

TYCHO e KEPLERO

Gianluca Introzzi
Università di Pavia

Corso di Fondamenti della Fisica

Anno accademico 2017/18

Cervantes morì a 69 anni
sabato 26 aprile 1616

Shakespeare morì a 52 anni
martedì 26 aprile 1616

All'epoca in Spagna vigeva il calendario gregoriano papista, mentre l'Inghilterra anglicana utilizzava ancora quello giuliano (che verrà cambiato solo nel 1752)

Tycho Brahe

(1546 - 1601)



BIOGRAFIA

- 1546 – Nasce in Svezia da famiglia nobile danese
- 1559 – Motivato da **interessi astrologici**, inizia a 12 anni studi d'astronomia a Copenaghen
- 1568 – Viaggi e studi in Europa fino a questa data
- 1572 – Osservazione della SuperNova SN 1572
- 1573 – Pubblicazione del ***De Stella Nova***
- 1576 – Inizio della costruzione di Uraniborg
- 1577 – Dettagliata osservazione di una cometa
- 1587 – Proposta del **sistema cosmologico tychoniano**
- 1597 – Esiliato dal nuovo re danese **Cristiano IV**
- 1599 – Nominato matematico imperiale da **Rodolfo II**
- 1601 – Muore a Praga il 24 ottobre. Gli succede **Keplero** ₄

Esplosione di SuperNova (immagine artistica)



Attuale residuo di SN 1572 (disco rosso)



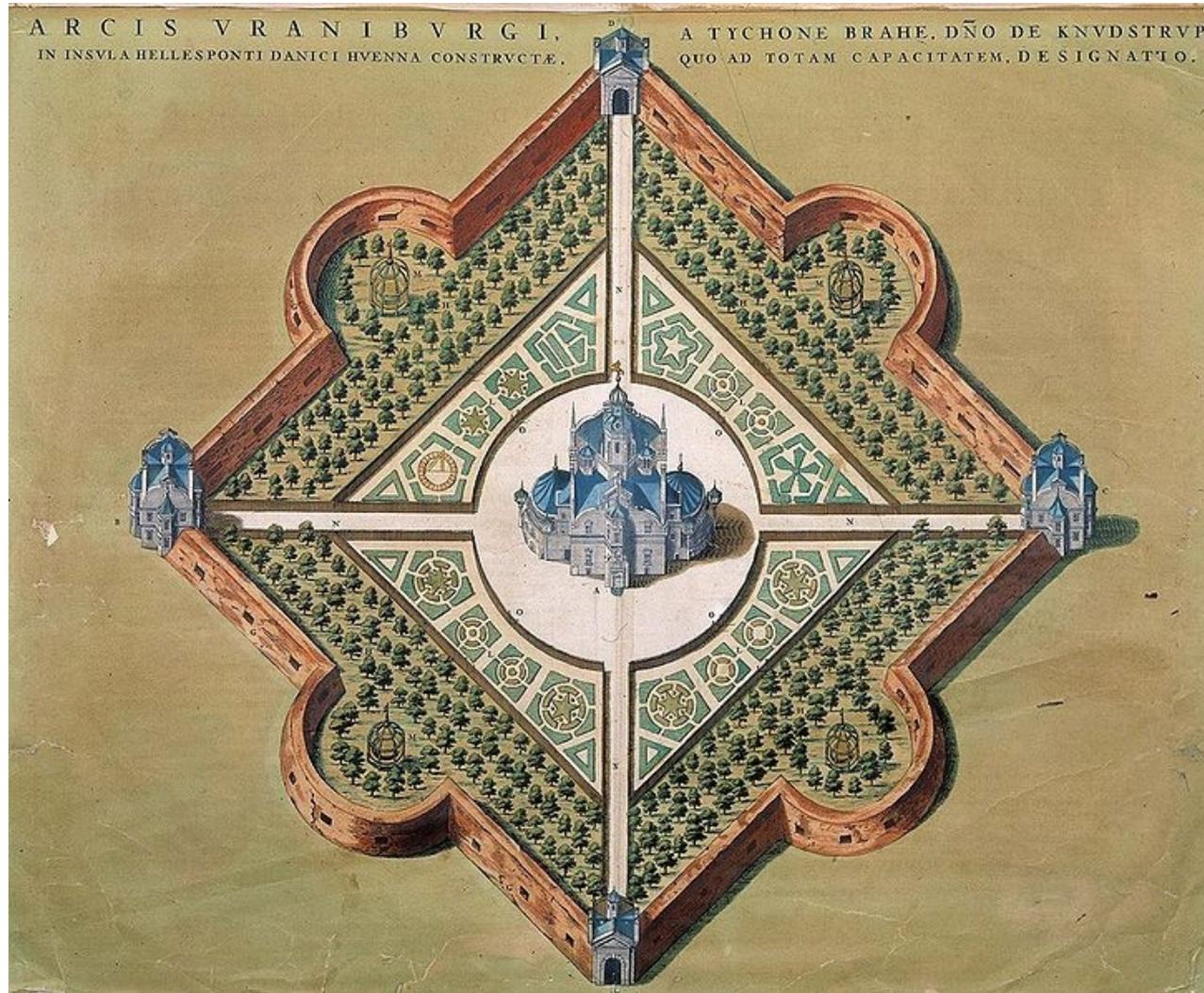
SuperNova di Tycho Brahe (novembre 1572 - febbraio 1574)



De Stella Nova (1573)

- L'osservazione di una stella Nova nel 1572 e la costanza della sua parallasse, che implicava una grande distanza dell'astro dalla Terra, furono pubblicate nel 1573 nel *De Stella Nova*
- Un nuovo astro era diretta confutazione della tesi aristotelica dell'immutabilità della sfera iperlunare
- Il re Federico II di Danimarca e Norvegia, impressionato dalle osservazioni di Tycho del 1572, gli finanziò la costruzione di due osservatori sull'isola di Hven: Uraniborg (1576), Stjerneborg (1581)

