

# I molti Galilei: interpretazioni di Galileo Galilei e dei suoi principali contributi scientifici



Pavia, 29 novembre 2017  
Corso AIF – Sezione di Pavia  
Lucio Fregonese  
Università di Pavia  
Dipartimento di Fisica  
lucio.fregonese@unipv.it

# Spunto da un importante articolo di Paolo Rossi

- Paolo Rossi, “Ci sono molti Galilei?”, in *Un altro presente. Saggi di storia della filosofia*, Bologna: Il Mulino, 1999, pp. 133-143.

# Il “problema” Galileo

- Padre della scienza moderna.
- Principale esponente della Rivoluzione Scientifica.
- Eroe/martire del libero pensiero contro il l’oscurantismo del cattolicesimo controriformista.
- Privo del coraggio necessario (abiura) per opporsi alla chiesa in nome della scienza e del libero pensiero.
- Studiato da moltissimi interpreti (molte migliaia di pubblicazioni specialistiche, ma anche iconografia, opere teatrali, film, mostre, ecc.).
- La bibliografia galileiana è sterminata.
- Il carico di valori e ideologie che si sono stratificati sul personaggio Galileo rendono imprescindibile partire con un’analisi storiografica per evitare prospettive particolari o fuorvianti.
- È fondamentale **interpretare gli interpreti di Galileo.**

# Galileo di tipo zero (giocando con papà)

- **Giocare con papà, ovvero i fisici che si dilettono con l'antenato:**  
“...a dare la disperante sensazione del tenue rapporto che intercorre fra il lavoro paziente e meritorio degli specialisti ... danno un contributo alcuni illustri cultori di scienze naturali i quali pensano che il semplice fatto di essere «scienziati», e quindi indirettamente figli di Galilei e **seguaci del suo metodo**, li autorizzi a parlare di testi che non hanno letto, a prendere posizione su questioni che non conoscono, ad esprimere opinioni su problemi che non hanno mai avvicinato. ... Non sono minimamente sfiorati dal sospetto che parlare in pubblico di Galilei avendo letto un po' di *Dialogo*, un po' dei *Discorsi*, la monografia di Geymonat e (nei casi migliori) qualche pagina di Koyré li colloca (agli occhi degli storici) nella identica posizione in cui si troverebbe uno storico che sulla base della memoria di Einstein, della parziale lettura di *Sottile è il Signore* e de *Il signor Robinson e la relatività* pretendesse di svolgere un autorevole intervento ad un congresso di fisica delle particelle”. (Rossi, pp. 134-135).

# Galileo del primo tipo

## (positivista, fondatore metodo scientifico moderno)

- “... è lontano dalle astrazioni e aderente ai fatti. È il «fondatore del metodo scientifico», così come esso verrà concepito nei manuali di fisica. Galilei «ha una preponderante inclinazione per i fatti e non sente la necessità di ridurli a idee» [Whewell 1947, 220]; Galileo «non ha formulato una *teoria* della caduta dei corpi, ma ha osservato e constatato, senza idee preconcepite, il fatto del movimento di caduta [Mach 1968, 161]” .(Rossi, p. 136).
- Whewell, *Philosophy of inductive sciences*, 1840.
- Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*, 1883.

## Galileo del secondo tipo (medievale-peripatetico)

- “Il secondo Galilei è il «peripatetico», che non assomiglia affatto ad un rivoluzionario, ma ad un conservatore, addirittura ad un «ritardatario»: «A costo di contraddire le leggende (scriveva Pierre Duhem nel 1906), va affermato che le concezioni di Galileo sulla dinamica portano l'impronta profonda dei principi peripatetici, si discostano molto poco dalle dottrine ammesse da un buon numero di fisici del secolo XVI, sono in notevole ritardo sulle intuizioni di qualcuno dei suoi predecessori» [Duhem, 1978, 888]”. (Rossi, p. 136).

# Galileo del terzo tipo

## (aristotelico rinnovato: logica e metodologia)

- “Il terzo Galilei è connesso al secondo, ma è più decisamente «aristotelico»: «il nuovo metodo, la logica e la metodologia espressi da Galileo e destinati a diventare il metodo scientifico dei fisici del Seicento (scrive John Hermann Randall Jr. nel 1940) era il risultato della fruttuosa ricostruzione critica della teoria aristotelica della scienza intrapresa soprattutto a Padova e fecondata dalle discussioni metodologiche dei commentatori di scritti medici. [Randall 1961, 26]»”. (Rossi, p. 136).

# Galileo del quarto tipo (antipositivista, idealista platonico)

- “Il quarto Galileo è decisamente «**platonico**» ed è per intero costruito alla luce di una **teoria della conoscenza e della scienza «non infetta dal virus empirista e positivista»** [Koyré, 1961, 60] ... Nel suo quadro della Rivoluzione Scientifica trova posto Gassendi e non trovano invece posto alcuno Francis Bacon e Robert Boyle. Una Rivoluzione Scientifica senza strumenti, dove la scienza è sempre e solo matematizzazione e il conoscere non ha mai nulla a che fare con l'intervenire. In quel quadro (che risale al 1939) viene inserito un Galileo che sembra non abbia mai avuto qualcosa a che fare con il cannocchiale, o l'invenzione del termobaroscopio o con la resistenza dei materiali”. (Rossi, pp. 136-137).

## Galileo del quinto tipo (sperimentatore a filosofico)

- “Il quinto Galileo è il rovesciamento (principalmente operato da [Stillman Drake](#) nel 1978 del Galilei numero 4. Galileo effettua misure precise, **non si limita a «pensare» esperimenti, ma li esegue.** Dato che «le misure accurate delle distanze e dei tempi sono fatte **senza riferimento alla filosofia» e sono indifferentemente utilizzabili dai platonici e dagli aristotelici**, la sua grandezza ha a che fare soltanto con la fisica. L’unica e sola «metafisica» e l’unica e sola «epistemologia» della quale sia lecito parlare in riferimento a Galileo è quella che (come diceva Dirac aprendo i suoi corsi di meccanica quantistica) si limita ad «assumere l’esistenza di un mondo esterno» [Drake 1992, 247]”. (Rossi, p. 137).

## Galileo del sesto tipo

### (fideismo copernicano, irrilevanza del metodo scientifico, potere arazionale della scienza)

- “Il sesto Galileo è un ritratto intelligente, irriverente e provocatorio. È quello che ha a che fare con una incrollabile «fede» nella verità copernicana. Quest’ultima viene riaffermata, a dispetto di ogni evidenza e dimostrazione, cambiando i tipi di osservazione che confutano la teoria, facendo ricorso a trucchi psicologici, espedienti retorici, piccole falsificazioni, colpi di mano. Il Galileo di **Paul Feyerabend** è collocato da un lato all’interno della tesi che teorizza **l’insignificanza del cosiddetto «metodo scientifico»** e dall’altro in un **contesto di tipo ideologico-politico**. «Gli scienziati **risolvono i problemi non perché posseggano una metodologia e una teoria della razionalità, ma perché hanno studiato il problema molto tempo, conoscono bene la situazione, non sono troppo stupidi**». «La scienza moderna schiacciò i suoi oppositori, non li convinse, si impose con la forza, non con il ragionamento» [Feyerabend 1979]”. (Rossi, p. 137).

