

Il Rinascimento e la rivoluzione copernicana

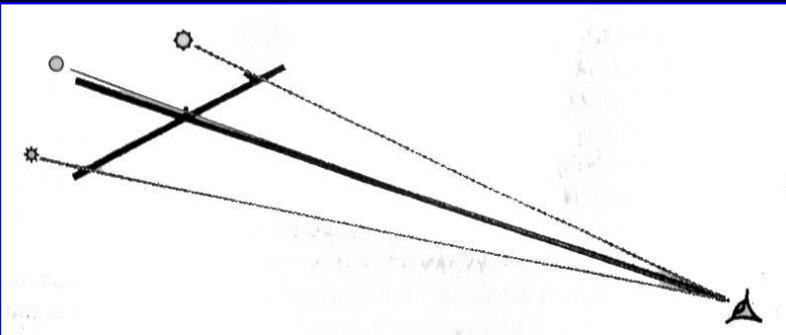


Premessa 1

Strumenti e metodi di osservazione 1

Gli strumenti per le osservazioni del cielo erano piccoli e portatili. Non c'erano osservatori fissi.

Uno dei più comuni era la ballestriglia



Premessa 2

L'invenzione della stampa a caratteri mobili

Tutte le conoscenze acquisite fino alla metà del 1400 venivano tramandate grazie al lavoro degli amanuensi.

Ciò comportava

- un numero molto ridotto di copie
- una grande facilità di errori nella copiatura di simboli, frequenti nei testi scientifici e astronomici in particolare.



L'invenzione della stampa a caratteri mobili, alla metà del 1400, trasformò questa situazione.

Prime pubblicazioni scientifiche a stampa

Una delle prime opere pubblicate fu

“Theoricae novae planetorum”

che descriveva la teoria planetaria di Tolomeo.

L'astrologo Georg Peurbach e il suo giovane

collaboratore Regiomontano (Muller di Konigsberg)

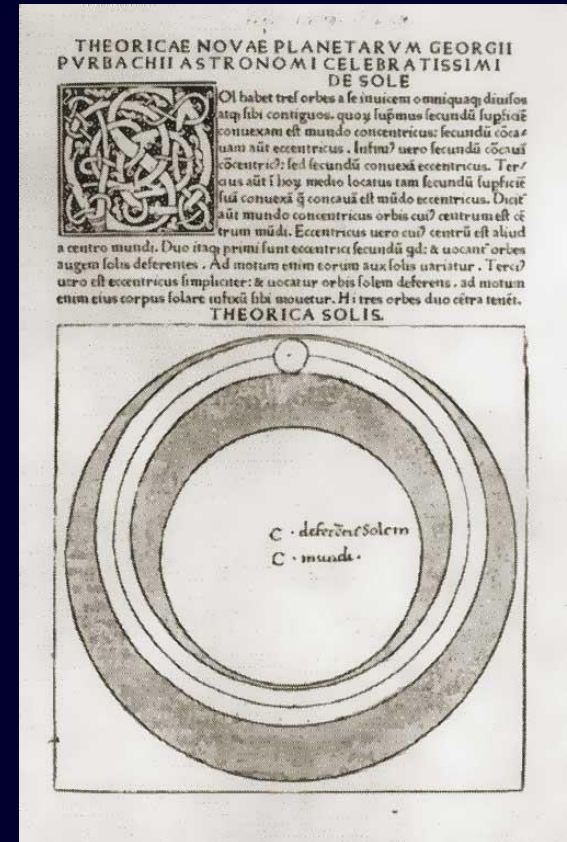
curarono anche la pubblicazione dell'Almagesto e di

una sua versione ridotta che fu disponibile a

Venezia dal 1496.

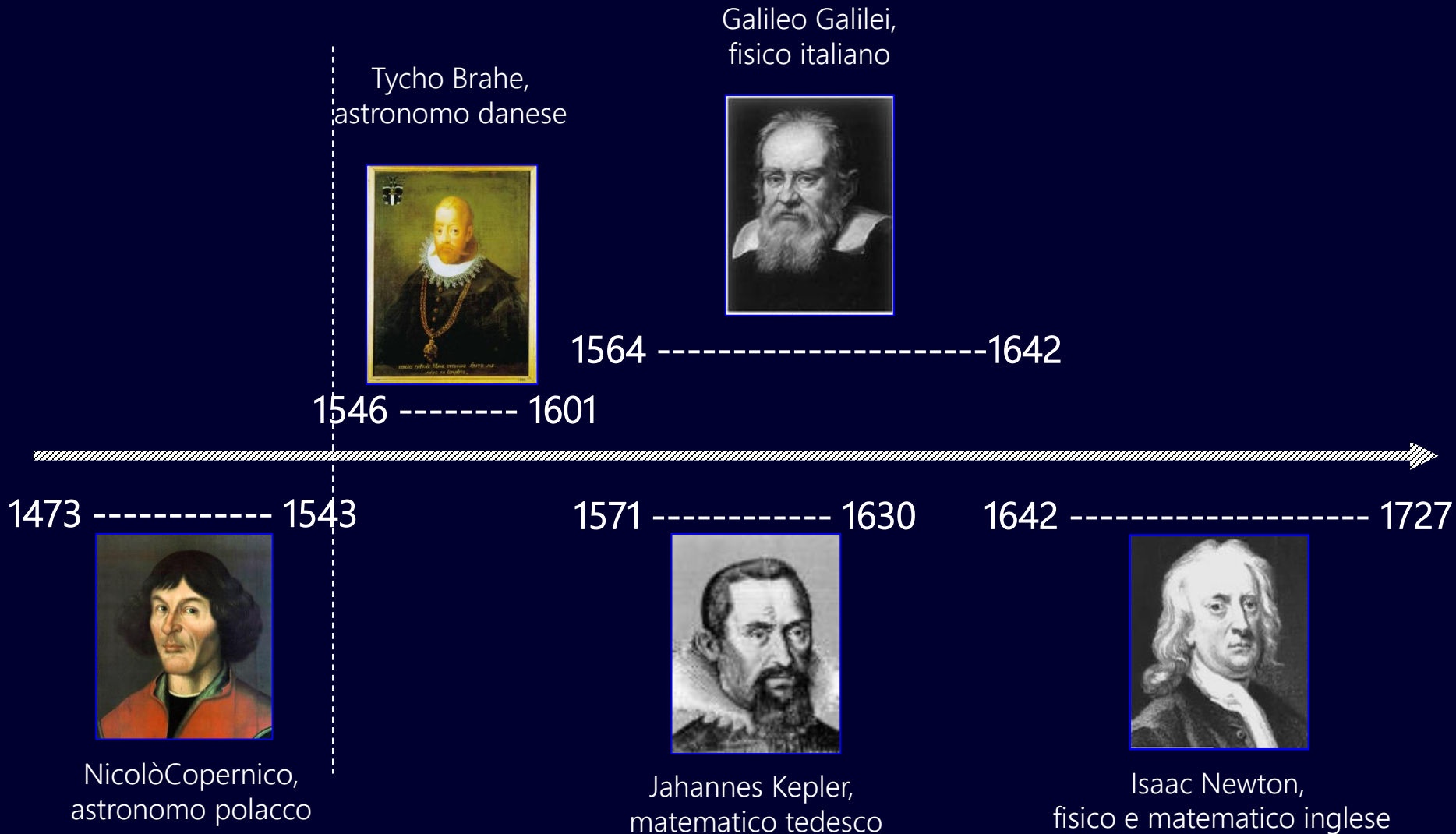
Da allora l'astronomia Tolemaica divenne

effettivamente accessibile in tutta Europa.



Il Rinascimento e la rivoluzione Copernicana

I protagonisti



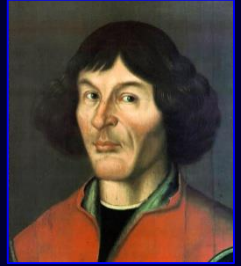
Nicolò Copernico

Nacque in Polonia nel 1473 e studiò all'università di Cracovia, dove percepì nell'insegnamento dei suoi docenti l'insoddisfazione su diversi aspetti della teoria planetaria di Tolomeo



“De revolutionibus orbium coelestium”

Copernico formulò le prime idee sulla sua rivoluzionaria concezione nel 1503, in un suo opuscolo manoscritto che circolò tra le mani di amici.



Non se ne seppe più nulla fino al 1539, quando Retico, docente di matematica all'università di Wittenberg, lo convinse a pubblicare (grazie alla nuova invenzione della stampa) il volumetto “De libris revolutionum Nicolai Copernici Narratio prima”

A cui seguì la pubblicazione completa: “De revolutionibus orbium coelestium”

Era il 1543 : l'anno in cui Nicolò Copernico morì.