Uraniborg



La fine dei cieli di cristallo

- L'osservazione da parte di Tycho di **due comete** nel **1577** e nel **1585** **smentì** nuovamente la tesi scolastica dell'**immutabilità delle sfere celesti**
- Le comete, avendo parallasse costante, non potevano appartenere alla sfera sublunare e, **muovendosi nelle regioni eteree, confermavano che i pianeti non sono infissi in sfere cristalline**
- Tycho continuò per tutta la vita a raccogliere dati osservativi molto accurati (**1/60 di grado**) fino al momento della sua morte a Praga nel 1601

Misure accurate con strumenti giganteschi



Il sistema tychoniano (geocentrico ed eliocentrico)

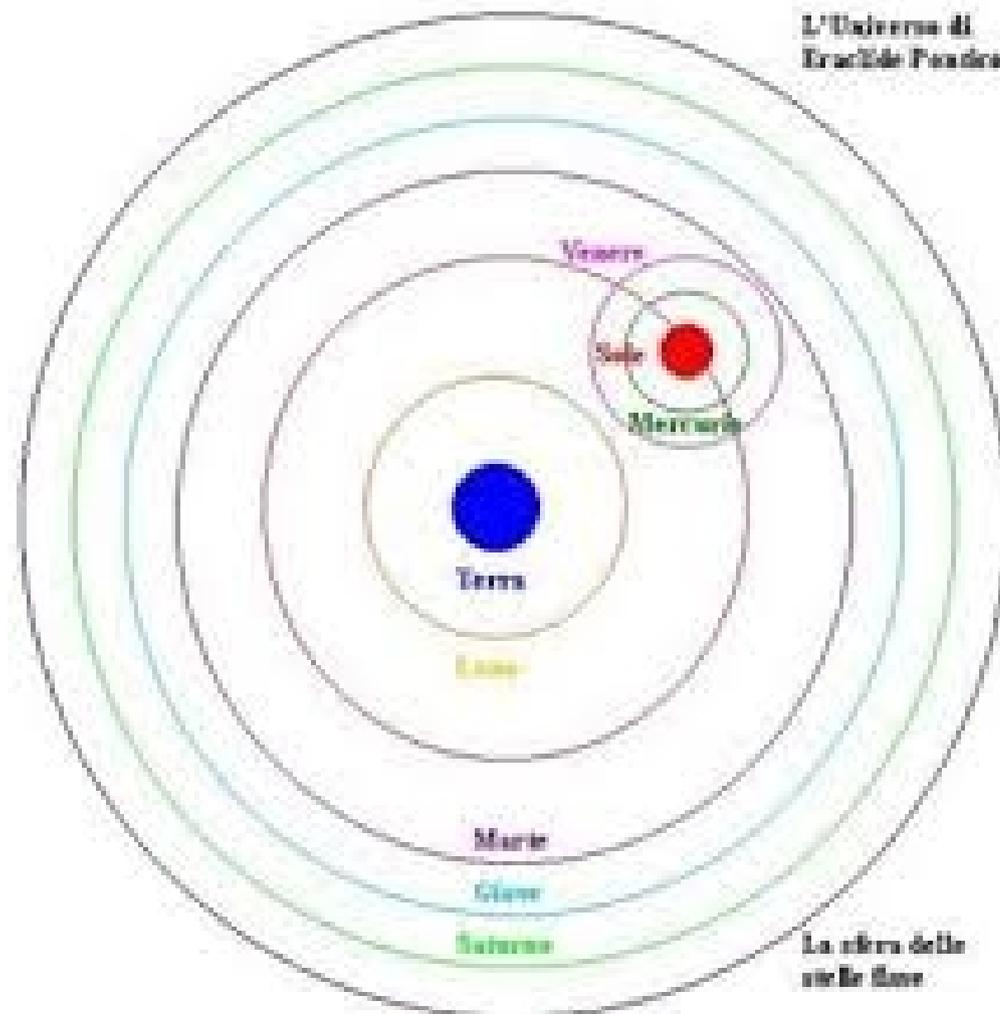
Nel 1587/88 Tycho Brahe ipotizza un sistema geo/eliocentrico che aveva molti punti comuni con altri sistemi simili, proposti da Paul Wittich, Reimar Ursus, Helisaeus Roeslin e David Origanus:

- 1) la Terra resta immobile al centro dell'universo e intorno ad essa ruotano la Luna e Sole;
- 2) quest'ultimo, a sua volta, diviene il centro di rotazione degli altri 5 pianeti noti e delle stelle;
- 3) il cielo delle stelle fisse costituisce la volta celeste, in rotazione diurna con periodo di 24 ore.

Il sistema tychoniano (geocentrico ed eliocentrico)



Il sistema egizio (precursore del tychoniano)