# Galileo pre-sesto tipo

## (Galileo sfrontato e imbroglione arrogante)

- “Non è il caso però di dimenticare, a proposito di questo sesto ritratto, che esso era stato preceduto non solo dal celebre libro di [Thomas Kuhn](#) sulle rivoluzioni scientifiche (che è del 1962) [Kuhn 1969] ma soprattutto dall’immagine, costruita (nel 1959) da un grande romanziere del Novecento, degli scienziati come «sonnambuli». Ciò che [Arthur Koestler](#) aveva presentato come un’*accusa di tipo morale* (un Galileo «sfrontato e arrogante imbroglione» che si serve di «espedienti illusionistici» [Koestler 1959, 523, 539] diventa nel ritratto di [Feyerabend](#) un indiscutibile *merito epistemologico*”. (Rossi, pp. 137-138).

# Galileo del settimo tipo (persuasore non occulto, abilità retorica)

- “Il Galilei numero sette è direttamente figlio del numero sei. È un **persuasore non occulto che rafforza gli argomenti logici con le tecniche della retorica**, che rende accettabili le sue verità facendo appello alle emozioni, all'estetica, alla psicologia. **Maurice Finocchiaro** (nel 1980) non pensa affatto che la scienza sia un'impresa irrazionale e che si risolva in retorica, pensa solo che «la retorica abbia un ruolo importante da svolgere all'interno della razionalità scientifica». Finocchiaro si limita a raccomandare – e la sua raccomandazione ha avuto grandissima fortuna – che «non siano trascurati gli aspetti retorici della scienza» [Finocchiaro 1980, 5]”. (Rossi, p. 138).

## Ulteriori Galilei

- “... studi nei quali sono presenti tesi molto audaci o molto forti che hanno dato luogo a discussioni importanti e che tuttavia non sono riusciti ad imporsi come premesse per ulteriori ricerche, a funzionare cioè come modelli storiografici accettati dalla comunità degli storici”. [Pietro Redondi] (Rossi, p. 138).
- “... i libri più equilibrati o più utili anche per i non specialisti, come, tanto per fare solo pochi nomi di testi di epoche diverse e di differente mole ed impegno, le monografie di Antonio Banfi, Ludovico Geymonat, Maurice Clavelin, William Shea, il recente ottimo profilo di Andrea Battistini”. (Rossi, pp. 138-139).
- “... una serie di contributi specifici che hanno rinnovato grandemente gli studi e per i quali tutti gli studiosi di Galileo (nonché tutti gli studiosi di storia della scienza) hanno una considerazione grandissima (mi riferisco, in particolare, agli studi ben noti di E. Garin, P. Galluzzi, W. Wisan, ... G. Baroncini”. (Rossi, 139).

# Attualità galileiane

- Museo Galileo di Firenze <https://www.museogalileo.it/>
- Rivoluzione Galileo. L'arte incontra la scienza (mostra), Padova, Palazzo del Monte di Pietà, fino al 18 marzo 2018:  
<http://www.mostrarivoluzionegalileo.it/>
- Piccolino, M., Wade N., *Galileo's visions. Piercing the spheres of the heavens by eye and mind*, Oxford University Press, 2013.
- Bucciantini M., Camerota M., Giudice F., *Il telescopio di Galileo. Una storia europea*, Torino: Einaudi, 2012.
- Galluzzi, Paolo, *Tra atomi e indivisibili. La materia ambigua di Galileo*, Firenze: Olschki, 2011.
- Heilbron, J. L., *Galileo*, Oxford: Oxford University press, 2010 (trad. ital. *Galileo scienziato e umanista*, Einaudi, 2013).
- Camerota, Michele, *Galileo Galilei e la cultura scientifica nell'età della Controriforma*, Roma: Salerno, 2004.

# **La collocazione storica di Galileo**

# Galileo, uno dei protagonisti della Rivoluzione Scientifica (in un periodo di **rivoluzioni religiose**)

- L'inizio della **Riforma protestante** (**Lutero**, 1517) e la **Controriforma cattolica** (**Concilio di Trento**, 1545-1563).
- La Rivoluzione Scientifica è un periodo di **grande cambiamento** culturale e scientifico, **convenzionalmente** collocabile tra la scoperta dell'America (1492)/pubblicazione del *De revolutionibus* di Copernico (1543) e le grandi elaborazioni fisiche di Newton *Principia* (1687)/*Opticks* (1704).
- Caratterizzata proprio da **molteplici sovvertimenti** delle **discipline** e delle **concezioni dell'Universo** rispetto al Medioevo.
- Principali esponenti: Bacon, Keplero, Galileo, Harvey, Boyle, Cartesio, Pascal, Huygens, Malpighi, Leibniz, Newton, ...