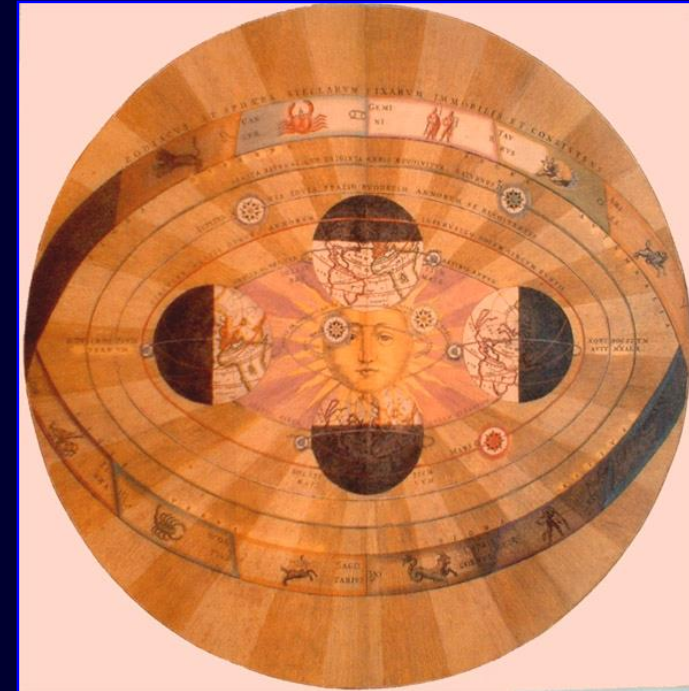
Nuove perplessita'

La nuova teoria era più soddisfacente dell'Almagesto, tuttavia, se si andava nel dettaglio, anche nel modello Copernicano restavano grossi enigmi:

- Il Sole non si trovava esattamente al centro delle orbite circolari dei pianeti, ma un po' spostato (?!)
- I pianeti non si osservavano esattamente nelle posizioni calcolate nel "De revolutionibus", ma un po' spostati (?!)

Tutto questo perchè Copernico non infranse il "dogma" delle sfere Aistoteliche.

Né poteva farlo, non disponendo di osservazioni sufficientemente precise sulle posizioni di pianeti e stelle.



Il seguito della storia

L'opera di Copernico, per quanto rivoluzionaria e attendibile, non fu molto considerata per diversi motivi, tra i quali la morte del suo autore.

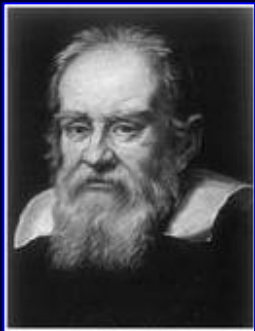
Gli episodi successivi vedono in scena 4 grandissimi personaggi:



- Tycho Brahe, astronomo danese



- Johannes Kepler, matematico tedesco



- Galileo Galilei, fisico italiano



- Isaac Newton, fisico e matematico inglese

Tycho Brahe

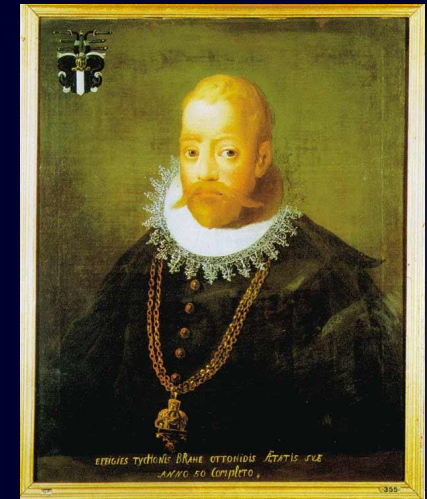
Nacque nel dicembre del 1546 in un paesino della Danimarca.

Nel 1563 osservò la congiunzione di Giove con Saturno e notò che la predizione di questo evento sulle Tavole Tolemaiche (dell'Almagesto) era sbagliata di 1 mese (!!).

Nel 1572 comparve in cielo una nuova stella.

Nel 1577, comparve nel cielo europeo una cometa luminosissima.

Tycho la osservò, ne misurò l'altezza e fu certo che doveva appartenere al Regno Celeste.



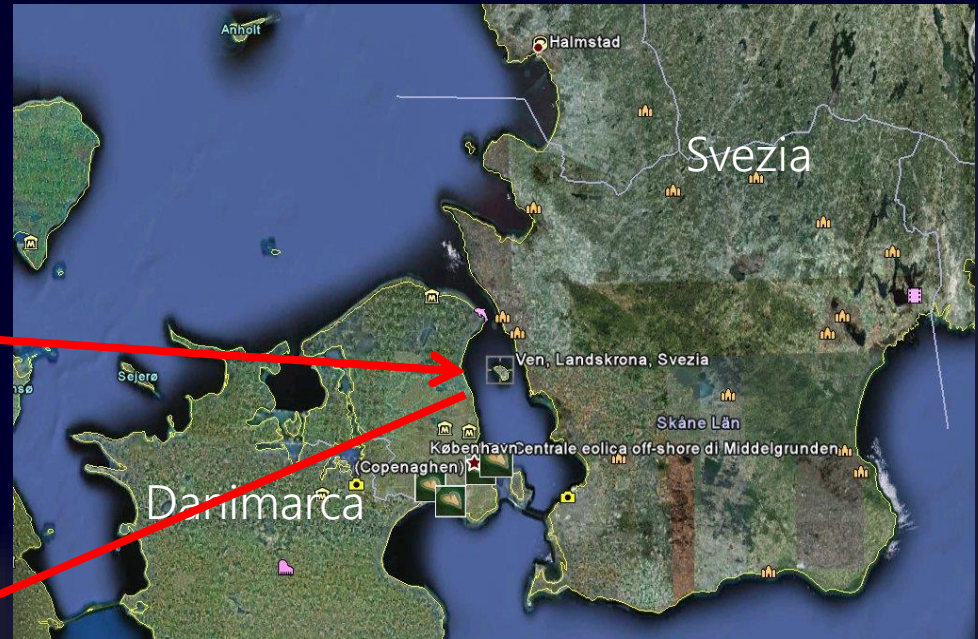
Non sono tipo da sedermi comodamente accanto al fuoco e imparare l'astronomia dalle carte!

Publicò 200 pagine di osservazioni e misurazioni sulla cometa, ma soprattutto capì che ormai era tempo di riformare sia la strumentazione, sia le tecniche di osservazione del cielo.



L'isola di Hven

Sorprendentemente, solo un anno dopo, Tycho ottenne dal re di Danimarca, Federico II, la signoria dell'isola di Hven, nello stretto braccio di mare tra la Svezia e Danimarca.



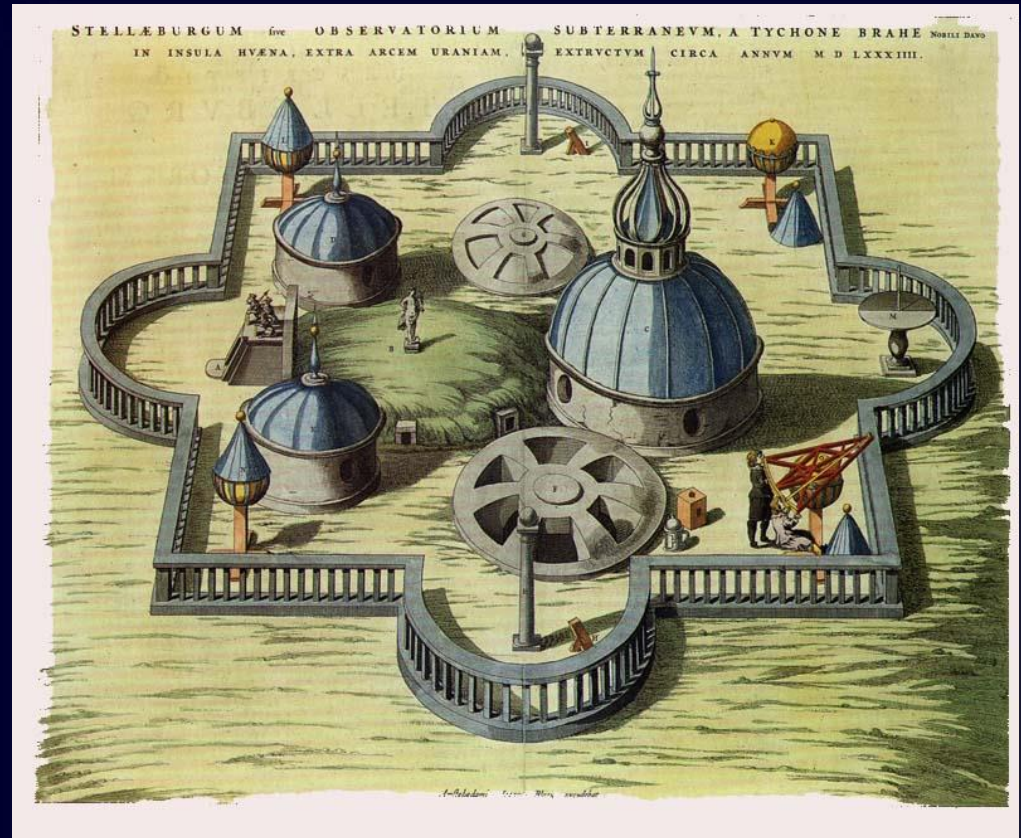
E sull'isola di Hyven, Ideò e costruì il primo osservatorio fisso della storia; erano gli ultimi decenni del 1500

