

Rivoluzione astronomica in Fisicada Keplero a Galileo



Alessandra Neri
Guandalini Roald
IIS "L. da Vinci" – Civitanova M.

INDICE

- Introduzione: Capire il cielo
- Modelli astronomici
- Copernico
- Strumentazioni e osservatori
- Brahe
- Keplero
- Galileo

Il cielo e i corpi che lo popolano sono la pagina del libro della Natura che l'uomo ha cercato di "**leggere**" fin da epoche antichissime → L' ASTRONOMIA come scienza ha origini antichissime .

- Spettacolarità dei fenomeni celesti (*in un mondo senza illuminazione notturna lo spettacolo del cielo stellato si presentava in tutto il suo splendore ogni notte serena*) e preoccupazione per la loro inspiegabilità (e.g. eclissi di sole....)
- diverse funzioni pratiche, prima di tutto **la misura del tempo**, la definizione dell'anno, la previsione delle stagioni con tutte le conseguenze per la caccia e l'agricoltura

Il libro della Natura è scritto nel linguaggio della Matematica.....

(Galileo, Pisa 1564–Firenze 1642)

....senza la Matematica, è come avere tra le mani un libro scritto in una lingua che non conosciamo.

*Nel percorso che avete iniziato studieremo anche come si è passati da **osservazioni puramente qualitative**, allo **studio quantitativo delle relazione tra le grandezze osservate** fino alla previsione delle posizioni degli corpi celesti con altissima precisione*

.....pochi puntini tra un'infinità di altri
puntini luminosi...

Se di notte osserviamo per un certo tempo le stelle di un settore del cielo e le riferiamo ad un sistema di punti fissi sull'orizzonte (e.g. un campanile..) notiamo che si spostano tutte uniformemente nello stesso senso del moto apparente del Sole, **da levante verso ponente** (1 giro in $23^h 56^m$: il giorno sidereo)

Ma sempre restando fisse le une rispetto alle altre in "configurazioni" immutabili (**le costellazioni**)



.....pochi puntini tra un'infinità di altri
puntini luminosi...

Oltre al **Sole** e alla **Luna**, pochissimi puntini visibili ad occhio nudo (**5, fino alla notte del 13 marzo 1781 quando fu scoperto Urano**) si muovono rispetto a tutti gli altri, compiendo strani percorsi nel cielo, a volte addirittura muovendosi all'indietro rispetto ad essi (**moti retrogradi**)



I movimenti delle 5 "stelle erranti" si ripetono sempre uguali a se stessi (**moti periodici...o quasi**) → ...è proprio dal periodico sorgere, culminare e tramontare del Sole (giorno solare) che nasce il concetto stesso di **tempo** e di **orologio** , quindi di misura del tempo

Le osservazioni non bastano...

Abbiamo detto che i movimenti delle 5 stelle erranti si ripetono sempre uguali a se stessi (**moti periodici...o quasi**)

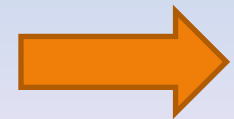
La difficoltà non sono le osservazioni (che possono essere accurate proprio grazie alla periodicità)...ma includerle in un **unico modello geometrico capace di avere valore predittivo...**

Esempi di modello :

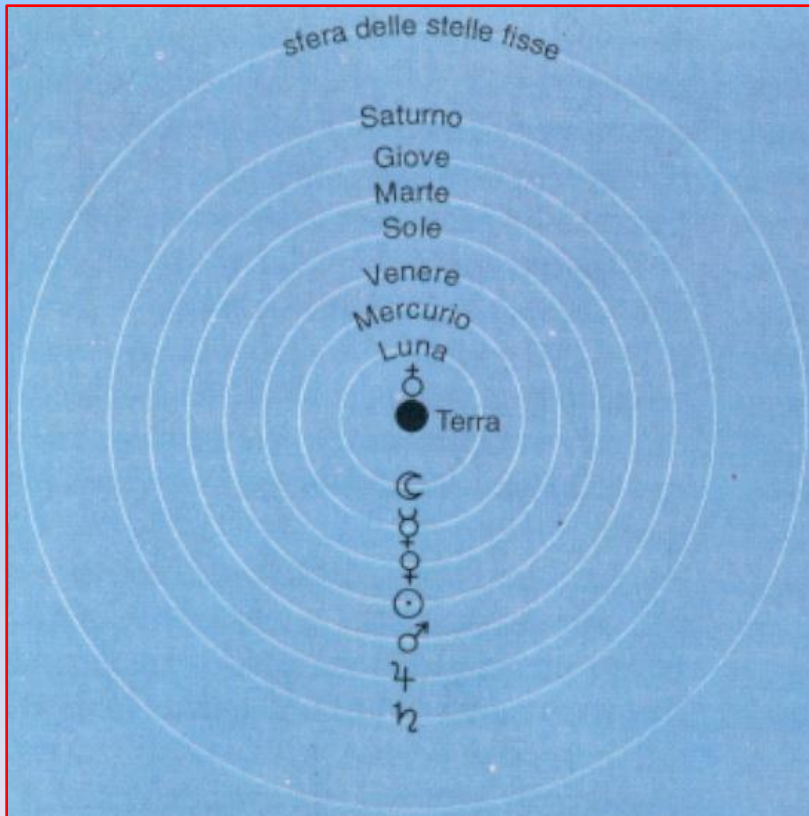
Modello Tolemaico

e

Modello Copernicano



Il modello tolemaico



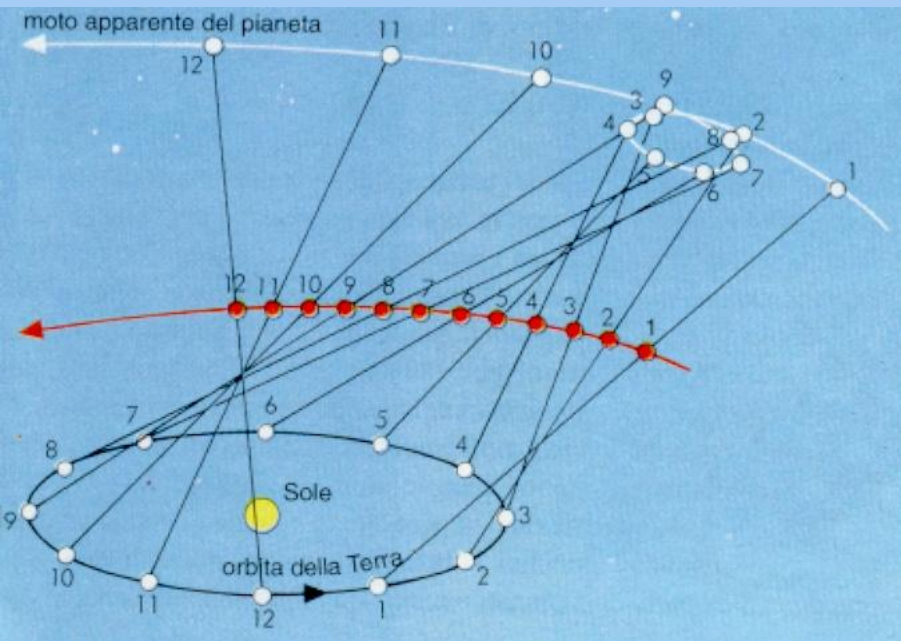
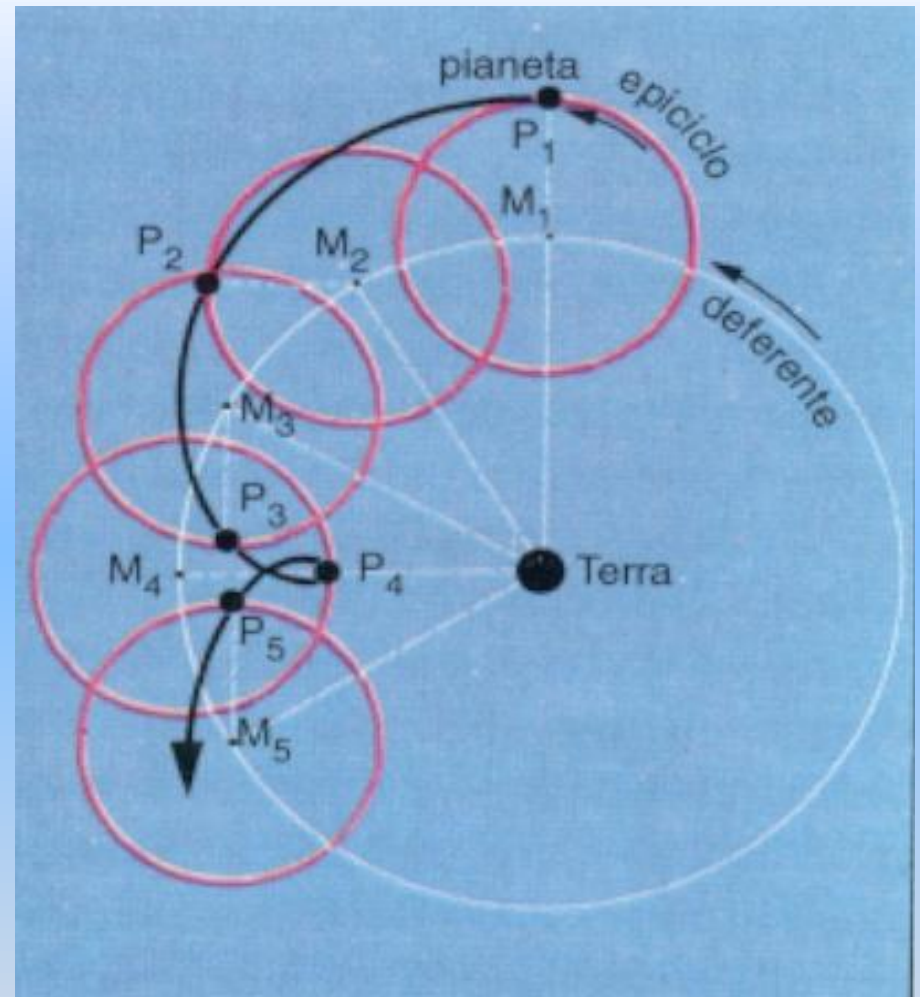
Claudio Tolomeo (150 d.C.)