# Il cosmo aristotelico-tolemaico geocentrico che viene abbandonato

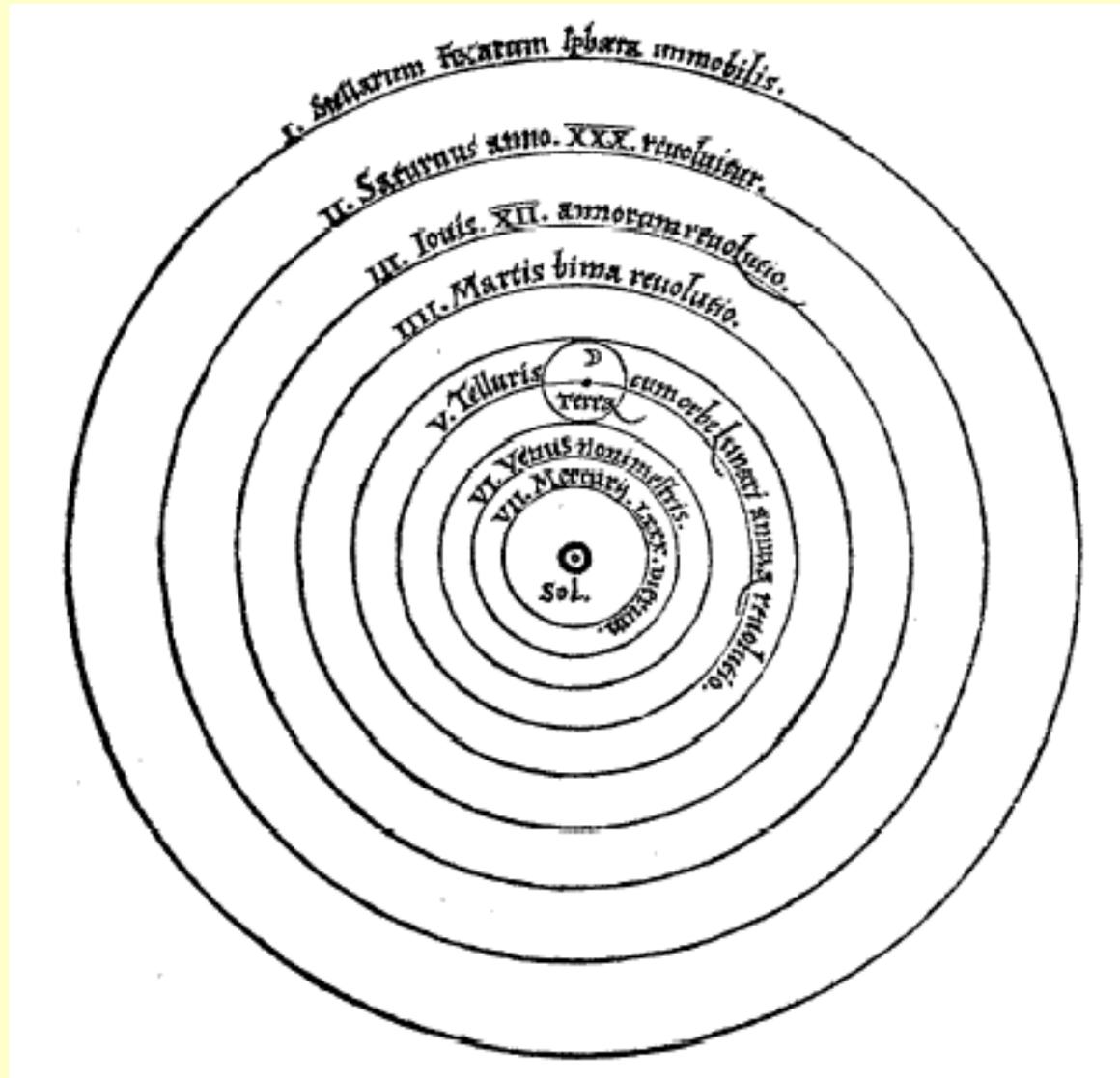


# Copernico (1473-1543)

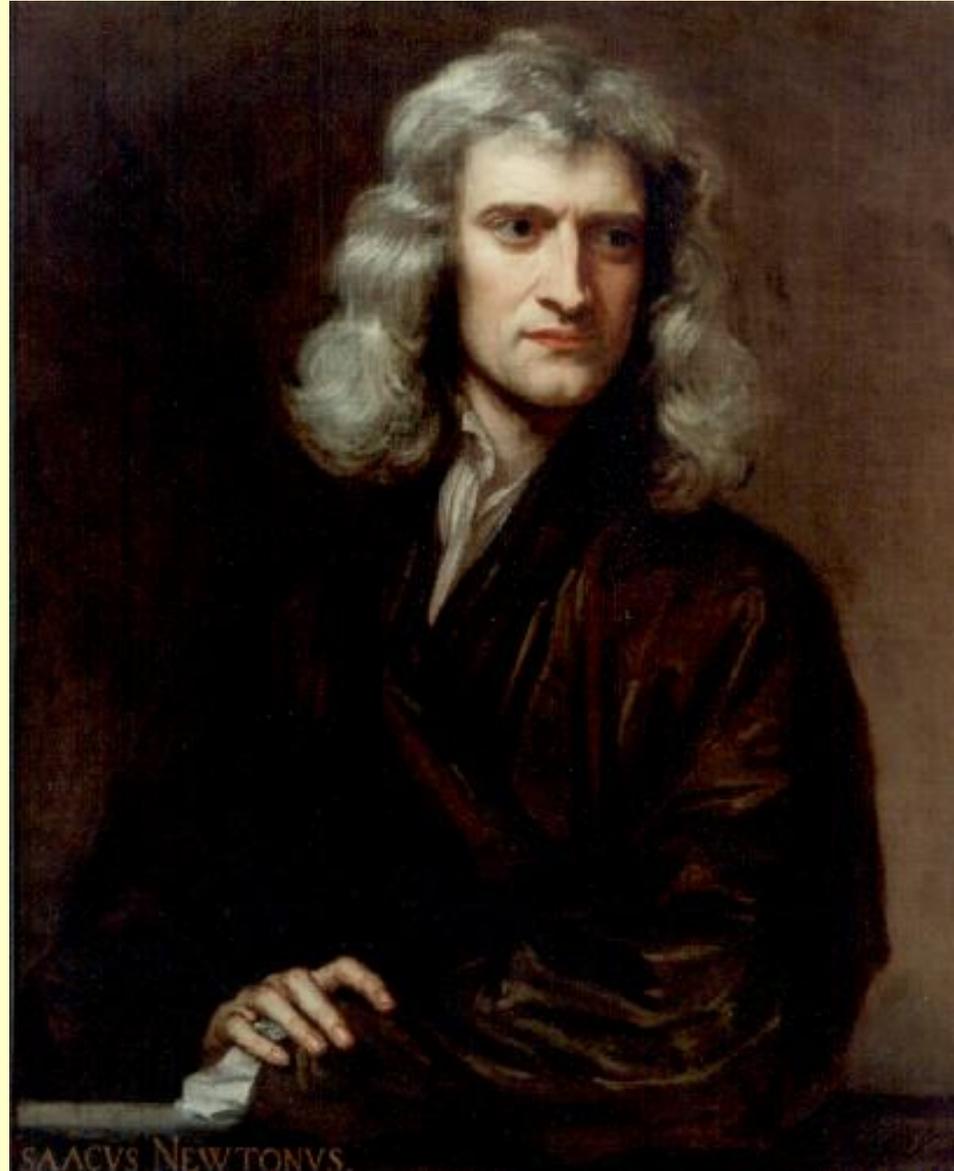
## Inizi della Rivoluzione Scientifica



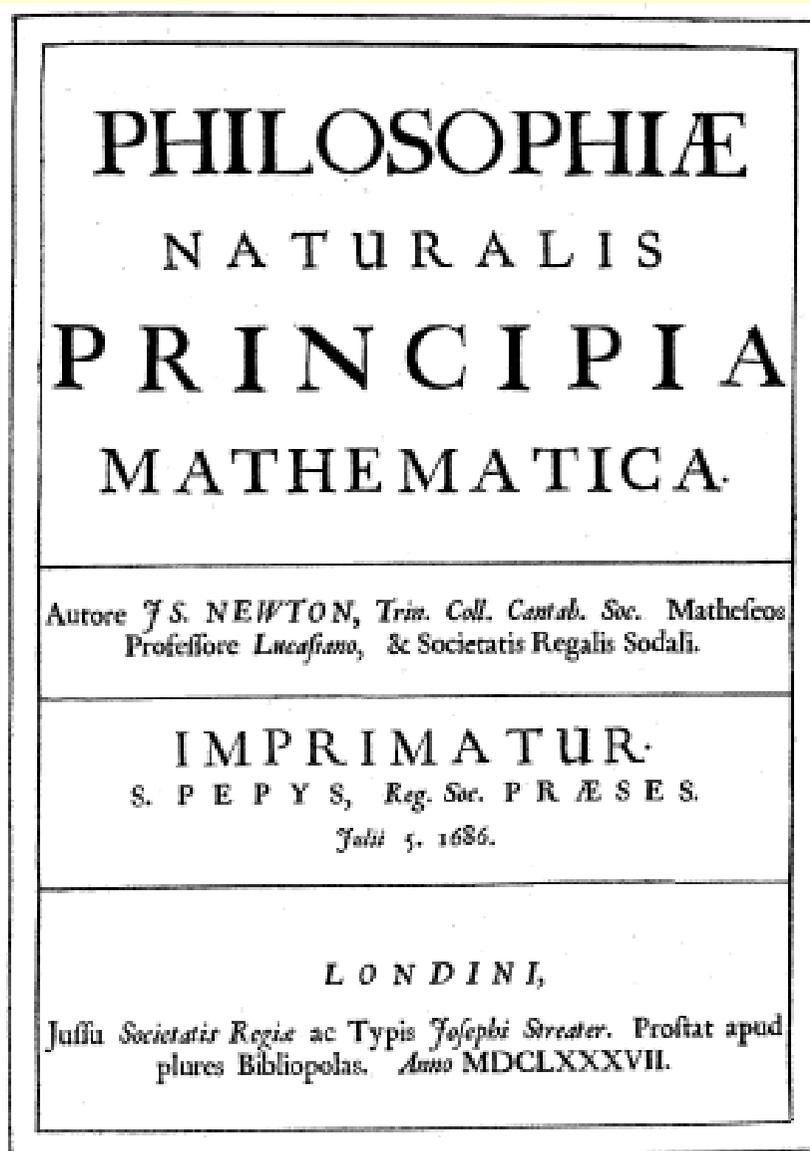
# Il nuovo sistema eliocentrico di Copernico (1543)



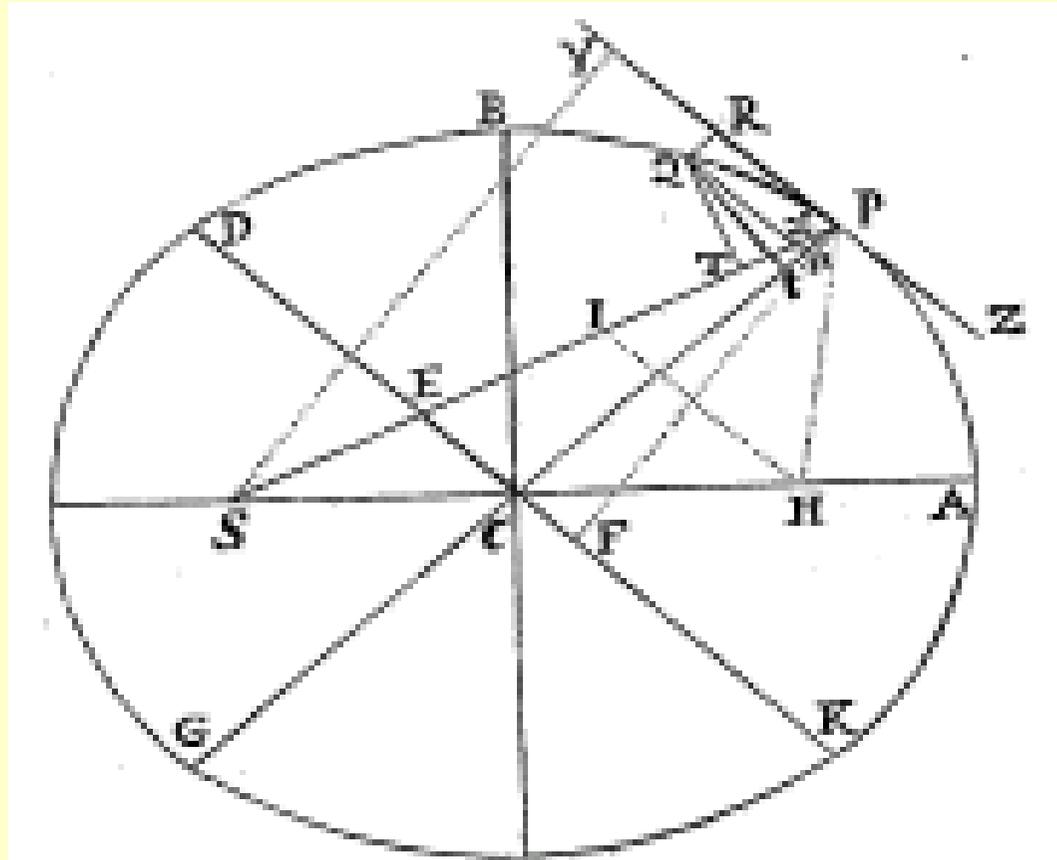
**Isaac Newton (1642-1727)**  
**“culmine” della Rivoluzione Scientifica**



# Il frontespizio dei *Principia mathematica philosophiae naturalis* di Newton (1687)



**Caduta dei corpi sulla terra e orbite ellittiche  
dei pianeti regolate dalle leggi del moto e dalla  
forza di gravitazione universale regolata dalla  
legge matematica  $f = k m_1 m_2 / r^2$**



Tornando al sistema aristotelico-tolemaico è importante ricordare che questa è solo la 1° approssimazione



# I moti reali dei pianeti non sono circonferenze perfette ma presentano nodi “a cappio”



# Visualizzazione dell'approssimazione successiva: deferente eccentrico + epiciclo (M centro del deferente, O centro della terra)