“..era dotato di tutto ciò che un astronomo poteva desiderare. Al piano più alto c’erano 8 camere da letto per i suoi assistenti. Al piano superiore principale c’erano 4 stanze d’osservazione, una sala da pranzo estiva con vista sul mare. Al pianterreno c’erano la biblioteca, la cucina e la sala da pranzo invernale, mentre il seminterrato conteneva il laboratorio di chimica.

Altrove, sull’isola c’era una cartiera e una piccola tipografia, così che Tycho poteva pubblicare da sé i suoi risultati.

In seguito egli attrezzò officine dove abili artigiani erano in grado di costruire strumenti sotto la sua diretta supervisione...”

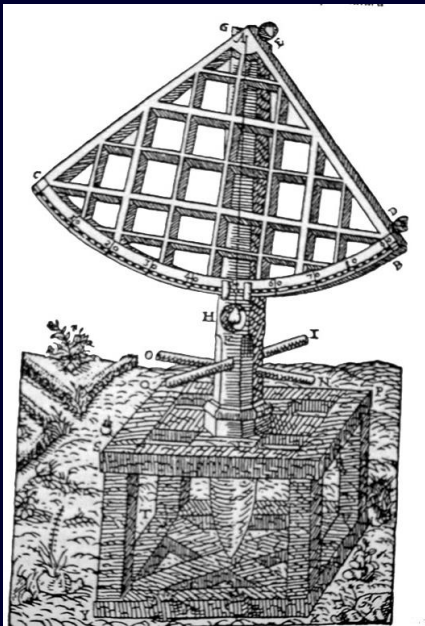
Uraniborg



da *"Storia dell'astronomia di Cambridge"*
di M. Hoskin

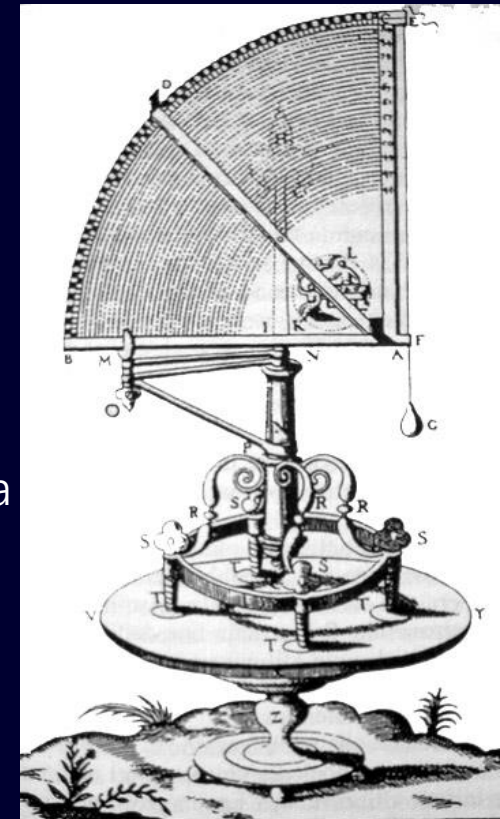
Tycho Brahe: i nuovi strumenti

“La causa a cui Tycho stava dedicando se stesso e il suo grande progetto era il conseguimento di un livello di precisione nelle osservazioni che non era mai stato neppure sognato dai suoi predecessori o contemporanei. Nemmeno ai più abili costruttori era mai stato chiesto di produrre strumenti come quelli desiderati da lui.”



Quadrante

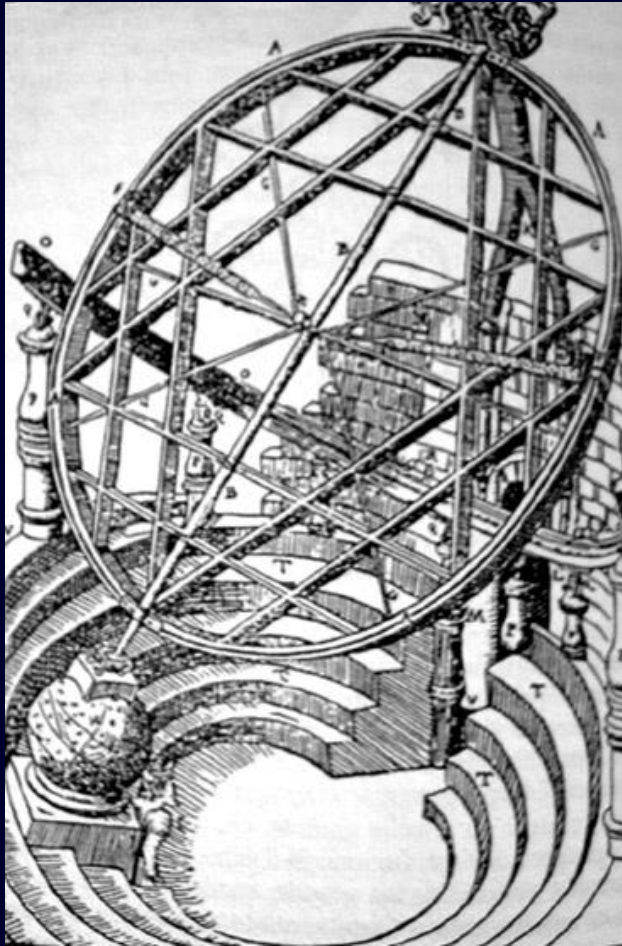
“L’officina per la costruzione degli strumenti era dotata, a un livello superiore rispetto a quello di qualsiasi altro laboratorio del genere esistente, di macchine azionate in parte da cavalli e in parte dall’energia idraulica. La costruzione di strumenti era costosa sia per i materiali usati sia per la mano d’opera: alcuni strumenti richiesero per la loro fabbricazione 3 anni di lavoro e 6 persone esperte..”



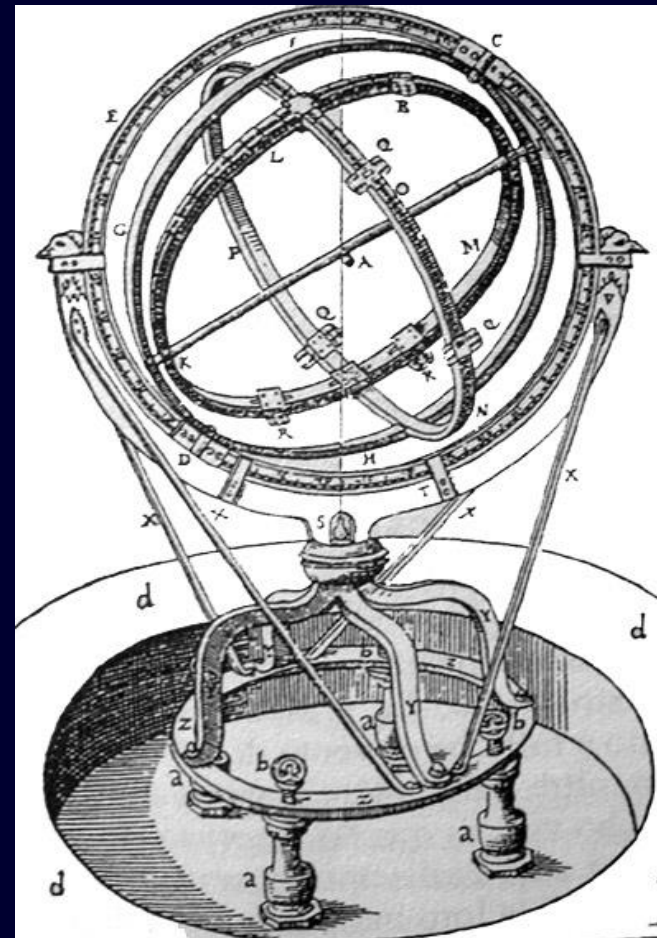
Sestante

(da “Storia dell’astronomia” di Michael Hoskin)

