

A portrait of Galileo Galilei, an Italian astronomer, physicist, and engineer, is shown in the background. He has a full beard and is wearing a dark, patterned garment. The portrait is set against a white background, which is itself on a dark blue slide with decorative lines on the left side.

**Il metodo di GALILEO  
ed il concetto di progresso  
scientifico**

Scienza e tecnica:  
una collaborazione che ha  
significato la liberazione della  
scienza da ogni ipoteca  
metafisica.



# Galileo punto di approdo di una scienza coraggiosamente aperta ai suggerimenti della tecnica

- Nessuna garanzia filosofica a priori garantirà la giustezza dei metodi di indagine
- Garanzia delle verità scoperte dalla scienza sarà fornita dalle interrotte verifiche che le leggi scientifiche troveranno nel lavoro dei tecnici, dalle direttive che sapranno dare a tale lavoro
- Nessuna autorità terrena o celeste potrà conservare l'illusione di dettare agli scienziati la strada della verità

# La nuova concezione della scienza porta ad un nuovo concetto di verità

- Se la garanzia delle teorie scientifiche non deve più essere cercata nella sicurezza a priori dei loro principi, la scienza conseguentemente rinuncia a considerare tali principi eternamente validi
- La scienza trasforma le proprie nozioni a seconda di quali dispositivi usa nell'osservazione del mondo
- Ogni verità è provvisoria e deve accettare di essere sempre sottoposta a nuovi controlli, rettifiche e profonde rielaborazioni

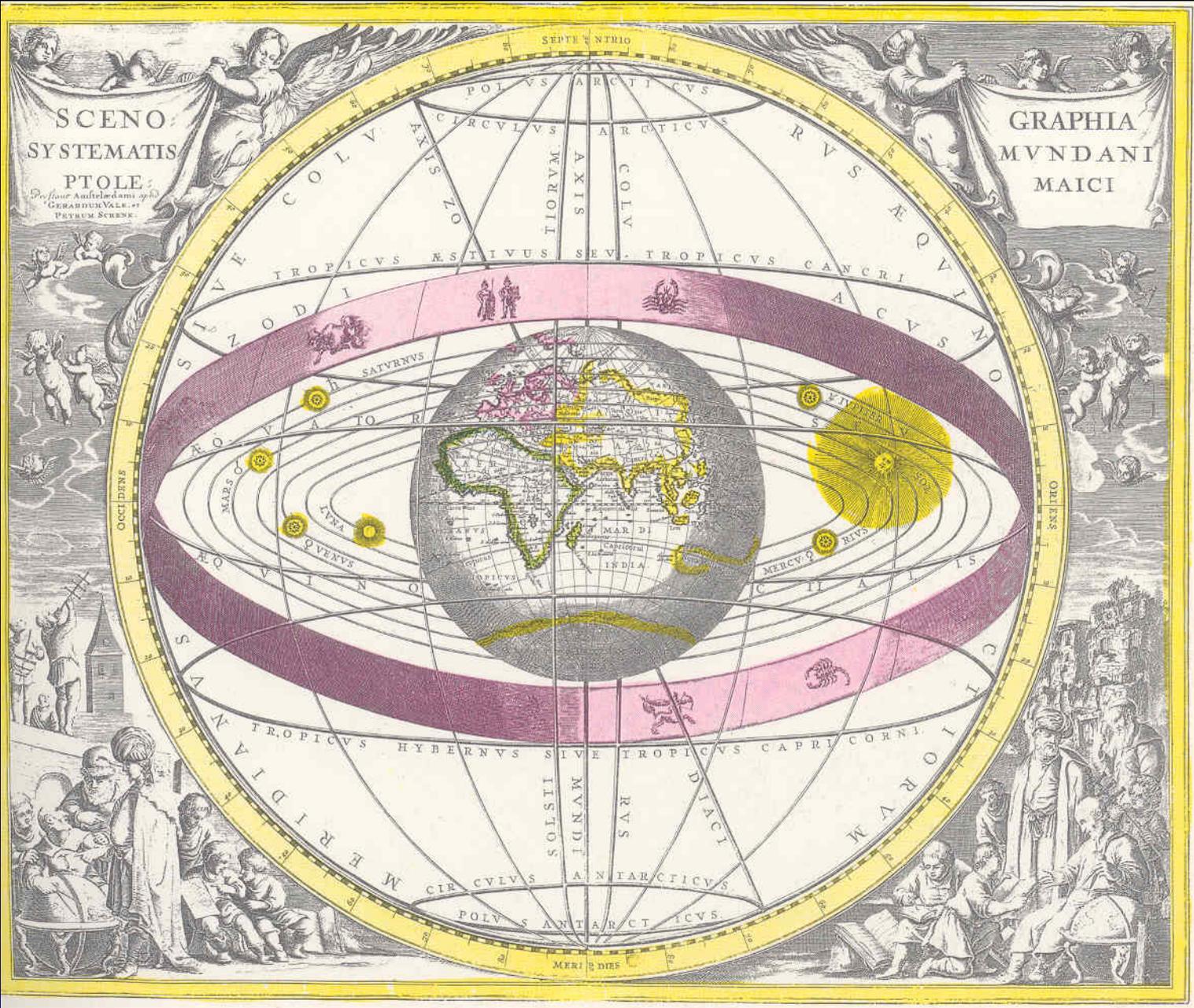
# **La verità scientifica è intrinsecamente dialettica incompatibile con ogni pretesa di staticità**

- La scienza è un interrotto susseguirsi di ricerche che possono venire sempre cancellate dalla lavagna quando non siano di volta in volta ritrovate e riconfermate
- Il percorso della scienza è un lavoro di equipe, non è mai opera di un solo intelletto, ma la conquista graduale di molti che porranno dubbi, rettificheranno approfondiranno le conquiste dei predecessori
- Sviluppando la tesi galileiana gli illuministi approderanno ad una visione della ricerca scientifica come fenomeno collettivo

