

COPERNICO

Gianluca Introzzi
Università di Pavia

Corso di Fondamenti della Fisica

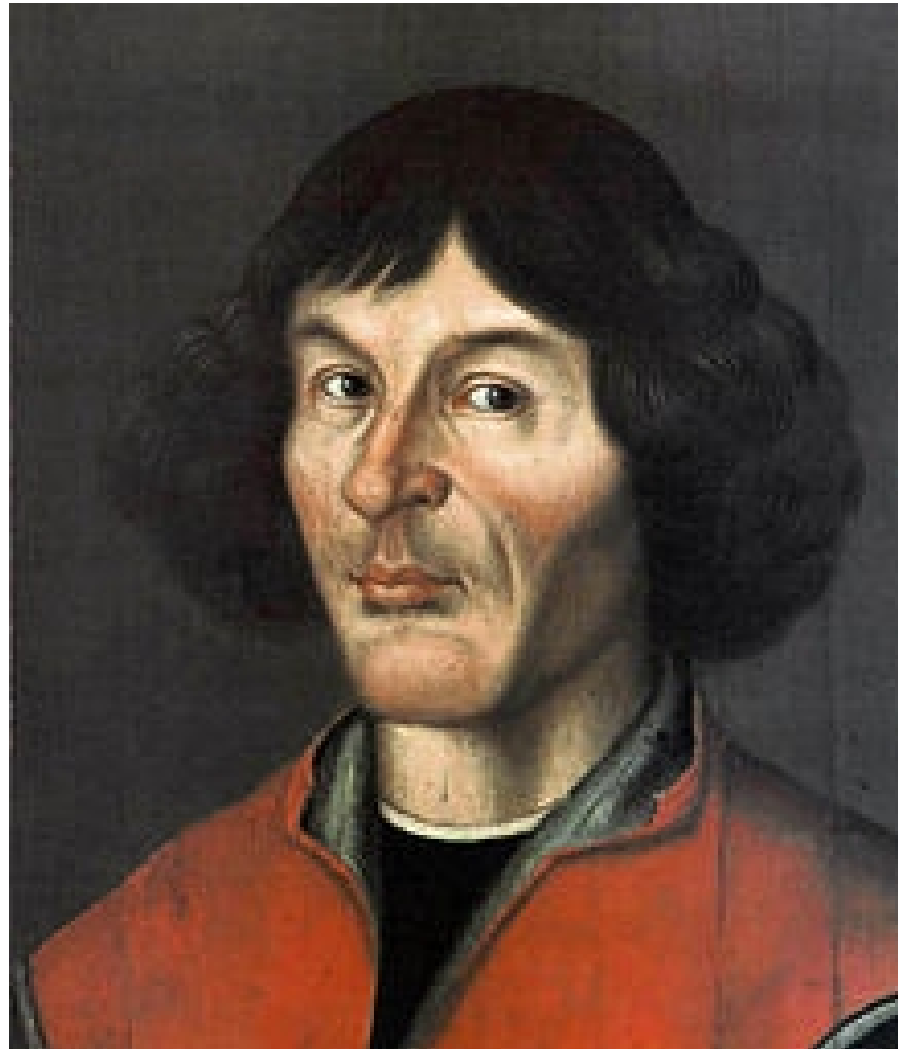
Anno accademico 2017/18

Teresa d'Avila morì nella notte tra giovedì 4 e venerdì **15** ottobre 1582

Quando papa Gregorio XIII introdusse, con la bolla *Inter gravissimas*, il calendario gregoriano in Italia, Francia, Spagna, Portogallo, Polonia/Lituania, Belgio/Paesi Bassi/Lussemburgo, si passò direttamente da giovedì 4 a venerdì 15 ottobre 1582

Nicolas Kopernigk

(1473 - 1543)



BIOGRAFIA

1473 – Nasce a Torun (Pomerania, Polonia)

1483 – Morte del padre. Adottato coi fratelli dal futuro vescovo Lucas Watzelrode

1491/94 – Studi a Cracovia

1496 – Canonico a Frombork (Warmia, Polonia)