Riesce a rispondere a questa domanda creando un modello per il moto dei 7 corpi celesti "non fissi" dal quale è possibile **predire** la posizione dei pianeti nel cielo per molti anni con un errore $< 2^\circ$!!

"Almagesto", (in arabo: "la più grande", di C. Tolomeo

Il modello tolemaico

Modello di successo, poiché spiega come possano generarsi dei **moti retrogradi**

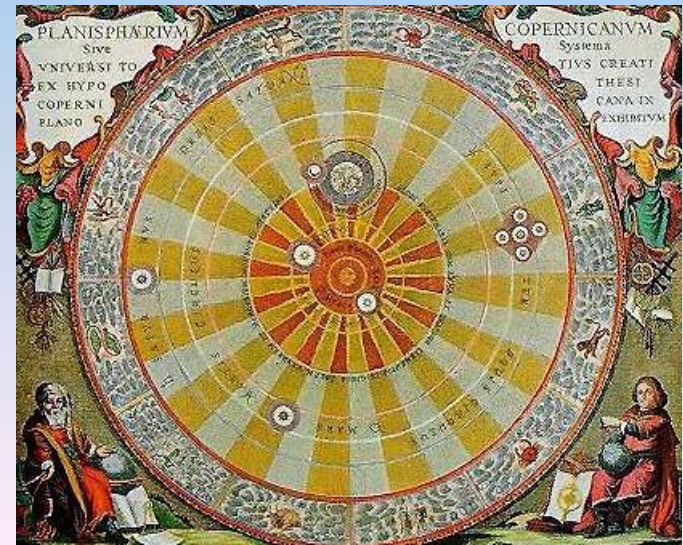
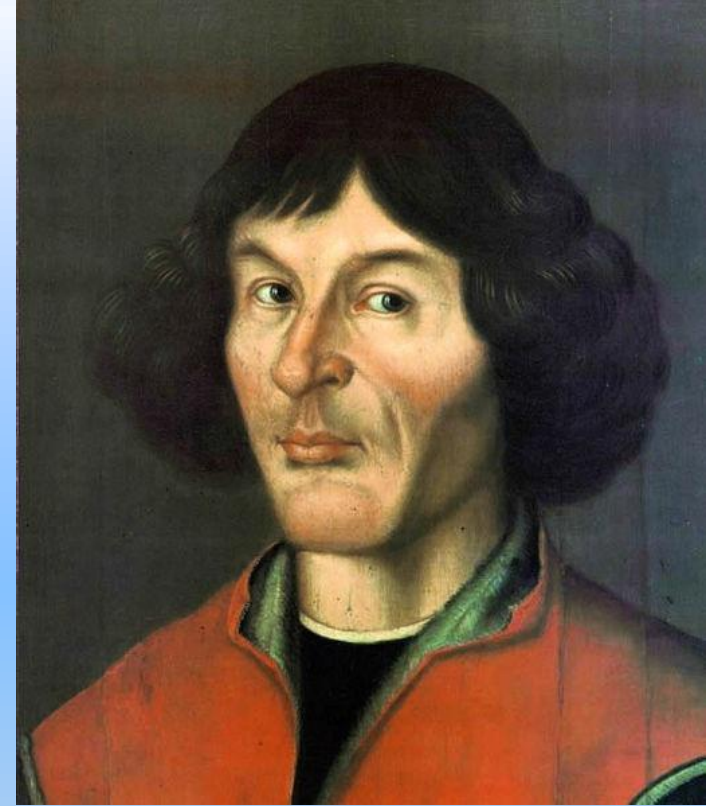


Il pianeta si muove a velocità angolare costante sull'**epiciclo**, il cui centro a sua volta gira a velocità angolare costante sul **deferente** che è centrato sulla terra

Niccolò Copernico

1473-1543

- 1473 - Nasce nell'attuale Polonia, da famiglia altolocata
- Studia medicina, diritto, astronomia
- Studia in Italia: Bologna, Ferrara
- (→ dottrine neopitagoriche, neoplatoniche)
- Canonico, compiti amministrativi presso la cattedrale di Frauenburg
- (quando non si dedica a matematica e astronomia, fa il medico al servizio dei poveri)
- 1514 manoscritto *Commentariolus*
- 1514 invitato in Vaticano per riformare il calendario (fatta nel 1582)
- Rimanda la pubblicazione –
De revolutionibus orbium coelestium, 1543
- La rima copia gli viene consegnata sul letto di morte



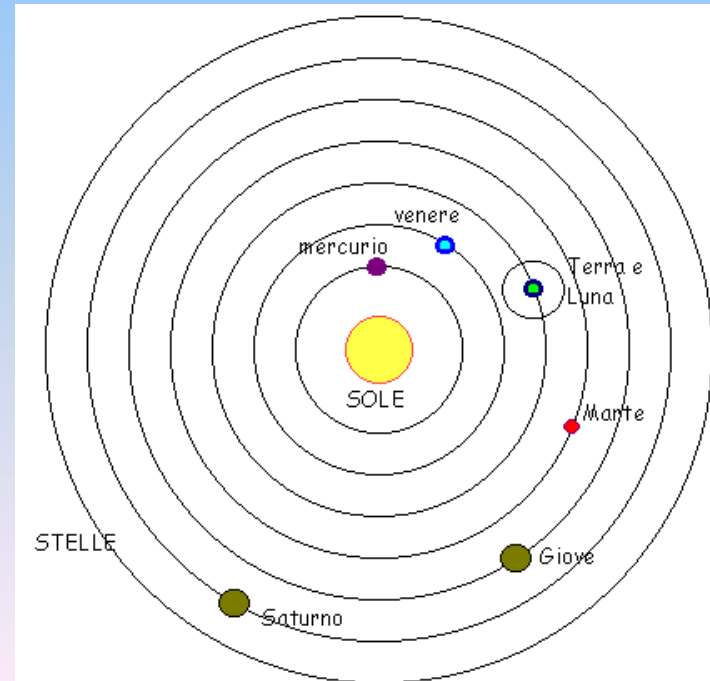
Modello copernicano

1543: De revolutionibus orbium coelestium libri VI: Copernico acconsente alla pubblicazione solo nel **1540**; Dal 1510 circola un compendio “Commentariolus”

Il modello di Copernico si basa su una idea: Convienne prendere lo stesso deferente (quello del Sole) per tutti i pianeti

il deferente del Sole è essenzialmente l'orbita del Sole attorno alla Terra, cioè in effetti l'orbita della Terra attorno al Sole (nota come “eclittica”, quindi il suo raggio medio è la distanza media Terra-Sole (unità astronomica $\cong 150$ milioni di km))

Il modello copernicano, in cui il moto di ogni pianeta viene calcolato rispetto al Sole equivale, **matematicamente**, a tenere fermo il Sole e a porre l'origine del sistema di coordinate nel suo centro anziché nel centro della Terra.



Modello copernicano

Il modello di Copernico è senz'altro esteticamente più elegante di quello di Tolomeo

...anche se non tanto meno complicato e accurato visto che usa sempre **moti circolari uniformi** per descrivere orbite in realtà ellittiche e percorse a velocità angolare non uniforme.....

Copernico non dispone di osservazioni più sistematiche e accurate di quelle di Tolomeo, e la precisione delle previsioni basate sul suo modello non è migliore di quelle basate sul modello Tolemaico!

Modello copernicano

...Ma se non viene interpretato solo in senso puramente matematico, il modello di Copernico costringe a cambiare radicalmente la visione dell'universo, a cominciare dalle sue dimensioni.

Se davvero il Sole è fermo nell'origine e la Terra gli gira intorno, allora come è possibile che le stelle, viste dalla Terra, occupino sempre le stesse posizioni nel cielo?

...dovrebbero invece mostrare un moto periodico con il periodo del moto della Terra attorno al Sole (1 anno)

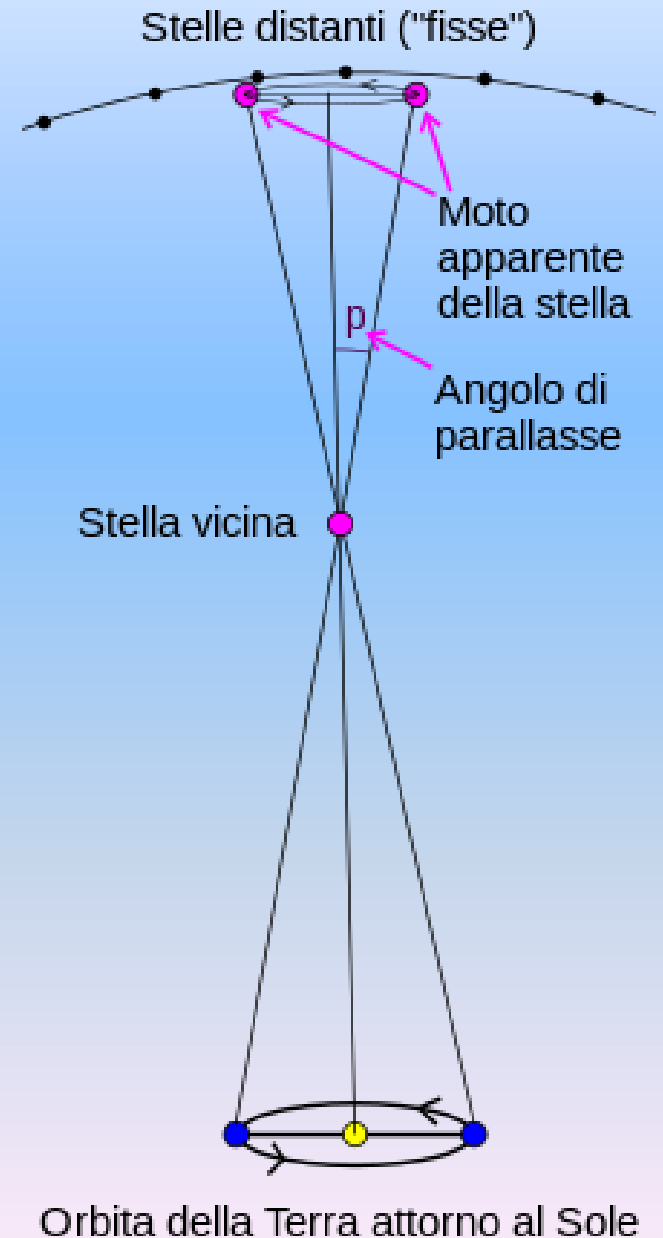
→ fenomeno della parallasse: in questo caso, parallasse annua

