

A portrait of Galileo Galilei, an Italian astronomer, physicist, and engineer, depicted with a full beard and dark hair, wearing a dark coat. The portrait is set against a white background within a larger black frame.

**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

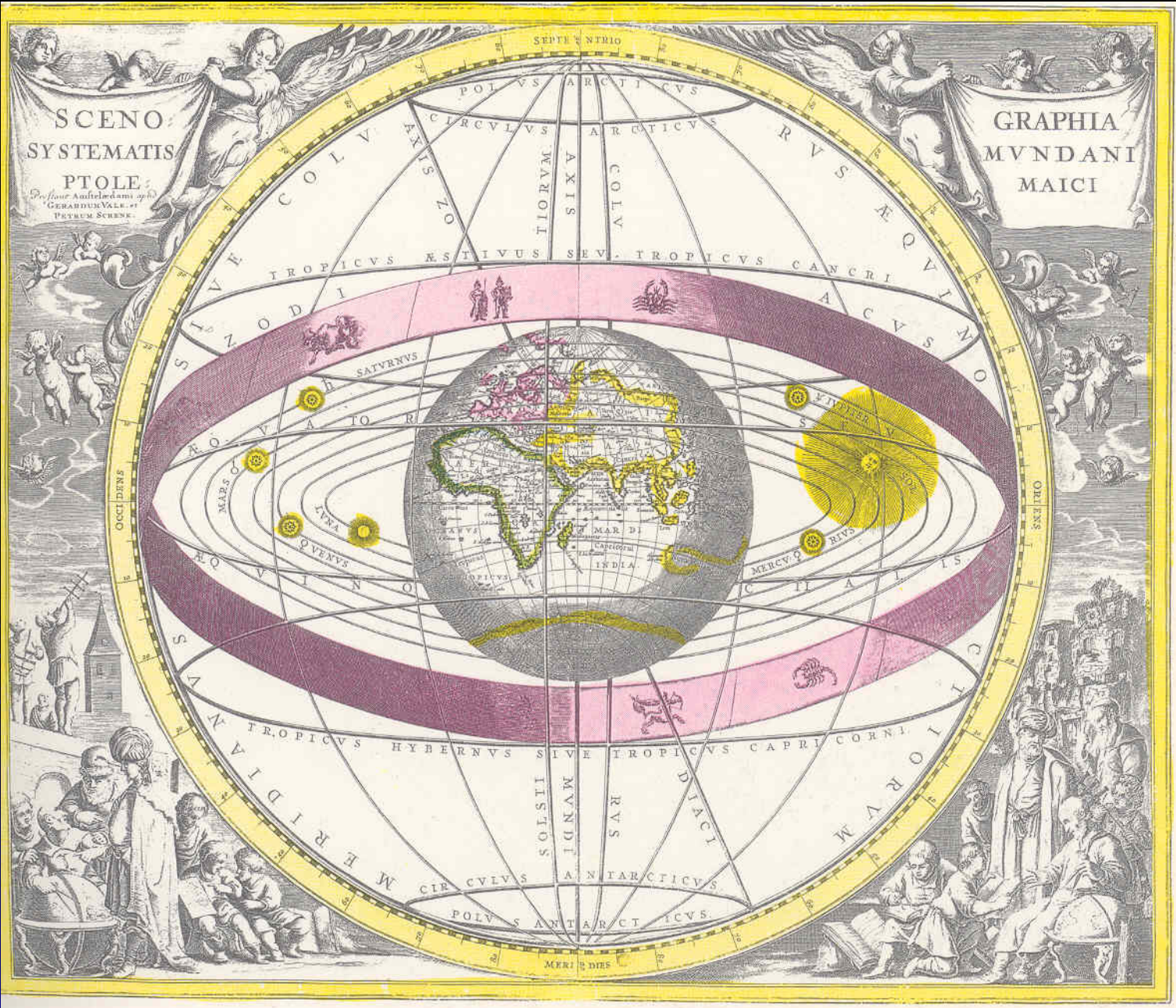
La verità scientifica è intrinsecamente dialettica incompatibile con ogni pretesa di staticità