## Gli antefatti:

### **l'Aristotelismo come sistema globale del mondo**

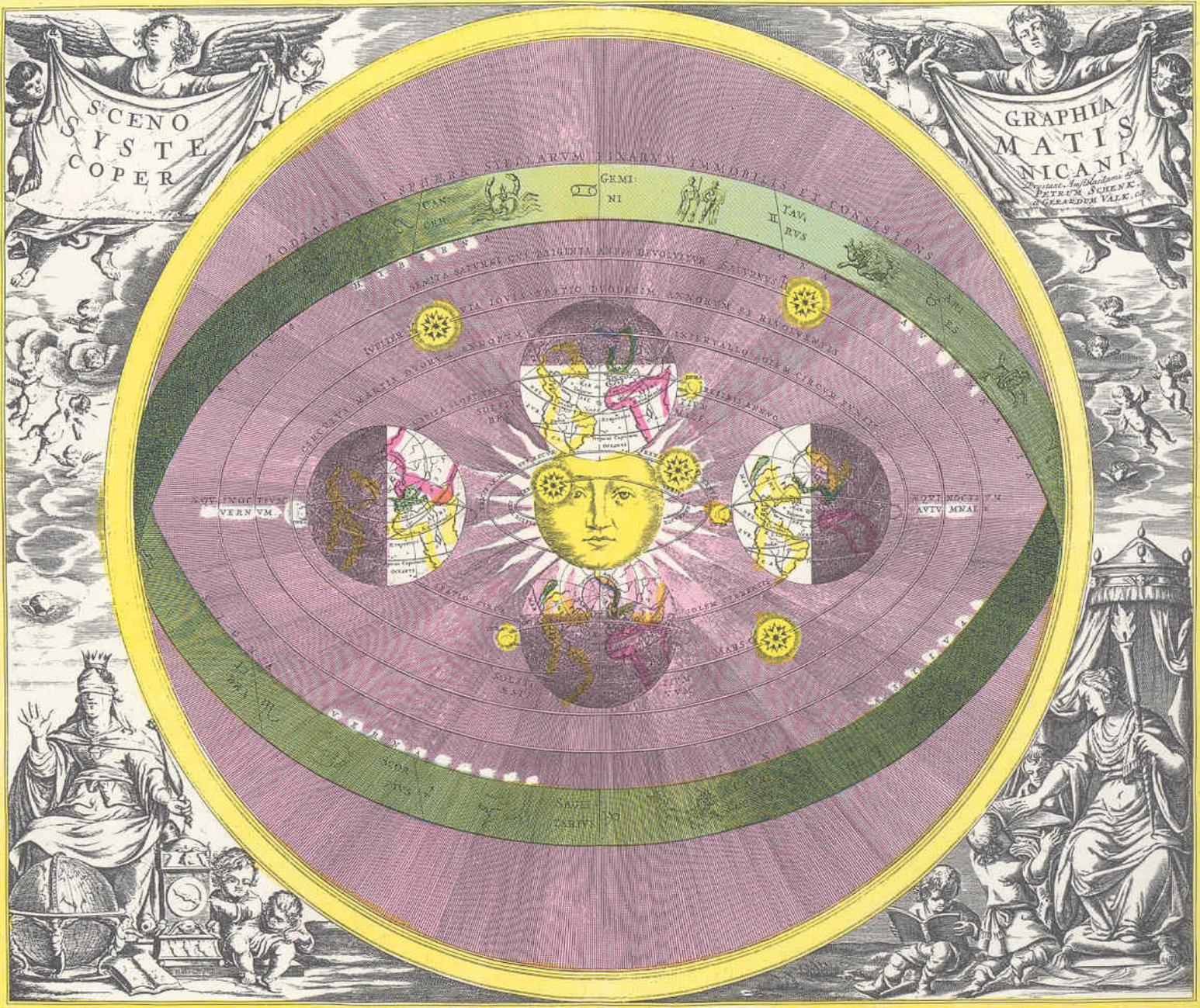
- Il medioevo cristiano sintetizza la conoscenza fisica e la filosofia dell'ordine naturale di Aristotele unita a la sistemazione matematica dei fenomeni astronomici attuata da Tolomeo
- Il sistema aristotelico tolemaico è vicino al senso comune: la concezione dei cieli come una serie di sfere concentriche, al centro è la Terra
- Distinzione di natura tra il mondo celeste ed il mondo sub lunare fondavano l'ordine morale incentrato sulla miseria e sul riscatto dell'uomo. L'uomo e la terra, sottoposti alla corruzione sono dipendenti dal mondo celeste incorruttibile ed inalterabile.
- Unità e bipartizione dell'universo chiuso, privo di vuoto, superiorità e maestà dei cieli centralità ed immobilità della terra
- L'indagine aristotelica sfocia nel medioevo nel completamento teologico di san Tommaso d'Aquino



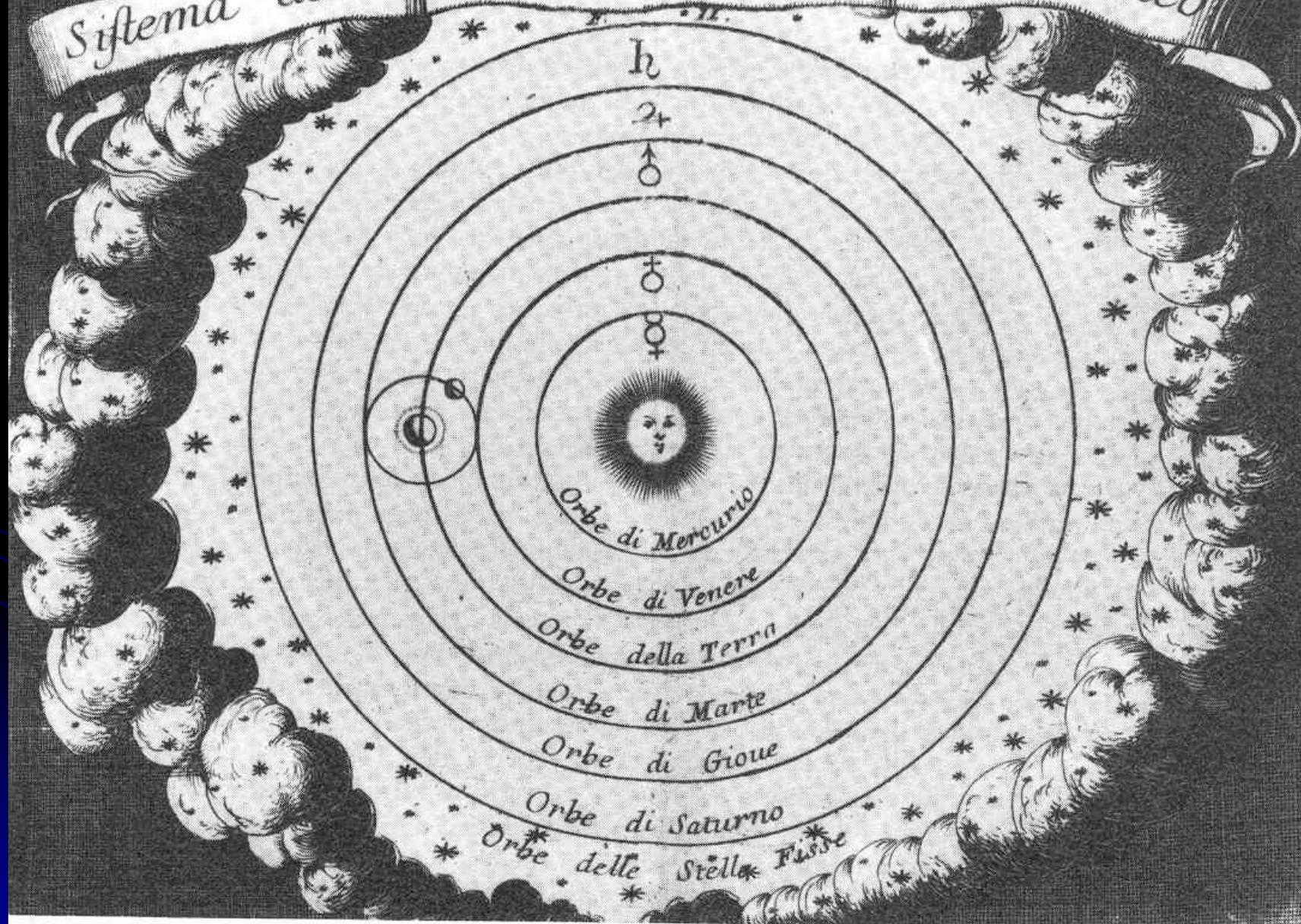
# VERSO UNA NUOVA ASTRONOMIA

## La battaglia intorno a Copernico

- Copernico, (1473-1543) col *De revolutionibus orbium coelestium* tenta di risolvere matematicamente il problema del moto dei pianeti, conferendo al cielo una nuova armonia attraverso la messa al centro del sole, con le sfere concentriche recanti i pianeti ruotanti intorno ad esso, circolarmente .
- L'universo è chiuso dalla sfera delle stelle fisse, immobile, la terra ruota intorno
- Col calcolo matematico Copernico avvicina la terra a tutti gli altri pianeti, che si diversificano nel loro posto tramite l'ampiezza delle loro orbite
- Ne consegue che questa nuova descrizione matematica dell'universo, attaccava il calcolo tolemaico ma ancor più rompeva il principio della bipartizione fondamentale del cosmo aristotelico
- Osiander dichiarò che questa posizione era una mera ipotesi di calcolo nulla dicendo sul moto fisico della Terra e perciò non violava le scritture

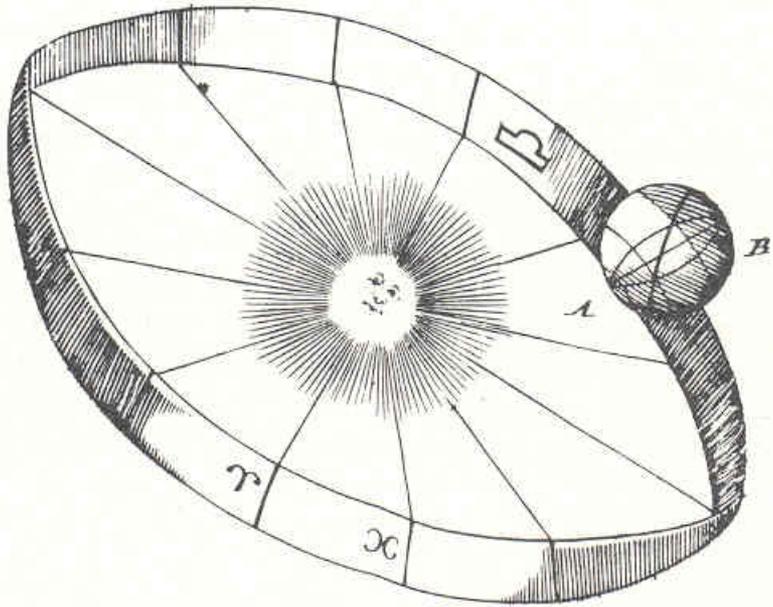


Sistema dell' Vniuerso Secondo Copernico



F. III.

*Moti della Terra secondo Copernico. e qualche altro*  
Autore.