Tycho Brahe: i nuovi strumenti



Armilla equatoriale



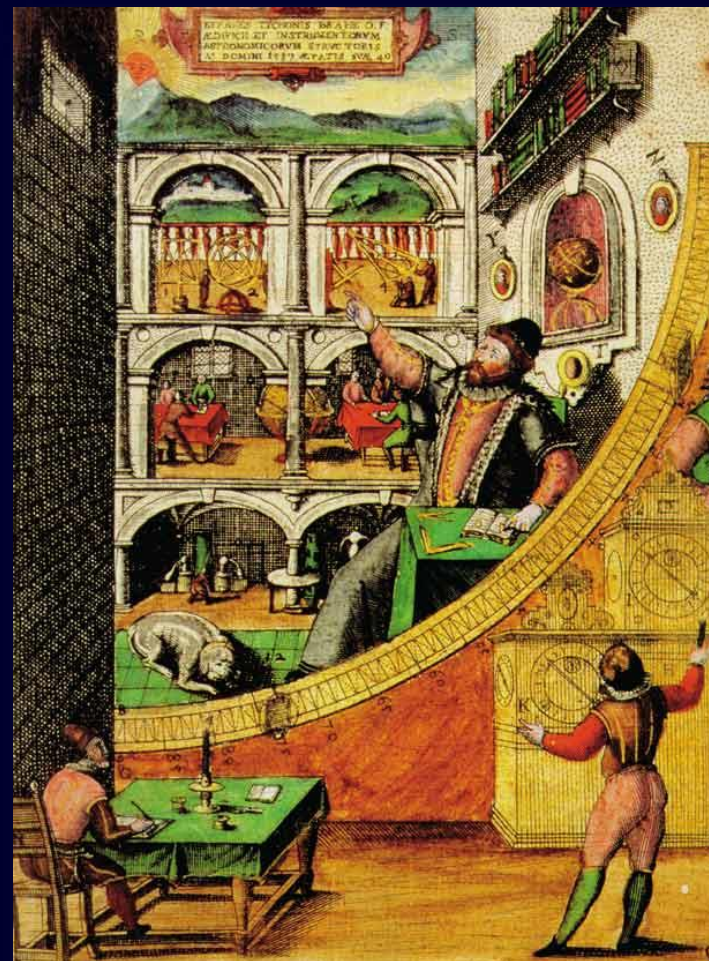
Sfera armillare

Stjerneborg: castello delle stelle

Nel 1584 Tycho costruì nelle vicinanze di Uraniborg un secondo osservatorio, Stjerneborg, tutto in muratura, sotto il livello del suolo, protetto dal vento e dagli sbalzi di temperatura, con finestre girevoli a livello del suolo per le osservazioni.

“Il possesso di due edifici separati garantiva a Tycho la sicurezza delle misurazioni eseguite da gruppi diversi di assistenti che lavoravano in modo indipendente.”

(da "Storia dell'astronomia" di Michael Hoskin)

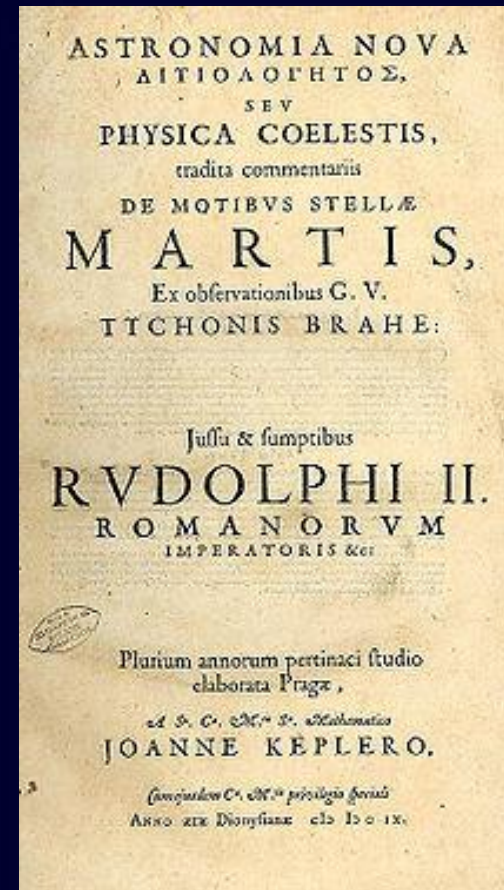


L'eredita' di Tycho Brahe

Esito delle osservazioni di Tycho Brahe, che durarono fino al 1597 (quasi 20 anni) furono decine e decine di volumi contenenti rilevazioni accuratissime (con l'approssimazione di 2') sulle posizioni di pianeti e stelle.

Fu l'eredita' che Tycho lasciò alla storia

E che raccolse un suo giovane (28 anni) assistente tedesco: Giovanni Keplero



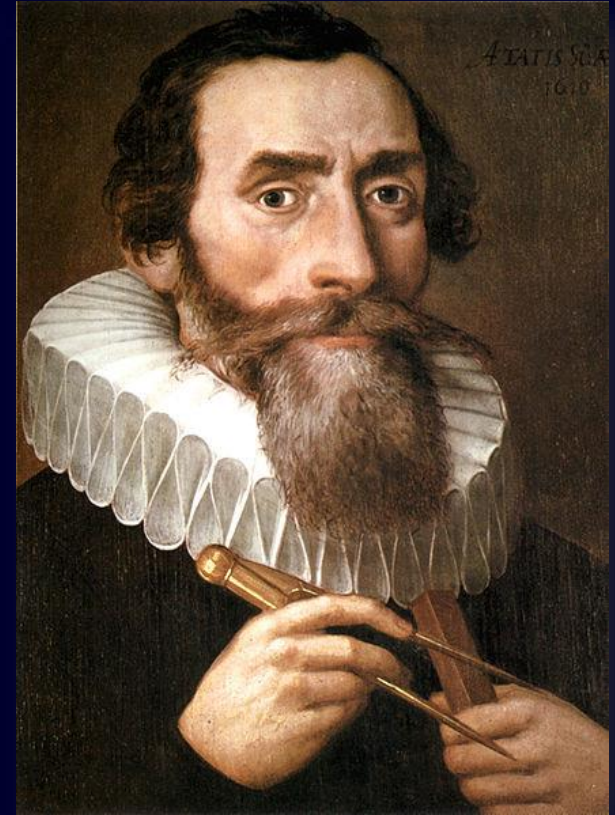
Friedrich Johannes Kepler

Figlio di un padre attaccabrighe e di una madre anche accusata di stregoneria, nacque nel 1571 vicino a Stoccarda, in Germania e studiò teologia per 3 anni all'università di Tubinga (Germania).

Poi morì il docente di matematica dell'università e gli chiesero di occuparsi di quell'insegnamento.

Accettò, malvolentieri.

Keplero fu uno dei pochi studiosi disposto a parlare con franchezza dei propri errori.



Nonostante i secoli di osservazioni e studi, nessuno si accorse che l'orbita di Marte (e degli altri pianeti) non è circolare (ha infatti un'eccentricità di 0,0934).

Tale svista va attribuita soprattutto all'alto margine di errore nelle osservazioni prima di Tycho (ben 10'). Ora Keplero disponeva di dati con la precisione di 2'.

Dopo aver vagliato numerose ipotesi, Keplero ebbe l'intuizione risolutiva.

Marte si muove lungo un'orbita ellittica e il Sole occupa uno dei due fuochi dell'ellisse. Così avviene anche per gli altri pianeti.

Con ciò si ruppe l'incantesimo della circolarità che aveva dominato l'astronomia per 2 millenni



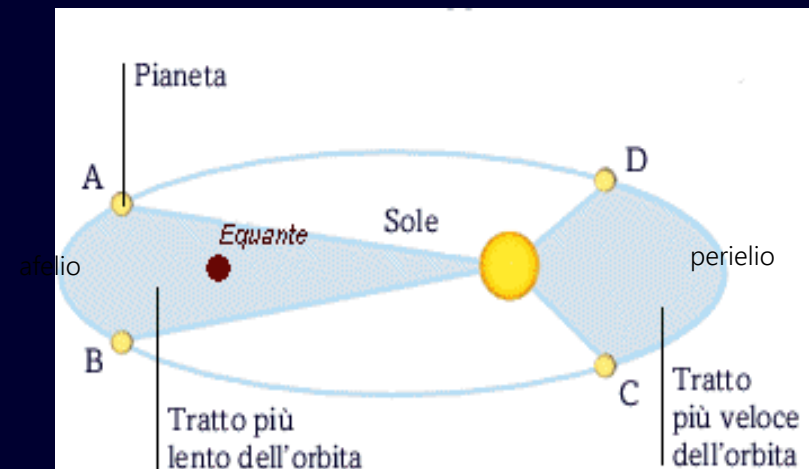
Giovanni Keplero: seconda legge

Keplero osservò che la velocità della Terra e degli altri pianeti all'afelio (punto dell'orbita più lontano dal sole) e' minore di quella al perielio (punto più vicino).