1503 – Laurea in diritto canonico a Ferrara

1506 – Studi a Bologna e Padova

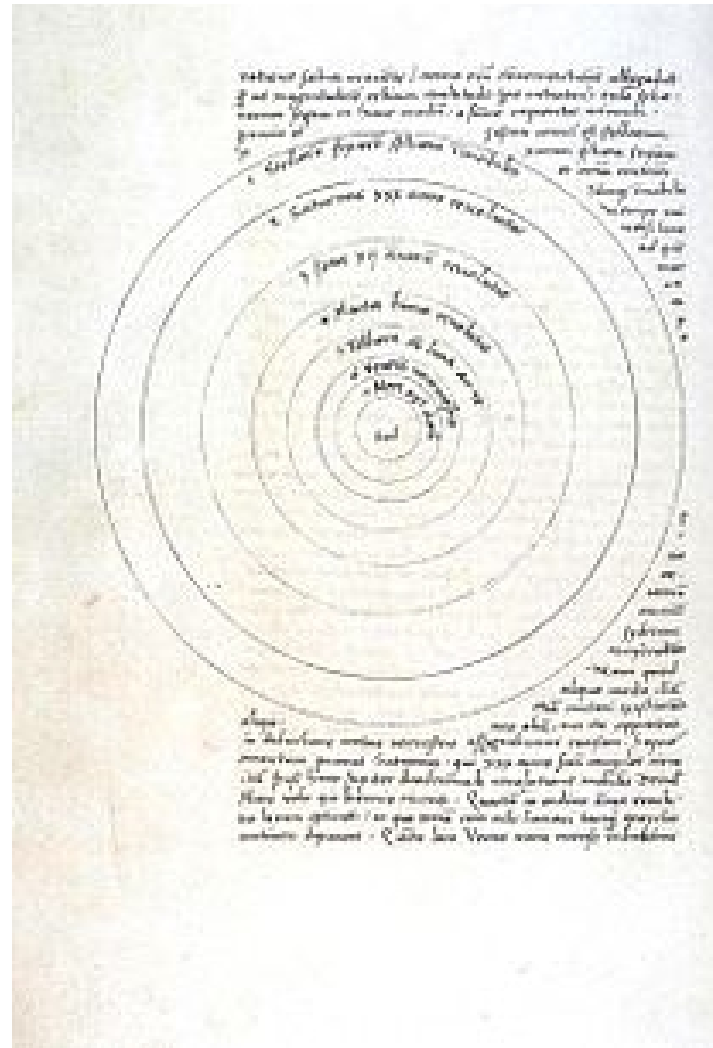
1506/12 – Segretario (e medico) del vescovo Lucas Watzelrode a Heilsberg

1510/14 – **Commentariolus** circola manoscritto

1512 – Ritorno come canonico a Frombork

- 1514 – Invitato a Roma per il Concilio Laterano, alla riforma del calendario. Declina
- 1533 – Lezione del cardinal Widmanstadt in Vaticano sul sistema copernicano
- 1536 – Lettera del cardinal Schoenberg
- 1539 – Retico (protestante) ospite a Frombork
- 1540 – *Narratio prima* pubblicata a Danzica
- 1541 – Retico torna a Frombork - manoscritto del *De revolutionibus orbium mundi*
- 1542 – Stampa a Norimberga. Retico parte e lo sostituisce Osiander (titolo e prefaz.)
- 1543 – *De revolutionibus orbium coelestium*
 - Morte di Copernico il 24 maggio

De revolutionibus orbium coelestium



Copernico, l'intellettuale

- Studia per 4 anni a Cracovia, per 10 in Italia
- A Bologna, assistente dell'astronomo Novara
- Sa di Medicina, Diritto, Economia (trattato)
- Traduce dal greco (opere minori)
- Nonostante ciò, resta un dotto medievale, **non un intellettuale del Rinascimento**
- **Rifiuto dell'Astrologia.** Da ecclesiastico, fa propria la condanna di **Agostino d'Ippona**, e poi di molti dottori della Chiesa: a) libero arbitrio dell'uomo - b) solo Dio conosce il futuro.