Articolo on-line

- Tycho Brahe e la perfezione delle osservazioni

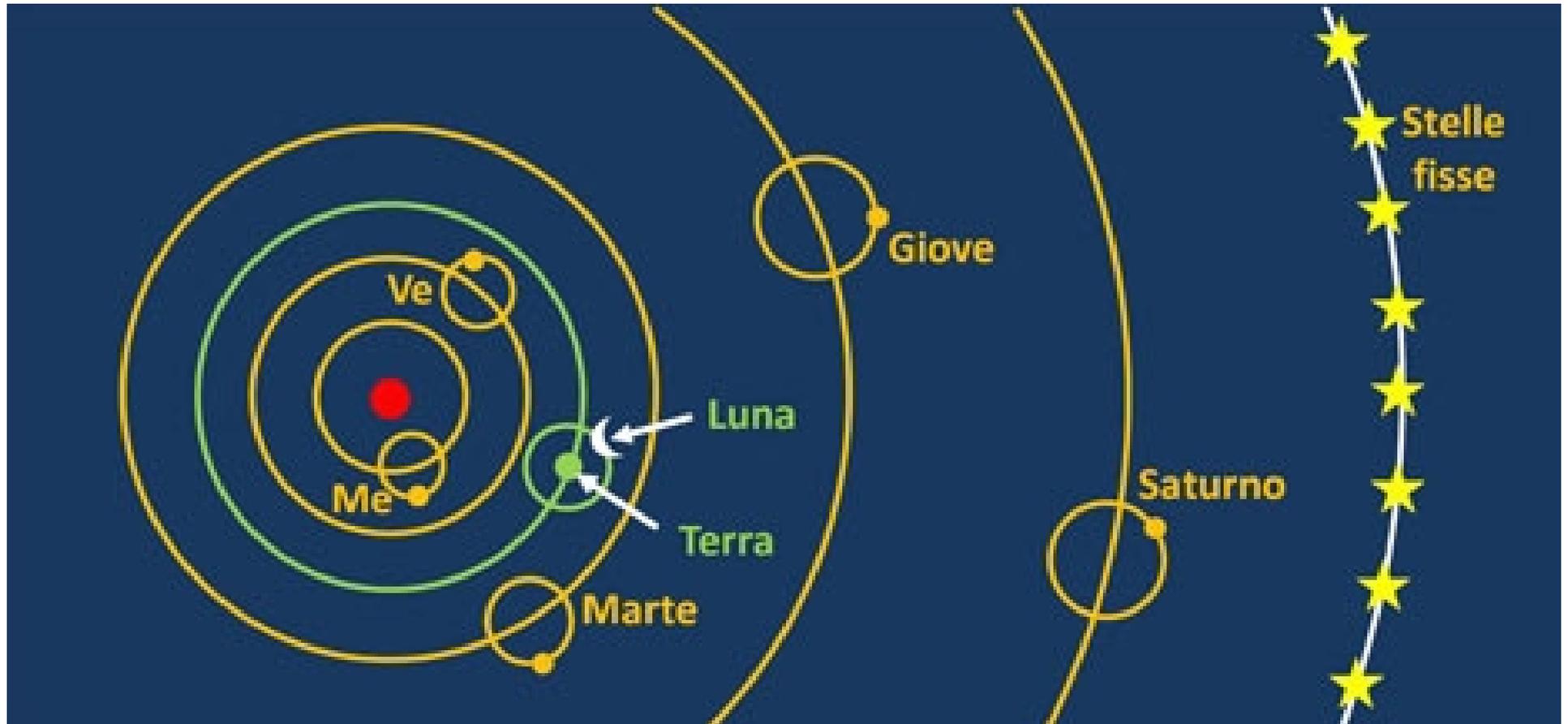
<http://www.astronomia.com/progetti/locchio-infinito-di-galileo/prima-di-galileo/tycho-brahe-e-la-perfezione-delle-osservazioni/>

Johannes Kepler

(1571 - 1630)



Il sistema copernicano (eliostatico con epicicli)



BIOGRAFIA

1571 – Nasce a Weil-der-Stadt (Germania)

1576 – Affidato ai nonni, lavora in campagna

1584 – Entra in un seminario protestante

1589 – Iscritto università (protestante) di Tubinga

1594 – Docente di matematica a Gratz

1597 – *Mysterium Cosmographicum*

1599 – Chiusura della scuola – Esiliato da Gratz

1600 – A Praga e a Benatky con Tycho Brahe

1601 – Nominato matematico imperiale Rodolfo II

1604 – *De stella nova in pede Serpentarii*

- 1609 – *Astronomia Nova* (1° e 2° legge)
- 1611 – *Dioptrice* (meccanismo della visione)
 - Morte della moglie e del figlio prediletto
- 1612 – Morte di **Rodolfo II**, a Linz, scomunica
- 1613 – Inizio del processo contro la madre
- 1619 – *Harmonices Mundi...* (3° legge)
- 1625 – *Epitome Astronomiae Copernicanae*
- 1627 – *Tabulae Rudolphinae* (dopo 26 anni)
- 1628 – Dal generale **Wallenstein** a Sagan
- 1630 – Lavora al *Somnium*, pubblicato postumo
 - Muore il 15 novembre a Ratisbona

Keplero e l'Astrologia

- Iniziò la sua carriera pubblicando almanacchi astrologici (invasione turca del 1 gen 1595, inverno particolarmente rigido), e la concluse come astrologo del duca di Wallenstein
- Credeva nell'Astrologia, diffidava degli astrologi
“Che il cielo agisca sull'uomo risulta abbastanza evidente; ma esattamente come esso agisca rimane nascosto”
“Invero con tutta la mia scienza astrologica non possiedo numero sufficiente di certezze da osar predire in tutta fiducia fatti precisi”

“In che modo la configurazione del cielo al momento della nascita determina il carattere ? Essa agisce sull'uomo durante la sua vita come le cordicelle che un contadino annoda attorno alle zucche del suo campo: i nodi non fanno crescere la zucca, tuttavia ne determinano la forma. Lo stesso vale per il cielo: non dà all'uomo le sue abitudini, la sua storia, la sua felicità, i suoi figli, la sua ricchezza, la sua sposa... però modella la sua condizione...”