# Tycho Brahe (1546-1601) e le comete.

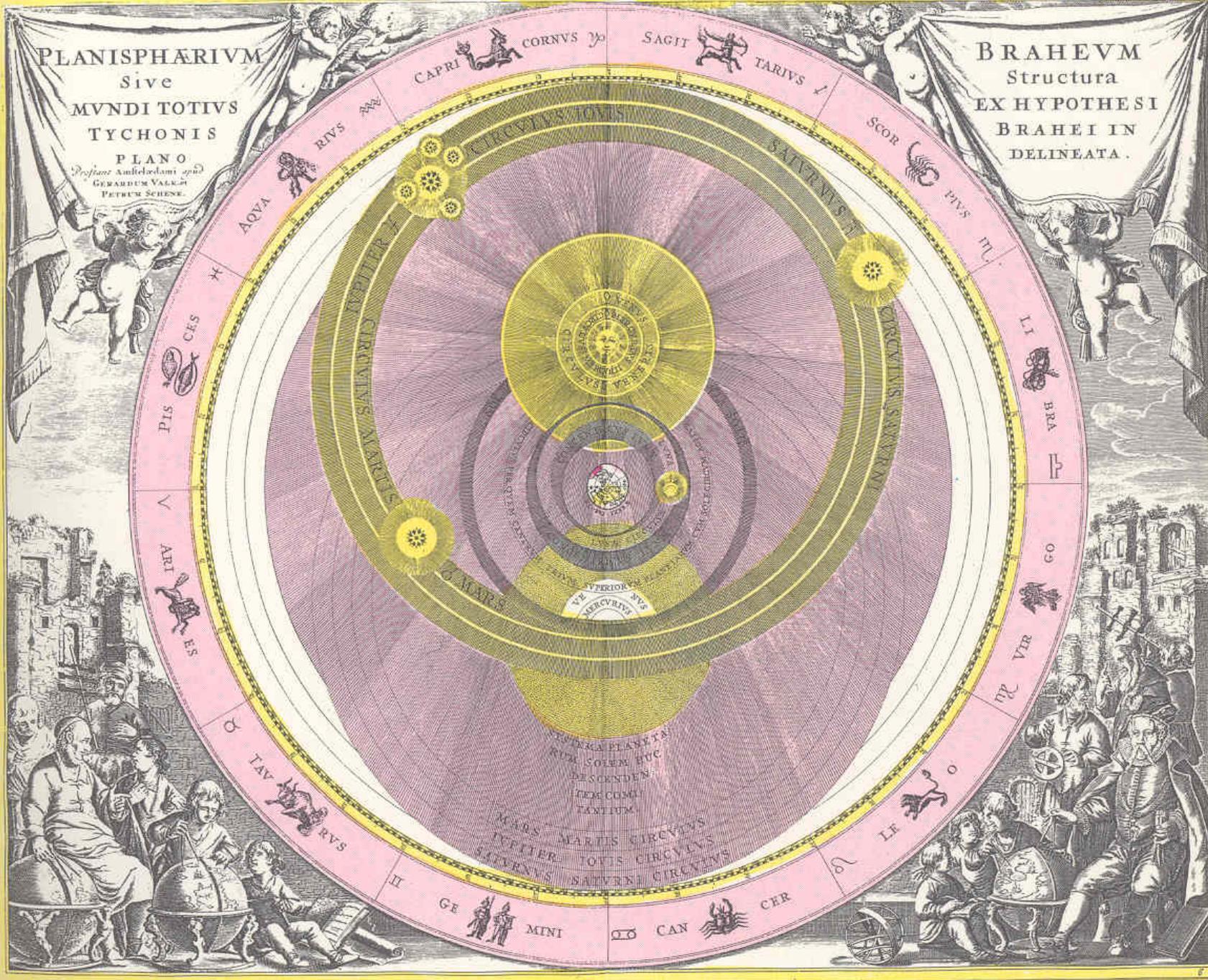
## Un nuovo colpo all'invariabilità dei cieli

- Il suo sistema astronomico è un compromesso che salva 2/7 di Tolomeo senza impegnarsi sull'ipotesi copernicana della mobilità della terra, accettando in modo conservatore il principio della superiorità dei cieli
- Fu però più radicale di Copernico, perché l'intersezione osservata delle orbite di Marte col Sole, comporta che i pianeti non potevano essere incastonati in sfere cristalline: nasce con Brahe il concetto di orbita (*orbis*).

PLANISPHERIVM  
Sive  
MVNDI TOTIVS  
TYCHONIS

PLANO  
Professore Amstelredami episcopi  
GERARDUM VALLIUM  
PETRUM SCHENK.

BRAHEVM  
Structura  
EX HYPOTHESI  
BRAHEI IN  
DELINEATA.