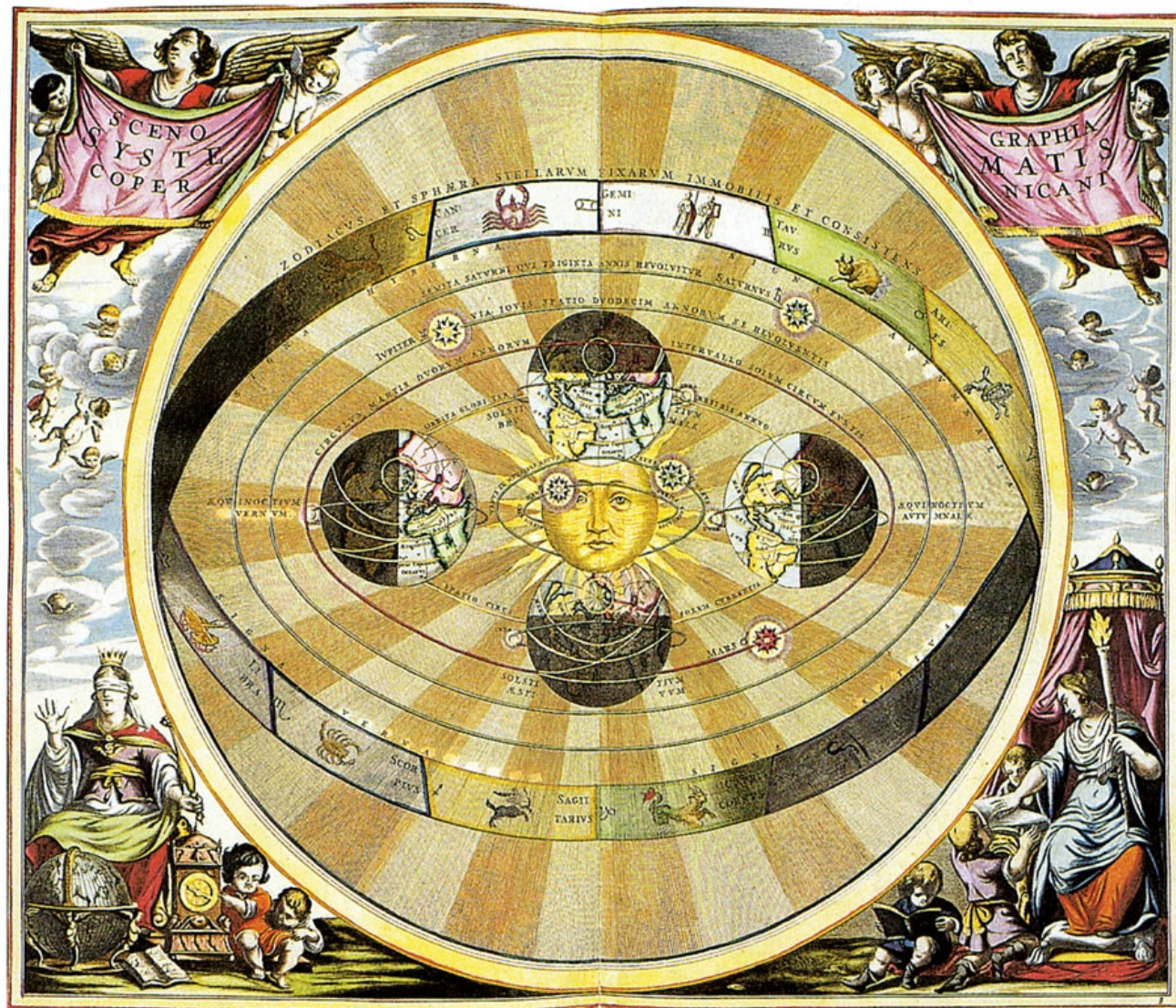
Il sistema copernicano

- Il sistema copernicano è **ELIOSTATICO** (c'è l'**eccentrico**). Secondo Copernico, la posizione del Sole è un fatto fisico e reale: “**E in mezzo a tutto sta il Sole**” (***De Revolutionibus***)
- Il sistema copernicano è **alternativo** sia a quello **tolemaico** (matematico, ipotetico), sia all'**aristotelico** (fisico, supposto essere reale)
- Ma restano molti problemi:
 - 1) **48 epicicli** per 7 astri; peggio di **Tolomeo**
 - 2) **orbite circolari, sfere celesti, cosmo finito**
 - 3) **anno solare** stimato solo approssimativamente
 - 4) **orbita di Marte** calcolata approssimativamente⁸