“Non troverai moglie tra gli astri, è la Terra che partorisce questo tipo di animali”

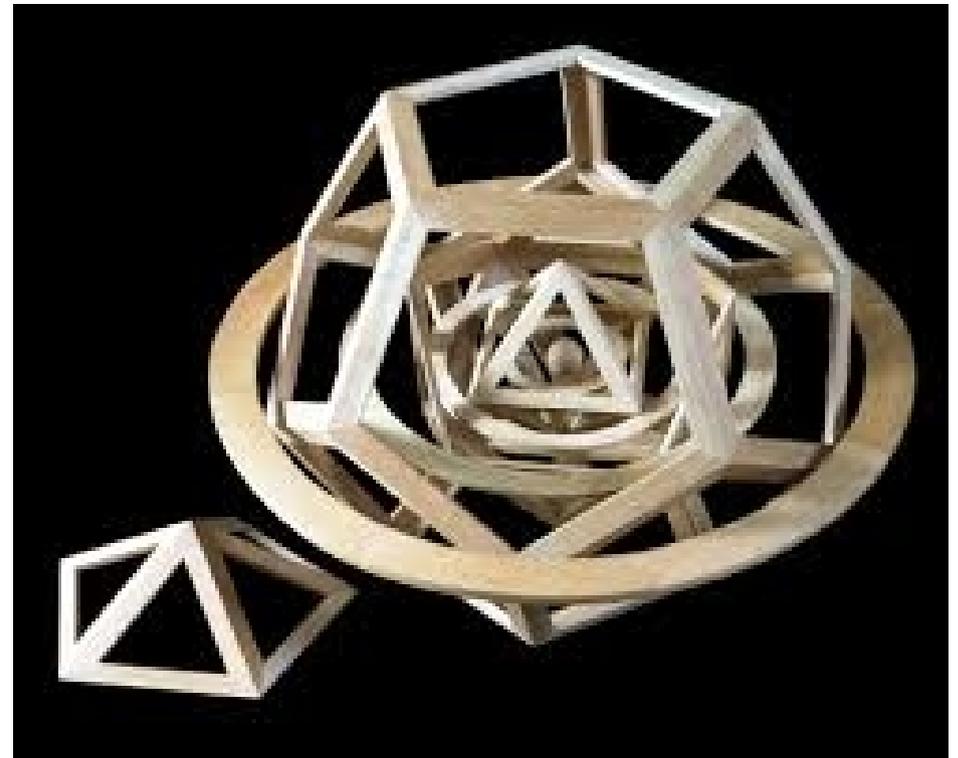
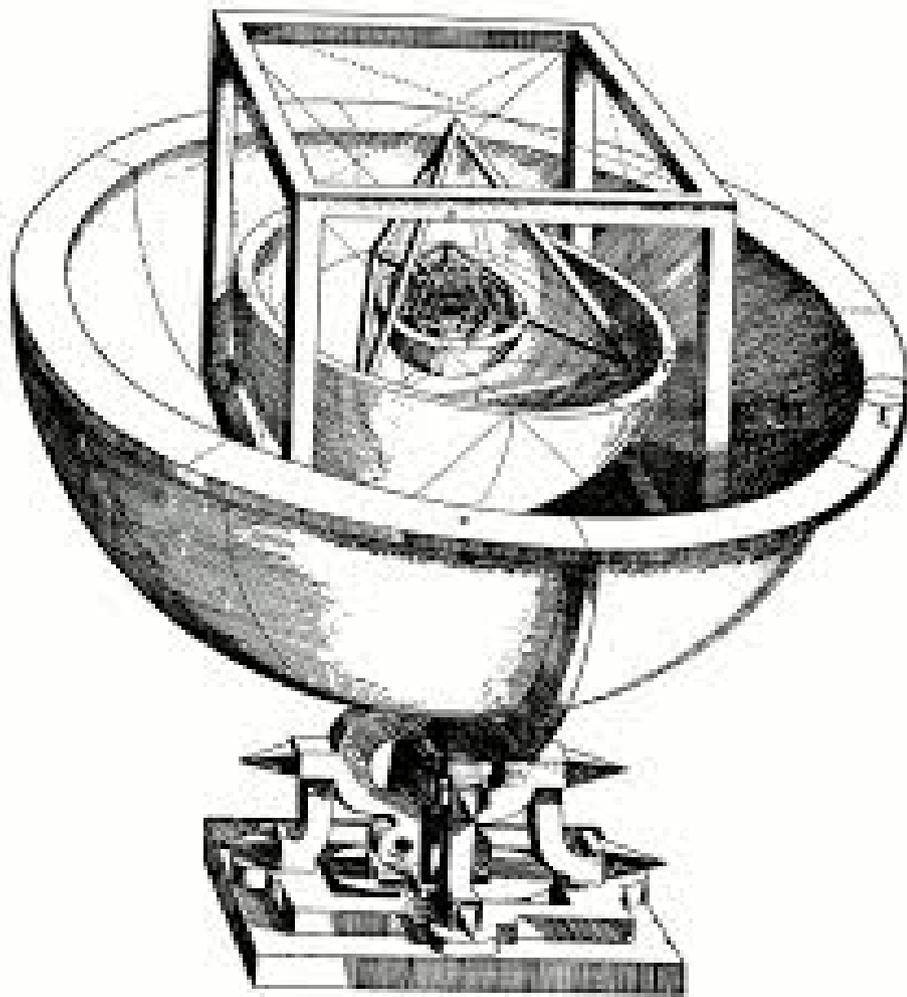
- Secondo l'ultimo Keplero, l'anima umana agisce come risonatore cosmico: entra in sintonia con l'**anima mundi** (aspetto mistico); ma viene anche assoggettata alle leggi strettamente matematiche dell'**Harmonices Mundi** (aspetto causale).
- Se "**l'armonia del mondo**" era un sogno, i suoi simboli erano comuni, all'inizio del XVII secolo, a un'intera cultura: dalla filosofia neoplatonica al neopitagorismo, da **Paracelso** ai Rosacroce, astrologi, ermetisti e alchimisti.
- L'universo kepleriano corona il **sogno di un'armonia cosmica, iniziato con Pitagora e conclusosi, appunto, con Keplero.**

Keplero, lo scienziato

“Son dell'avviso che tutta la natura e i cieli sono in simboli di geometria...”