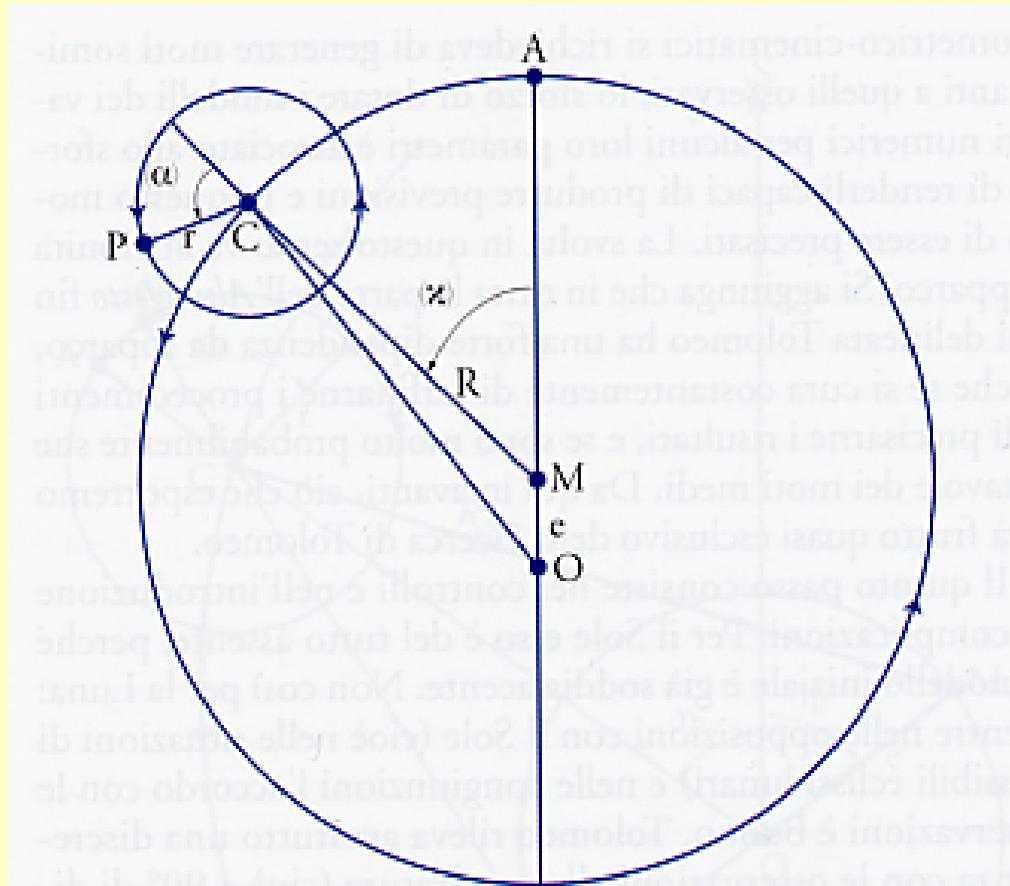
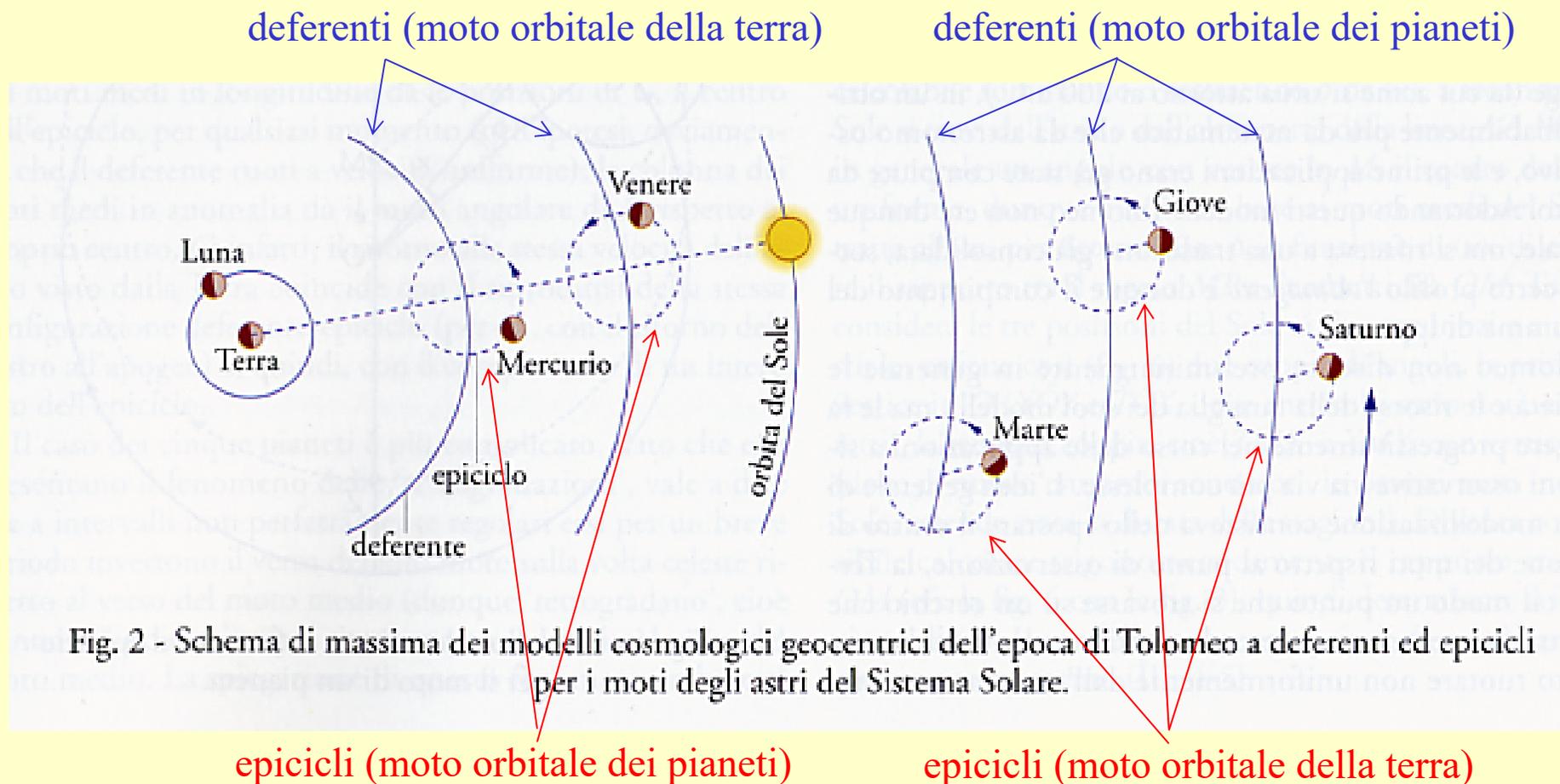


Fig. 5 - Modello tolemaico a eccentricità del deferente  
per il moto di un pianeta.

