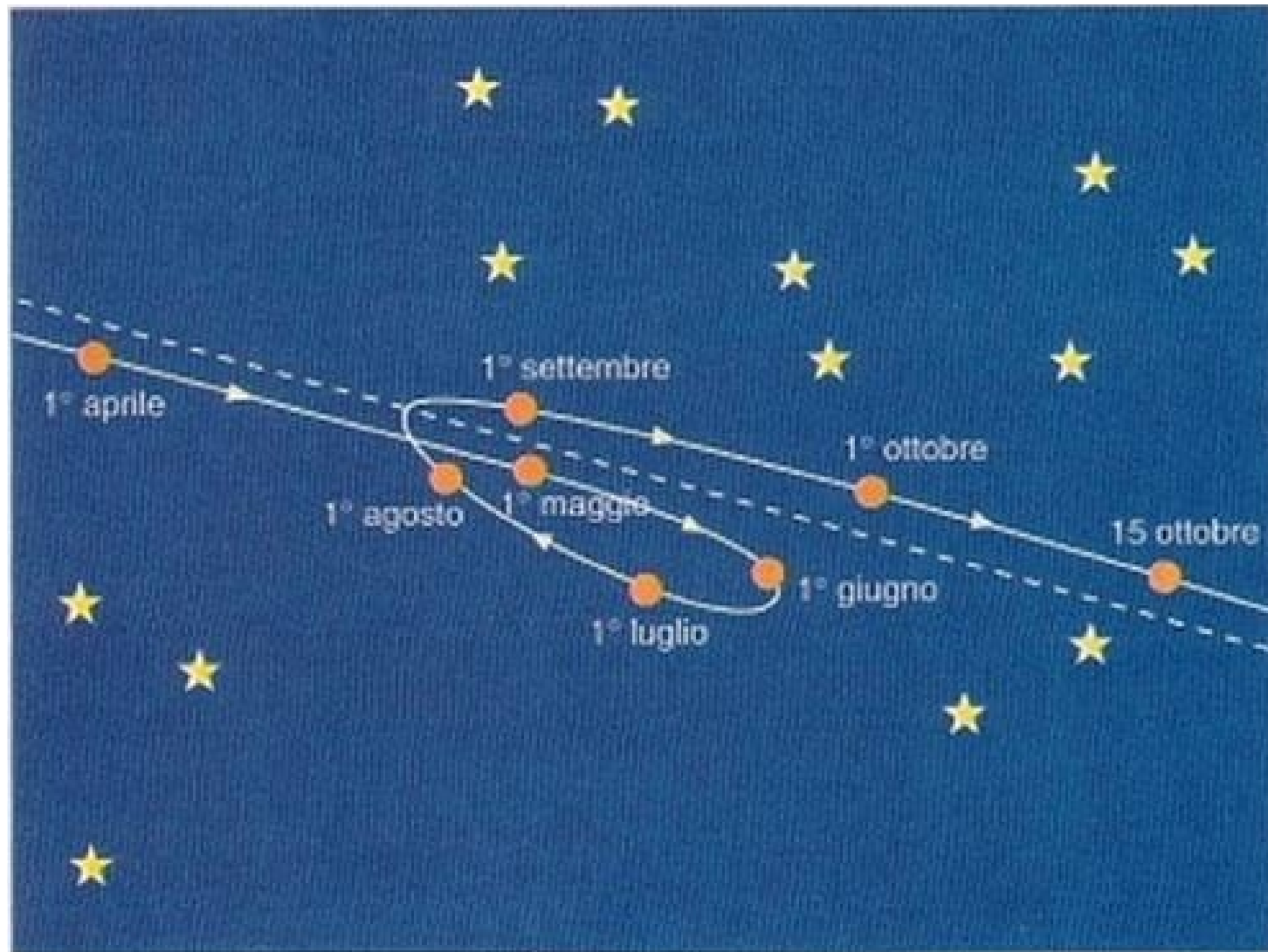
Per Aristotele,

- il mondo sub-lunare è sede di variazione e cambiamento, corruzione e generazione (bios). Quattro elementi: acqua, aria, terra, fuoco
- Il mondo iper-lunare è formato da corpi perfetti (sferici), eterni ed immutabili, formati di materia diversa (etere o quintessenza) da quella del mondo sub-lunare. Luna, Sole, pianeti e stelle sono incorruttibili, inalterabili (anche in numero)

Salvare i fenomeni

- Problemi del sistema omocentrico d'Aristotele:
 - 1) variazione dimensioni apparenti della Luna
 - 2) moto retrogrado dei pianeti
(dal greco “errante” o “vagabondo”)
 - 3) velocità non uniforme dei pianeti e del Sole
(equinozi: primavera/autunno in 187 giorni -
autunno/primavera in 178 giorni)
- MODELLO TOLEMAICO
Claudio Tolomeo (Alessandria, II sec. a.C.)
trova le risposte: l'*Almagesto* (“Il più grande”)