“Il mio scopo è quello di dimostrare che la macchina dei cieli non è una sorta di essere vivente e divino bensì una specie di movimento di orologeria ... per il fatto che quasi tutti i molteplici movimenti sono provocati da una forza materiale, magnetica e semplicissima. E faccio vedere in che modo queste cause fisiche devono ricevere un'espressione numerica e geometrica.”

I 6 pianeti e i 5 solidi platonici



Esplosione di SuperNova (immagine artistica)



SuperNova di Keplero

(ottobre 1604 - marzo 1606)

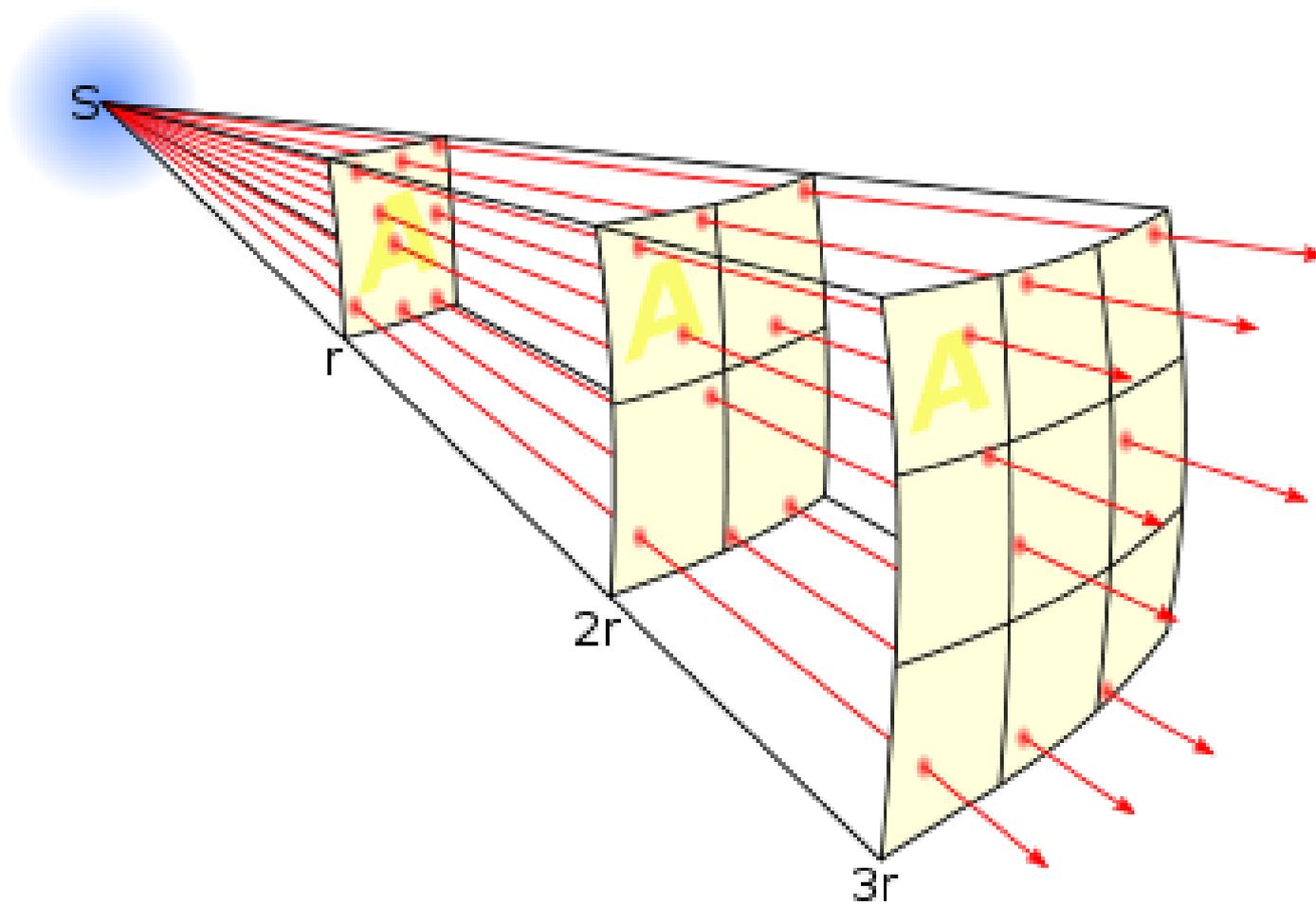


“Fisici, drizzate l'orecchio, perché stiamo per invadere il vostro territorio...”