Ipotizzò che il moto fosse uniforme rispetto all'equante posto nel fuoco vuoto dell'ellisse.

Suppose poi che la velocità fosse inversamente proporzionale alla distanza dal Sole.

Pervenne infine alla seconda legge



Il raggio vettore di ogni pianeta (segmento che unisce il pianeta al Sole) **descrive nell'orbita dell'ellisse aree uguali in tempi uguali.**

Giovanni Keplero: terza legge

Nel 1618 pervenne infine alla terza legge che fissa l'armonia tra i periodi di rivoluzione dei pianeti e la loro distanza dal Sole.

Il quadrato del rapporto fra i periodi orbitali di 2 pianeti
(tempo impiegato per una rivoluzione completa attorno al Sole)
è uguale a quello tra i cubi delle loro distanze dal sole.

$$\left(\frac{T_a}{T_b}\right)^2 = \left(\frac{R_a}{R_b}\right)^3$$

La convinzione sulla recondita armonia inscritta nel cosmo fu premiata da queste scoperte, per le quali Keplero impegnò molti anni della sua vita

Giovanni Keplero: entusiasta

Publicò le sue scoperte in vari libri tra il 1609 e il 1621 e, gioioso dopo l'ultima pubblicazione, affermò:



"Ho scritto il mio libro.

Sarà letto dall'età presente o dai posteri, poco importa.

Esso potrà anche attendere per cent'anni chi lo legga.

Dio non ha forse atteso seimila anni il suo contemplatore?» "

Galileo Galilei: il fisico

Copernico non aveva fatto letteralmente nulla per promuovere la sua visione del cosmo: le idee esposte nel " De revolutionibus " erano oscurate dalla grande Quantita' di matematica che dominava il resto del volume.

Mancava un banditore autorevole....

Galileo nacque nel 1564 (Copernico era morto 20 anni prima) , studiò medicina a Firenze e poi a Pisa. Nel 1685 interruppe gli studi e tornò a Firenze per dedicarsi alla matematica.

Nel 1589 divenne professore di matematica a Padova, dove insegnò per 18 anni.



Fino a questo punto il copernicanesimo di Galileo non fu convinto.

Il cannocchiale

A parte rari eventi eccezionali (nuove stelle e comete), un astronomo del Rinascimento osservava praticamente lo stesso cielo dei suoi predecessori più antichi. Ora la situazione stava cambiando radicalmente.

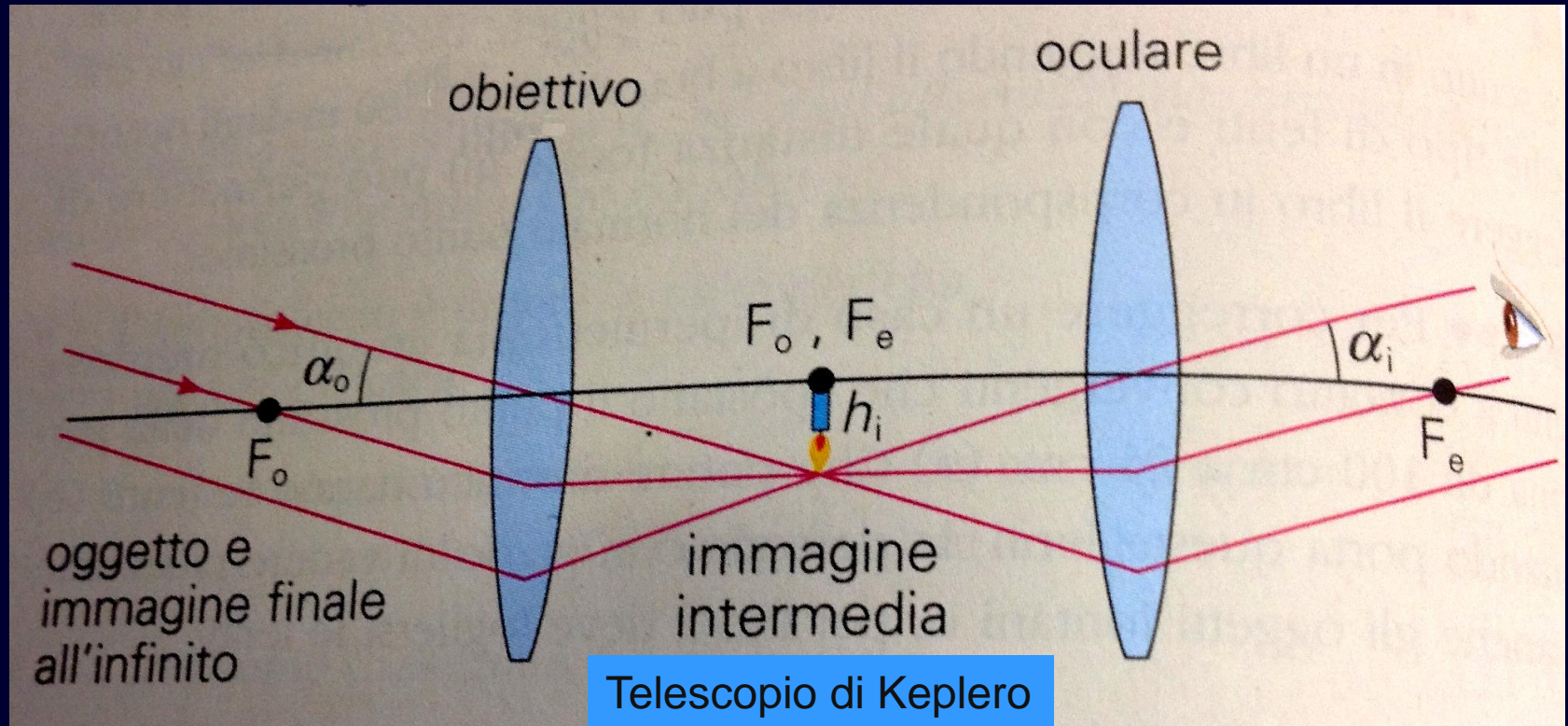
Nell'estate del 1609 giunse in Italia notizia del primo cannocchiale realizzato in Olanda. Galileo Galilei s'informò e poi cercò di realizzare un tale strumento in proprio.

L'anno successivo andò a Venezia, dove fece dimostrazioni alle autorità del nuovo strumento a 8 ingrandimenti.