Parallasse annua

La **parallasse** è il fenomeno per cui un oggetto sembra spostarsi rispetto allo sfondo se si cambia il punto di osservazione. Questo fenomeno è chiamato parallasse. Da un punto di vista quantitativo, con il termine parallasse si indica il valore dell'angolo di spostamento.

Per determinare la **parallasse stellare** si sfrutta il cambiamento di posizione assunto dalla Terra durante il suo moto orbitale. La tecnica presuppone la conoscenza del diametro dell'orbita terrestre e richiede l'osservazione dello stesso oggetto celeste a sei mesi di distanza per determinarne lo spostamento apparente rispetto allo sfondo. Più una stella è vicina, più la sua parallasse è grande.

Più precisamente si definisce **parallasse annua** quella derivata da uno spostamento pari alla distanza media tra Terra e Sole.



Modello copernicano

Problema della parallasse stellare → Copernico risponde nell'unico modo possibile:

le stelle sono molto più distanti da noi di quanto noi distiamo dal Sole ($1 \text{ AU} = 150 \text{ milioni di km}$), e quindi il loro moto periodico dovuto allo spostamento della Terra nel suo moto intorno al Sole (“parallasse annua”) è di fatto impercettibile!!

Bisogna accettare l'idea di un Universo molto più grande di quanto non si fosse creduto fino ad allora. In Inghilterra il pensiero di Copernico è accettato con entusiasmo e si pensa addirittura ad un Universo infinito....

Sistemi a confronto

• Modello Tolomaico

- Preciso
- Descrizione complessa: almeno 5 parametri per pianeta
 - raggio deferente
 - velocità centro epiciclo
 - raggio epiciclo
 - velocità del pianeta sull'epiciclo
 - Eccentrico
- Capacità predittive buone

• Modello Copernicano

- Non più preciso del sistema tolemaico, ma più “ELEGANTE”
- 2 parametri per pianeta:
 - raggio dell'orbita
 - Velocità
- Capacità predittive: per eguagliare quelle di Tolomeo, C. si trova costretto ad aggiungere un po' di eccentrici ed epicicli.

→ in ultima analisi i due modelli sono equivalenti!

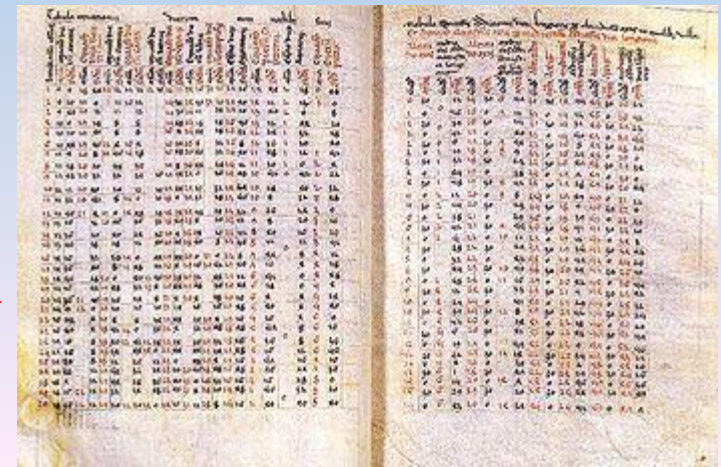
Tavole astronomiche- Effemeridi

- Per viaggiare si utilizzavano le posizioni degli astri: servivano **tavole astronomiche** precise cioè tabelle che contengono valori calcolati, nel corso di un particolare intervallo di tempo, di diverse grandezze astronomiche variabili, come: magnitudine, parametri orbitali, coordinate, distanze di pianeti, comete, satelliti; magnitudo di stelle variabili

Alla metà del I millennio a.C. astronomi babilonesi elaborarono tavole astronomiche precise. Le effemeridi babilonesi servirono da base alla successiva ricerca ellenistica, in particolare alle grandi elaborazioni di IPPARCO di NICEA e CLAUDIO TOLOMEO. Le *Tavole manuali* di quest'ultimo sono un esempio di effemeridi di età tardoantica. Nel medioevo furono importanti le tavole redatte dagli astronomi islamici

Attraverso la Spagna le tavole arabe arrivarono in Europa e tradotte in latino in più versioni.

A lato le TAVOLE ALFONSINE, del 1252
circa



L'invenzione della stampa

- 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.

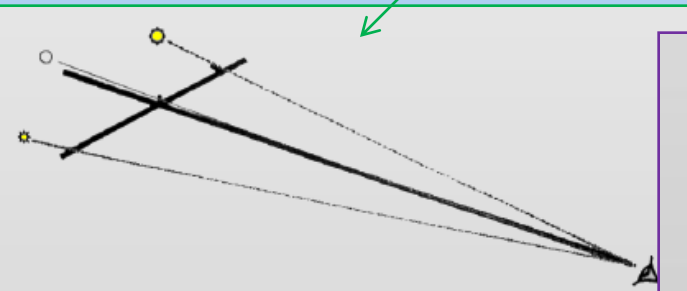
L'invenzione della stampa

- Una delle prime opere pubblicate fu “Theoricae novae planetorum” che descriveva la teoria planetaria di Tolomeo.
- L'astrologo Georg Peurbache il suo giovane collaboratore Regiomontano(Muller di Königsberg) curarono anche la pubblicazione dell'**Almagest** di una sua versione ridotta che fu disponibile a Venezia dal 1496.
- Da allora l'astronomia Tolemaica divenne effettivamente accessibile in tutta Europa.



Strumentazione e metodi di osservazione

- Gli strumenti utilizzati fino al 1500 per le osservazioni del cielo erano piccoli e portatili. Non c'erano osservatori fissi. I più utilizzati erano la **ballestriglia**, l'**astrolabio** e il **globo celeste**.



Osservatorio di Ulug Beg

Per costruire le tavole , per le osservazioni astronomiche servono **strumenti** e ma anche **osservatori**..... →

Le osservazioni di Ulug Beg sono le più precise dopo quelle di Hipparcos (129 A.C.) e di Tolomeo (140 D.C.)

Ulug Beg usa l'osservatorio fino alla sua morte nel 1449 compilando un catalogo stellare che arrivò e fu pubblicato in Europa dopo quello di Tycho Brahe

L' **osservatorio** di Ulug Beg, costruito a Samarcanda 1424-1429, distrutto nel 1449.

Conteneva un quadrante a muro alto 11 metri. Con raggio di 40 metri era il più grande mai costruito



Ulug Beg Observatory

Ossevatorio di Uraninborg

- In Europa è il primo osservatorio astronomico in senso moderno (antecedente la scoperta del telescopio). E' fisso, permette osservazioni sistematiche incluso un **catalogo stellare** di circa 1000 oggetti.... Inoltre fu interamente supportato dallo stato (**Federico II di Danimarca**)

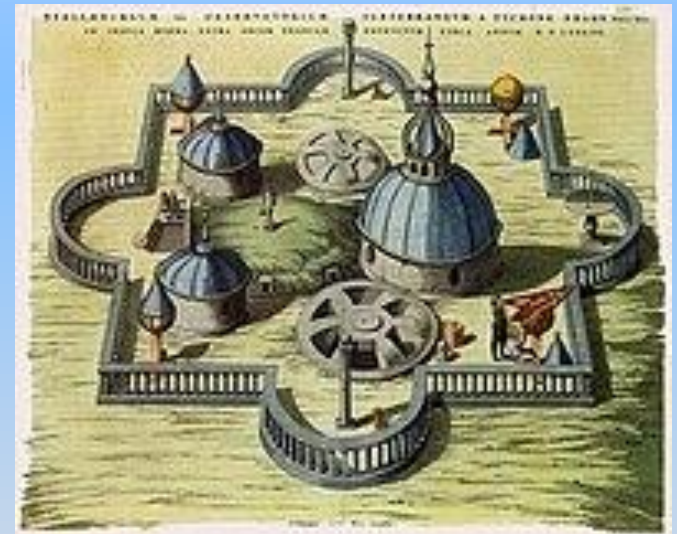
Gli strumenti includono quadranti, misuratori di parallasse, sfere armillari, astrolabi, tutti costruiti con grande accuratezza



IMPORTANZA della TECNOLOGIA!

