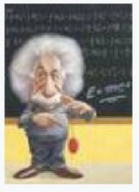
STORIA DELLA FISICA



Docente: Dott. Stefano Spagocci

Come funziona il mondo, a livello delle sue leggi e comportamenti fondamentali?

La Fisica ce lo spiega e alla Storia della Fisica è dedicato questo corso.

In sei lezioni seguiremo la scienza fisica nel suo sviluppo storico, dai Presocratici greci fino ai nostri giorni.

Anno 2026

29 ottobre	La Fisica nell'Antica Grecia
12 novembre	La Meccanica Classica
26 novembre	L'Elettromagnetismo
10 dicembre	La Meccanica Quantistica

Anno 2027

7 gennaio	La Relatività Speciale e Generale
21 gennaio	Forze, Campi e Particelle

Storia della Fisica
La Meccanica Classica

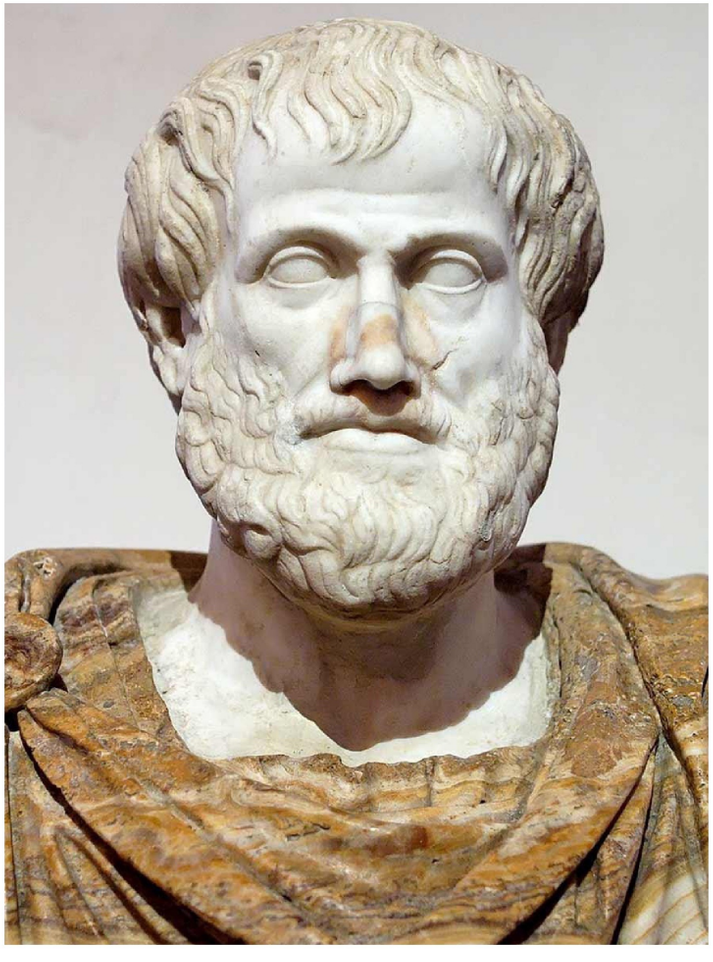
Stefano Spagocci

GACB

Il Problema del Movimento

- Fin dall'antichità i filosofi si interrogarono sulla natura del movimento: Perché i corpi cadono? Perché una freccia continua a muoversi? Perché i pianeti si muovono regolarmente?
- Nella Grecia antica si svilupparono una tradizione filosofica, rappresentata da Aristotele, e una matematica, esemplificata da Archimede.

Aristotele (384–322 a.C.)



Aristotele (384–322 a.C.)