- 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

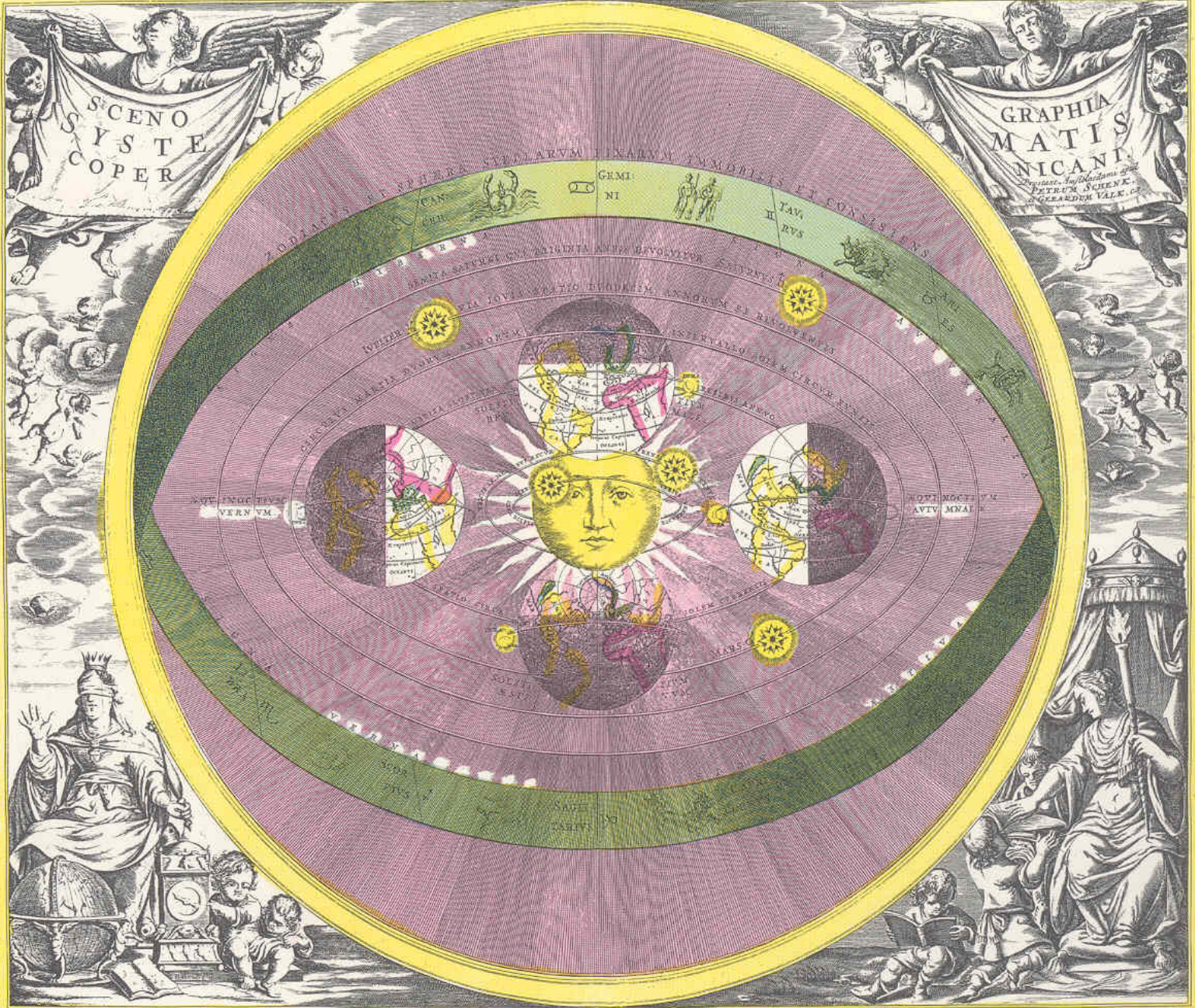
- Il medioevo cristiano sintetizza la conoscenza fisica e la filosofia dell'ordine naturale di Aristotele unita a la sistemazione matematica dei fenomeni astronomici attuata da Tolomeo
- Il sistema aristotelico tolemaico è vicino al senso comune: la concezione dei cieli come una serie di sfere concentriche, 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
- Oslander dichiarò che questa posizione era una mera ipotesi di calcolo nulla dicendo sul moto fisico della Terra e perciò non violava le scritture



SCENO
SYSTE
MATA
COPERNICANUM

GRAPHIA
MATHEMATICANUM

GEMI
NI

JAV
RVS

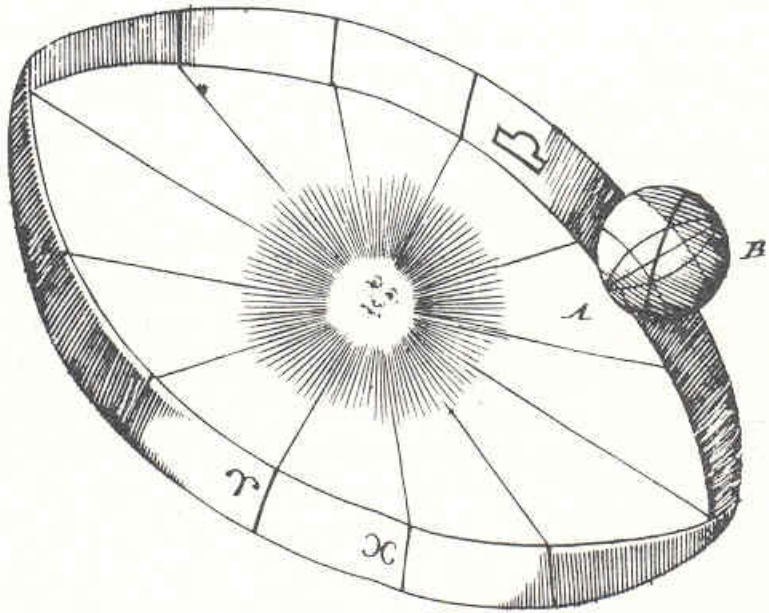
INTE
RDUCE
RE
VERVM

AD
MOTVS
AVT
MORVS



F. III.

Moti della Terra secondo Copernico. e qualche altro
Autore.



Tycho Brahe (1546-1601) e le comete.