1576: Osservatorio di **URANIBORG** (= i castelli del cielo)

(su isola di Hyven , tra Svezia e Danimarca)



A progettare e guidare l'osservatorio di Uraniborg fu **Tycho Brahe**, figura fondamentale nella storia dell'astronomia

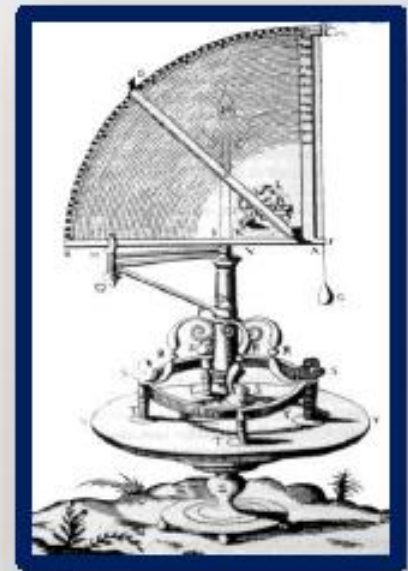
Ossevatorio di Uraninborg

La causa a cui Tyco 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.

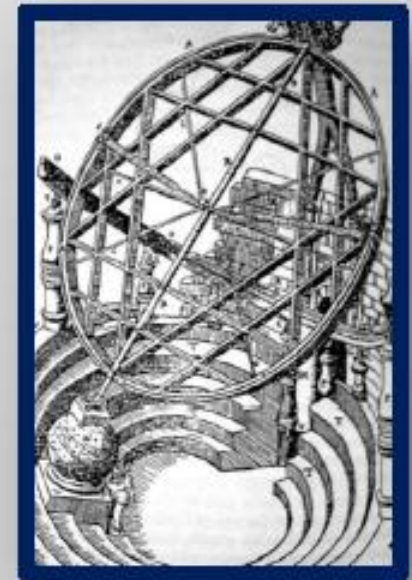
Nemmeno ai più abili costruttori era mai stato chiesto di produrre strumenti come quelli desiderati da lui.”

“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.”

- da “Storia dell’astronomia” di Michael Hoskin



Sestante



Armillare equatoriale

Tycho Brahe (Ticone)

1546-1601

- Danese, 1546-1601
- Astronomo, grande osservatore, precisione dell' 1'-2';
- abile nel procurarsi finanziamenti (→isola di Uraniborg)
- Matematico di corte a Praga, il suo assistente è Kepler.
- (leggende) L'uomo dal naso d'oro; muore per aver mangiato troppo
- Osservazione di una *Nova* (*De Stella Nova*) (1573)
- Sistema ticonico, compromesso tra Tolomeo e Copernico.



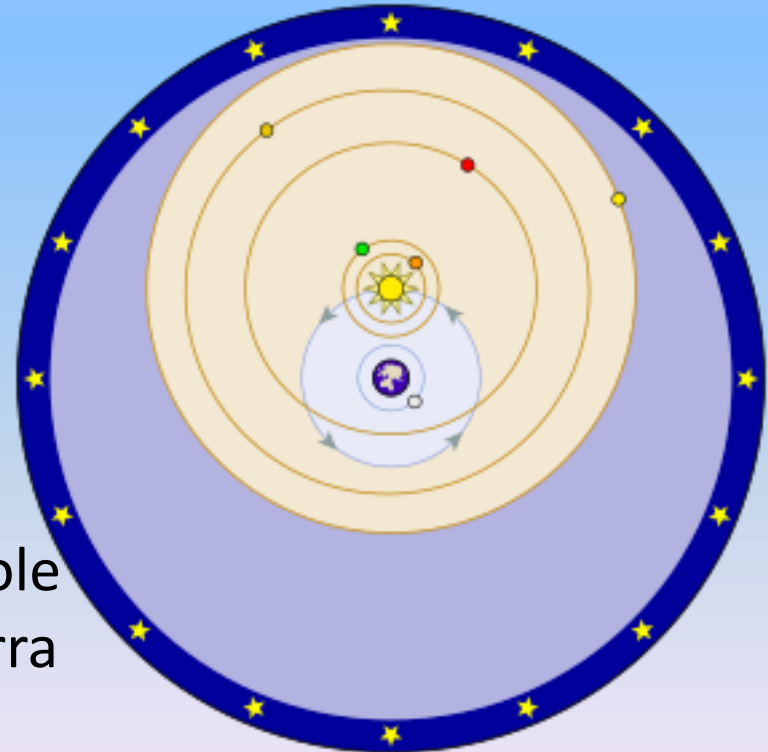
Tycho Brahe 1546-1603



Brahe propone un modello alternativo a Tolomeo e Copernico

La “terza via” di Brahe

- Terra **ferma**
- Pianeti in rivoluzione attorno al Sole
- Sole in rivoluzione attorno alla Terra
- Moti circolari uniformi



Tycho Brahe 1546-1603

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 osservò in cielo una nuova stella (→nova).

Nel 1577, comparve nel cielo europeo una cometa luminosissima. La osservò, ne misurò l'altezza e fu certo che doveva appartenere al Regno Celeste.

Pubblicò 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.

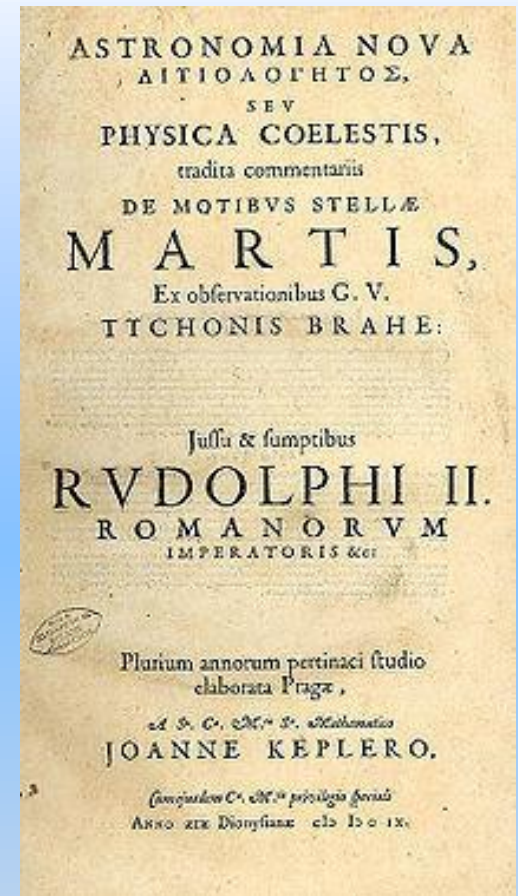
→ **Con Brahe iniziano le osservazioni scientifiche sistematiche con l'accuratezza di 2'**

→ **corretta interpretazione di nova e cometa → contro l'antichissima dottrina dell'immutabilità del cielo, immagina un cielo "libero e fluido"**

Tycho Brahe : L'eredità

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

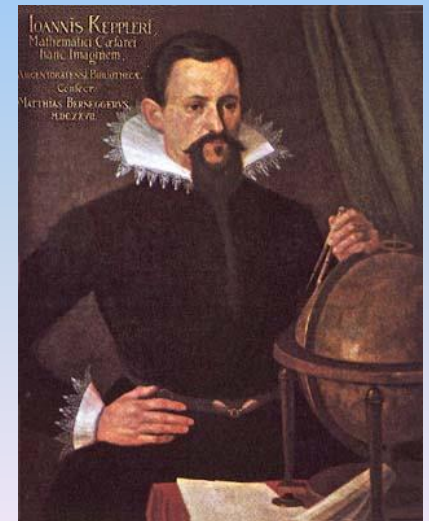
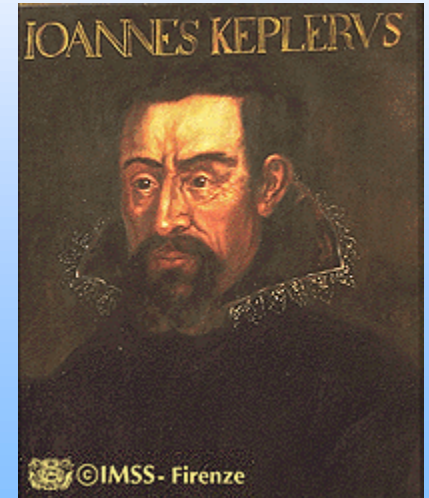
Fu l'eredità che Tycho lasciò alla storia e che raccolse un suo giovane (28 anni) assistente tedesco: **Giovanni Keplero**



Queste osservazioni mettono in crisi sia il modello di Tolomeo che di Copernico!... dall'analisi dei dati di Tycho da parte di Keplero (1571-1630) emerge una discrepanza di 8' nella longitudine di Marte ($e=0.09$), poi ridotta a 2' con l'introduzione di orbite ellittiche - tra le nuove idee introdotte da Keplero)