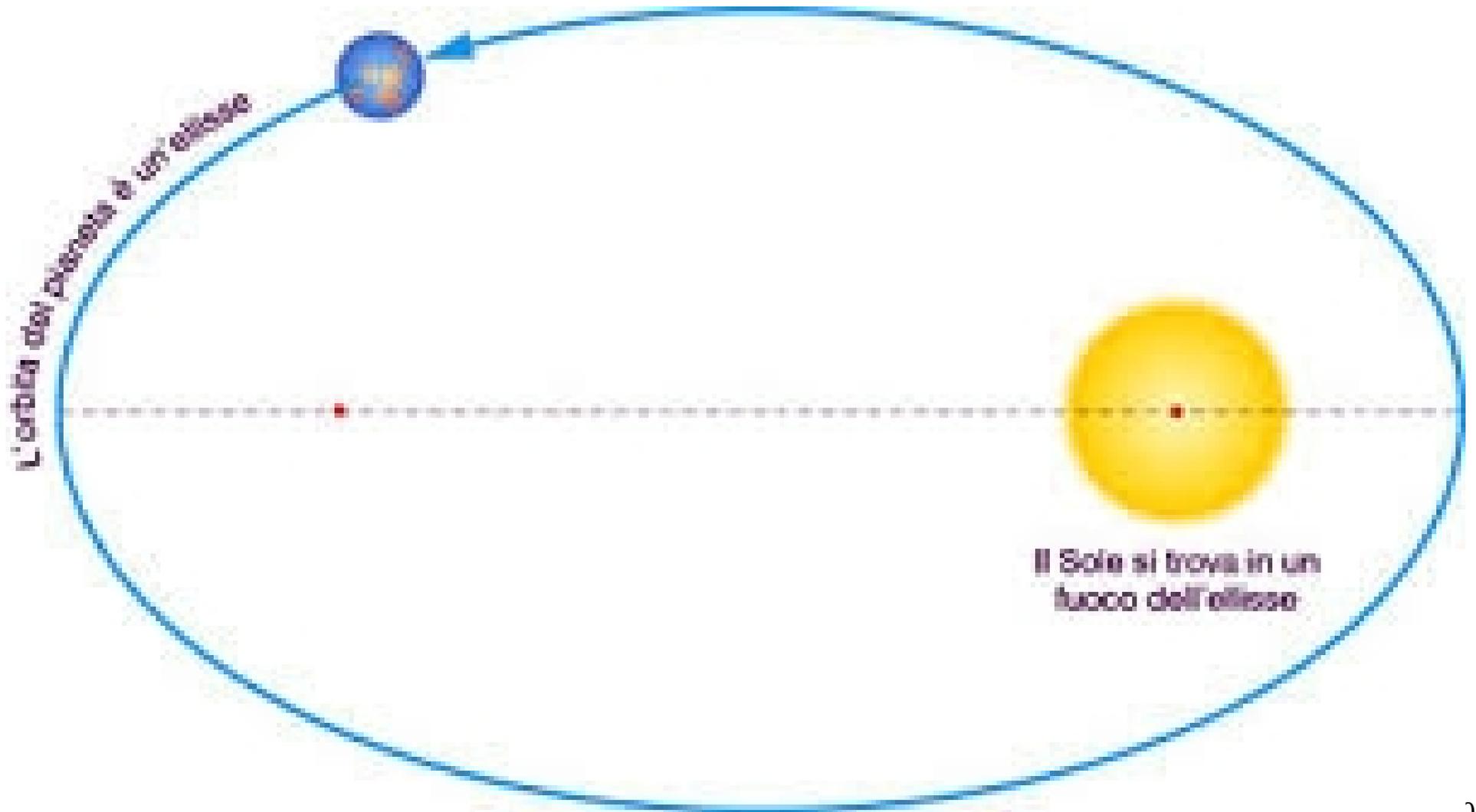
“Un tempo ... credevo che la causa motrice dei pianeti fosse un'anima ... Lo scopo che qui mi propongo è di affermare che la macchina dell'Universo è simile a un orologio ... e in essa tutti i vari movimenti dipendono da una semplice forza attiva materiale, così come tutti i moti dell'orologio sono dovuti al semplice pendolo”

- Identifica erroneamente tale forza come **magnetica**, seguendo le tesi esposte nel ***De Magnete*** del medico e scienziato inglese **William Gilbert**, pubblicato nel **1600**.

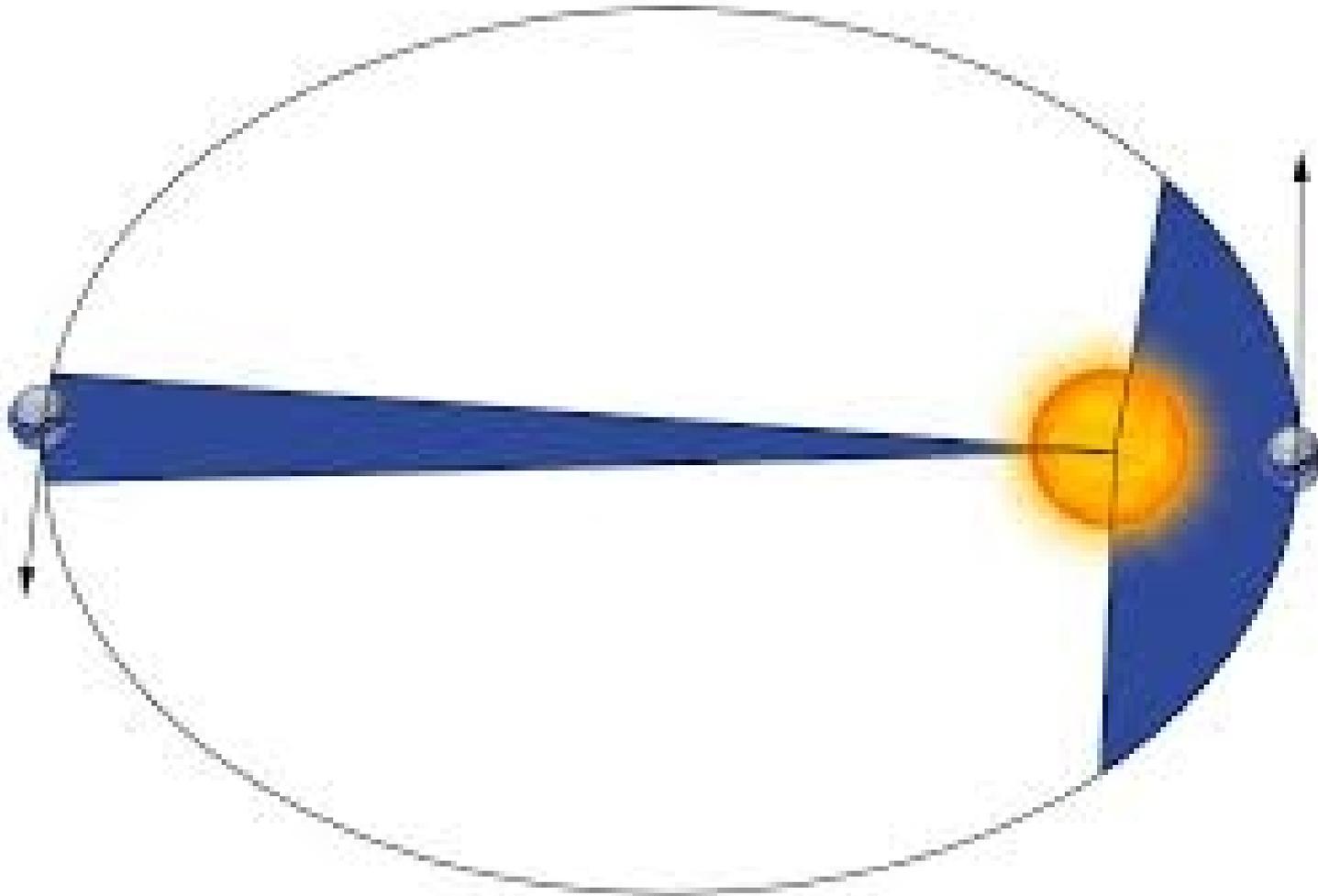
- Si avvicina al segreto della gravitazione:
 - **attrazione** (magnetica) tra due corpi reciproca e **proporzionale alle masse**
 - **forza magnetica** (**errore** comune a Galileo)
 - **diminuisce** inversamente alla distanza (**$1/R$**): **errore**, nonostante conoscesse dall'ottica la legge dell'inverso del quadrato, che sarà dimostrata da Newton con la legge di gravitazione universale
- Resta lo **scopritore delle tre leggi che sono i pilastri cinematici dell'astronomia moderna**