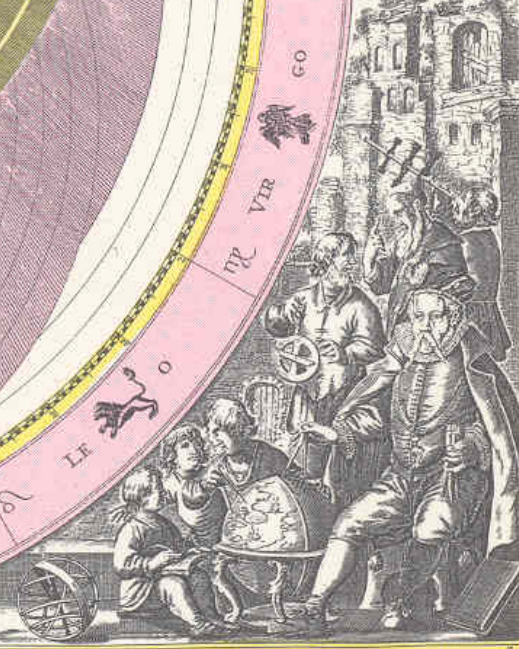
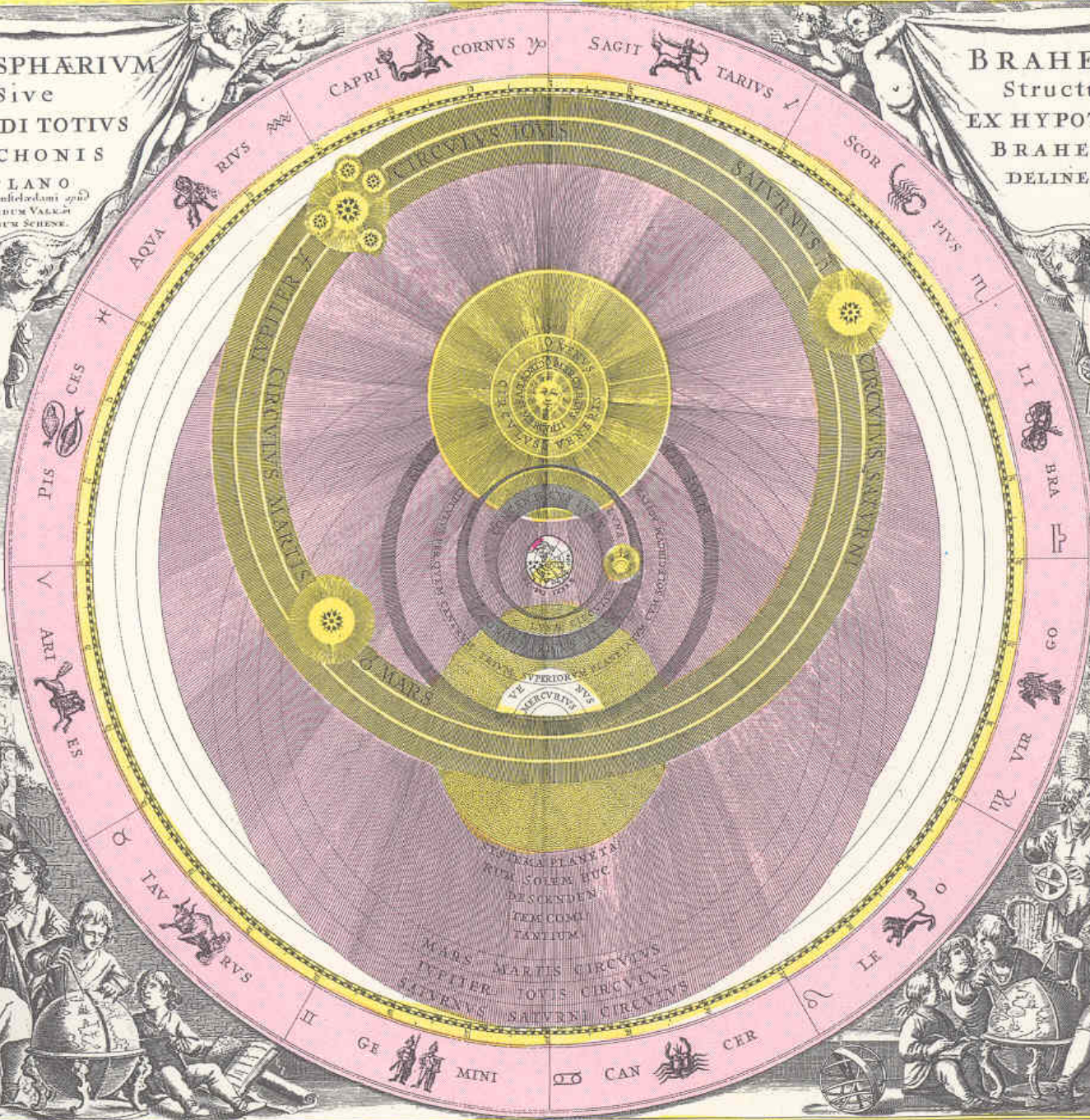
Un nuovo colpo all'invariabilità dei cieli

- 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*).