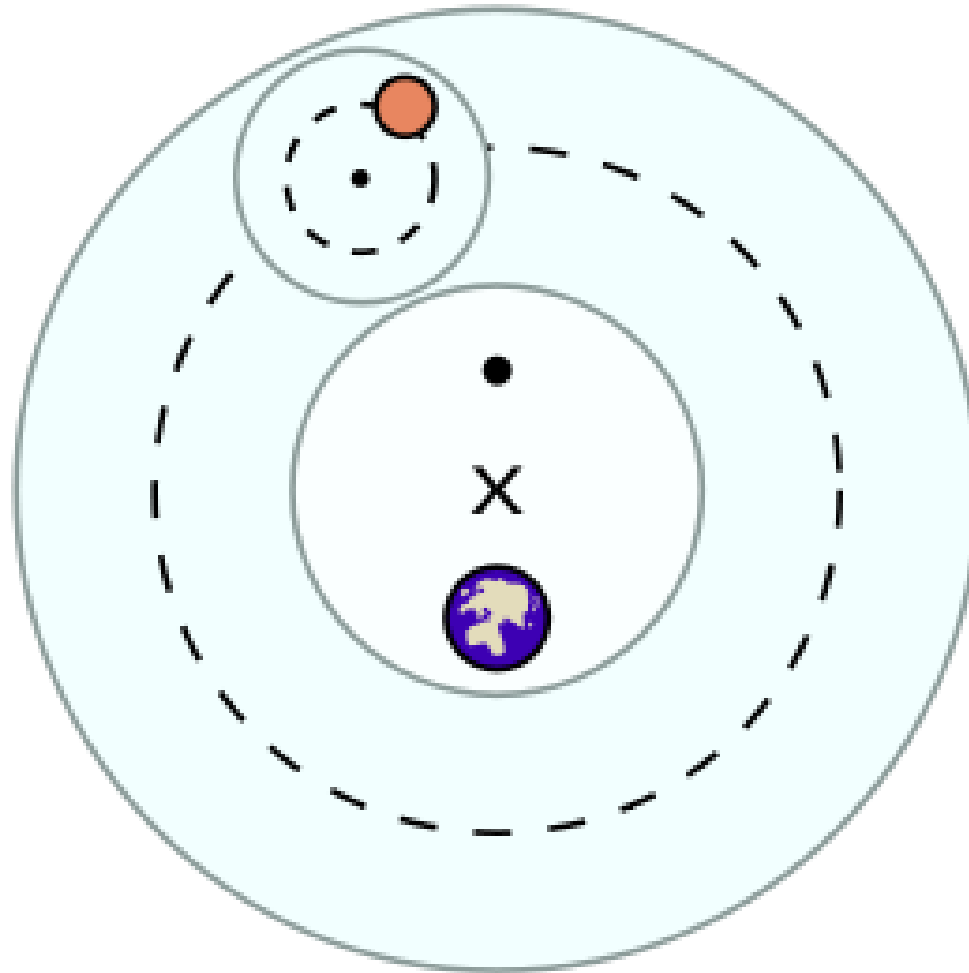
Moto retrogrado dei pianeti



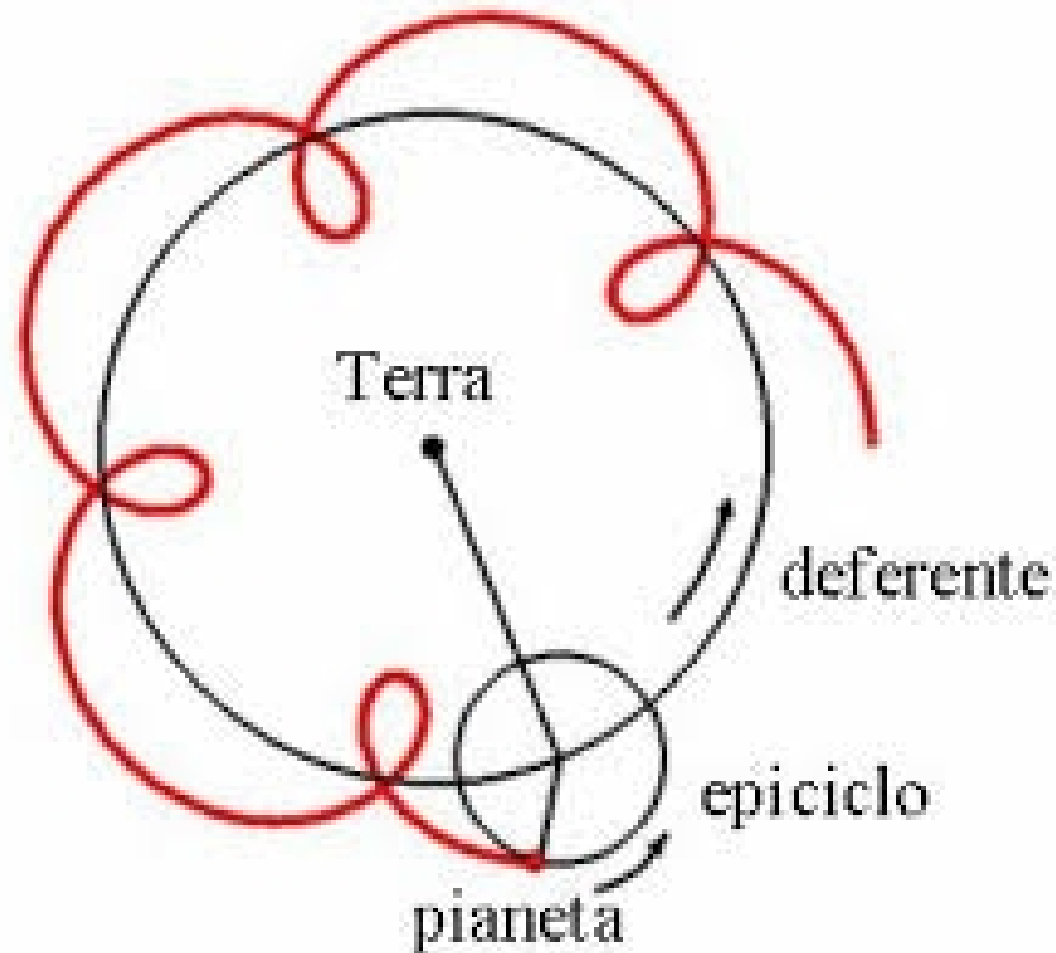
Moto retrogrado dei pianeti (immagine artistica)