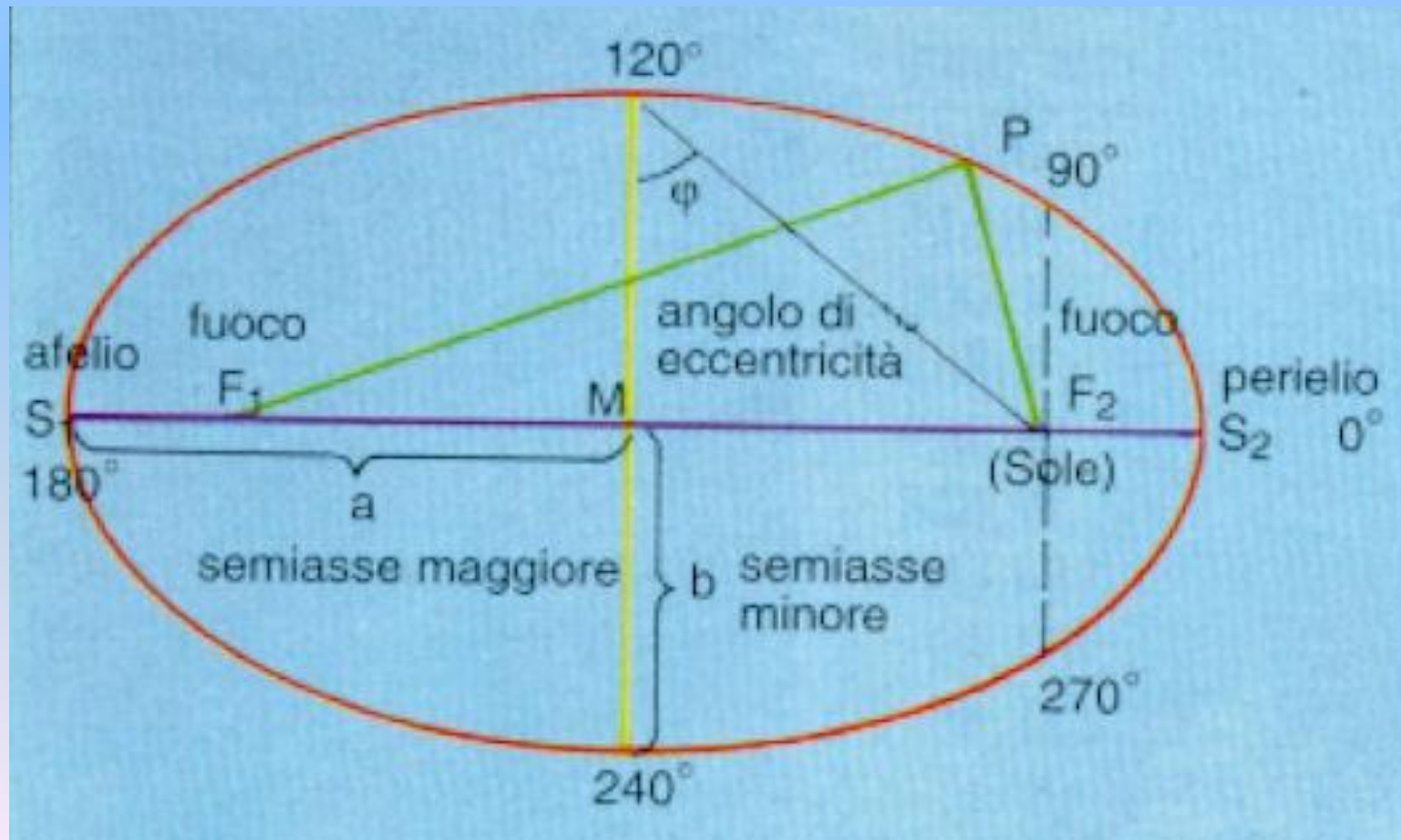
Johannes Kepler 1571 – 1634

- Stoccarda ca., 1571 – 1634, Regensburg
- Matematico di corte a Praga, poi Linz.
- Teorico, grande lavoro sui dati di Brahe.
- Copernicano + tentativo di dinamica non aristotelica
- Le tre leggi (*Astronomia Nova*):
 - ellissi;
 - velocità areolare costante;
 - distanza-periodo



Le 3 leggi di Keplero (1571-1630)

1. Legge delle orbite ellittiche (ogni pianeta si muove attorno al Sole su un'orbita ellittica di cui il Sole occupa uno dei fuochi)



Le 3 leggi di Keplero (1571-1630)

1. **Legge delle orbite ellittiche** (ogni pianeta si muove attorno al Sole su un'orbita ellittica di cui il Sole occupa uno dei fuochi)

Attenzione:

oggi sappiamo che questo è vero solo se la forza di attrazione gravitazionale tra il sole e il pianeta è inversamente proporzionale al quadrato della distanza tra loro

$$F_{\text{gravitazionale}} \propto \frac{1}{d^2}$$

Le 3 leggi di Keplero (1571-1630)

1. Legge delle orbite ellittiche (ogni pianeta si muove attorno al Sole su un'orbita ellittica di cui il Sole occupa uno dei fuochi)

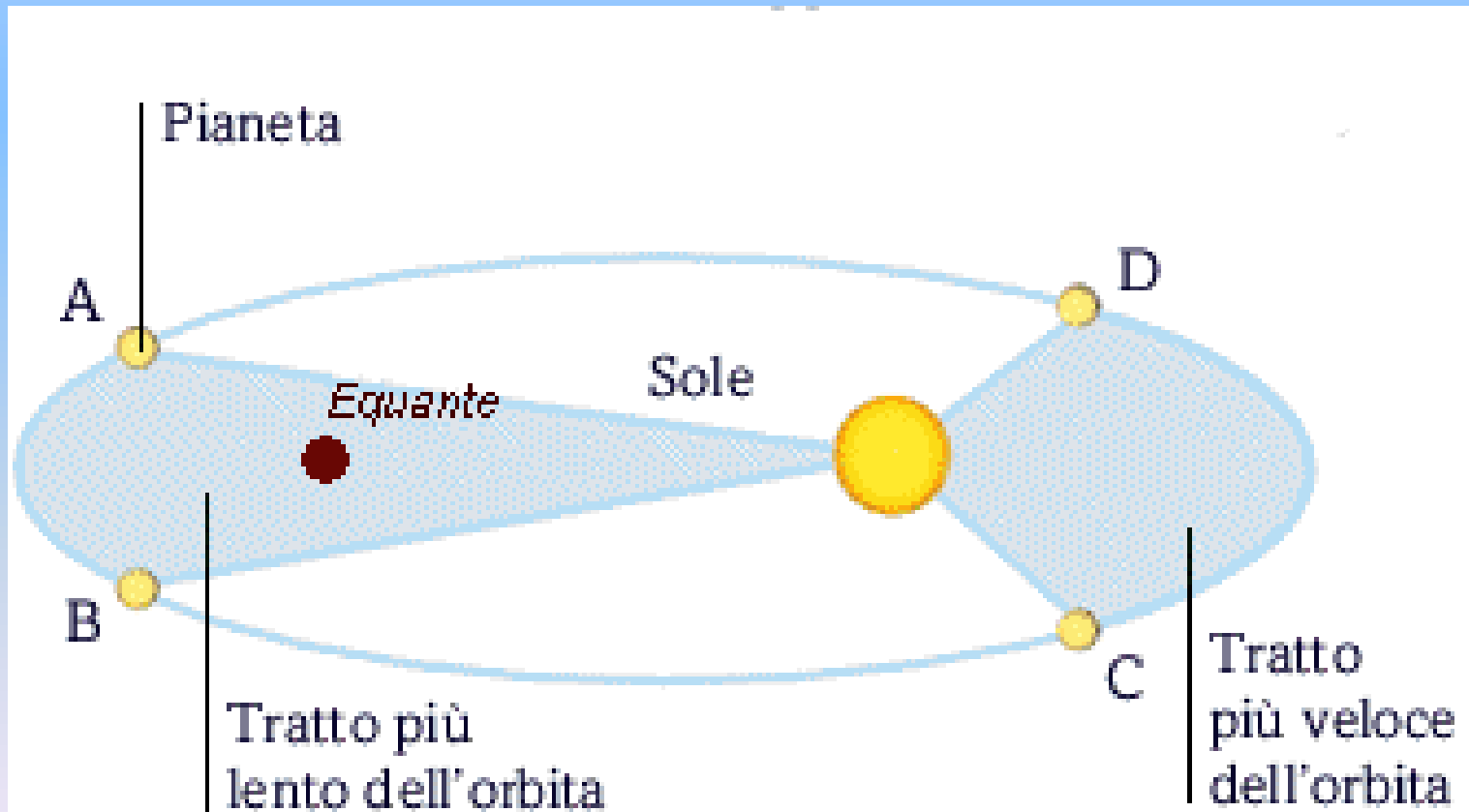
Nonostante i secoli di osservazioni e studi, nessuno si era accorto che l'orbita di Marte (e degli altri pianeti) non è circolare (ha infatti un'eccentricità di 0,0934; $e=0$ è l'eccentricità di una circonferenza). Tale svista va attribuita soprattutto all'alto margine di errore nelle osservazioni prima di Tycho; ora Keplero disponeva di dati molto più precisi.

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 rompe l'incantesimo della circolarità che aveva dominato l'astronomia per 2 millenni

Le 3 leggi di Keplero (1571-1630)

2. **Legge delle aree** (il raggio vettore Sole-pianeta spazza aree uguali in tempi uguali $\Rightarrow$ il pianeta gira più velocemente al perielio che non all'afelio)



Le 3 leggi di Keplero (1571-1630)

2. **Legge delle aree** (il raggio vettore Sole-pianeta spazza aree uguali in tempi uguali $\Rightarrow$ il pianeta gira più velocemente al perielio che non all'afelio)

Nota a): È vero per tutte le forze centrali (cioè dirette lungo la congiungente) anche se non sono proporzionali all'inverso del quadrato della distanza

Nota b): Si può dimostrare che la legge delle aree equivale ad affermare che il moto si svolge in un piano identificato dai vettori posizione e velocità iniziali $\rightarrow$ (*è equivalente al principio di conservazione del momento angolare*)

Le 3 leggi di Keplero (1571-1630)

3. $T^2/a^3 = \text{costante per tutti i pianeti}$ (il rapporto tra il quadrato del periodo orbitale e il cubo del semiasse maggiore – il semiasse maggiore è il raggio medio dell'orbita ellittica del pianeta attorno al Sole – è lo stesso per tutti i pianeti)

pianeta	distanza media dal Sole	periodo di rivoluzione	quadrato del periodo	cubo della distanza media
Mercurio	0,387	0,241	0,058	0,058
Venere	0,723	0,615	0,378	0,378
Terra	1,000	1,000	1,000	1,000
Marte	1,524	1,881	3,538	3,540
Giove	5,203	11,860	140,700	140,800
Saturno	9,539	29,460	867,900	868,000