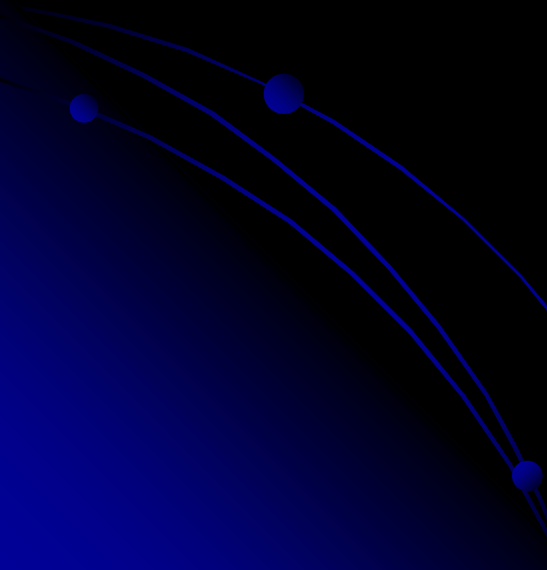
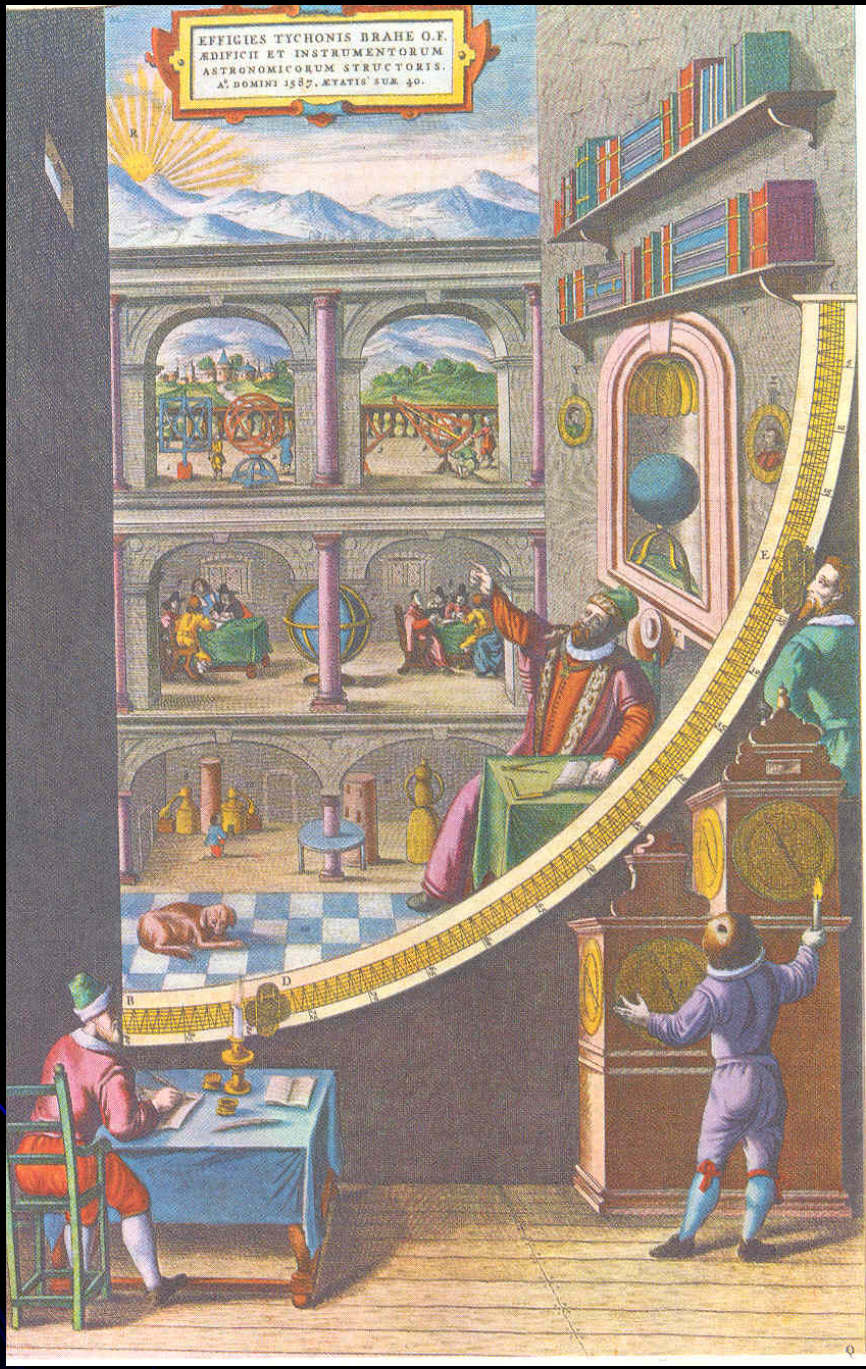
PLANISPHERIVM
Sive
MVNDI TOTIVS
TYCHONIS

PLANO
Professore Amstelredami episcopi
GERARDUM VALLIUM
PETRUM SCHENK.

BRAHEVM
Structura
EX HYPOTHESI
BRAHEI IN
DELINEATA.



EFFIGIES TYCHONIS BRAHE O.F.
ÆDIFICII ET INSTRUMENTORUM
ASTRONOMICORUM STRUCTORIS.
A. DOMINI 1587. ÆTATIS SÆV. 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 & Lunebur
genium ducem, Halberstaden
sium Episcopum, &c.

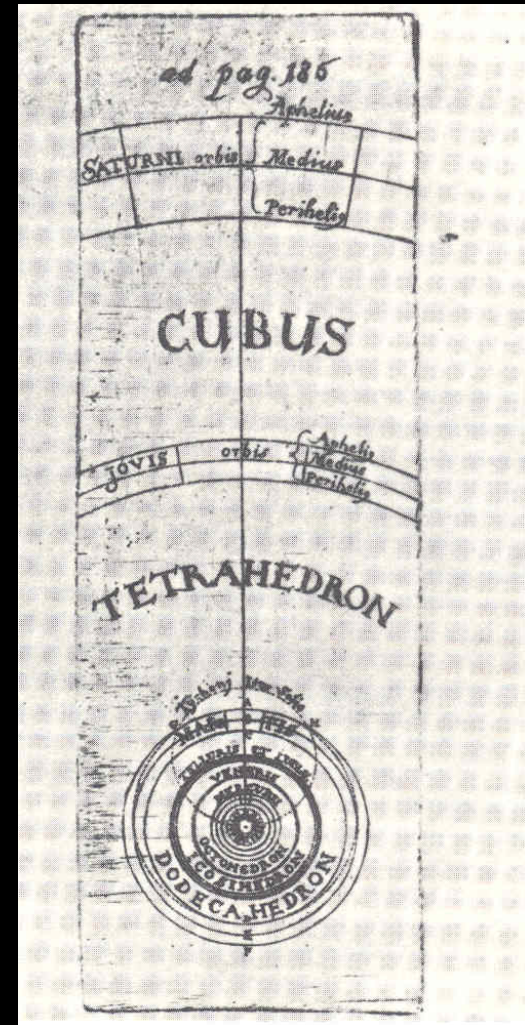


FRANCOVRTI,
Apud IOAN. Vvechelum & PETRVM
Fischerum confortes. 1591.