1° legge di Keplero



2° legge di Keplero



3° legge di Keplero

$$T^2 = K R^3$$

L'eredità di Keplero

- Con **Brahe** e **Keplero** spariscono le sfere di cristallo, epicicli, deferenti, equanti e le orbite circolari che erano stati **gli ingredienti essenziali del sapere astronomico per 1.500 anni**
- Le stelle nascono e muoiono (**Brahe**), le comete solcano i cieli con traiettorie curvilinee (**Brahe**)
- L'**universo** resta di dimensioni finite, ma diventa un meccanismo **retto da leggi fisiche e relazioni geometriche (Keplero)**; **dio** il legislatore supremo e il geometra insuperabile che **ha determinato, una volta per tutte, le regole del gioco**

- **KEPLERO**

No – Orbite circolari dei pianeti (1° legge)

No – Velocità angolari costanti (2° legge)

No – Immutabilità del cielo (Nova di Keplero)

Sì – Universo finito e chiuso (perché ?)

- Per Keplero il **cosmo**, finito e chiuso, è una immagine materiale della Trinità

- 1) il Sole rappresenta Dio Padre

- 2) il cielo delle stelle fisse il Figlio

- 3) la forza magnetica lo Spirito Santo

“Quando infuria la tempesta e lo stato è minacciato di naufragio, non potremmo far nulla di più nobile che ancorare i nostri pacifici studi alla roccia dell'eternità”