E La terza legge di Keplero

Le 3 leggi di Keplero (1571–1630)

3. $T^2/a^3 = \text{costante per tutti i pianeti}$ (il rapporto tra il quadrato del periodo orbitale e il cubo del semiasse maggiore – il semiasse maggiore è il raggio medio dell'orbita ellittica del pianeta attorno al Sole – è lo stesso per tutti i pianeti)

Nota: si dimostra che

$$T^2/a^3 = \text{costante} \times (M_{\text{sole}} + m_{\text{pianeta}})$$

quindi questo rapporto non è esattamente lo stesso per tutti i pianeti ... però siccome tutti i pianeti hanno una massa $\ll M_{\text{sole}}$, l'affermazione di Keplero era sostanzialmente corretta

Le 3 leggi di Keplero *Astronomia Nova, 1609*

Sei anni di lavoro (1600-1606) per interpolare i dati di Brahe con combinazioni di moti circolari: non ottiene sufficiente precisione → ipotesi moto su orbite ellittiche

...da evidenziare:

I legge: orbite ellittiche

II legge: legge delle aree → moto *NON* uniforme dei pianeti

DINAMICA: orbita determinata (pure ipotesi) da:

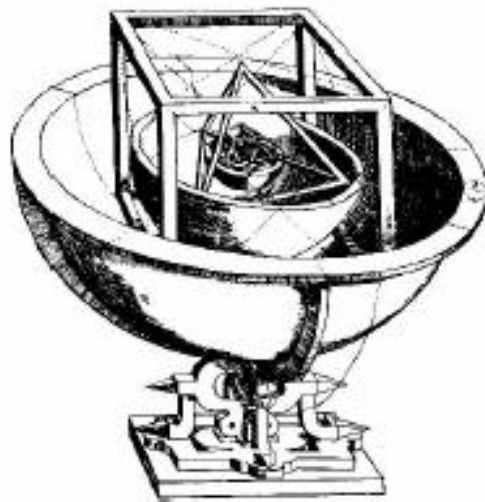
- vortice derivante dal moto del Sole sul proprio asse, “*anima motrix*”
- magnetismo (lavoro recente di Gilbert – poli magnetici)
- inerzia dei pianeti (resistenza all'attrazione in breve: il Sole é CAUSA del moto dei pianeti)

(a Galileo tutto ciò appare come ***occultismo***)

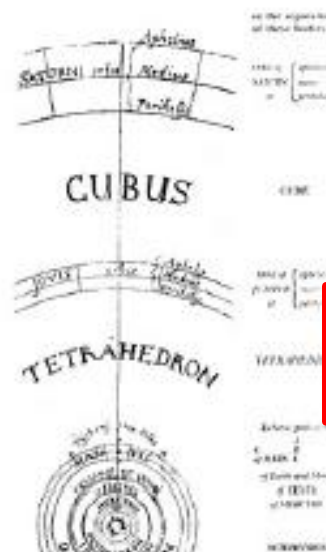
aspetto moderno della scienza kepleriana (ricerca delle cause del moto dei corpi celesti...)

→ **TRE LEGGI: per “trial and error”** (metodo euristico che mira a trovare una soluzione a un problema effettuando un tentativo e verificando se ha prodotto l'effetto desiderato. In caso positivo il tentativo costituisce una soluzione al problema altrimenti si prosegue effettuando un diverso tentativo)

Keplero pubblicò le sue scoperte in vari libri tra il 1609 e il 1621



Mysterium Cosmographicum (1596)



I,II legge
(1609)



Opere di Keplero



(1604)



III legge (1619)
($R^3/T^2 = \text{costante univ.}$)

Tavole rudolfine (1627)
(utilizzo logaritmi)

[illegible]

Le 3 leggi di Keplero

Notiamo inoltre che Keplero utilizza di base il **modello Copernicano.....**

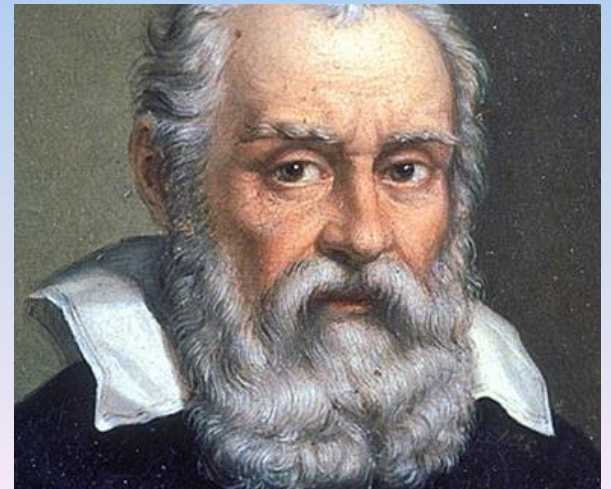
Che però non aveva avuto successo, anzinon era conosciuto!

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

Mancava un “banditore” autorevole....

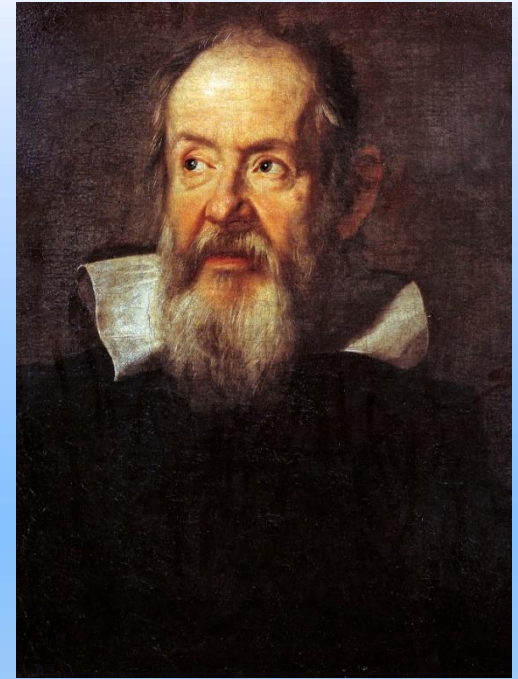
Chi rese “comprensibili” e diffuse di fatto il modello copernicano fu

→ **GALILEO GALILEI**



Galileo Galilei 1564– 1643

- Pisa, 1564 – Arcetri 1643
- Studia medicina, matematica
- Anche musicista, poeta, polemista, imprenditore,...
- 1589 Cattedra di matematica a Padova, poi Firenze
- Interesse: comprendere la struttura del mondo .
Per arrivarci → creazione di una fisica
- Sincero credente
- 1616-1633 i due incontri con l'Inquisizione



Galileo Galilei 1564–1643

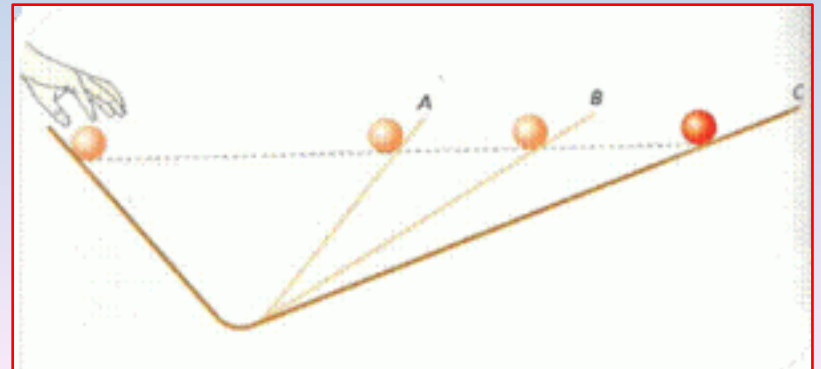
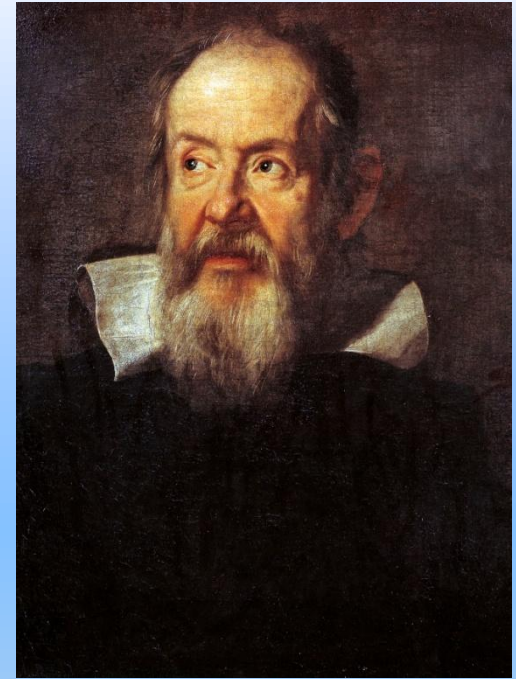
Contributi:

FISICA : pendolo; moto inerziale; caduta dei gravi; moto parabolico

ASTRONOMIA: osservazioni della Luna; fasi di Venere; satelliti di Giove come sistema copernicano; macchie solari

Strumentazione: uso e costruzione cannocchiale; compasso; misura del tempo

Metodo: metodo sperimentale; esperimenti veri e propri ed esperimenti mentali



Metodo sperimentale

Il metodo scientifico è il modo con cui la scienza procede per raggiungere una conoscenza della realtà. Esso consiste, da una parte, nella raccolta di dati empirici sotto la guida delle ipotesi e teorie da vagliare; dall'altra, nell'analisi matematica.