Deferente - Epiciclo Eccentrico - Equante

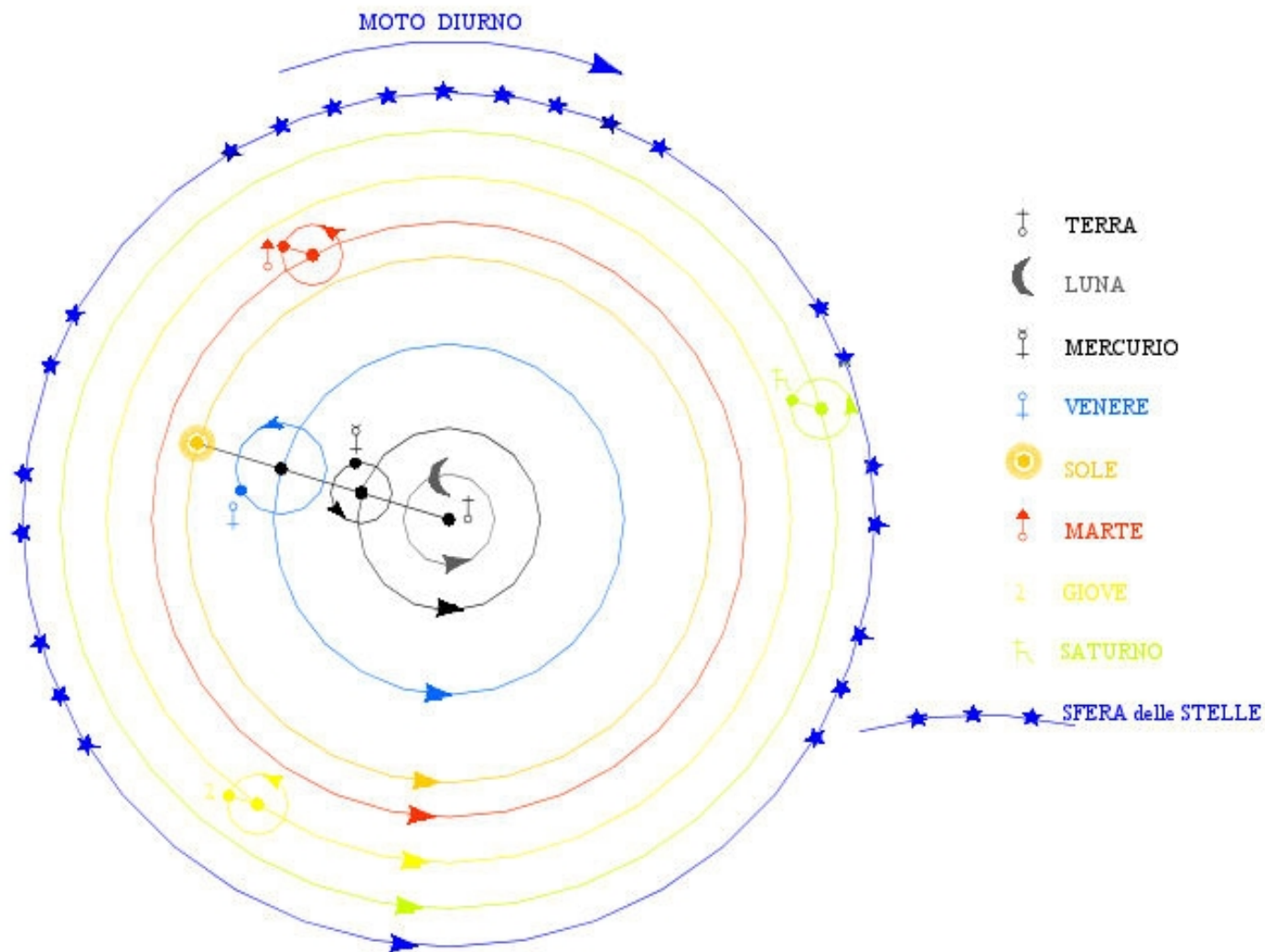


Epiciclo e Moto retrogrado



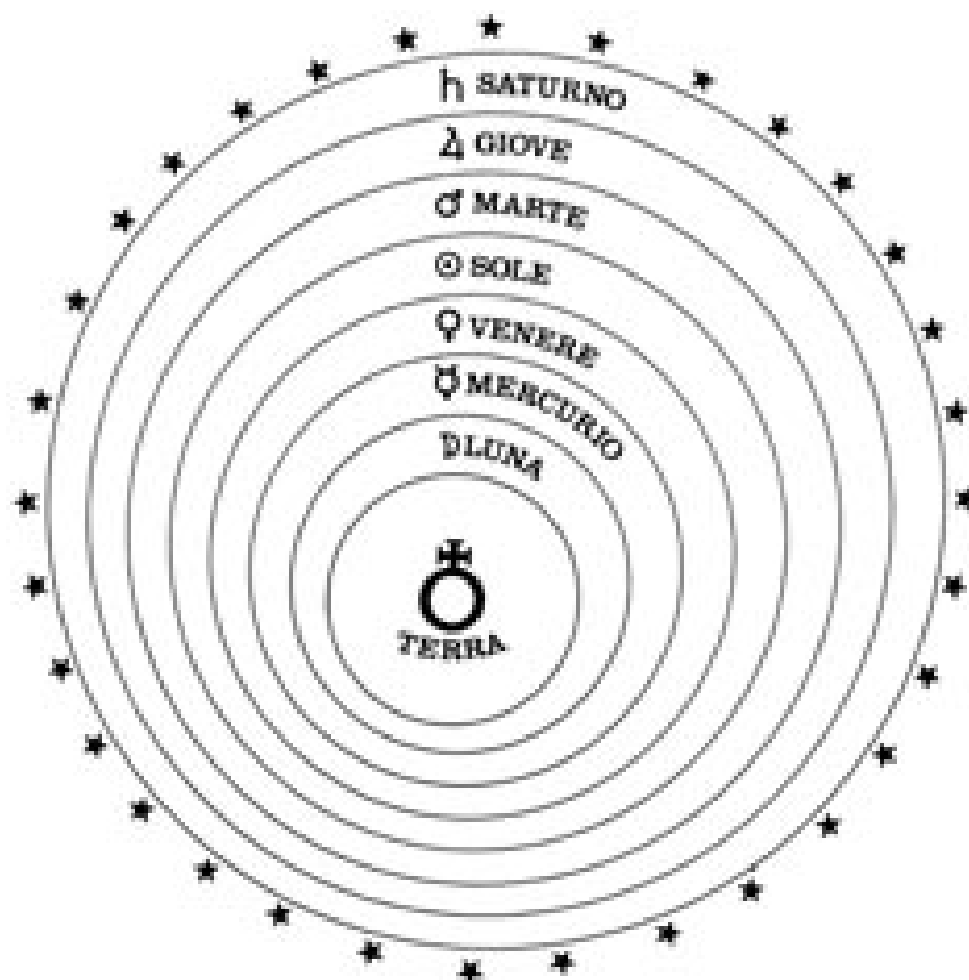
Modello tolemaico - 1

(geostatico con epicicli)