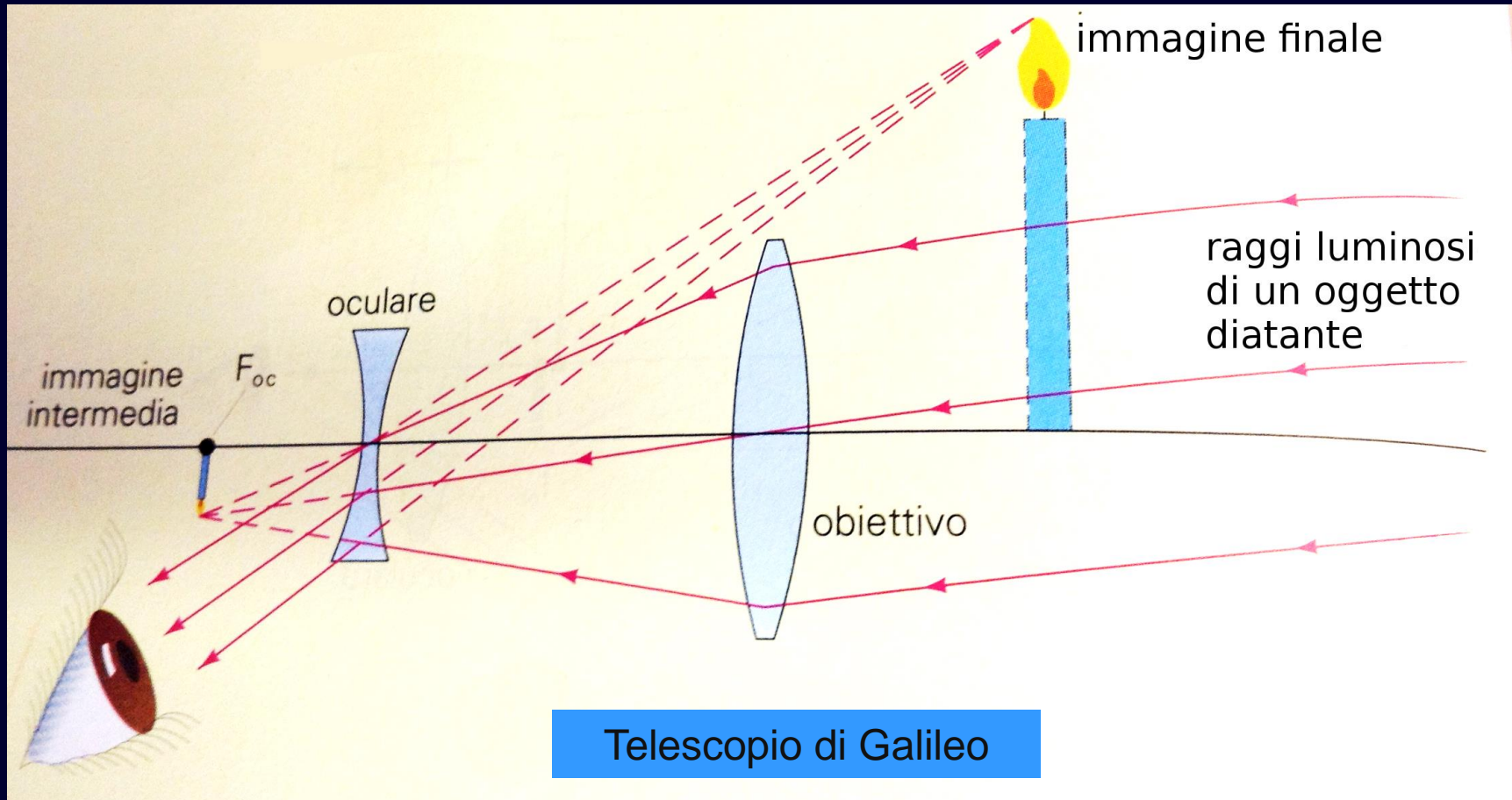
Questo gli valse la conferma all'università e un consistente aumento di stipendio.



Il cannocchiale



Il cannocchiale



Una visuale nuova

"..noi aviamo nel nostro secolo accidenti ed osservazioni nuove e tali, ch'io non dubito punto che se Aristotile fusse all'età nostra, muterebbe oppinione."

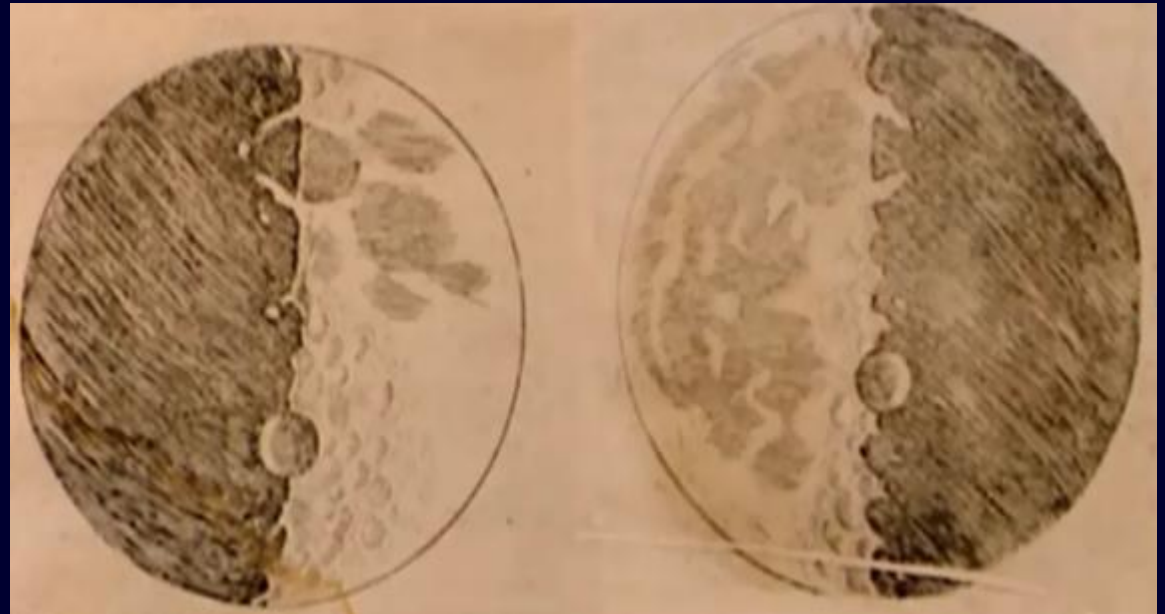
("Massimi sistemi" – Giornata I)



Il 12 marzo del 1610 Galileo pubblicò il "Sidereus Nuncius" (Annunciatore celeste): un libriccino di poche decine di pagine nel quale annunciò al mondo le sue scoperte.

Le montagne lunari

La Luna, in quanto appartenente al mondo celeste aristotelico, doveva essere completamente liscia e composta di materia celeste incorruttibile.

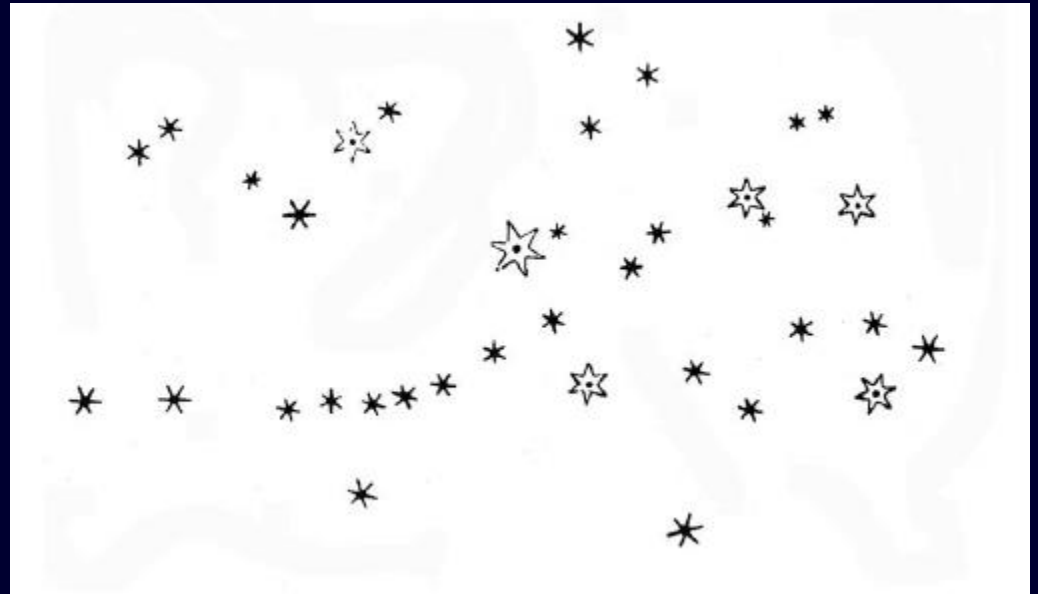


Il cannocchiale rivelò invece che la sua superficie era irregolare, con montagne simili a quelle terrestri