Lo scienziato non si limita ad osservare, ma per lui i fenomeni devono essere risolti attraverso gli elementi quantitativi e misurabili. Dopo questo tipo di raccolta dei dati, lo scienziato può elaborare un'ipotesi (la quale può essere anche pensata prima della raccolta dei dati). Questa ipotesi è valida se ci consente di riprodurre in un contesto del tutto artificiale il fenomeno osservato, dopodiché è possibile formulare la legge.

Galileo Galilei infatti dice che: "la scienza è sempre costituita da sensate esperienze e necessarie dimostrazioni" cioè la scienza è tanto induttiva quanto deduttiva.

Metodo sperimentale

LE FASI DEL METODO SPERIMENTALE SONO:

- Osservazione del fenomeno
- Formulazione dell' ipotesi
- L'esperimento
- Verifica dell' ipotesi
- Comunicazione dei risultati (e se l' ipotesi è vera, nascita di una LEGGE)



Galileo 1564-1642

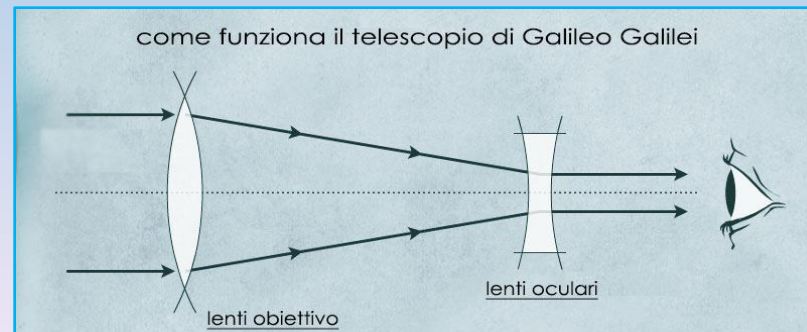
1608: scoperta del cannocchiale
in Olanda (primo utilizzo sui
campi di battaglia...)



Galileo nel 1608 costruisce immediatamente una versione più precisa di questo strumento da utilizzare per osservazioni astronomiche (continua a modificarlo raggiungendo ottimi risultati...) L'anno successivo andò a Venezia, dove fece dimostrazioni alle autorità.

→ **RIVOLUZIONE nella strumentazione per osservazioni astronomiche**

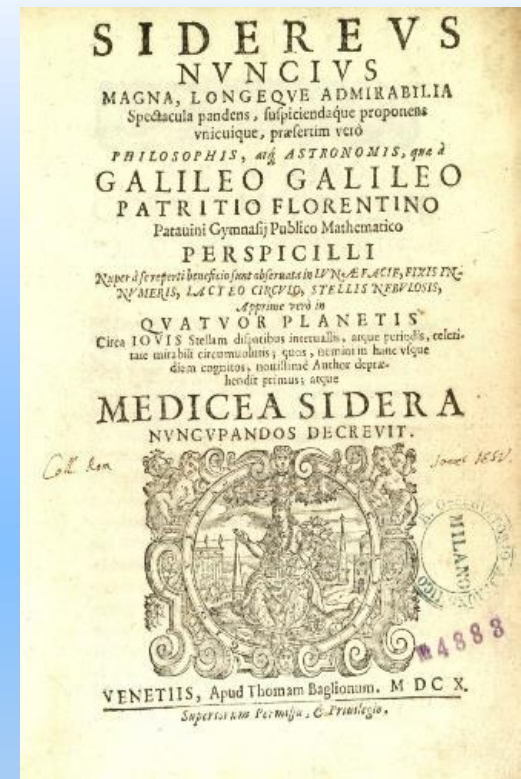
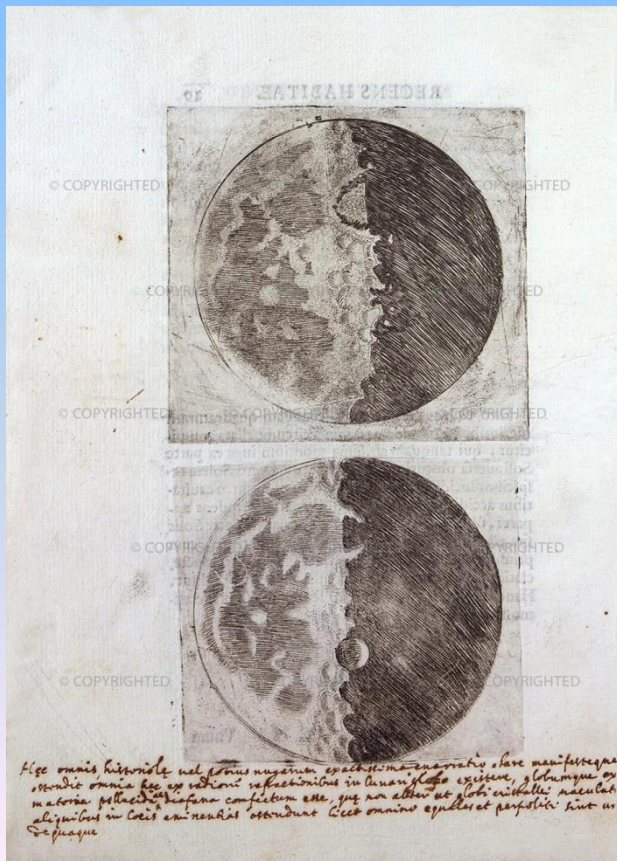
→ Cannocchiale Galileiano



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File%3ACannocchiale.webm>

Le Osservazioni di Galileo

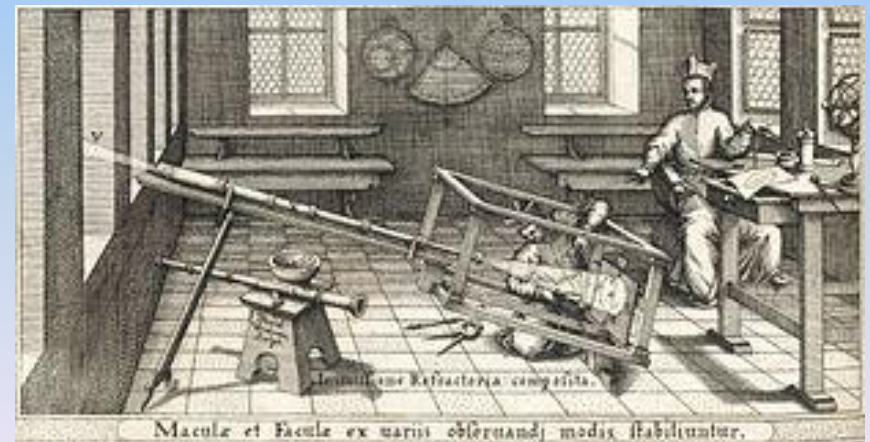
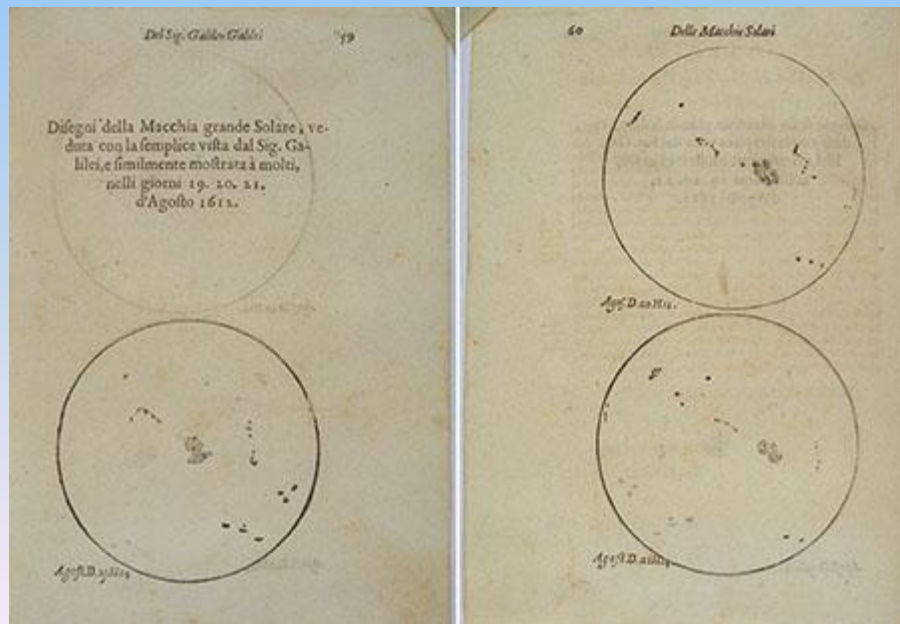
Il 12 marzo del 1610 Galileo pubblicò il “**Sidereus Nuncius**” (Annunciatore celeste), in cui pubblica le sue scoperte 1)- 2) -3)



1-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

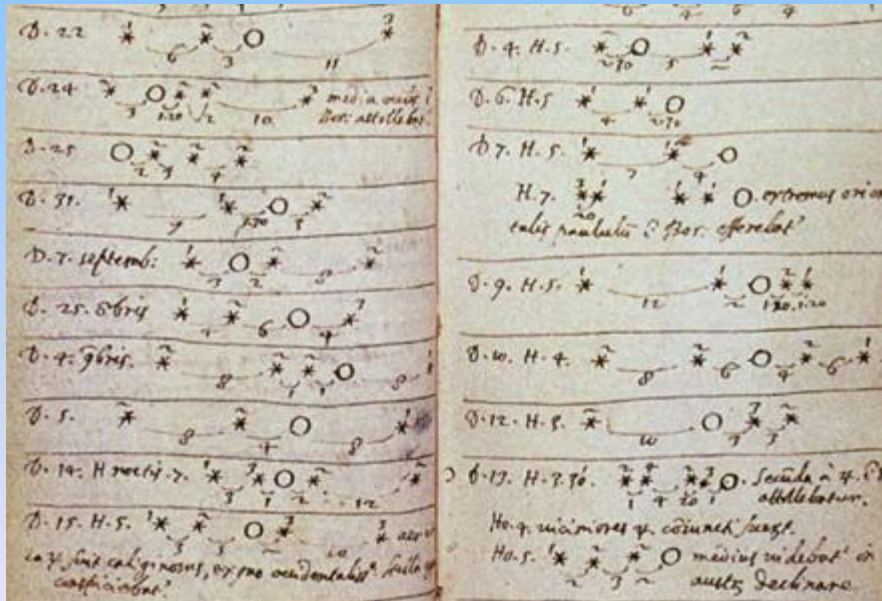
Le Osservazioni di Galileo

2) Le macchie solari: Anche il sole veniva considerato un corpo perfetto e immutabile secondo la filosofia Aristotelica-Tolemaica. Il cannocchiale consentì di rilevare delle macchie mutevoli sulla sua superficie. Inoltre il Sole ruota (lo deduce dalle osservazioni sul moto delle macchie sul disco solare)