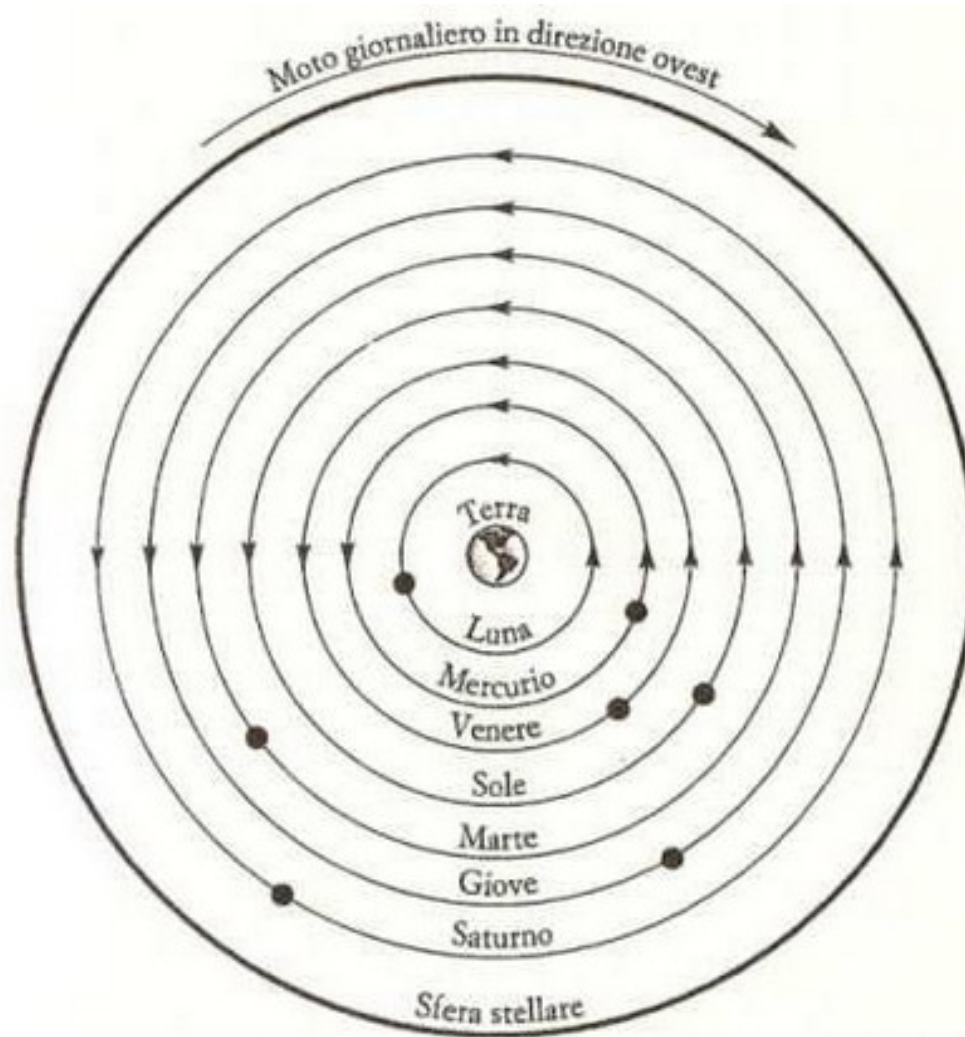
Modello tolemaico - 2

(non geocentrico: eccentricità)



Modello tolemaico - 3

(rotazione diurna della sfera stellare)



Come veniva rappresentato



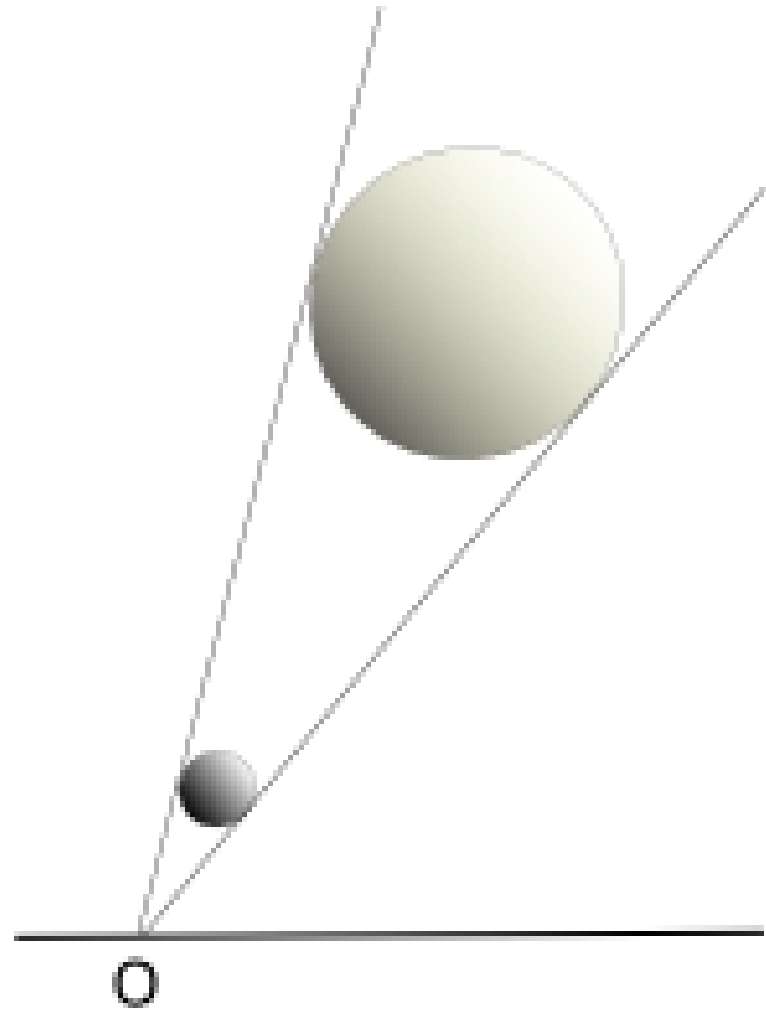
Il prezzo da pagare - 1

- Il modello tolemaico risolve i 3 problemi del sistema omocentrico, ma ad alto prezzo:
 - 40 epicicli per 7 corpi celesti
 - il punto equante è solo geometrico, non fisico
 - anno solare stimato approssimativamente
 - orbita di Marte calcolata approssimativamente
 - dimensioni apparenti della Luna sovrastimate
 - solo misure degli angoli, **non** delle distanze
 - incerta collocazione di Mercurio, Venere, Sole

Il prezzo da pagare - 2

- Solo misure angolari,
non delle distanze

Per un osservatore terrestre in O, i due corpi celesti hanno lo stesso diametro angolare, pur essendo a distanze diverse e avendo dei diametri differenti