Sidereus nuncius

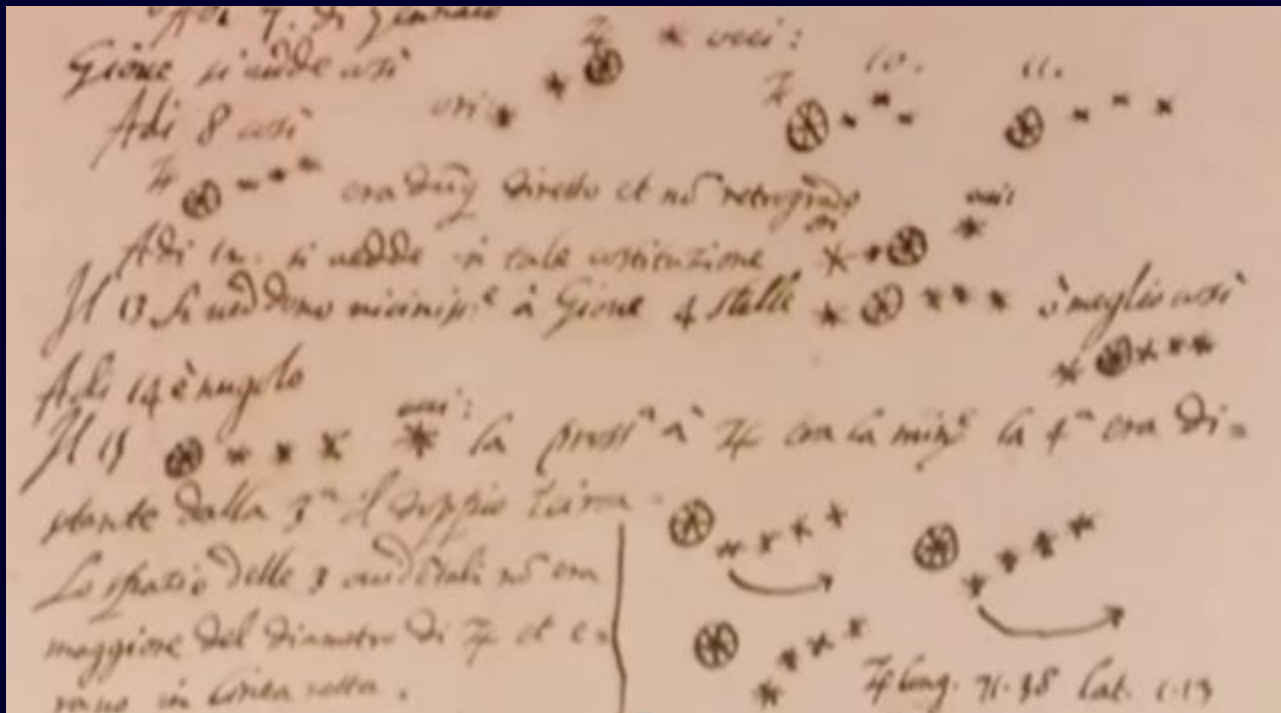
La via lattea

La luminosità diffusa osservata nel cielo e intesa dagli antichi come una parte del cielo di maggiore densità e perciò chiamata «nebulosa» era – a ben vedere – un insieme di «greggi di piccole stelle disseminate in modo mirabile»

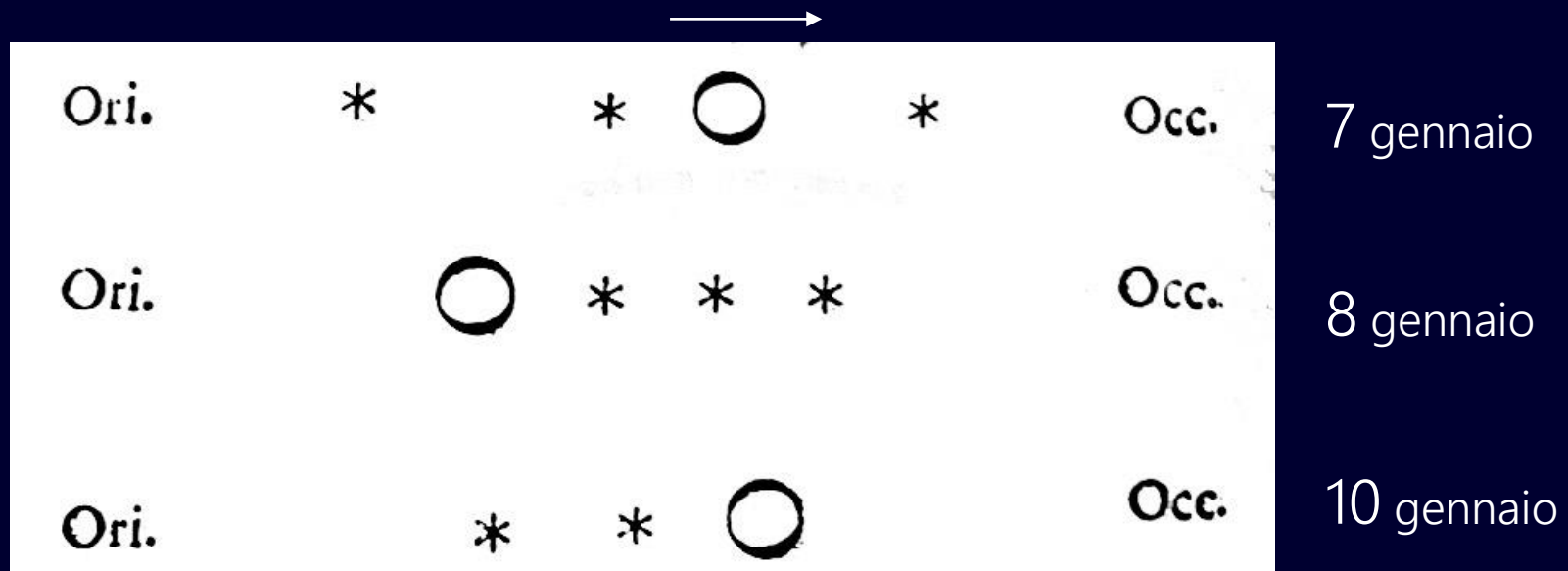


Sidereus nuncius

Le lune di Giove: fu la scoperta più sorprendente di Galileo



Sidereus nuncius

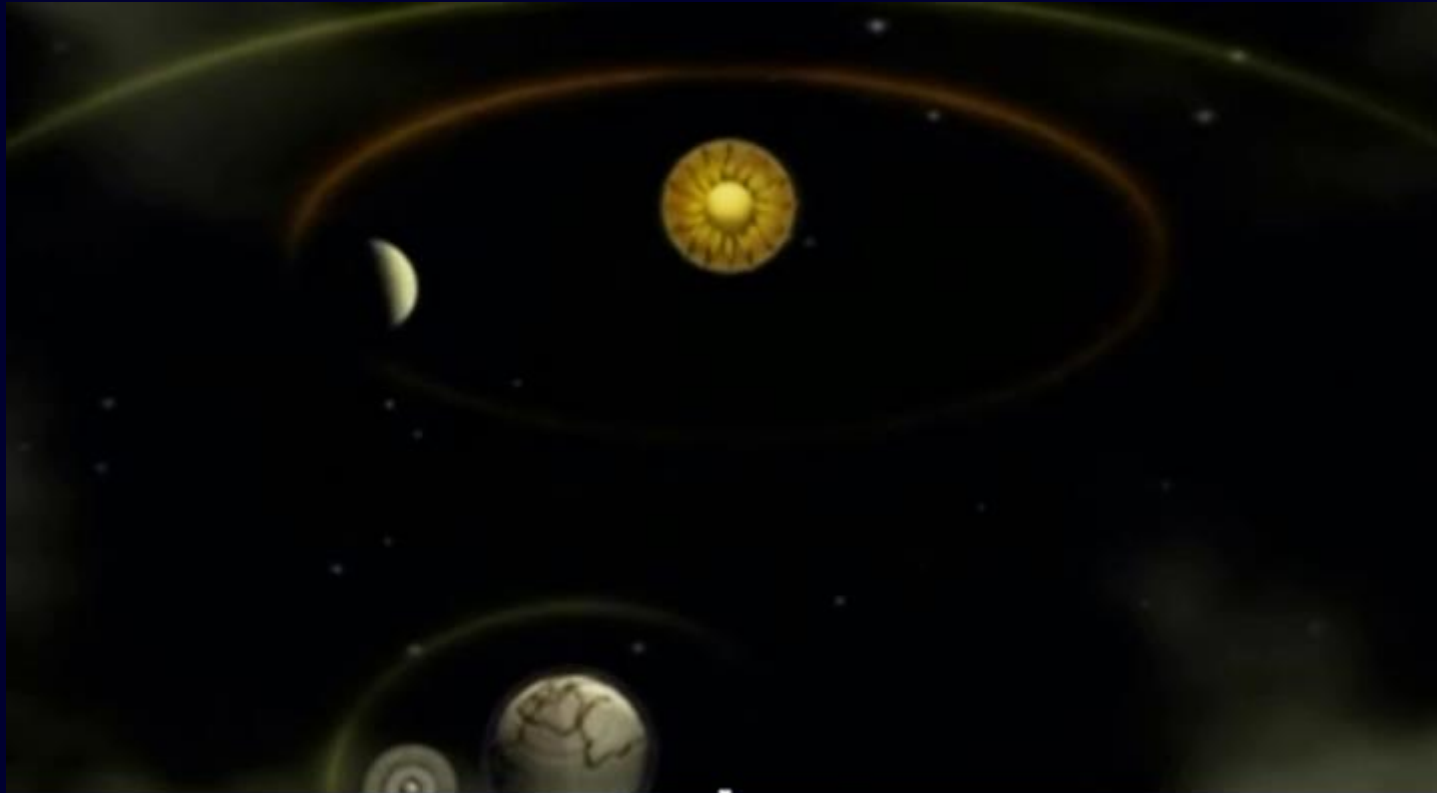


Il 13 gennaio il n° delle stelline era salito a 4.