# La descrizione dei moti planetari nel vecchio sistema tolemaico con deferente + epiciclo (2° approssimazione)



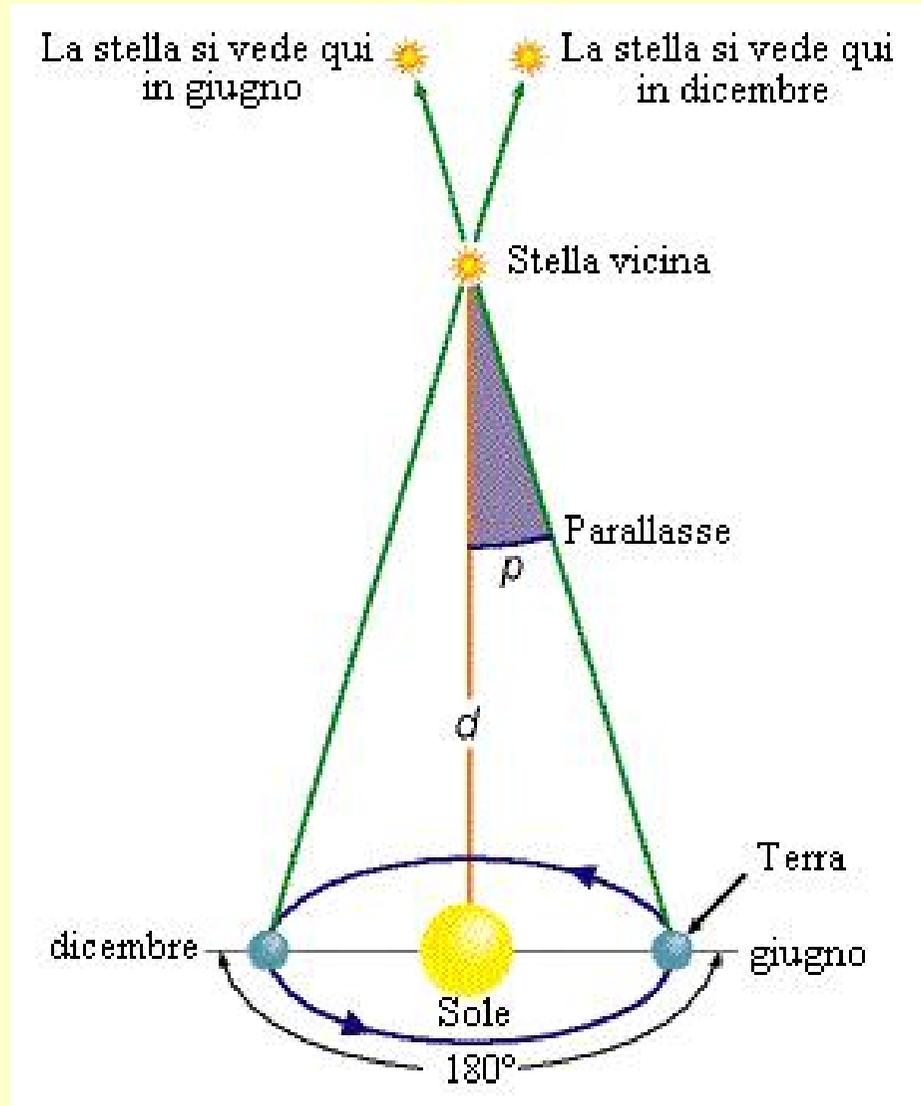
# Il sistema tolemaico tecnico (approssimazioni successive)

- Il sistema tolemaico possiede approssimazioni di ordine successivo che permettono di spiegare le variazioni di distanza e variazioni di velocità (dovute alla non circolarità delle orbite).
- Esempio: le retrogradazioni dei pianeti esterni non sono uniformi come previsto dal modello semplice deferente + epiciclo, ma presentano irregolarità.
- Queste irregolarità venivano spiegate in vari modi, ad esempio adottando un **deferente eccentrico**, cioè con il centro spostato rispetto al centro della terra.
- **FONDAMENTALE: con la combinazione di circa 100 moti circolari, il sistema tolemaico tecnico rappresenta i moti del sistema solare in modo notevolmente preciso (circa 8 minuti d'arco).**
- Si tratta di un risultato straordinario che sottolinea l'altissimo livello scientifico del sistema tolemaico: i sostenitori del copernicanesimo erano obbligati a cercare di raggiungere o superare questo livello.

# I vantaggi del sistema copernicano

- Copernico usa ancora **moti circolari** e si ritrova quindi con problemi simili a quelli del sistema tolemaico.
- Vista la sofisticazione tecnica del sistema tolemaico, è evidente che Copernico doveva raggiungere un livello confrontabile o superiore.
- Il livello di precisione e di predittività non cambia sostanzialmente rispetto al sistema tolemaico.
- L'attribuire un **moto annuo alla Terra** ha però un **vantaggio**: permette di **eliminare gli epicicli dei pianeti** (... ma sono **solo 5** rispetto ai circa **100 moti circolari necessari**).
- I vantaggi quindi ci sono, ma è evidente che all'epoca non dovevano apparire decisivi ...

# L'assenza di parallasse stellare contro il moto annuo della Terra



## Le spine nel fianco del sistema copernicano

- L'**assenza di parallasse annua** depone a sfavore del moto annuo della Terra (misurata solo tra il 1838 e 1840 da tre astronomi: Bessel in Germania, Henderson al Capo e Wilhelm von Struve in Russia).
- La fisica del moto non ammette ancora la **composizione indisturbata di più moti** che serve per rispondere alle obiezioni contro il moto della Terra.
- Non viene accettata in generale la nozione che un moto di caduta verticale si componga in modo indisturbato con il moto inerziale (circolare!) di rotazione diurna della Terra.
- Obiezioni già presenti in Tolomeo: dovrebbe esserci un forte vento contrario alla rotazione della Terra, gli uccelli e le nuvole dovrebbero rimanere indietro rispetto alla veloce rotazione della Terra, ecc.

# Alcune caratteristiche generali della Rivoluzione Scientifica

- Cambiamento di status delle discipline e dei vari settori del sapere.
- L'**aristotelismo** viene sostituito da approcci platonici e di filosofia corpuscolare o atomistica.
- La **matematica** risale da uno stato gerarchico non particolarmente elevato ai livelli superiori del sapere (Galileo, Cartesio, Newton).
- Anche la **meccanica/tecnologia** sale di livello fino a diventare addirittura paradigma filosofico per la spiegazione della natura (meccanicismo rifondato da Cartesio).

# Le gerarchie da cui si parte e vengono cambiate e in vari casi sovvertite

- Gerarchia delle cose che esistono:
  - 1) Dio.
  - 2) Entità spirituali superiori
  - 3) Uomo
  - 4) Natura
- Gerarchia delle discipline:
  - 1) Teologia.
  - 2) **Filosofia** (logica, metafisica, cosmologia, fisica, meteorologia, psicologia).
  - 3) Storia.
  - 4) **Matematica** (prospettiva, astronomia, architettura, meccanica teorica, balistica, musica in alcuni casi).
  - 5) Arti (**meccanica**, strumenti, pittura, alchimia, ...).

# Presagi del sovvertimento: La scuola di Atene (1509-1511), Raffaello, Musei Vaticani



## L'autorità filosofico-scientifica di Aristotele insidiata da Platone

- Aristotele e Platone sono al centro della scena.
- Platone (Leonardo) regge il *Timeo*, opera di **contenuto scientifico e cosmologico**.
- Aristotele non regge un libro di contenuto scientifico ma i propri **scritti di *Etica***.
- L'affresco riflette e integra **nuovi convincimenti filosofici non aristotelici**.
- C'è una forma di idealismo platonico come notato in generale da Koyré.

# Il dettaglio di Aristotele e Platone (con il confronto Antichi-Moderni)



Rimane la **dignità inferiore** della **matematica** rispetto alla **filosofia**:  
il gruppo matematico decentrato in basso



## La composizione del gruppo matematico

- **Euclide** (Bramante) disegna col compasso e rappresenta la **geometria**.
- **Tolomeo** regge il globo terrestre e rappresenta la **geografia**.
- **Zoroastro** regge il globo del cielo e rappresenta l'**astronomia-astrologia**.
- **Autoritratto di Raffaello** a rappresentare la pittura, legata alla matematica attraverso la **prospettiva**.