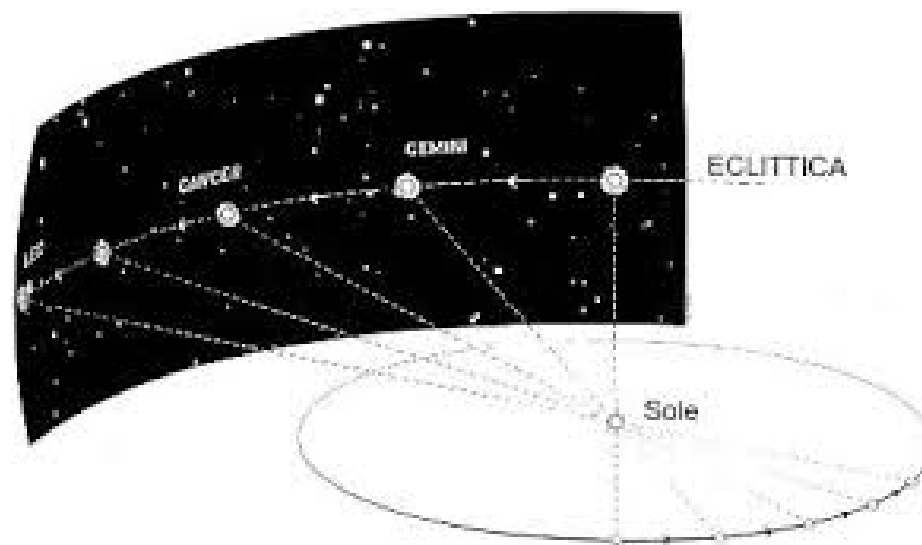
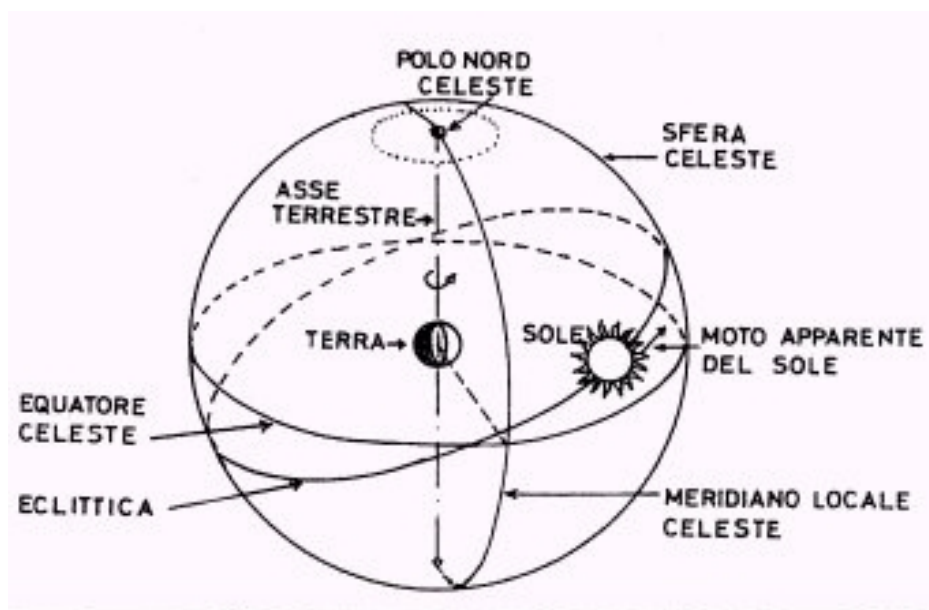
Il prezzo da pagare - 3

- Collocazione incerta di Mercurio, Venere, Sole

Il modello tolemaico ordinava i pianeti secondo il tempo impiegato a percorrere la loro traiettoria apparente, vista dalla Terra, rispetto al cielo delle stelle fisse (**eclittica**)

Mercurio, Venere e il Sole impiegano tutti circa un anno a percorrere la propria eclittica. Quindi la loro **collocazione** progressiva **nel cosmo** era **arbitraria**

Eclittica del Sole



Il tardo arrivo in Europa

«Questo sistema cosmologico arriva nel mondo cristiano attorno al 1175, quando Gherardo da Cremona traduce dall'arabo l'*Almagesto* di Tolomeo, rimasto sconosciuto perché in Europa è andata largamente perduta la conoscenza della lingua greca. I filosofi cristiani impiegano diversi anni a comprenderne il contenuto perché nel Medioevo, oltre al greco, è andata perduta la conoscenza della geometria e della capacità di calcolo necessaria per comprendere un testo complesso come quello di Tolomeo, nel quale si affrontano i problemi non intuitivi della geometria sferica.» (**Buonanno – *La fine dei cieli di cristallo***)

Una doppia tradizione

- Per almeno 5 secoli (XIII – XVII), coesistenza di due visioni sostanzialmente inconciliabili:
 - sistema cosmologico aristotelico (fisico, reale, insegnato ex-professo dai filosofi naturali)
 - modello astronomico tolemaico (matematico, ipotetico, insegnato ex-suppositione da astronomi e matematici - prevalentemente per scopi astrologici, per esempio utilizzato dai medici per formulare prognosi sull'esito di malattie)

La scienza ellenistica

Dal 334 a.C. - vittoria d'Alessandro sui persiani
al 30 a.C. - annessione dell'Egitto a Roma

Centro culturale in Alessandria d'Egitto:
Biblioteca e Museo

“La grande differenza che separa la scienza ellenistica da quella precedente sta nella nascita del metodo scientifico che permise di raggiungere un livello tecnologico pari a quello presente in Europa nel XVII secolo.”