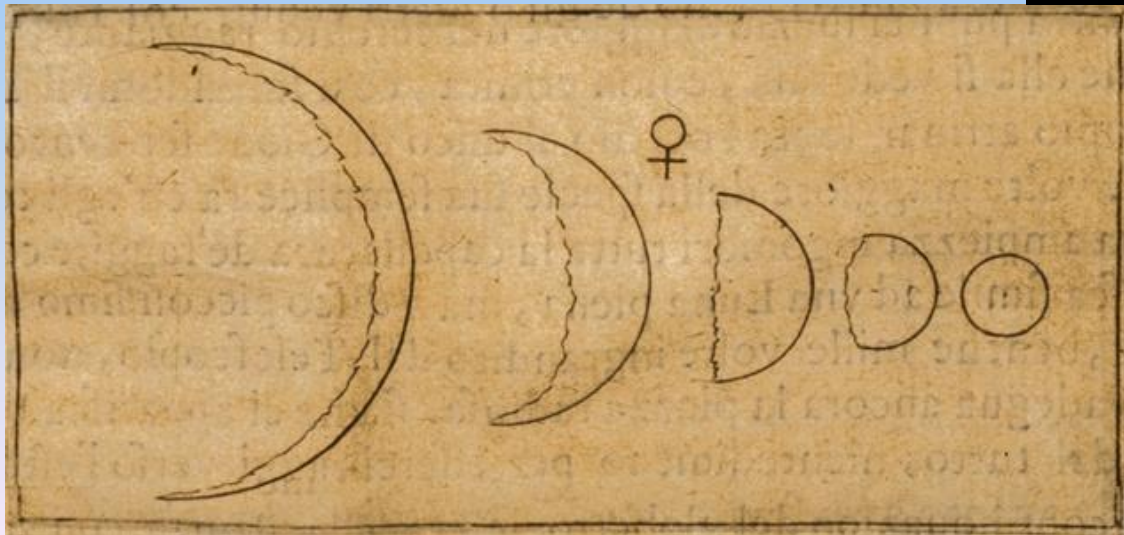
Le Osservazioni di Galileo

3) Le lune di Giove: osservò 4 pianetini che ruotavano attorno a Giove (i satelliti Io, Europa, Ganimede e Callisto, noti come satelliti medicei). Dunque c'erano corpi celesti che non ruotavano attorno alla Terra e che formavano come un "sistema solare" in miniatura.



Le Osservazioni di Galileo

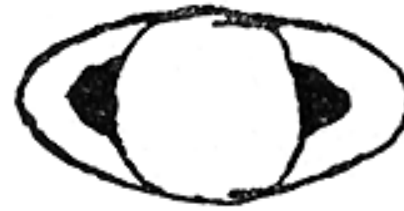
4) Le fasi di Venere: Venere aveva fasi di luce e ombra simili a quelle della Luna. Dunque anch'essa ruotava attorno al Sole



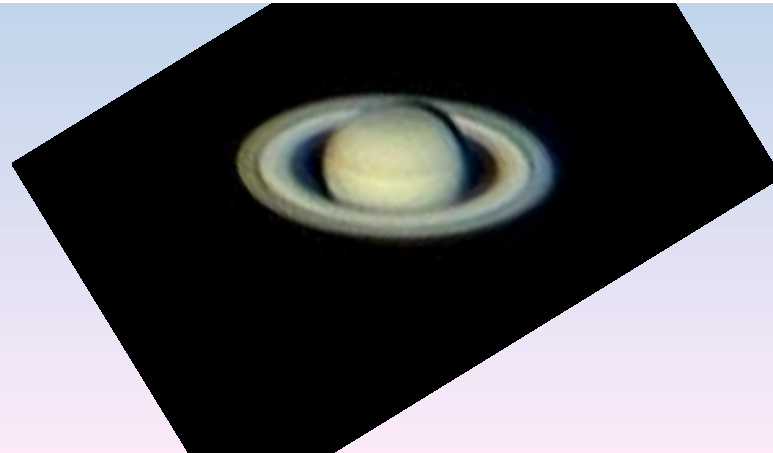
Le Osservazioni di Galileo

5) Saturno: *“Saturno non e' un astro singolo, ma e' composto di tre corpi, che quasi si toccano, e non cambiano ne' si muovono l'uno rispetto all'altro, e sono disposti in fila lungo lo zodiaco, e quello centrale e' tre volte piu' grande degli altri due....”*

Con il suo rudimentale canocchiale Galileo non riuscì ad osservare con chiarezza gli anelli e pensò si trattasse di un "pianeta tricorporeo", formato da tre oggetti distinti. Altri osservatori confermarono le sue osservazioni, solo nel 1659 Christiaan Huygens ipotizzò la presenza di anelli intorno a Saturno.



Un disegno di Saturno realizzato da G.Galilei nel 1610



Galileo: l'opposizione della Chiesa di Roma

Nel dicembre del **1614**, Galileo fu denunciato dal domenicano Tommaso Caccini, durante una predica in S. Maria Novella a Firenze. I suoi nemici invocarono l'intervento del Sant'Uffizio di 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.

1632: Galileo pubblica il suo “**Dialogo sopra i massimi sistemi**” → **1633** Viene sottoposto all'Inquisizione

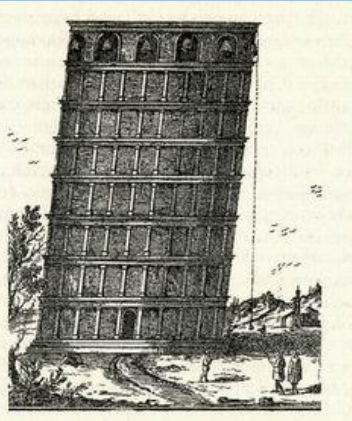
Galileo abiura (viene costretto dalla Chiesa di Roma prima in prigione e poi agli arresti domiciliari nella sua casa di Arcetri... è cieco da molti anni)

Dopo 359 anni dalla condanna di Galileo, nella relazione finale della commissione di studio istituita nel 1981 da S. Giovanni Paolo II, in data 31 ottobre 1992 Galileo è stato pienamente riabilitato dalla Chiesa

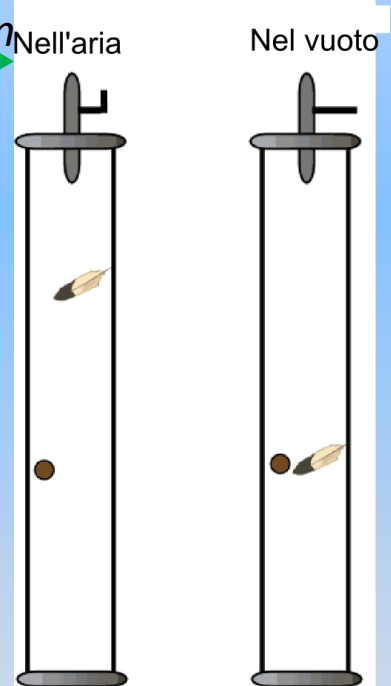
1638: pubblica in Olanda (non poteva in Italia) i : “Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla meccanica e ai movimenti locali”...enuncia il **Principio di equivalenza** che sarà alla base della Relatività Generale

Galileo e il Principio di Equivalenza

Nei “Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla meccanica e ai movimenti locali” Galileo enuncia (in diretto opposizione alla visione aristotelica dominante) il “Principio” della universalità della caduta dei gravi: **oggetti di peso e composizione differenti cadono con la stessa velocità se l'aria non li ostacola** (→ *uguaglianza tra massa inerziale e massa gravitazionale*) **Tubo di Newton**



.....”veduto, dico, questo cascai in opinione che se si levasse totalmente la resistenza del mezzo tutte le materie descenderebbero con eguali velocità”



..noto anche come **“Principio” di Equivalenza**, sarà alla base della **teoria della gravitazione di Newton** e della **teoria della Relatività Generale di Einstein**



Continueremo il percorso collegandoci con il contributo di Newton → **2 maggio**

Bibliografia

- Astronomia Rinascimentale:
http://www.matematicalexis.altervista.org/Astronomia/Rinascimento/Index_Rinascimento.html
http://www.matematicalexis.altervista.org/Astronomia/Rinascimento/pannelli_Rinascimento_web.pdf
- Anna Nobili , Università di Pisa, “Moto dei Corpi Celesti”:
<http://eotvos.dm.unipi.it/licei/>
- Amaldi, Cap 9 “Keplero”:
http://online.scuola.zanichelli.it/amaldi-files/Cap_9/Keplero_Cap9_Par4_Amaldi.pdf
- Galileo l'astronomo- Copernico, Brahe, Keplero -
<http://alpha.science.unitn.it/~colletti/download/copernico.pdf>