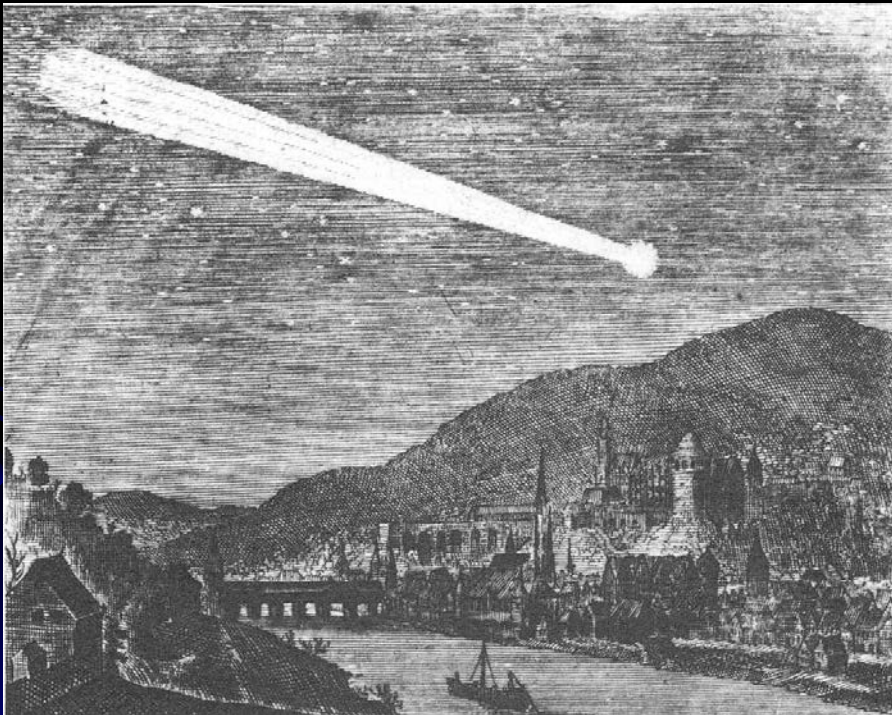
[N. 154].

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.