PIS  
CES

ARI  
EES

AQVA  
RIVS

TAV  
RVS

CAPRI  
CORNVS

GE  
MINI

SAGIT  
TARIVS

CAN  
CER

SCOR  
PIVS

VIR  
GO

LE  
O

LI  
BRA

TR  
VIR

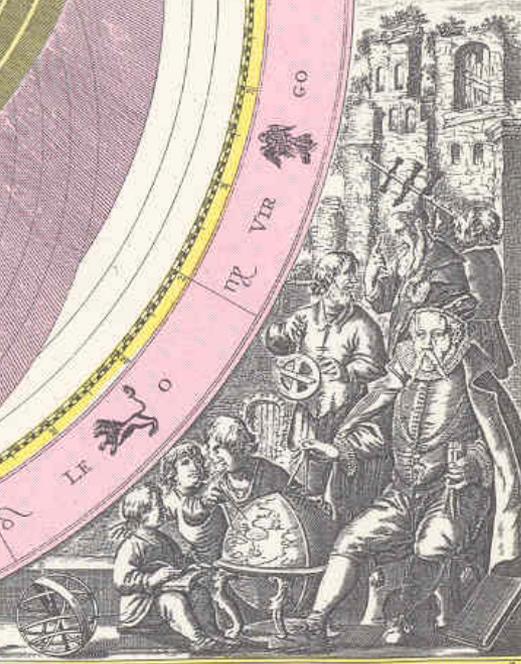
SOL

MERCVRIVS

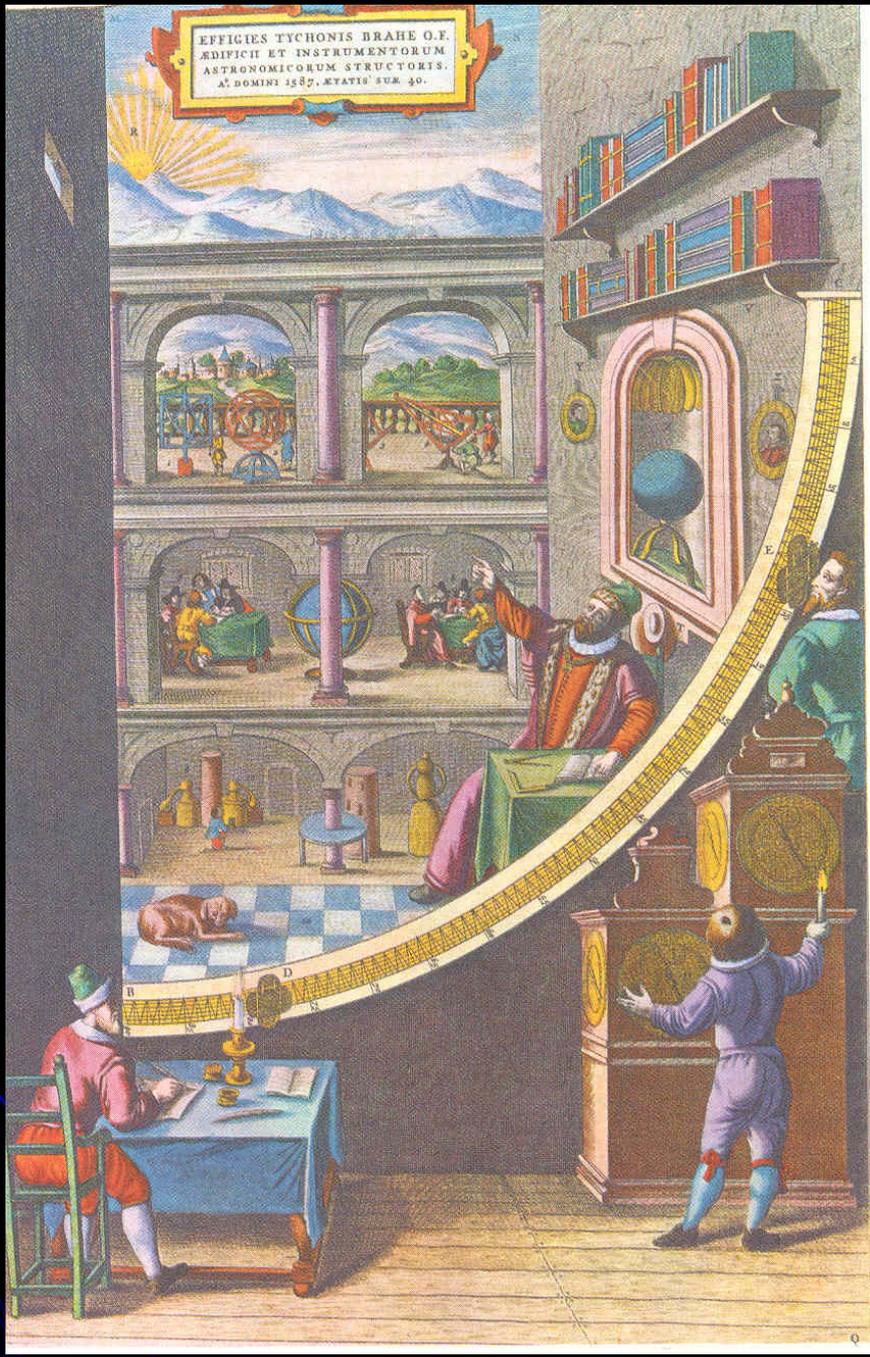
MARS

TERRA PLANETA  
RUM SOLEM HUC  
DESCENDEN  
TEM CUM  
TANTUM

MARS MARTIS CIRCVIVS  
IYPERIOTIS CIRCVIVS  
SATVRNVS SATVRNI CIRCVIVS



EFFIGIES TYCHONIS BRAHE O.F.  
ÆDIFICII ET INSTRUMENTORUM  
ASTRONOMICORUM STRUCTORIS.  
A. DOMINI 1587. ÆTATIS SUE 40.



# Lo spazio diventa infinito

## Il Misticismo di Giordano Bruno

(1548-1600)



- Le prove molto solide di Copernico contro il mondo chiuso di Aristotele sfociano nel misticismo naturalistico di Giordano Bruno: l'infinità dello spazio, l'unicità della materia, la pluralità dei mondi, la potenza creatrice della natura .
- Si intuisce la **necessità di sottoporre a radicale cambiamento l'immagine del mondo.**

GIORDA  
NO BRVNO  
*Nolano.*

De l' infinito vniuerso  
*et Mondì.*

*All' illustrissimo Signor di  
Mauuisiero.*



Stampato in Venetia.  
Anno. M. D. LXXXIII.

[N. 69].

SPACCIO  
DE LA BE  
STIA TRION  
fante, proposto da Giove,  
*Effettuato dal consiglio, Re  
uelato da Mercurio, Recitato da So  
phia, Vdito da Saulino, Regi  
strato del Nolano. Dimiso  
in tre Dialogi, subdi  
uisi in tre parti.*  
(5)

*Consacrato al molto illustre  
et eccellente Caualliero Sig.  
Philippo Sidneo.*

Stampato in Parigi.  
M. D. LXXXIII.

[N. 79].

GIORDA  
NO BRVNO  
*Nolano.*

DE GL' HEROICI  
FVRORI.

*Al molto illustre et eccellente Ca  
ualliero, Signor Philippo  
Sidneo.*



PARIGI,  
Appresso Antonio Baio.  
*l' Anno. 1585.*

[N. 107].

IORDANI  
BRVNI NOLANI  
DE MONADE NVMERO ET  
Figuraliber Consequens Quin  
que DE MINIMO MAGNO  
& Mensura.

*Item*  
DE INNVMERABILIBVS, IM  
mensò, & Infigurabilis seu De Vniuersò  
& Mundis libri octo.  
AD ILLVSTRISSIMVM ET RE  
uerendis. Principem HENRICVM IV  
LIVM Brunsvicensium & Lunbur  
genium ducem, Halberstaden  
sium Episcopum, &c.

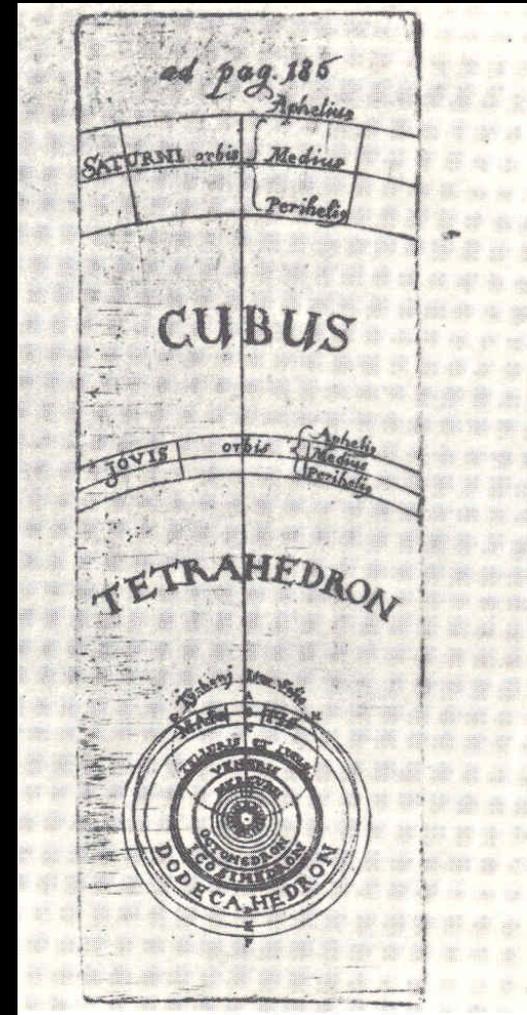


FRANCOVRTI,  
Apud IOAN. Vvechelum & PETRVM  
Fischerum confortes. 1591.