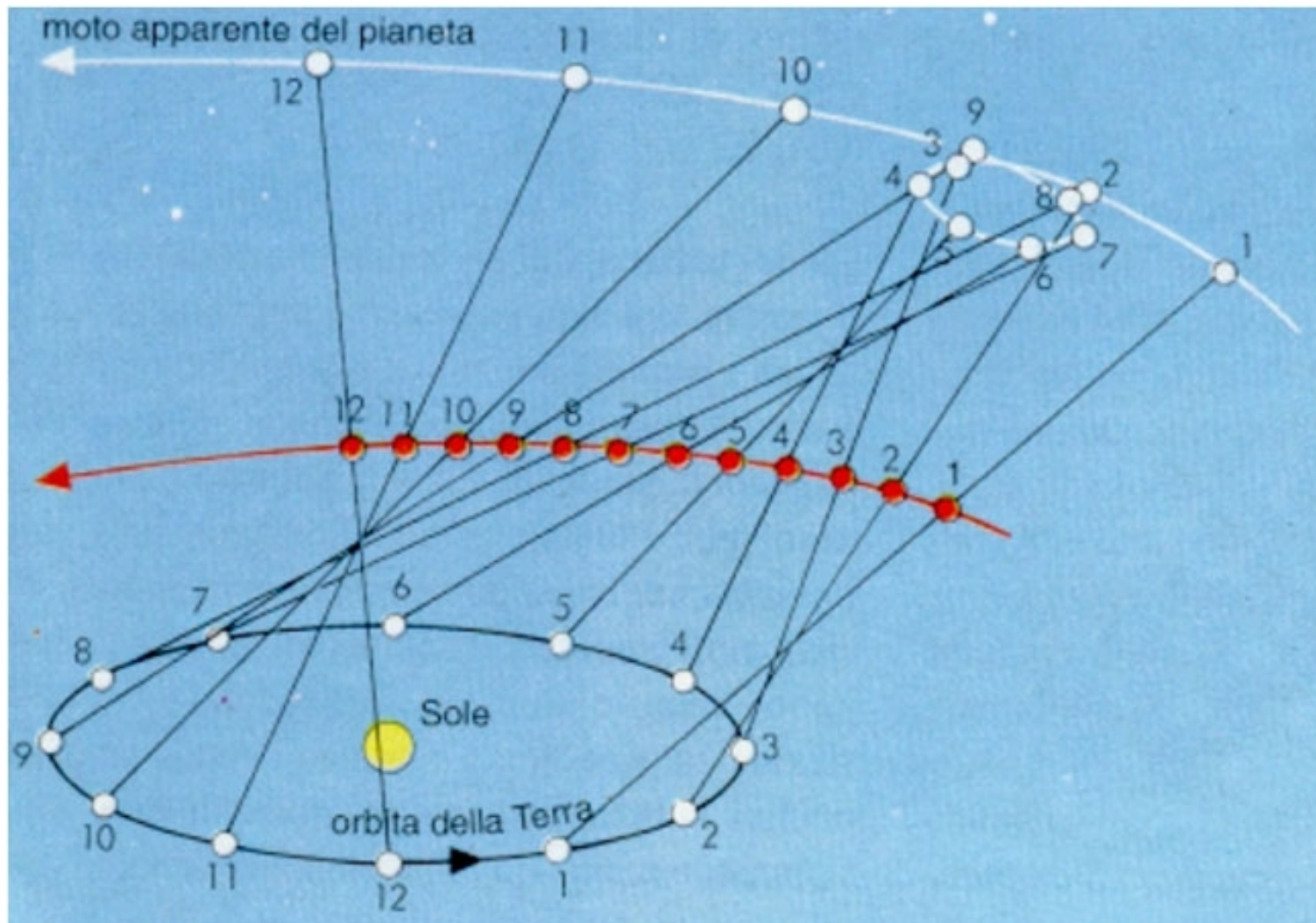
Il sistema copernicano (eliostatico con epicicli)



Come veniva rappresentato



Moto retrogrado apparente



La necessità degli epicicli

- Se gli **epicicli** non sono più necessari per spiegare il moto retrogrado, **perché vengono mantenuti da Copernico ?**
- Il problema era l'**accuratezza** nel descrivere le **traiettorie apparenti dei pianeti**. Utilizzando **orbite circolari**, non è possibile dar conto degli effetti dovuti all'orbita effettiva (**ellittica**) dei pianeti
- La **correzione** veniva introdotta mediante l'uso della coppia **deferente/epiciclo** che, con velocità angolari opportune, genera una traiettoria del pianeta che **meglio approssima quella reale**.