- Aristotele distinse il moto naturale, diretto verso il luogo naturale di un corpo, dal moto violento, prodotto da un'azione esterna.
- Riteneva che i corpi più pesanti cadessero più velocemente e che il movimento forzato richiedesse una causa (forza) continua.
- La sua fisica qualitativa dominò per molti secoli, fino essenzialmente a Galileo

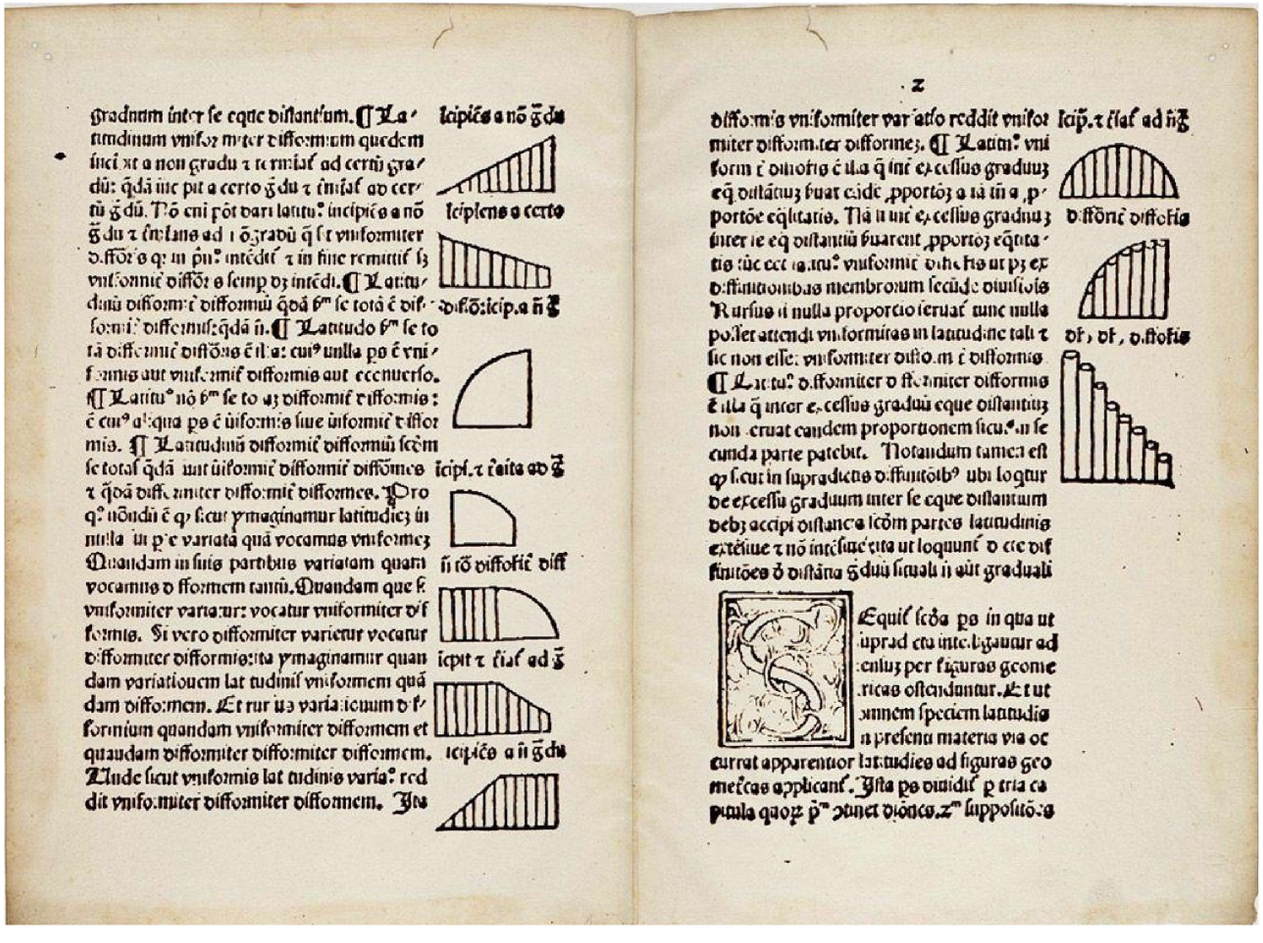
Archimede (circa 287–212 a.C.)