(L. Russo – *La rivoluzione dimenticata*)

Astronomia ellenistica

- Ad **Aristarco da Samo** (nato 310 a.C) si deve la formulazione del **primo modello eliocentrico**. Secondo Archimede, egli suppose “che le stelle fisse stiano immutabili e che la terra giri intorno al Sole descrivendo un cerchio.”
- Ad **Ipparco di Nicea** si deve la prima stima della **precessione terrestre**, fatta nell'anno 130 a.C. confrontando le sue osservazioni con quelle babilonesi e caldee dei secoli precedenti. Sempre a lui si deve la **prima mappa stellare** conosciuta
- Nel Libro I del suo trattato “**Sui corpi galleggianti**”, Archimede **dimostra la sfericità degli oceani**, implicando la sfericità dell'intero pianeta (**IV argomento greco**)

La circonferenza della Terra

- **Eratostene** (276-194 a.C.) stimò la misura della **circonferenza terrestre ca. nel 240 a.C.** Aveva sentito dire che al solstizio estivo ad Assuan il Sole era allo zenith, mentre ad Alessandria gettava ancora un'ombra. Utilizzando gli angoli differenti formati dalle ombre come base per i suoi calcoli trigonometrici, **stimò una circonferenza di 250.000 stadi.**
- A seconda della lunghezza dello stadio, il suo **errore** è compreso **tra il 2% e il 4%** della **effettiva circonferenza della Terra, di 40.008 km**

La macchina di Anticitera

- Il meccanismo fu ritrovato nel 1900 nel relitto di una nave naufragata agli inizi del I secolo a.C.
- Serviva per calcolare:
 - 1) il sorgere del Sole
 - 2) le fasi lunari
 - 3) i movimenti dei cinque pianeti allora noti
 - 4) gli equinozi, i mesi, i giorni della settimana
 - 5) le date dei giochi olimpici (**cronologia greca**)
- Le ruote dentate riproducono il rapporto di 254:19 (254 rivoluzioni siderali ogni 19 anni solari)