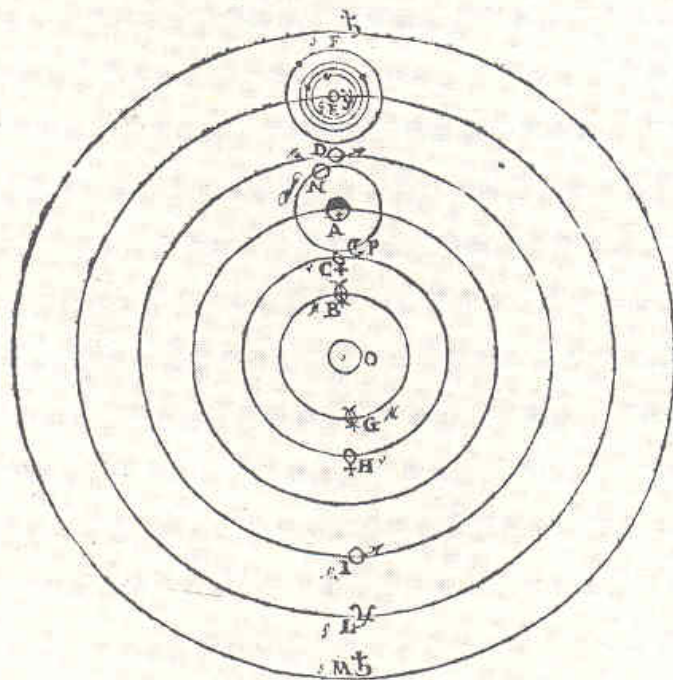
320

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,



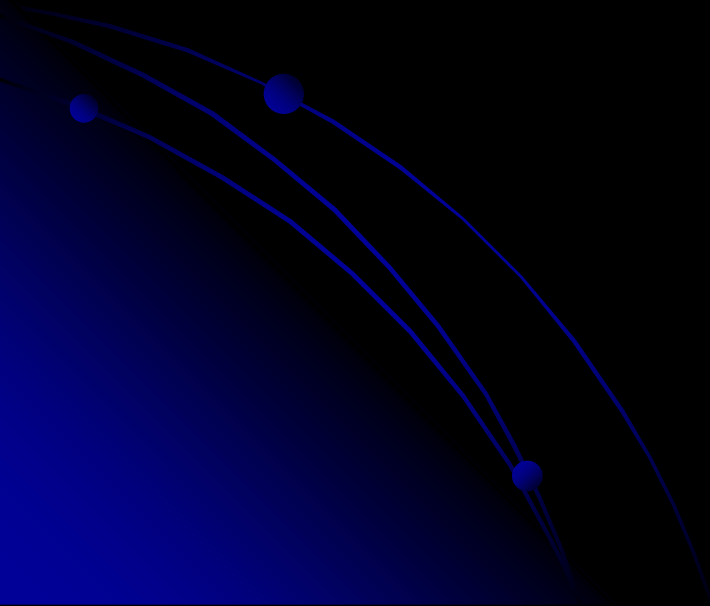
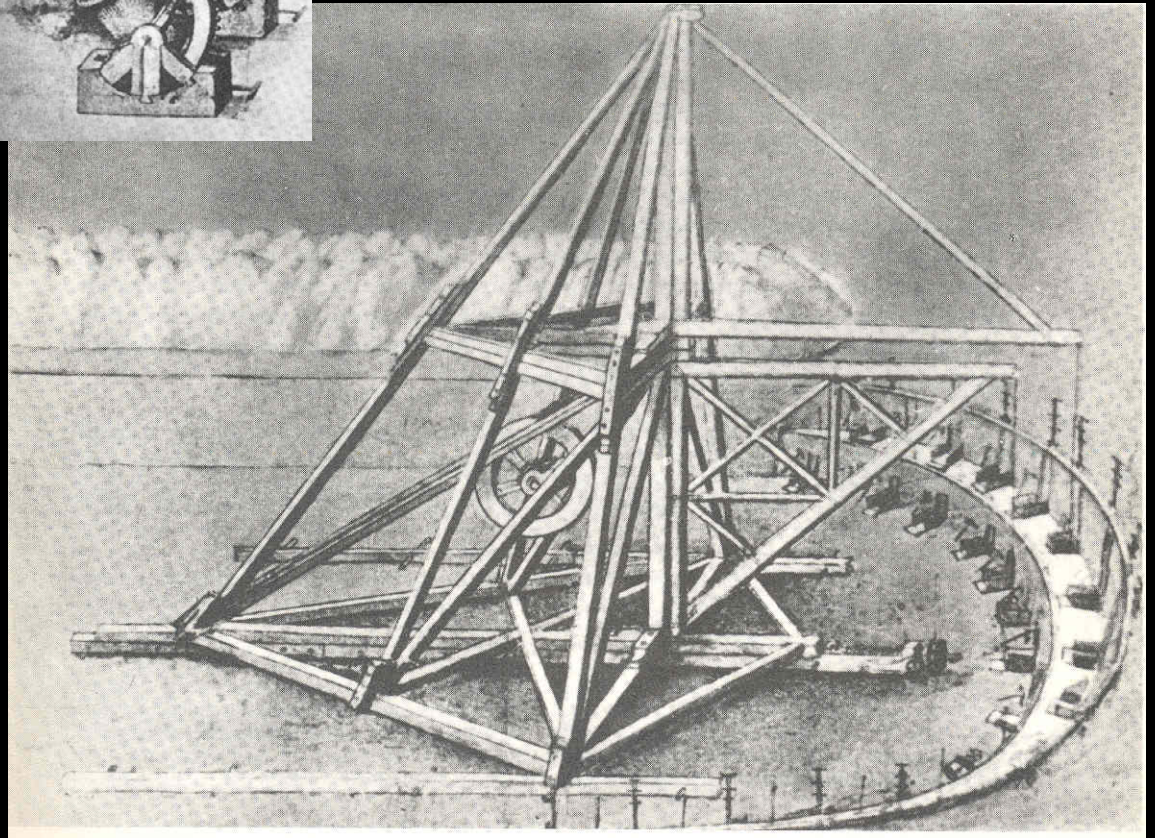
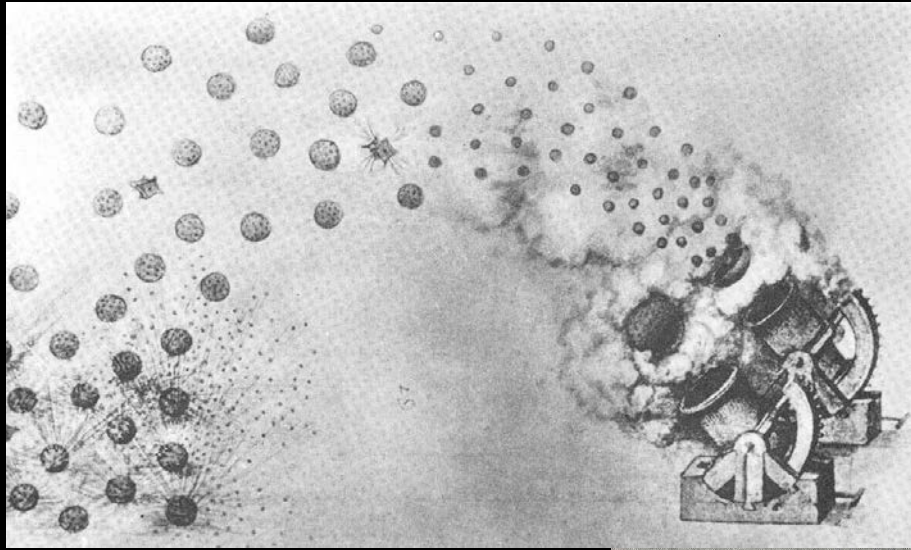
SALV. Stabiliti questi due, voglio, che pensiamo di accomodar il corpo di Venere in tal maniera, che lo stato, e movimento suo possa sodisfar' a ciò, che di essi ci mostrano le sensate apparen-

25

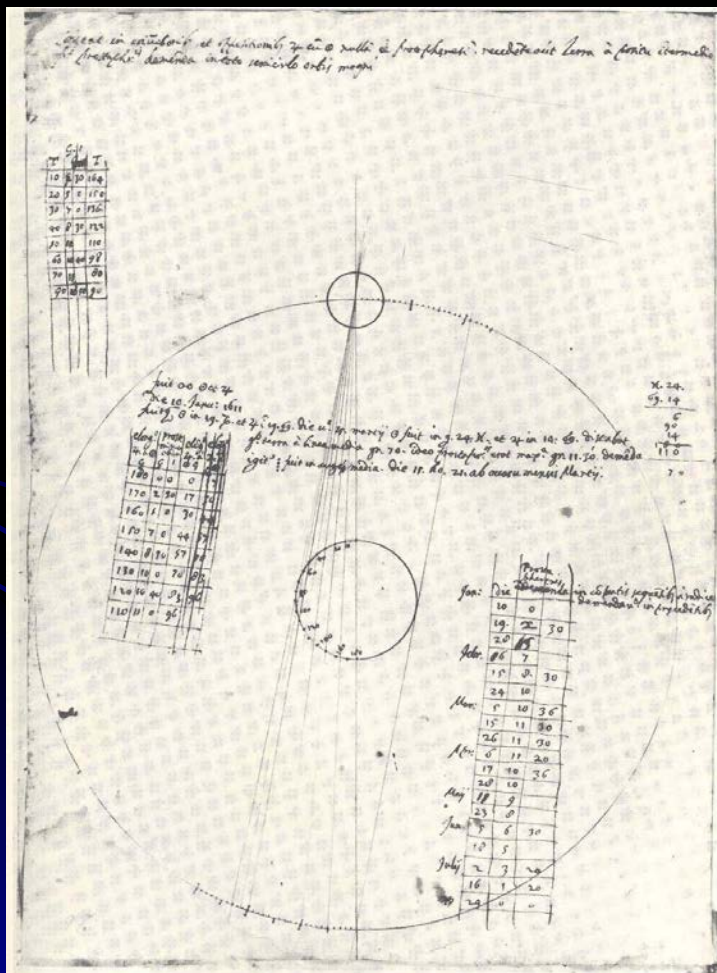
Progressi tecnici e metodo scientifico (1550-1640)

- 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.