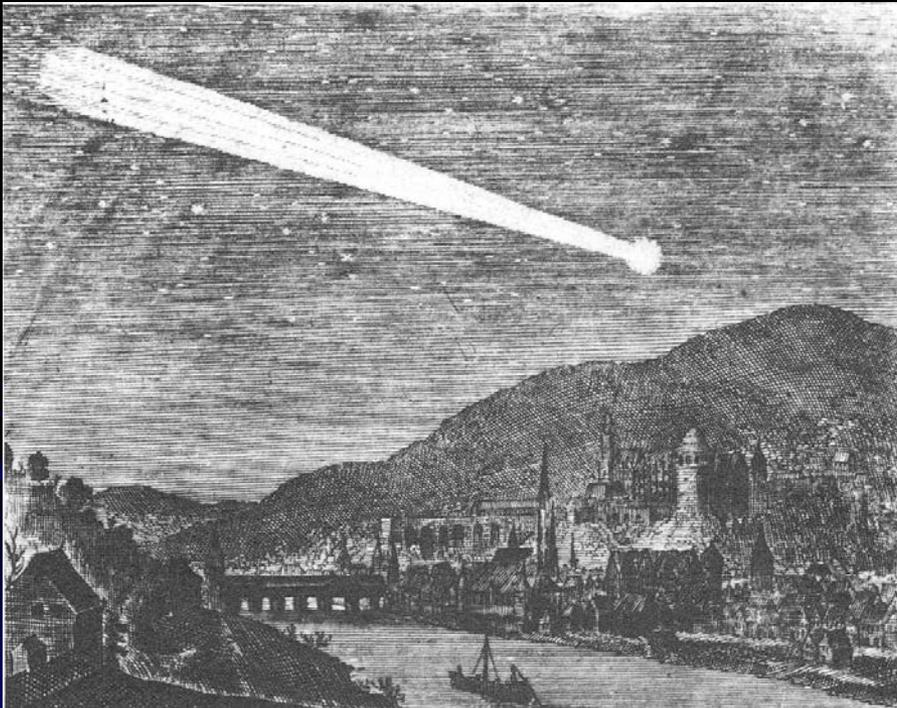
[N. 154].

# KEPLERO (1571-1630) e L'ARMONIA MATEMATICA DEL MONDO

- Per Keplero le orbite dei pianeti sono ellittiche:
- si distrugge per sempre il principio della circolarità
- Si affronta matematicamente il rapporto fra le orbite dei pianeti, la loro velocità ed i tempi del loro periodo
- Si estende l'armonia numerica all'universo, dove i moti dei corpi sono proporzionati a forme geometriche
- Nel cosmo copernicano Keplero introduce la formulazione matematica delle leggi del sistema solare, non più spiegabile con la fisica tradizionale



# Un messaggio dalle stelle



- 1604 una stella brillantissima compare in cielo. Galileo inizia la sua battaglia
- Il rafforzamento dell'osservazione mediante l'impiego del cannocchiale che Galileo ebbe il coraggio di puntare verso il cielo (***Sidereus Nuncius***, 1610)
- **Le sensate esperienze e certe dimostrazioni** in ***Lettera a Cristina di Lorena***
- ***Il dialogo sopra i Massimi Sistemi*** (1632) combatte la centralità ed immobilità della terra, la chiusura dell'universo con le ragioni tratte dall'ipotesi copernicana
- Il confronto fra i massimi sistemi attacca i fatti fondamentali dell'aristotelismo cominciando con la distinzione tra moti naturali (circolari e rettilinei) e violenti, sulla quale si reggeva la distinzione aristotelica tra Cielo e Terra

# DIALOGO

DI

## GALILEO GALILEI LINCEO

MATEMATICO SOPRAORDINARIO

DELLO STUDIO DI PISA.

*E Filosofo, e Matematico primario del*

SERENISSIMO

### GR.DVCA DI TOSCANA.

Doùe ne i congressi di quattro giornate si discorre  
sopra i due

MASSIMI SISTEMI DEL MONDO  
TOLEMAICO, E COPERNICANO;

*Proponendo indeterminatamente le ragioni Filosofiche, e Naturali  
tanto per l'una, quanto per l'altra parte.*

CON PRI



VILEGI.

IN FIRENZA, Per Gio:Batista Landini MDCXXXII.

CON LICENZA DE' SUPERIORI.

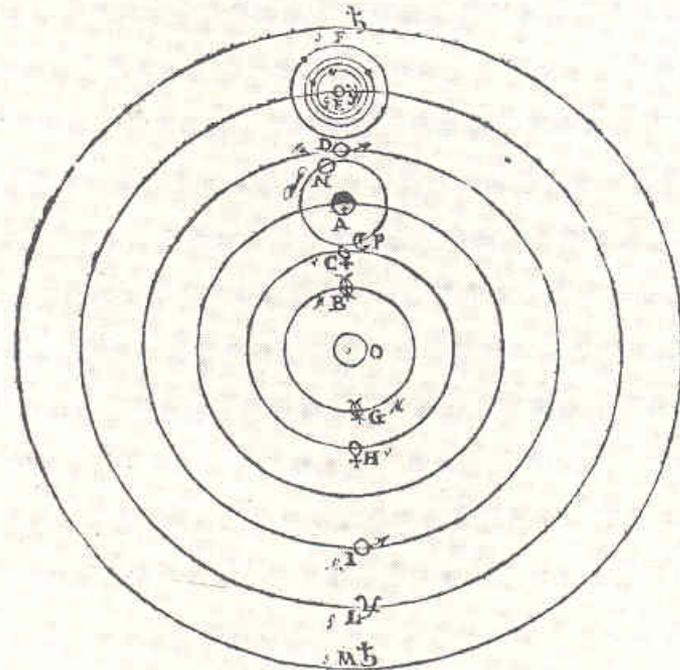
320

Dialogo terzo

**SIMP.** Sia questo segnato A. il luogo del globo terrestre.

**SALV.** Bene stà. De' secondariamente, che voi sapete benissimo, che essa terra non è dentro al corpo solare, nè meno a quello contigua, ma per certo spazio distante, e però assegnate ad Sole qual altro luogo più vi piace remoto dalla terra a vostro beneplacito, e questo ancora contrassegnate.