Sagan in Slesia, dai miei torchi, 6 nov. 1629

A. Koestler – I sonnambuli

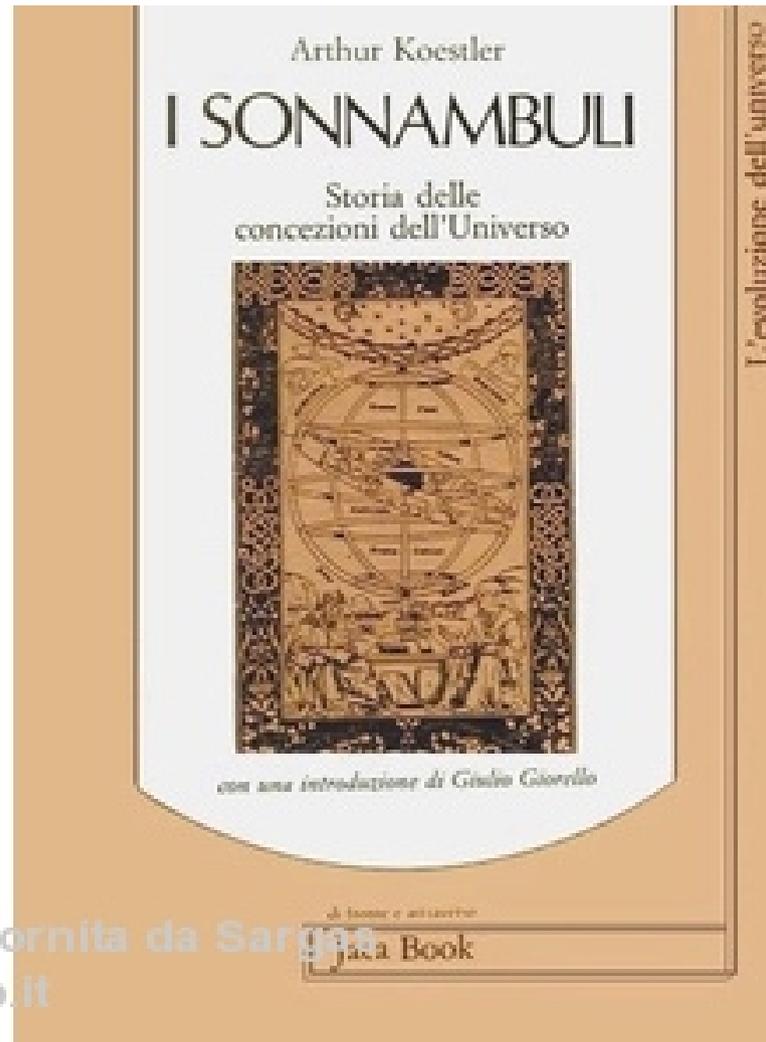
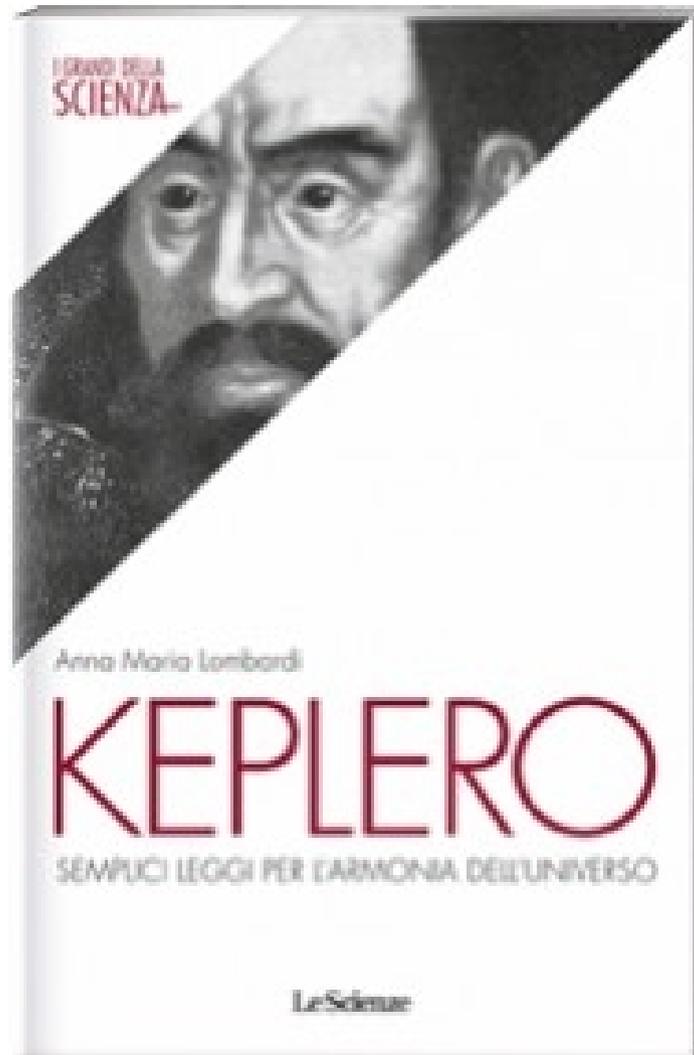
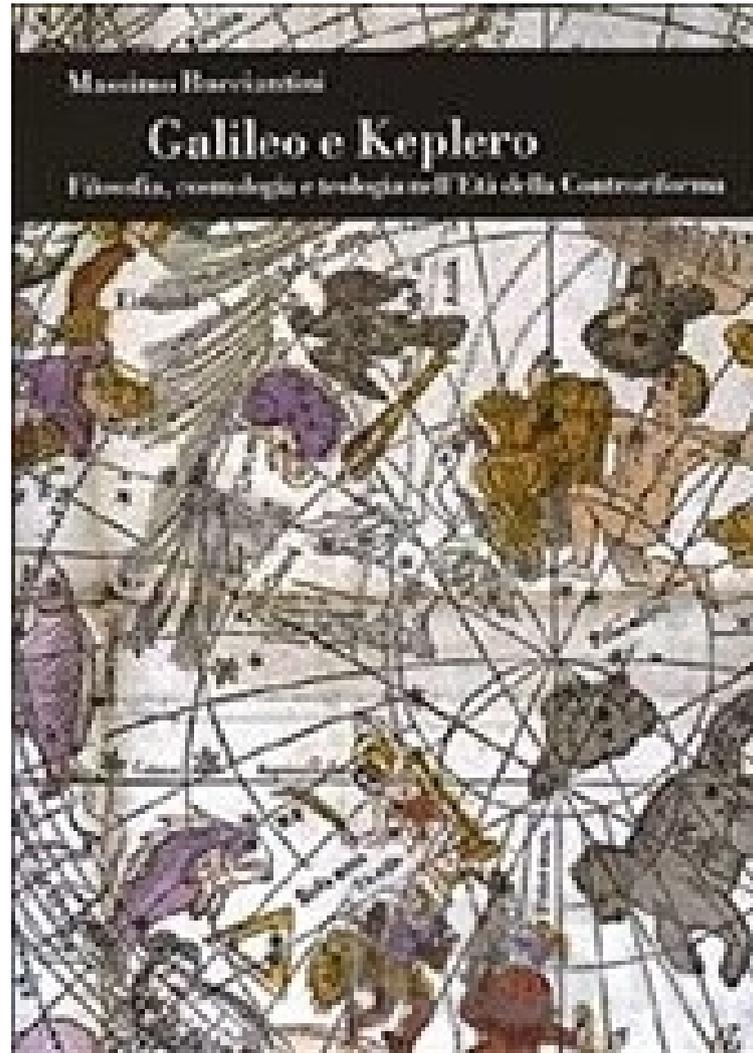


Immagine fornita da Sargos
a www.ciao.it

A.M. Lombardi – Keplero



M. Bucciantini – Galileo e Keplero



S.Clark – L'oscuro labirinto del cielo