Galileo capì che si doveva trattare di satelliti di Giove e non di altre stelle.

Tale scoperta confermava il modello copernicano in quanto rimuoveva l'anomalia della Terra: unico pianeta ad avere satelliti.

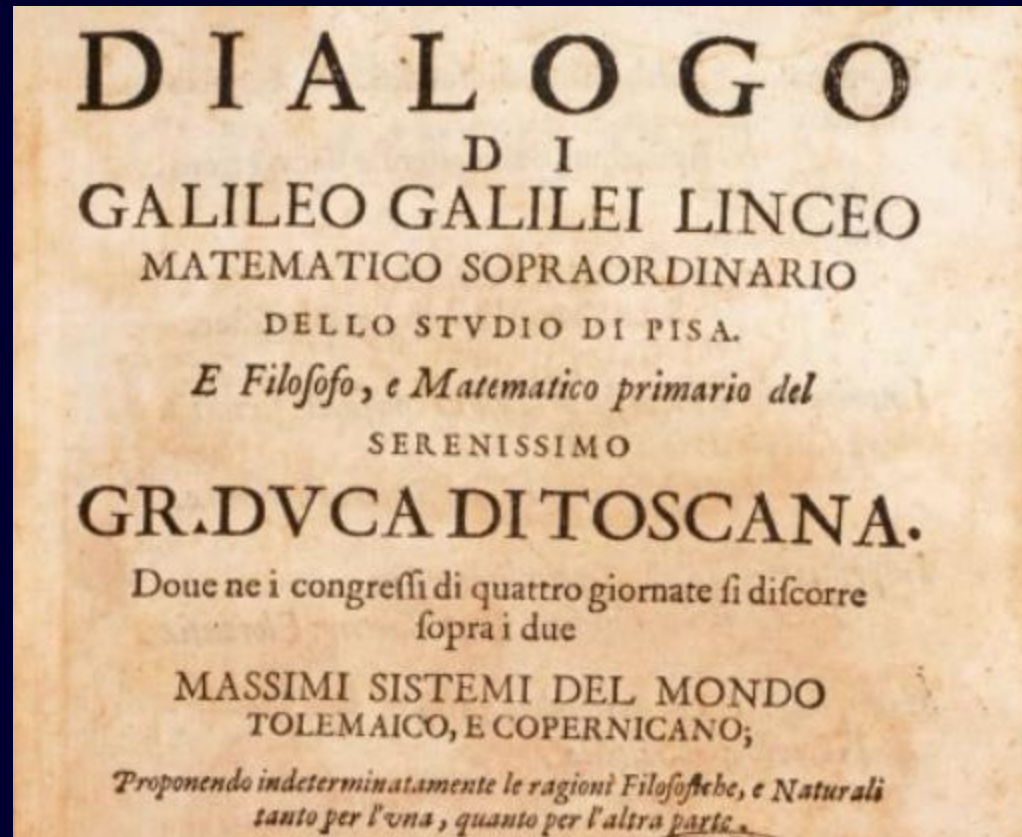
Le fasi di Venere



Le macchie solari

Anche il sole veniva considerato un corpo perfetto e immutabile secondo la filosofia Aristotelica-Tolemaica





Problemi...

Nel dicembre del 1614, Galileo fu denunciato dal domenicano Tommaso Caccini, durante una predica in S. Maria Novella a Firenze.

Le letture di quel giorno citavano un brano del libro di Giosue': "...fermati o sole"... dunque, secondo le scritture il sole si muoveva; Copernico e Galileo sbagliavano.

Galileo rispose che il fine delle scritture era "d'insegnarci come si vada al cielo e non come vada il cielo"

I suoi nemici insistettero invocando l'intervento del Sant'Uffizio a Roma.

Nel 1616 Il Sant'Uffizio notificò che il "De revolutionibus" di Copernico era sospeso. Il cardinale Gesuita Roberto Bellarmino intimò a Galileo di abbandonare l'opinione copernicana e di impegnarsi a non insegnarla e diffonderla a parole o con scritti.

Dialogo sopra i due massimi sistemi

Nel 1623 fu eletto Papa Maffeo Barberini, amico e sostenitore di Galileo Galileo riprese coraggio e nel 1632 pubblicò *"Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano"*

Il testo è una brillante presentazione dei vantaggi della cosmologia copernicana e delle prove a suo favore fornite dal cannocchiale, svolta come dialogo fra 3 persone: Salviati – che parla per Galileo, Sagredo – l'uomo di buon senso e Simplicio, l'aristotelico.

Galileo fece l'errore di mettere proprio in bocca a Simplicio l'opinione del Papa...

Galileo fu convocato a Roma e accusato di aver contravvenuto all'ingiunzione del 1616.

Galileo non aveva la stoffa del martire. Abiurò il copernicanesimo e fu posto agli arresti domiciliari in una elegante villa ad Arcetri.

Galileo: epilogo



Il passo irreversibile

Con Galileo s'introdusse nella conoscenza un cambiamento forte e irreversibile:

ogni ambito della realtà, concreto o astratto, deve essere indagato con il metodo che gli è proprio.

Infatti ci sono metodi diversi – scientifico, filosofico, storico, teologico ...- ognuno pertinente un ambito della ricerca umana.

Sbagliare il metodo comporta giungere a conoscenze sbagliate.

Isaac Newton

Le leggi di Keplero descrivono COME si muovono i pianeti, non PERCHE'.

Il giorno di Natale del 1642, a Woolsthorpe in Lincolnshire nacque, prematuro e gracile, Isaac Newton; nello stesso anno in cui morì Galileo. Nel 1661 venne ammesso all'università di Cambridge, dove nel 1669 divenne professore di matematica fino al 1696.

Si interessò molto degli studi di Keplero e della filosofia di Descartes.



“3 soprattutto erano le cose di cui (i fisici) cercavo instancabilmente le cause, perche' fossero cosi' e non altrimenti.

Primo: ci sono 6 pianeti. Perche' non di piu' e non di meno ?

Secondo: I pianeti orbitano a certe distanze relative dal sole. Perche' a quelle distanze e non ad altre ?

Terzo: Ogni pianeta si muove ad una certa velocita' e sembra variarla in un certo modo. Perche' quella particolare velocita' e quella particolare variazione ?”

Intuizioni geniali

Il suo più grande contributo all'astronomia fu nelle seguenti intuizioni:

- due corpi qualsiasi si attraggono reciprocamente
ciò vale per corpi piccoli (2 sassi) come per corpi grandi (2 pianeti)
- la massa di ogni corpo può pensarsi tutta concentrata nel suo centro
- la forza di attrazione ha direzione tra i due centri; tale forza, detta gravitazione, è direttamente proporzionale alle masse dei 2 corpi e inversamente al quadrato della loro distanza

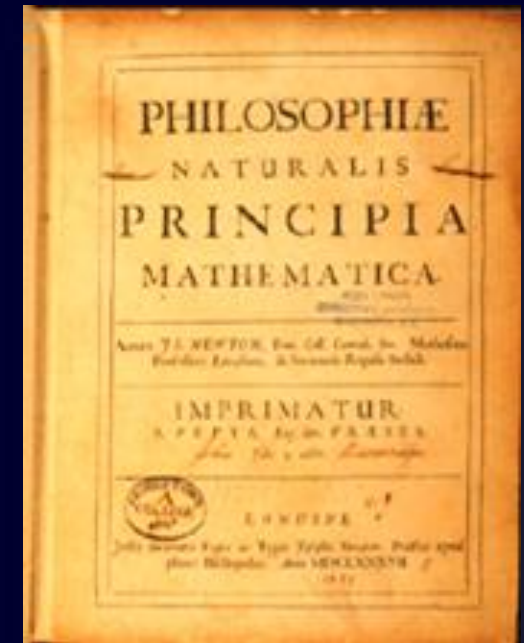
I "Principia"

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

E' questa la legge di gravitazione universale, che spiega il PERCHE' dei moti di tutti i corpi celesti; luna, pianeti, comete.

Fu il colpo finale alla dicotomia Aristotelica fra mondo terrestre e mondo celeste.

Sulla base di questi principi, scritti ne "Principia" opera pubblicata nel 1687, Newton diede spiegazioni esaurienti dei moti ellittici di pianeti e satelliti, delle traiettorie delle comete, del fenomeno delle maree, della 2° e 3° legge di Keplero.



Epitaffio

Nell'epitaffio in versi scritto dal poeta inglese Alexander Pope per la tomba di Newton a Westminster, si legge:

Natura e le sue leggi eran nel buio.

Dio disse: “Newton sia!”, e luce fu.