**SIMP.** Ecco fatto: Sia il luogo del corpo solare questo segnato O,

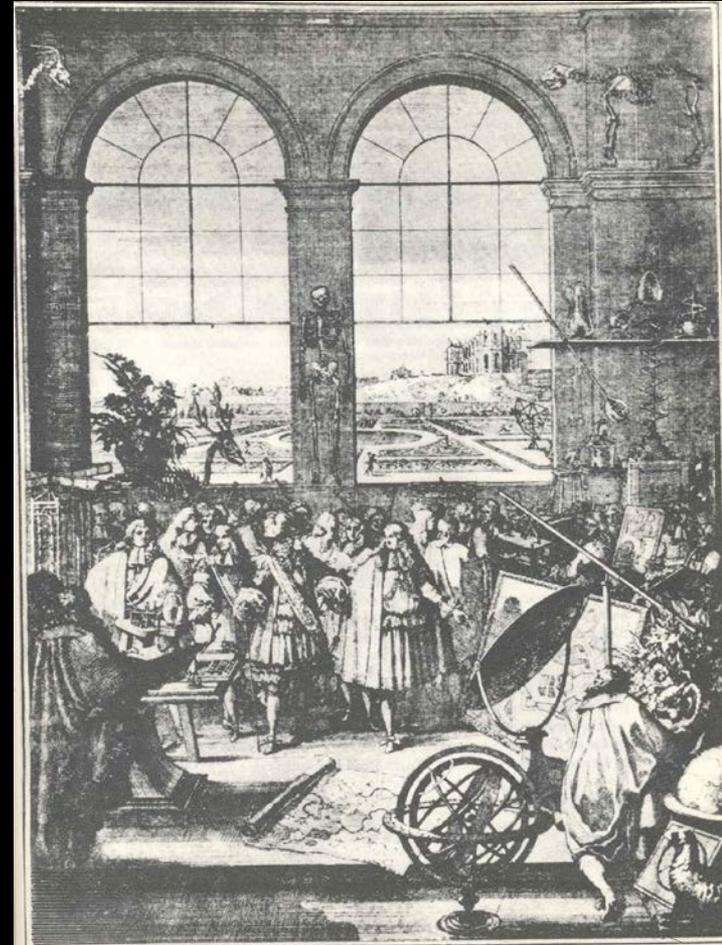


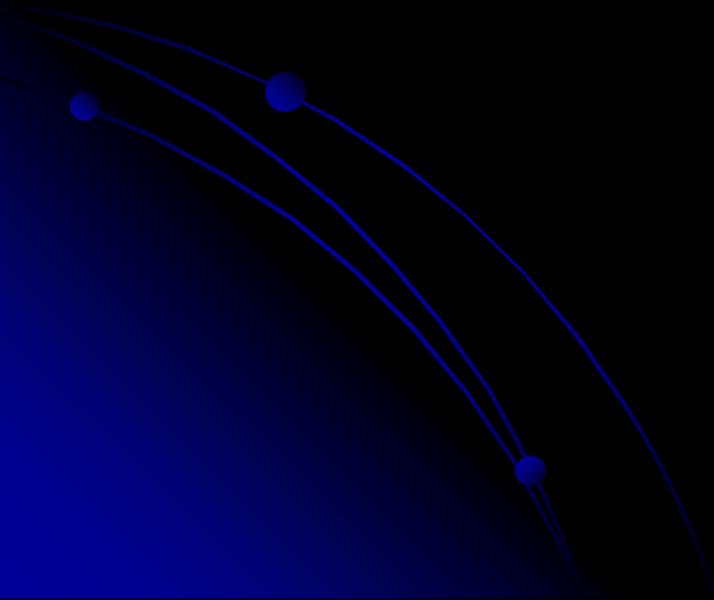
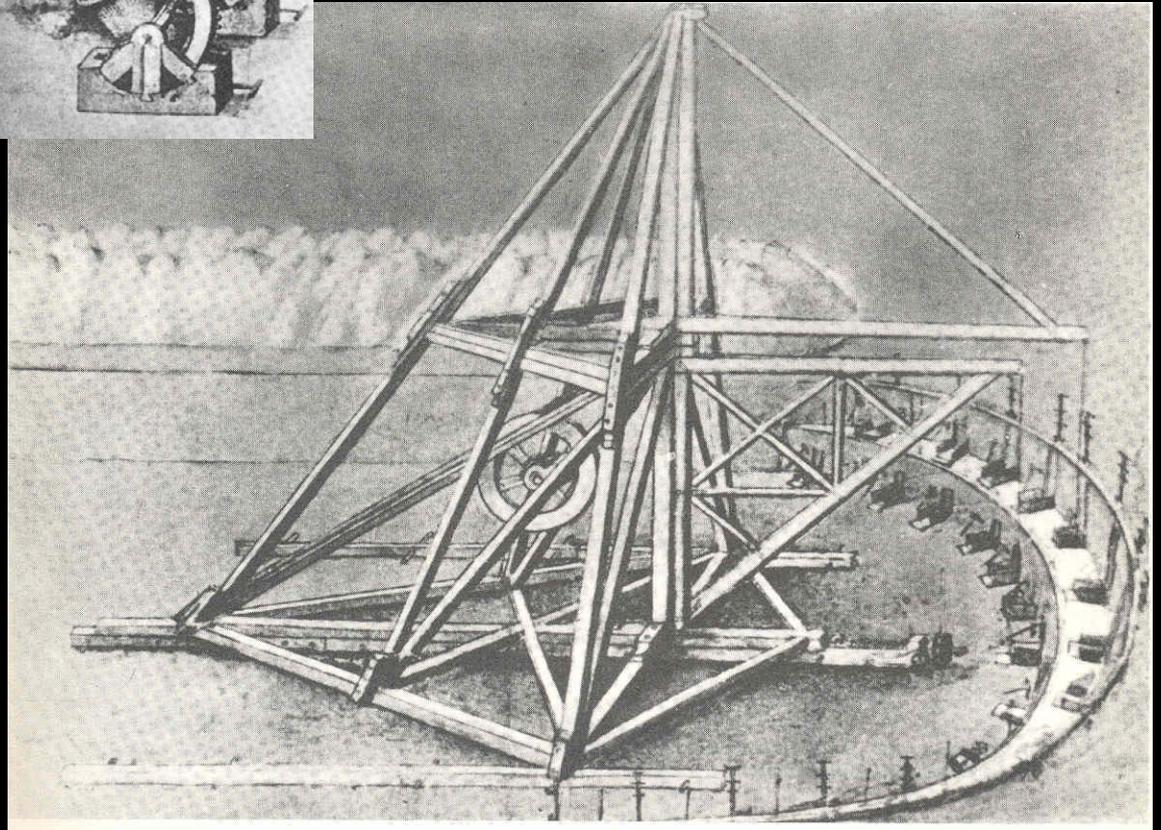
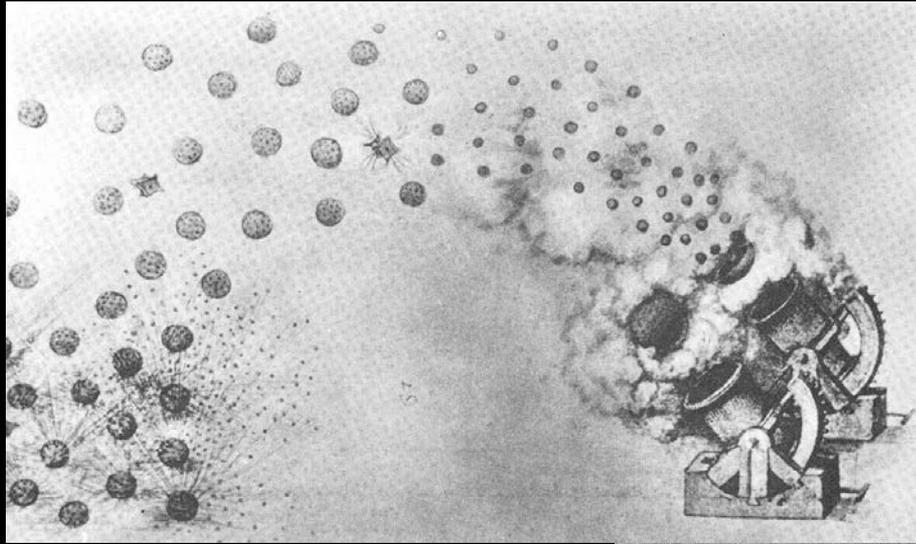
**SALV.** Stabiliti questi due, voglio, che pensiamo di accomodar il corpo di Venere in tal maniera, che lo stato, e movimento suo possa sodisfar' a ciò, che di essi ci mostrano le sensate apparen-

25

# Progressi tecnici e metodo scientifico (1550-1640)

- L'interscambio tra teoria scientifica ed esperienza :la invenzione della stampa la bussola, (tra XV e XVI sec) e l'artiglieria e il cannocchiale (tra il XVI e XVII sec)
- Nasce l'interscambio tra disegno e misura, rigore formale e ragionamento, un insieme di regole logiche e di procedure sperimentali rappresenta la nascita di un metodo scientifico
- Entro il rapporto uomo natura, gli apparati di osservazione e misura, perfezionati dalle botteghe artigiane, interscambio tra teoria scientifica ed esperienza, generano il passaggio dal “**pressapoco al calcolo esatto**”, si impone misura e quantificazione allo spazio e al tempo
- Nascono le accademie in Francia, in Inghilterra a Roma (Accademia dei Lincei) e per contro la difesa delle arti meccaniche in nome dell'utilità:la scienza come dominio sociale sulla natura
- Francesco Bacone (1561-1626) contrappone alla cultura erudita, filosofica e speculativa la nuova **logica della scoperta e dell'esperimento**: gli Enciclopedisti videro in lui il profeta di una nuova era che strappa alla natura i suoi segreti, la ricerca scientifica è un fatto collaborativo, pubblico e comunicabile, non l'eccezionale compito di pochi eletti.