Il ruolo fondamentale degli  
strumenti e della precisione: Tycho  
Brahe (1546-1601) come esempio

# Tycho Brahe (1546-1601)



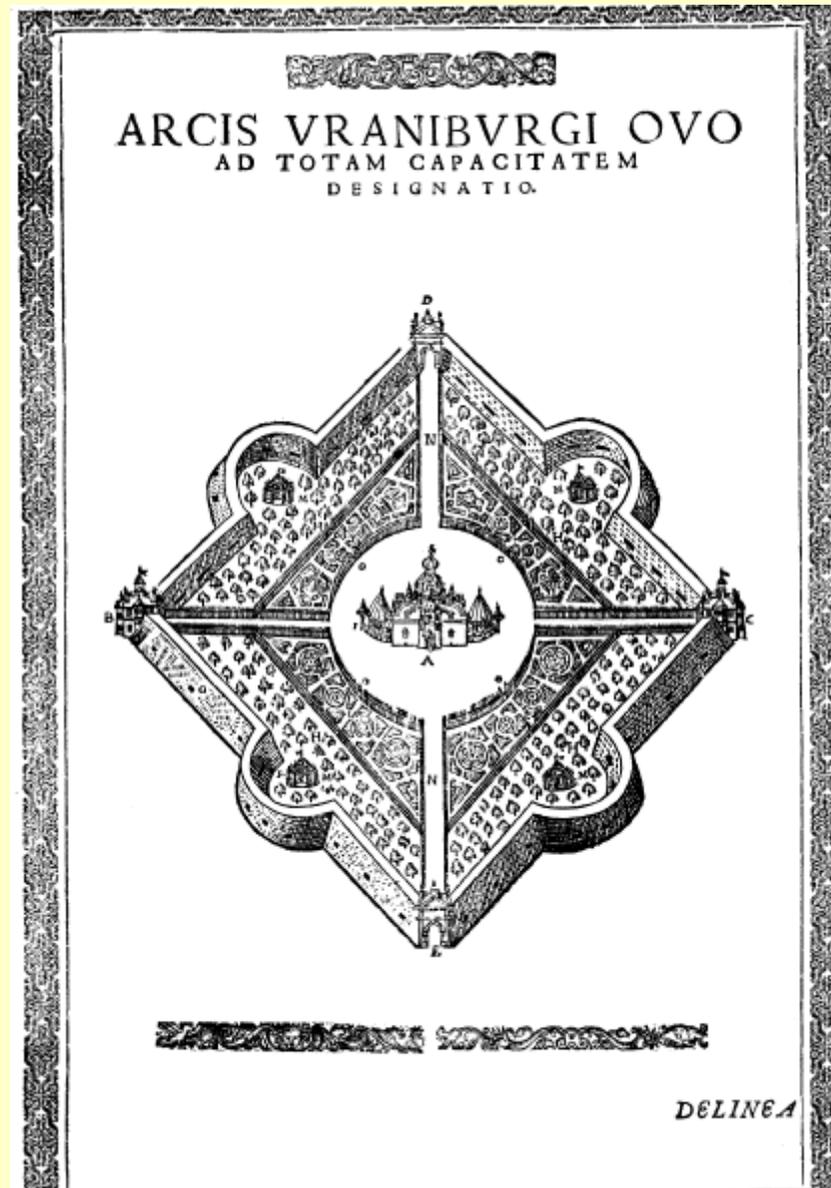
## Contributi dell'astronomia al sovvertimento

- Tycho Brahe estende le possibilità degli strumenti pretelescopici.
- Compie **misurazioni precise**.
- Studia il moto delle comete.
- Soprattutto quest'ultimo studio lo porta a concludere che i cieli non sono composti da sfere solide ma sono **fluidi**.
- Sfruttando le sue misurazioni precise, Keplero riuscirà a stabilire le sue tre famose leggi dei moti planetari.

# Ruolo chiave degli strumenti e delle osservazioni più precise che consentono



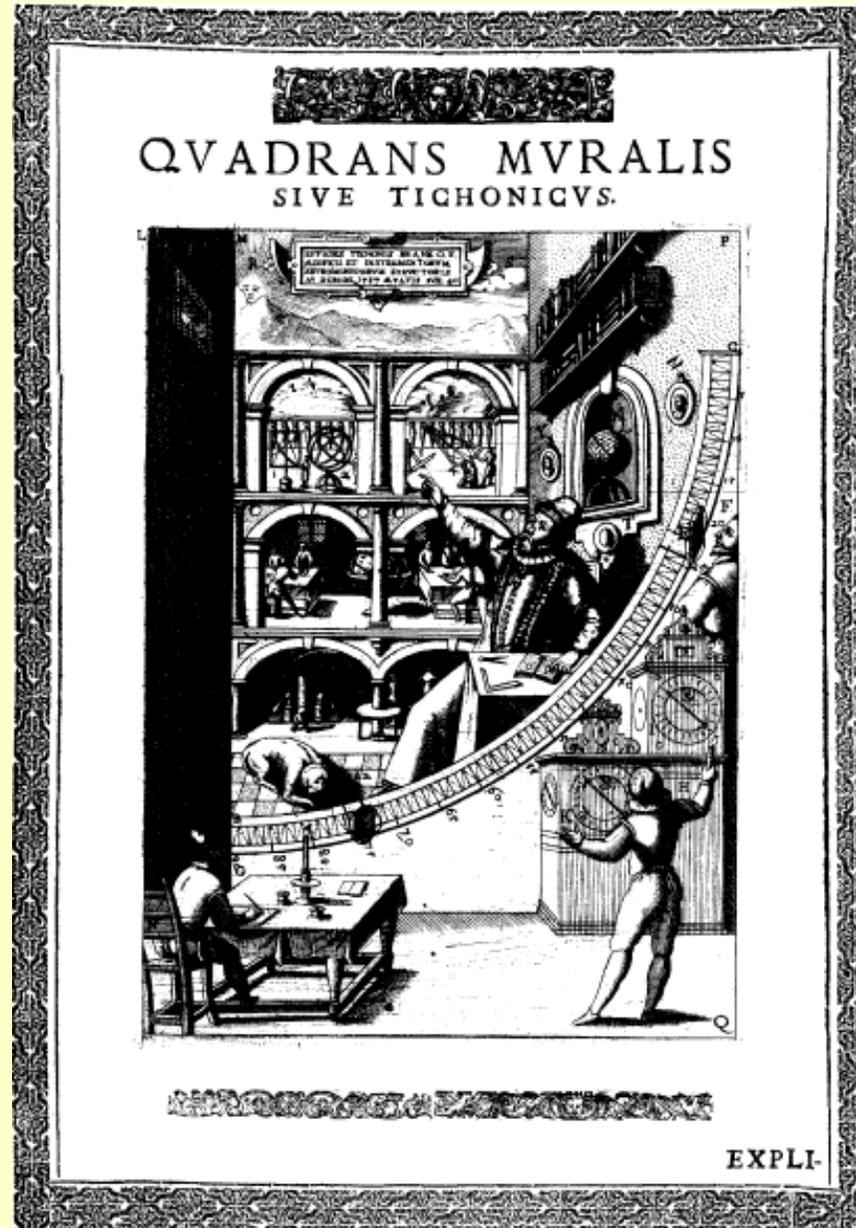
# Ruolo chiave di **strumenti matematici** precisi: l'osservatorio di Tycho a Uraniborg