Galileo e l'oggettività matematica della natura



- Il mondo è un intreccio di forze calcolabili e corpi misurabili
- Si abbandonano la ricerca delle qualità essenziali o occulte per la determinazione dei rapporti quantitativi tra i fenomeni
- L'universo è un libro aperto scritto con triangoli cerchi ed altre figure geometriche, scritto in termini matematici: completa descrizione del moto dei corpi, legge della caduta dei gravi, caratteri del moto sul piano inclinato, natura composta della traiettoria dei proiettili
- L'andamento del moto non dipende dalla situazione qualitativa dei corpi nello spazio, ma dal sistema di riferimento adottato dall'osservatore: **RELATIVITA' GALILEIANA**

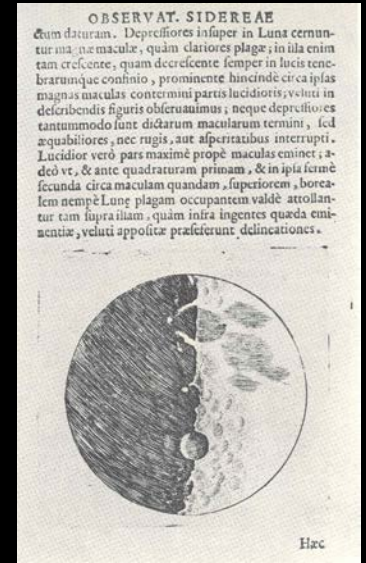
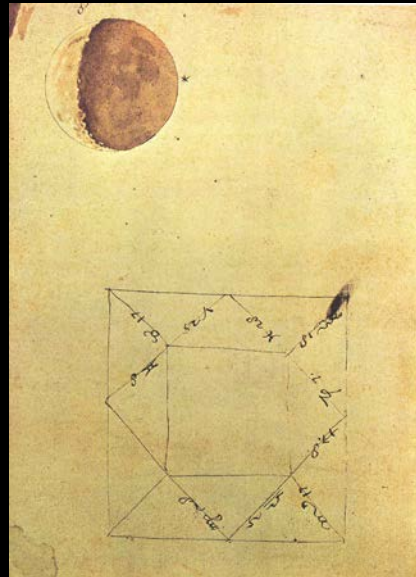
ISTORIA
E DIMOSTRAZIONI
 INTORNO ALLE MACCHIE SOLARI
 E LORO ACCIDENTI
 COMPRESSE IN TRE LETTERE SCRITTE
 ALL' ILLVSTRISSIMO SIGNOR
MARCO VELSERI LINCEO
 DVVMVIRO D'AVGVSTA
 CONSIGLIERO DI SVA MAESTA CESAREA
 DAL SIGNOR
GALILEO GALILEI LINCEO

*Nobil Fiorentino, Filosofoe 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 Mafcardi. 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.

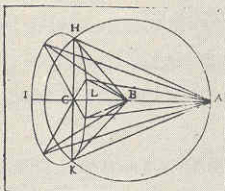
Il metodo sperimentale la fiducia nella ragione

- 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.

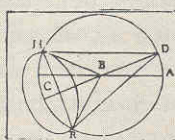
Galileo, le forze e il metodo

- 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.**

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

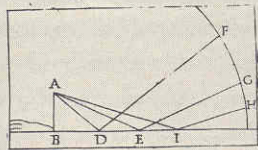


Iris I H L, qua Sole existente in Horizonte A verticem sui semicirculi habet in H. si Sol intelligatur eleuari ex A vsque ad D, descendet ipsa ex opposita parte, & verticem sui arcus H, ad Horizontem inclinabit, & quò altius Sol eleuabitur, eò magis Iridis vertex H deprimetur.



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,

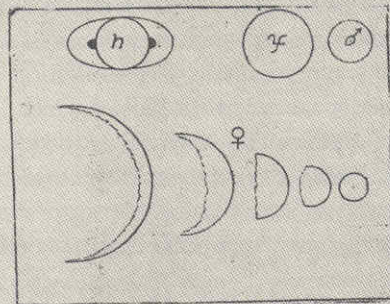
ad illius etiam motum in eandem semper partem feruntur. Idem etiam apertissimè deprehenditur in imagine luminosa, quam Sol ad Occasum stans in superficie Maris, ac fluminum formare solet. Hac enim quò magis à nobis Sol remouetur, eò etiam abscedit magis, donec illo occumbente euanescat. Sit enim superficies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



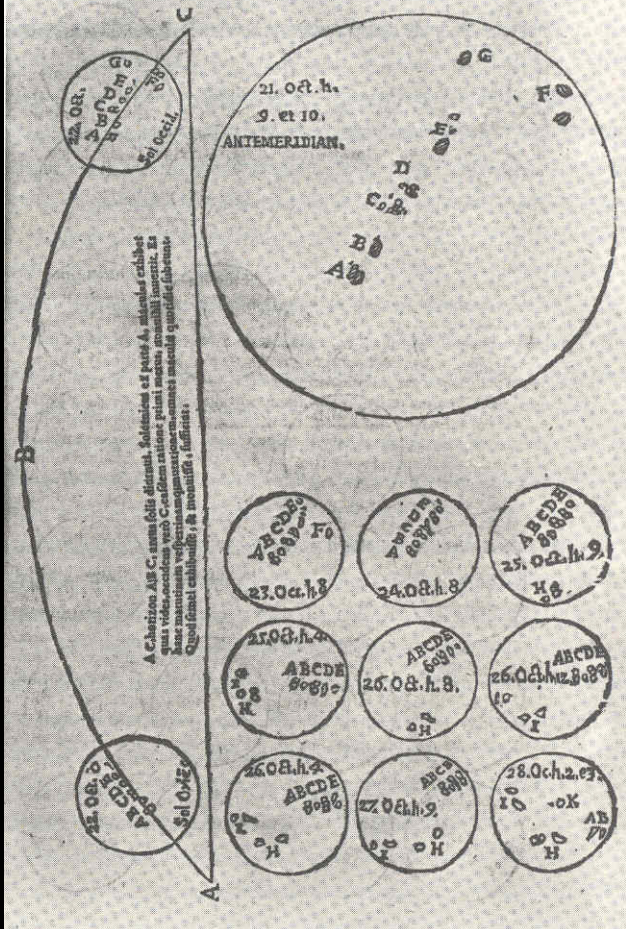
in sensibilibiter à plana superficie differens, sit oculus in litore positus in A Sol primum in F. ducantur ad D radij F D, D A facientes angulos A D B, F D E incidentiæ, & reflexioni, æquales in D; videbitur ergo lumen Solis in D. Descendat iam idem Sol ad G, atque eadem ratione, qua prius, ducantur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