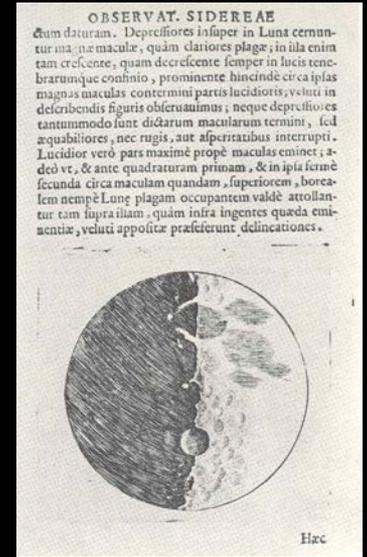
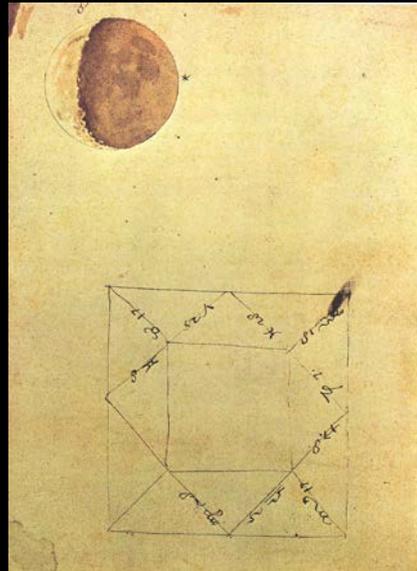
ISTORIA  
 E DIMOSTRAZIONI  
 INTORNO ALLE MACCHIE SOLARI  
 E LORO ACCIDENTI  
 COMPRESSE IN TRE LETTERE SCRITTE  
 ALL' ILLVSTRISSIMO SIGNOR  
 MARCO VELSERI LINCEO  
 DVVMVIRO D'AVGVSTA  
 CONSIGLIERO DI SVA MAESTA CESAREA  
 DAL SIGNOR  
 GALILEO GALILEI LINCEO

*Nobil Fiorentino, Filosofo Matematico Primario del Sereniss.  
 D. COSIMO II. GRAN DVCA DI TOSCANA.*

Si aggiungono nel fine le Lettere, e Disquifizioni del finto Apelle.



IN ROMA, Appresso Giacomo Mascardi. MDCXIII.  
 CON LICENZA DE' SVPERIORI.



# Compiti e caratteri della scienza fisica in Galileo

## Rigore dell'indagine scientifica ed apertura verso il mondo della tecnica

- Compito della fisica è la conoscenza della natura.
- Distinzione profonda tra la conoscenza scientifica intesa come conoscenza *per causas* e la ricerca galileiana che si limita a studiare il comportamento del moto qualunque possa essere la causa che lo produce
- Il rapporto causale è inteso allora come successione tra due fenomeni ,non si indaga più il fine della natura ma il significato dei singoli fenomeni nell'ordine complessivo dell'universo
- Scienza come descrittiva dei fenomeni, ma capace di spiegare un fenomeno attraverso una teoria matematica dalla quale possa essere dedotto il comportamento del fenomeno osservato .
- Gli assiomi e i casi generali non sono dunque ricavati dall'esperienza, possono addirittura apparire contrari, ma la teoria su essi basata può essere una teoria scientifica purché le conseguenze dedotte da essa trovino conferma nell'esperienza
- Differenza tra teoria fisica (che deve giungere ai fenomeni, se le sue conseguenze non trovano conferma, cessa di avere valore scientifico) e matematica (non richiede alcun controllo dell'esperienza) “quello che l'esperienza e il senso ci dimostra si deve anteporre al discorso , ancorché ne paresse assai ben fondato”.
- La teoria matematica ci permette di formulare con estrema esattezza i principi delle teorie e di determinarne rigorose conseguenze .in tal modo ci pone in grado di non ripudiare una teoria se a prima vista essa ci pare contraria all'esperienza .più è rigorosa più saranno decisive le risposte dell'esperienza e meglio saremo in grado di confermarle ,attraverso anche la precisazione della nostra osservazione sensibile dei dati empirici con strumenti potenti ed adeguati (telescopio, microscopio, piano inclinato).
- Ogni successo applicativo delle teorie scientifiche equivale ad una efficacissima conferma della loro validità. La scienza non può isolarsi dal mondo.

# Il metodo sperimentale la fiducia nella ragione

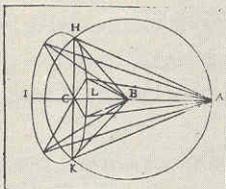
- Critica al principio di autorità (tradizione filosofica medioevale e tradizione religiosa).
- Galileo non nega l'autorità della chiesa ma che i testi sacri ci offrano l'unica via di giungere al vero (non c'è conflitto perché entrambe ci guidano al vero).
- Diversità dal pensatore medioevale egli rivendica alla ricerca scientifica una piena e completa autonomia :indipendenza e non opposizione.
- Più autorevole di ciascun pensatore è il libro della natura ,che ci fornisce verità sicure se lo sappiamo interrogare con metodo scientifico
- **La meccanica di Galileo:** a lui spetta il merito di aver dato inizio alla dinamica. I primi due principi di Newton  
sono di origine galileiana :
  - 1) il principio di inerzia(costanza della velocità iniziale,sua composizione con le velocità variabili prodotte da forze acceleratrici estranee, sopraggiunte, anche in direzione diversa –spiegazione dei moti dei proiettili –( per Galileo comunque non è ancora chiaro che il moto inerziale non è circolare: Hoygens introdurrà le forze centripete e Newton introdurrà l'attrazione delle masse celeste)
  - 2) il secondo principio della dinamica: le forze applicate ai corpi non imprimono velocità ma accelerazioni direttamente proporzionali alle forze che le hanno causate
  - L'accelerazione galileiana smentiva l'assunto aristotelico che l'applicazione di una forza costante mantiene il corpo in moto a velocità costante.

# Galileo, le forze e il metodo

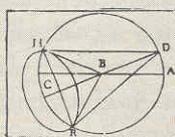
- Al secondo principio sono connesse il concetto di **accelerazione** come variazione di velocità e la determinazione del concetto di **massa** di un corpo come rapporto proporzionale tra le forze ad esso applicate e le accelerazioni prodotte da tali forze .
- La forza che Galileo studia è **la gravità** e stabilisce la legge del moto naturalmente accelerato e dei moti composti :definitiva sconfitta del mondo aristotelico
- **L'astronomia galileiana confuta la teoria della incorruttibilità dei cieli** (in contrasto con le macchie solari e della luna)
- Dimostra la possibilità di moti celesti aventi un centro diverso dalla terra e quindi la misurazione del fenomeno conferma la tesi copernicana , attraverso l'eliminazione delle obiezioni mosse da Tolomeo al moto della terra (la meccanica galileiana per contro spiega perfettamente la caduta dei gravi )
- la natura si interroga, non si ascolta, si cerca di conoscere le leggi dei fenomeni cioè le loro proporzioni matematiche.
- Ad ogni fenomeno deve corrispondere un numero inteso come misura dei fenomeni stessi .la misura permette la compenetrazione tra esperienza e matematica, indispensabile al processo scientifico
- *E' possibile che l'esperienza ci inganni ?* Simplicio affronta nell'ultima pagina dei dialoghi il cosiddetto "argomento di Urbano III" (nessuna prova è verace). Il dialogo, per motivi di censura, termina dicendo che è impossibile trovare una risposta. In realtà il Tribunale dell'Inquisizione non ci cascò. Galileo infatti rimase sempre convinto che l'esperienza, se intelligentemente interrogata e scrupolosamente osservata, non ci inganna: lo scienziato studia la natura come essa si esprime nei fatti empirici non come potrebbe essere una realtà che sfugge per principio ad ogni controllo. **LA CONCEZIONE MECCANICISTA parte da Galileo, che non aveva interesse per la speculazione filosofica ma voleva far capire l'importanza di costruire una nuova scienza dotandola di metodi efficaci a fornire soluzioni valide ai problemi.**

IL SAGGIATORE

producuntur, ut luminosum corpus, ex cuius existunt lumine, quocunque illud sese conuerterit, sequaci, obsequenti, motu consequantur. Ita

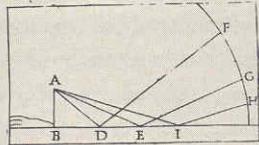


Iris I H L, qua Sole existente in Horizonte A verticem sui semicirculi habet in H. si Sol intelligatur eleuari ex A vsque ad D, descendet ipsa ex opposita parte, & verticem sui arcus H, ad Horizontem inclinabit, & quò altius Sol eleuabitur, eò magis Iridis vertex H deprimetur.