Successi di Copernico - 1

- Calcolo delle distanze planetarie relative

Quando Venere è alla massima elongazione rispetto al Sole (angolo Venere-Terra di 46°), è al vertice di un angolo retto tra la Terra e il Sole

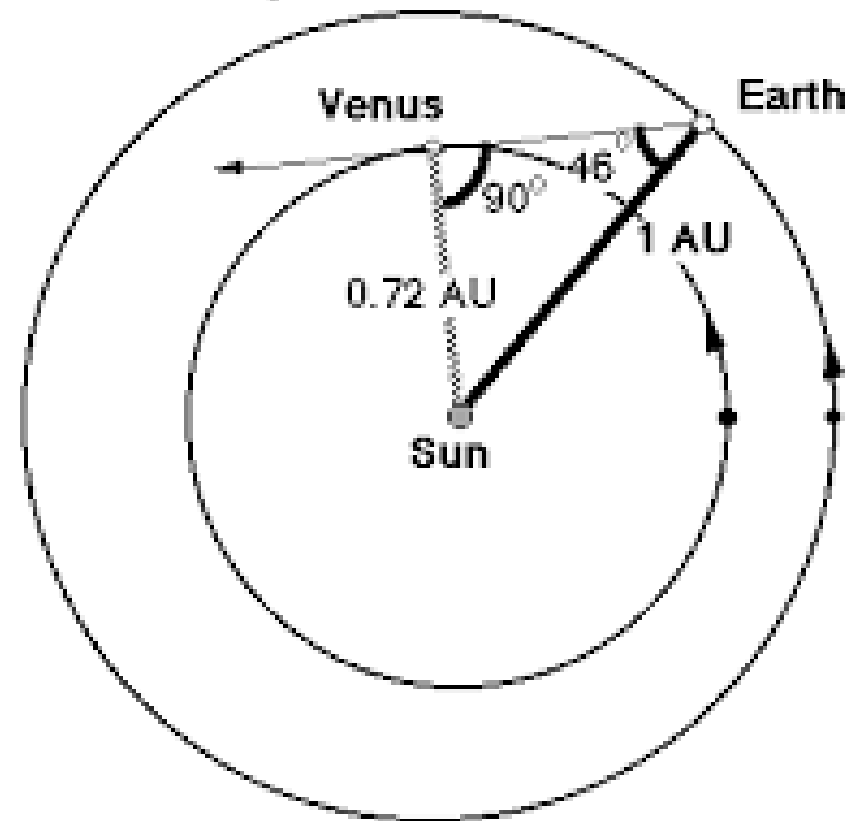
Assunta 1 Unità Astronomica (UA) la distanza Terra-Sole, basta calcolare $\sin 46^\circ$ per avere la distanza relativa Venere-Sole: 0.72 UA

Lo stesso calcolo vale per gli altri pianeti

Distanze planetarie relative

	Cop. (UA)	Oggi (UA)
Mercurio	0.36	0.39
Venere	0.72	0.72
Terra	1	1
Marte	1.50	1.52
Giove	5	5.2
Saturno	9	9.5

Venus at
Maximum Elongation



Successi di Copernico - 2

- Calcolo dei periodi di rivoluzione dei pianeti

Venere ha un moto retrogrado ogni 584 giorni

In tale tempo, la Terra ha percorso $584/365$ della sua orbita

Venere invece ha percorso tutta la propria orbita (è tornata in moto retrogrado) + $584/365$:
 $1 + (584 / 365) = 949 / 365$ della propria orbita

Il suo periodo di rivoluzione orbitale vale quindi
 $584 \times (365 / 949) = 225$ giorni terrestri