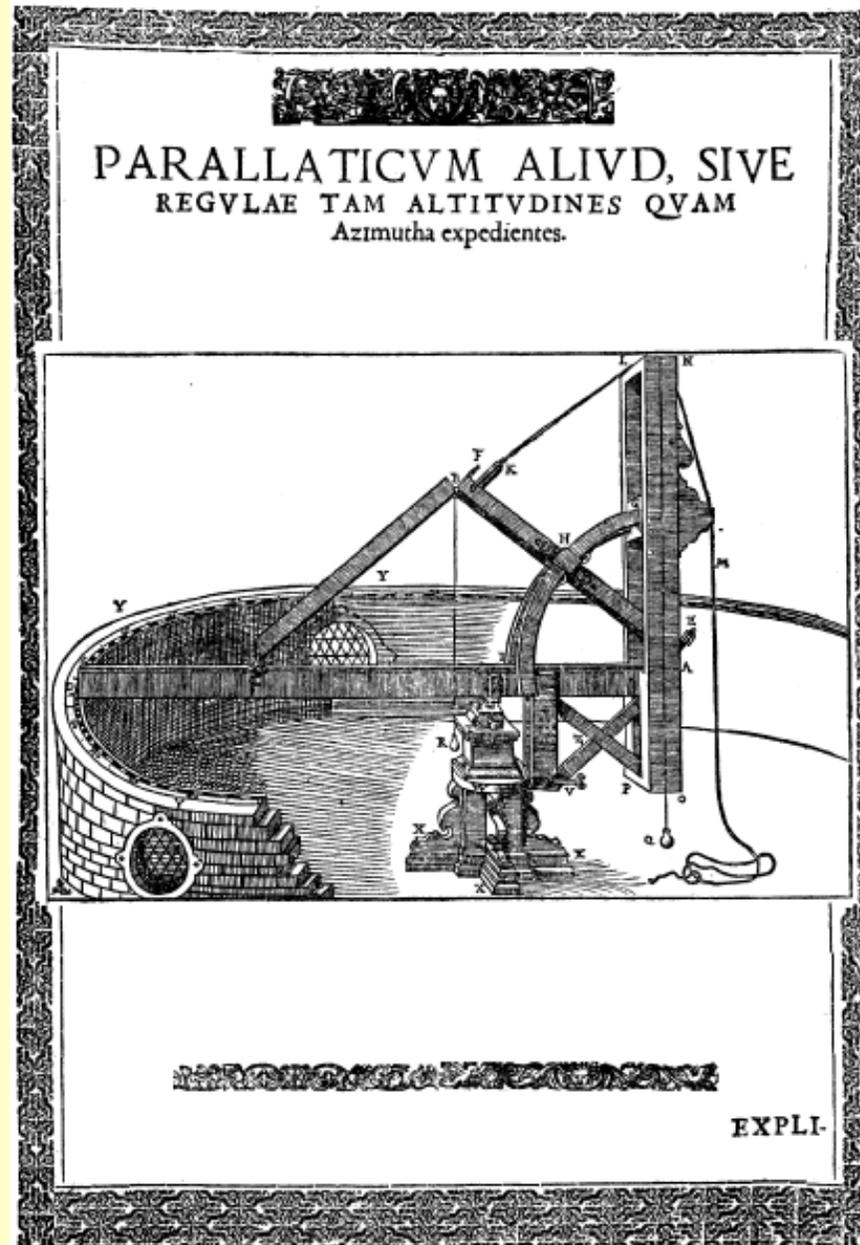
# Ruolo chiave di **strumenti matematici** precisi: l'osservatorio di Tycho a Uraniborg



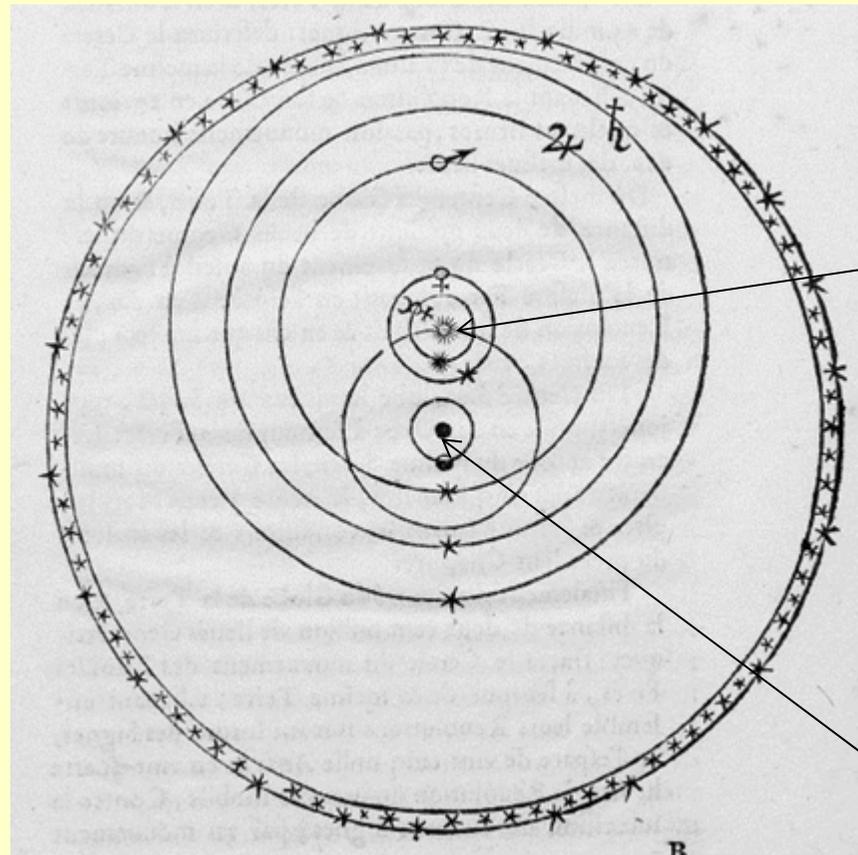
# Il quadrante murale di Tycho



# Uno degli strumenti parallattici di Tycho



# Tycho non adotta però il sistema copernicano ed elabora un modello di compromesso (geo-eliocentrico)



Sole mobile intorno alla Terra, con i pianeti che gli girano intorno

Terra centrale immobile

Tycho Brahe, *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis*, 1588