Ex quo patet eandem semper in partem Iridem moueri, in quam Sol ipse fertur. Idem obseruari potest in Aretis, Coronis, & Pareljjs: hæc siquidem omnia cum luminoso, à quo sunt, certo intervallo coronentur,

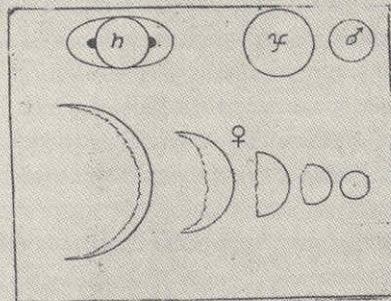
ad illius etiam motum in eandem semper partem feruntur. Idem etiam apertissimè deprehenditur in imagine luminosa, quam Sol ad Occasum stans in superficie Maris, ac fluminum formare solet. Hac enim quò magis à nobis Sol remouetur, eò etiam abscedit magis, donec illo occumbente euanescat. Sit enim superficies Maris visa B I



in sensibilibiter à plana superficie differens, sit oculus in litore positus in A Sol primum in F. Ducantur ad D radij F D, D A facientes angulos A D B, F D E incidentiæ, & reflexioni, æquales in D; videbitur ergo lumen Solis in D. Descendat iam idem Sol ad G, atque eadem ratione, qua prius, ducantur à Sole G, atque

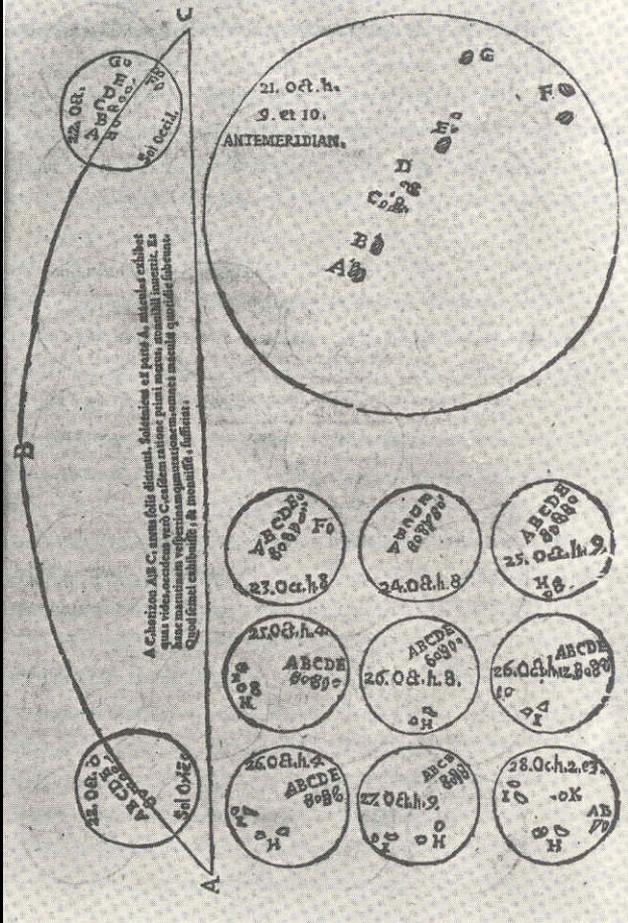
DEL SIG. GALILEI.

ducete sino à dannar con lunghi discorsi chi prende il termine vstitatissimo d' infinito per grandissimo. Quando noi abbiamo detto, che il Telecopio spoglia le Stelle di quello irraggiamento, abbiamo voluto dire, ch' egli opera intorno à loro in modo, che ci fa vedere i lor corpi terminati, e figurati, come se fossero nudi, e senza quello ostacolo, che all'occhio semplice asconde la lor figura. E egli vero Sig. Sarri, che Saturno, Gioue, Venere, e Marte all'occhio libero non mostrano trà di loro vna minima differenza di figura, e non molto di grandezza seco medesimi in diuersi tempi? e che coll'occhiale si veggono Saturno, come appare nella presente figura, e Gioue, e Marte, in quel modo sempre; e Venere in tutte queste forme diuersæ e quel, ch'è più merauiglioso con simile diuersità di grandezza? si che cornicolata mostra il suodisco 40. volte maggiore, che rotonda, e Marte 60.



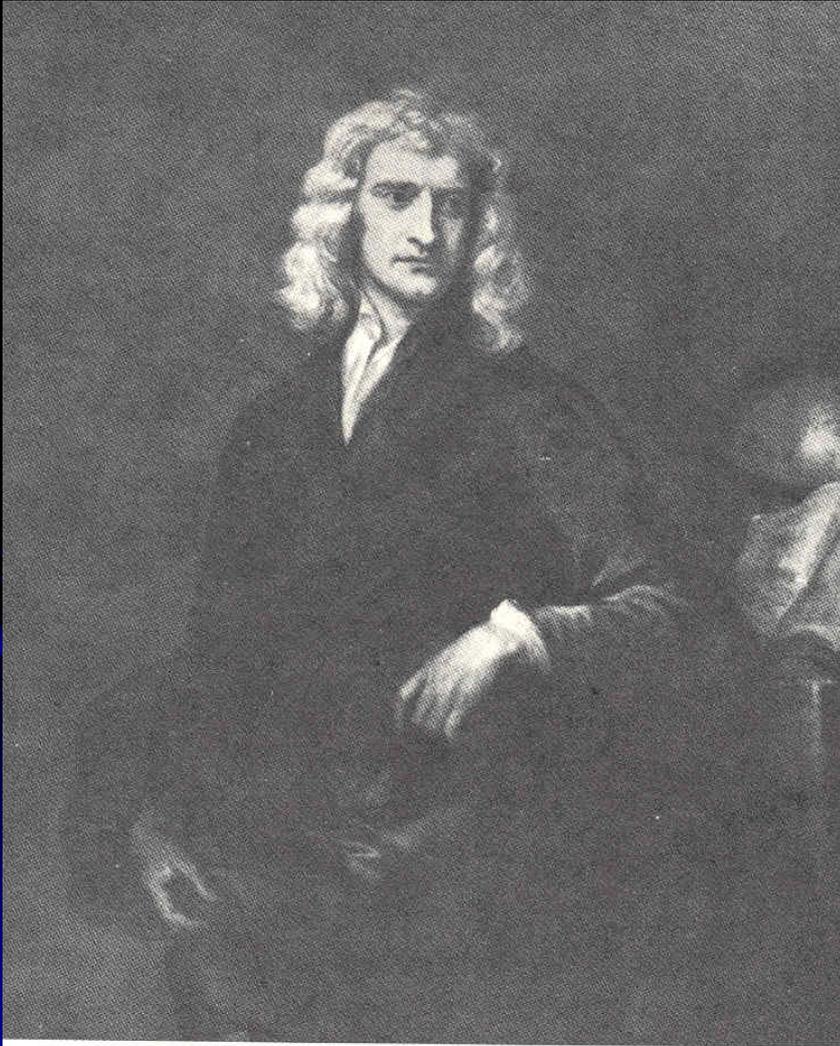
volte, quando è perigeo, che quando è a pogeo, ancorche all'occhio libero non si mostri più che 4. o 5. ? Bisogna, che rispondiate di sì, perche queste son cose sensare, ed eterne, si che non si può sperare di poter per via di fillogimi dare ad E e inten-

Mænia in Sole apparentes, obseruata Anno 1611. ad latitudinem grad. 48. min. 40.



# L'ORDINE MECCANICO DEL MONDO

## LA SINTESI NEWTONIANA



- La scoperta delle leggi del moto dei corpi nello spazio infinito, attraverso il concetto galileiano di accelerazione ed il principio di inerzia, come esplicitamente formulato da Cartesio
- L'accertamento dell'esistenza, respinta dall'aristotelismo, del vuoto pneumatico, con gli esperimenti della pressione atmosferica e sui gas
- L'idea dello spazio come puro contenitore della materia che non lo riempie in modo totale
- Emerge con Newton una visione corpuscolare dell'universo, con materia ovunque diffusa, in movimento dotata di massa e di inerzia
- **Scomparsa la differenza tra mondo sublunare e quello celeste si estendono anche allo studio del cosmo i principi dinamici riconosciuti ai corpi terrestri**
- La materia dotata di inerzia, una volta avviato il sistema non richiede nessuna forza per conservarsi
- La forza che causa la caduta delle pietre è la stessa che lega i pianeti al Sole: la forza di gravità: **il mondo è una grande macchina**
- La nuova cosmologia è formata da un numero infinito di corpuscoli in moto secondo le leggi dell'inerzia e della gravità