Il reperto



Modello della macchina - 1



Modello della macchina - 2



Modello della macchina - 3



Courtesy Tony Freeth, 2013

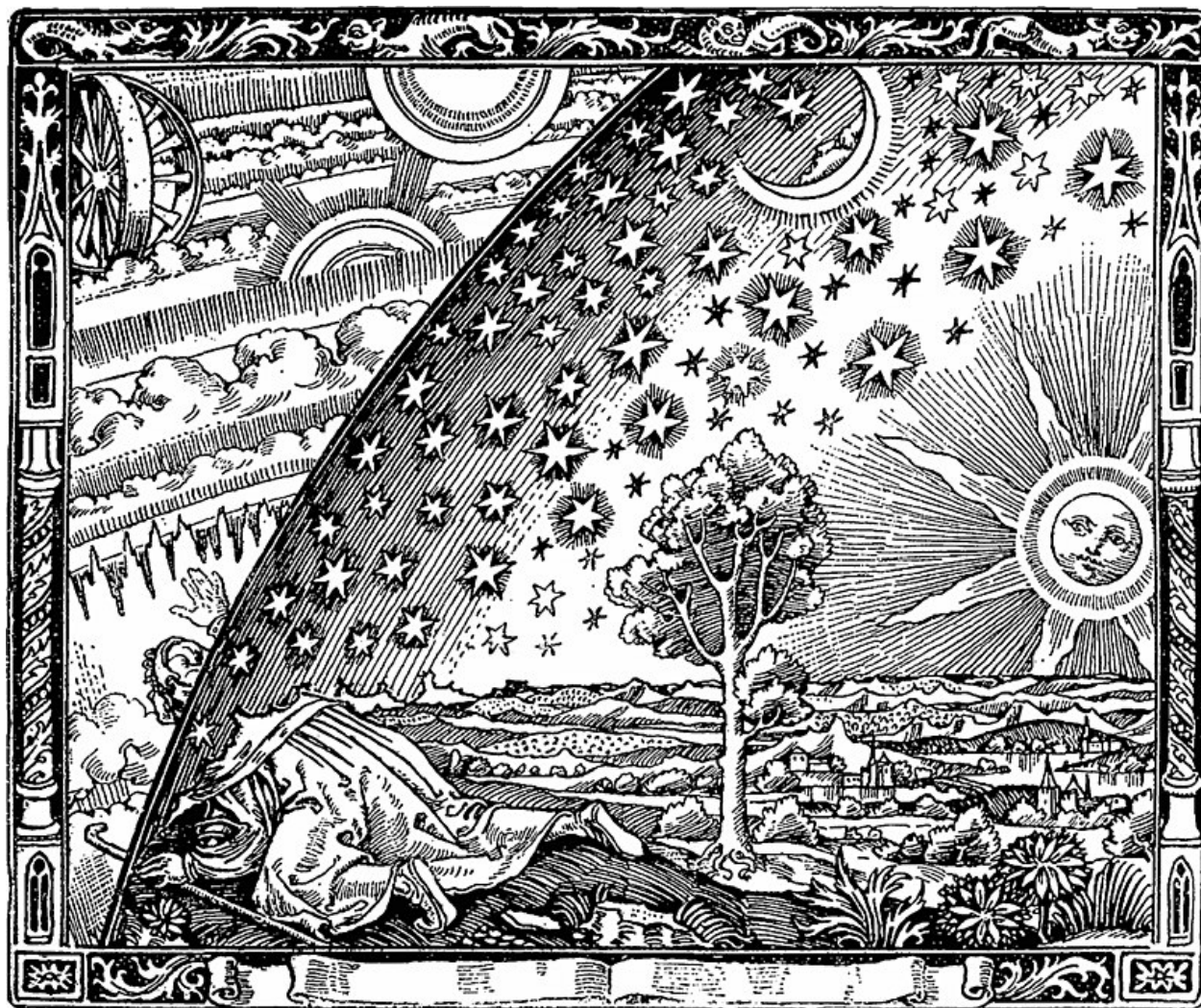
La Terra piatta e gli Antipodi

- Nella tarda antichità e all'inizio dell'epoca cristiana la conoscenza della sfericità della Terra era ormai assodata: solo pochi autori (Lattanzio, Severiano) sostennero la tesi della Terra piatta
- Si discuteva, invece, sulla possibile esistenza degli abitanti degli Antipodi, che erano immaginati come un continente separato dal vastissimo e invalicabile oceano equatoriale. L'idea di popolazioni abitanti territori irraggiungibili era difficile da riconciliare con la visione cristiana di un'umanità discendente da Adamo ed Eva e redenta da Cristo

Il mito della Terra piatta

- Solo dal XVIII sec. ([Voltaire](#)) si diffuse il mito di un medioevo che credeva ad una Terra piatta