G, atque

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.

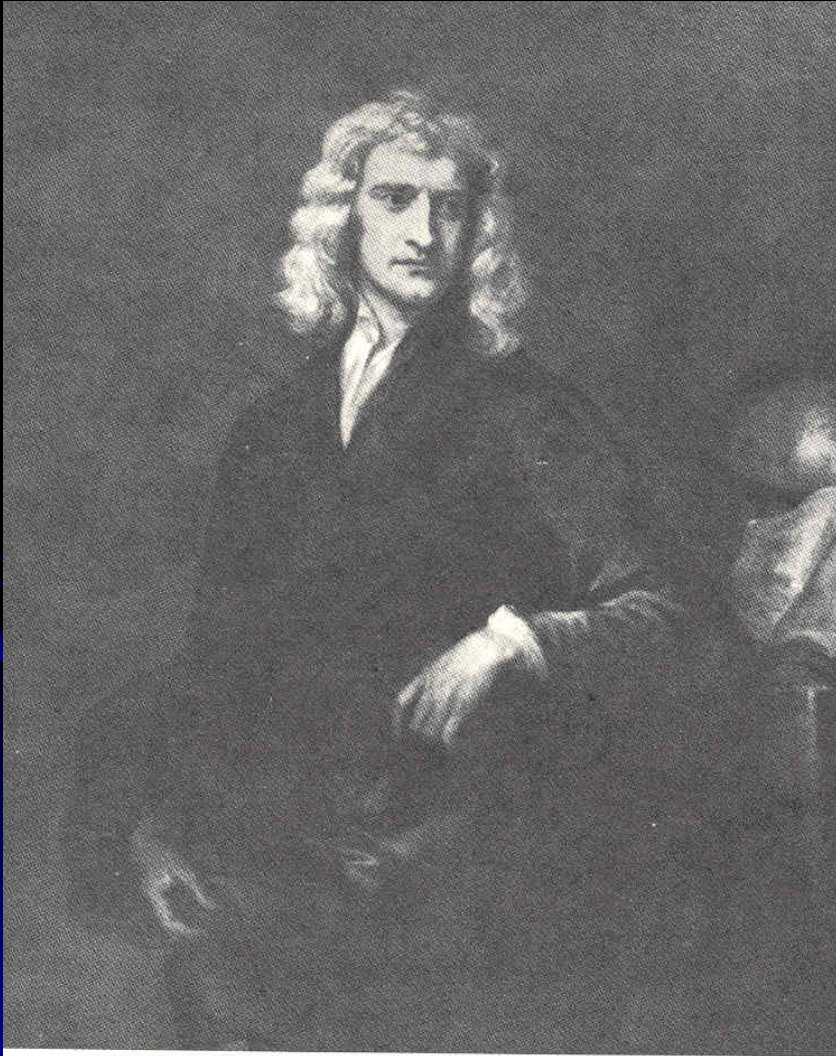


volte, quando è perigeo, che quando è a pogeo, ancorche all'occhio libero non si mostri più che 4. o 5. ? Bisogna, che rispondiate di sì, perche queste son cose sensare, ed eterne, si che non si può sperare di poter per via di fillogimi dare ad E e inten-



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

PHILOSOPHIÆ
 NATURALIS
 PRINCIPIA
 MATHEMATICA

Auctore JS. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos
 Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR
 S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
 Julii 5. 1686.


LONDINI,
 Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud
 plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

St. N. P. B. C.

PHILOSOPHIÆ
 NATURALIS
 PRINCIPIA
 MATHEMATICA

AUCTORE
 ISAACO NEWTONO,
 EQUITE AURATO.

EDITIO SECUNDA AUCTION ET EMENDATIO.



CANTABRIGIÆ, MDCCXIII.

OPTICKS:
 OR, A
 TREATISE
 OF THE
 REFLEXIONS, REFRACTIONS,
 INFLEXIONS and COLOURS
 OF
 LIGHT.

ALSO
 Two TREATISES
 OF THE
 SPECIES and MAGNITUDE
 OF
 Curvilinear Figures.

LONDON,
 Printed for S^r. SMITH, and BENJ. WALFORD,
 Printers to the Royal Society, at the *Prince's Arms* in
 St. Paul's Church-yard. MDCCIV.

OPTICE:
 SIVE DE
 Reflexionibus, Refractionibus,
 Inflexionibus & Coloribus
 LUCIS
 LIBRI TRES.

Auctore ISAACO NEWTON, Equite Aurato.

Latine reddidit *Samuel Clarke*, A. M.
 Reverendo admodum Patri ac D^{no} JOANNI
 MOORE Episcopo NORVICENSI a
 Sacris Domesticis.

Accedunt Tractatus duo ejusdem AUTHORIS
 de Speciebus & Magnitudine Figurarum
 Curvilinearum, Latine scripti.

LONDINI.
 Impensis SAM. SMITH & BENJ. WALFORD, Regiæ Societatis
 Typograph. ad Insignia Principis in Coemeterio D. Pauli.
 MDCCVI.