Lo stesso calcolo si applica agli altri pianeti

Periodi di rivoluzione dei pianeti

	Copernico	Oggi
	(giorni)	(giorni)
Mercurio	88	87.91
Venere	225	225.00
Terra	365.25	365.26
Marte	687	686.98
Giove	4383	4331.98
Saturno	10958	10778.82

Un cosmo ordinato e armonioso

	Distanze	Periodi	Velocità medie
	(UA)	(giorni)	($2\pi R / T$)
Mercurio	0.36	88	0.0257
Venere	0.72	225	0.0201
Terra	1	365.25	0.0172
Marte	1.5	687	0.0137
Giove	5	4383	0.0072
Saturno	9	10958	0.0052

I primi oppositori

- I protestanti **Lutero** e **Melantone** rifiutarono il sistema copernicano fin da prima dell'uscita del ***De Revolutionibus***, opponendogli alcuni passi delle sacre scritture, come ad esempio nel libro di **Giosuè**: “Sole, fermati su Gabaon !”
- Nel **1546** il domenicano **Giovanni Maria Tolosani** pubblica l'opera ***De coelo supremo immobili et terra infima stabili, ceterisque coelis et elementis intermediis mobilis***, nella quale si scaglia fin dal titolo contro il sistema copernicano

La Bibbia di Lutero (1545)



Bibbia:

il Sole in moto, la Terra ferma

“Sole, fermati su Gabaon !” (**Giosuè – 10**)

“Sulle sue basi fondasti la Terra, e starà immota negli evi degli evi” (**Libro dei Salmi, 104**)

“Una generazione va e una generazione viene, eppure la Terra resta sempre immobile al suo posto” (**Ecclesiste - 1, 4-5**)

Gli argomenti degli oppositori

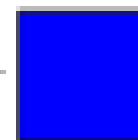
- I **passi della Bibbia** in cui si afferma il moto del Sole e l'immobilità della Terra
- L'**assenza dei supposti effetti dei moti di rotazione e rivoluzione della Terra** (forte vento prodotto dalla rotazione, uccelli in volo che restano indietro, foglie strappate dagli alberi)
- La **mancata osservazione**, con gli strumenti allora disponibili, **della parallasse stellare** (determinata solo nel 1838), che si sarebbe dovuta riscontrare come effetto dello spostamento della Terra rispetto al cielo delle stelle fisse.

Effetto di parallasse

Punto di vista A

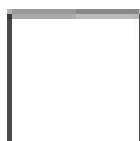


Punto di vista B

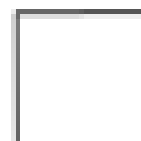
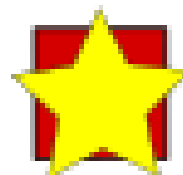


Sfondo

Scena vista da A



Scena vista da B



Un rivoluzionario prudente

- **TOLEMAICO** (geostatico con epicicli, equante)

Sì – Orbite circolari dei pianeti

Sì – Velocità angolari costanti (equante)

Sì – Immutabilità del cielo

Sì – Universo finito e chiuso

- **COPERNICANO** (eliostatico con epicicli)

Sì – Orbite circolari dei pianeti

No – Velocità angolari costanti (no equante)

Sì – Immutabilità del cielo

Sì – Universo finito e chiuso

L'inizio della rivoluzione

“Copernico ... impadronendosi di una buona idea, ne fece un cattivo sistema” **A. Koestler**
(Aristarco, Cusano 1440, Regiomontano 1470)

“Fu portato a rovesciare il sistema di Tolomeo dal suo desiderio di conservarlo” **A. Koestler**

La prefazione apocrifia (di Osiander) per ben 73 anni fa da parafulmine al libro: definendo l'eliocentrismo *ex-suppositione* (ipotesi matematica per salvare le apparenze), evita i problemi teologici e accademici derivanti da una sua difesa *ex-professo* (realtà fisica oggettiva)

Nel frattempo, tutte le conseguenze rivoluzionarie, implicite nell'opera di Copernico, sarebbero state progressivamente rese esplicite dai suoi seguaci:

- Se la rotazione diurna della sfera celeste dipende dalla Terra, non serve più immaginare le stelle fissate su una sfera solida, finita e a noi prossima
- Esse devono allontanarsi tra loro e indietreggiare quasi all'infinito, per spiegare l'apparente costanza della parallasse stellare (la sua variazione all'epoca non era misurabile: venne determinata solo nel 1838)
- L'universo può quindi essere infinito: “il centro dell'universo sta dappertutto e la sua circonferenza in nessun luogo” (Giordano Bruno, 1584)

- Il Sole non è più diverso dalle stelle fisse: è una stella (Bruno, Galileo)
- L'universo non solo poteva essere esteso all'infinito, ma risultava anche privo di un centro di gravità permanente: crisi della fisica aristotelica (Galileo)
- Poiché la Terra è composta dai 4 elementi, e gli altri pianeti le sono astronomicamente equivalenti, forse anch'essi sono fatti degli stessi elementi, invece che d'etere cosmico (Galileo)
- Gli altri pianeti potrebbero essere abitati da diverse specie d'uomini (Cusano, Bruno)
- In un universo infinito, non vi è più un posto per dio: l'Empireo, da spazio fisico, diventa luogo dello spirito

Articolo on-line

- I secoli bui ed il sistema “quasi” eliocentrico di Copernico

<http://www.astronomia.com/progetti/locchio-infinito-di-galileo/prima-di-galileo/i-secoli-bui-ed-il-sistema-%E2%80%9Cquasi%E2%80%9D-elioцентриco-di-copernico/>

A. Koestler – I sonnambuli

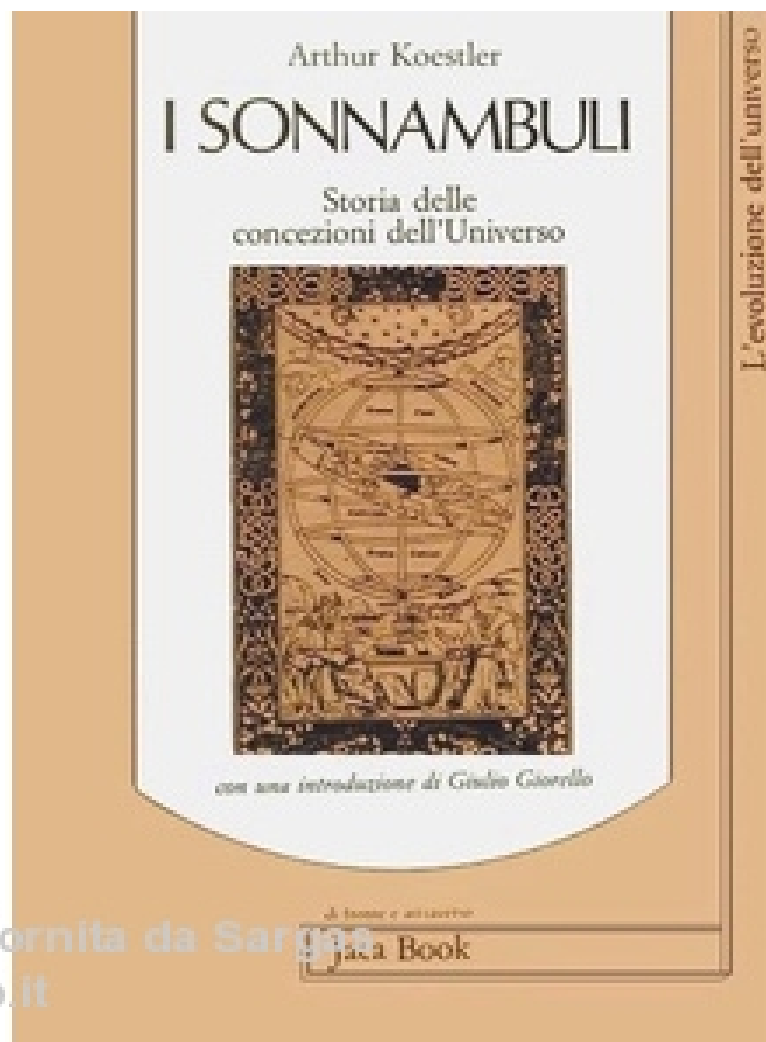


Immagine fornita da Sargos
a www.ciao.it

W. Shea – Copernico