- Esiste una [xilografia](#), riprodotta in molti testi, eseguita [nello stile del XVI sec.](#), che raffigura un uomo che si affaccia attraverso il firmamento di una Terra piatta per vedere il meccanismo delle sfere celesti. In realtà non si trova traccia di questa xilografia prima della pubblicazione dell'opera di [C. Flammarion](#) “[L'Atmosphère: Météorologie Populaire](#)” nel 1888. Si tratta di un [falso](#), quasi certamente voluto da Flammarion

La xilografia del missionario



Articoli on-line

- Astronomia e astrologia
- Gli inizi
- Enopide di Chio e l'obliquità dell'eclittica
- Aristarco di Samo e la teoria eliocentrica
- Eratostene di Cirene e la precisione del dromedario
- Apollonio di Perga e gli epicicli
- Ipparco di Nicea e la precessione degli equinozi
- Claudio Tolomeo e la perfezione di un modello sbagliato

<http://www.astronomia.com/progetti/locchio-infinito-di-galileo/prima-di-galileo/>

A. Koestler – I sonnambuli

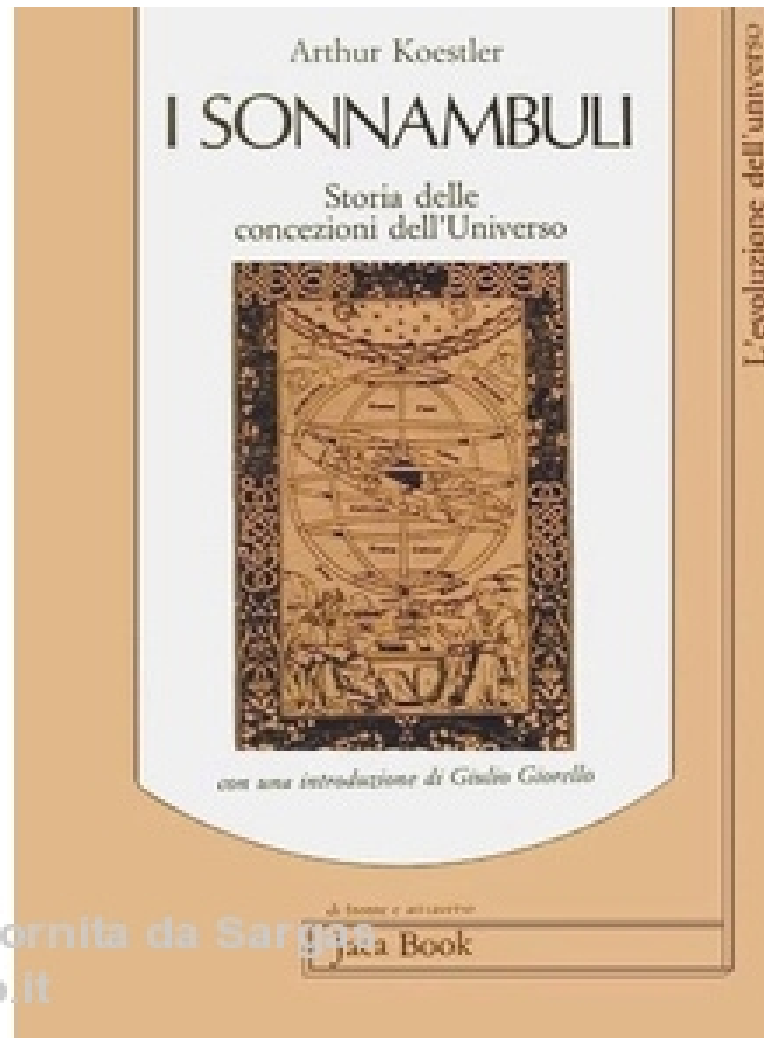


Immagine fornita da Sargos
a www.ciao.it

L. Russo – La rivoluzione dimenticata