Archimede (circa 287–212 a.C.)

- Archimede introdusse un approccio matematico rigoroso allo studio dell'equilibrio.
- Formulò la legge della leva, studiò i baricentri e fondò l'idrostatica, enunciando il principio della spinta sui corpi immersi.
- La statica archimedea è uno dei primi grandi risultati della meccanica matematica.

Il Medioevo



gradum inter se eque distantium. ¶ La-
titudinum vniformiter difformium quedem
incipit a non gradu et terminat ad certum gra-
dum: qdā inc pit a certo gdu et ēminat ad cer-
tū gdū. Pō eni pōt dari latitu⁹ incipiēs a nō
gdu et ēminans ad .i. gradū q̄ sit vniformiter
d.ffōr⁹ q: in p̄n⁹ intēdit et in fine remittit ꝫ
vniformit difföt⁹ semp dz intēdi. ¶ Latitu-
dinū difformi⁹ē difformiū qdā p⁹ se totā ē dif-
formi⁹ difformiter qdā ñ. ¶ Latitudo p⁹ se to
tā difformit difföis ē illa: cui⁹ nulla pō ē uni-
formis aut vniformit difformis aut econuerso.
¶ Latitu⁹ nō p⁹ se totus dz difformit difformis:
ē cui⁹ aliqua pō ē uniformis siue uniformit difför
mis. ¶ Latitudinū difformit difformiū secm
se totaꝫ qdā sunt uniformit difformit difformes
et qdā difformiter difformit difformes. Pro
q⁹ nōdū ē q: sicut ymaginamur latitudiez ui
nulla in p̄e variata quā vocamus vniformez
Quandam in suis partibus variatam quam
vocamus d ffformem tamū. Quandam que s.
vniformiter variatur: vocatur vniformiter di
formis. Si vero difformiter varietur vocatur
difformiter difformis: ita ymaginamur quan
dam variationem latitudinis vniformem quā
dam difformem. Et rursus variationum di-
formium quandam vniformiter difformem et
quandam difformiter difformiter difformem.
Unde sicut vniformis latitudinis varia⁹ red
dit vniformiter difformiter difformem. Ita

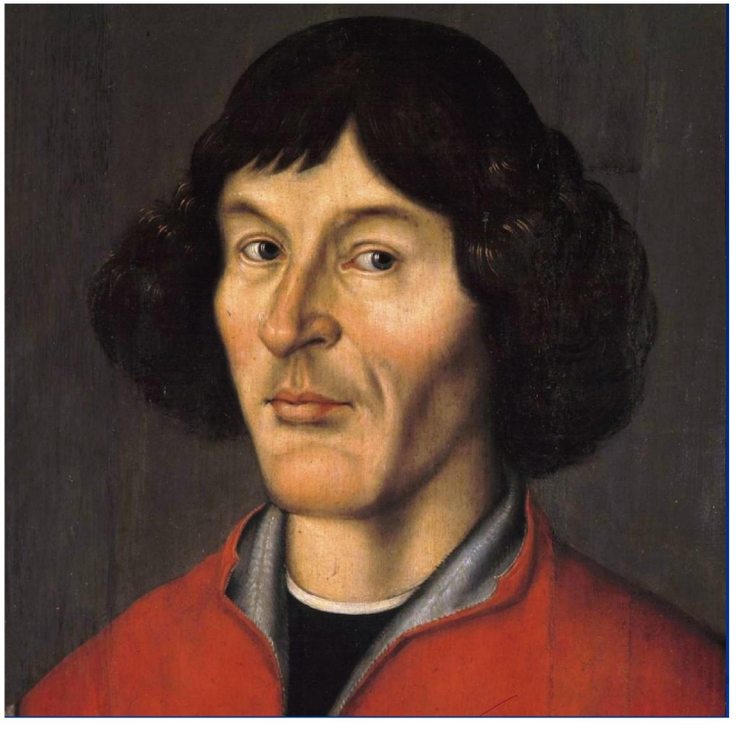
difformis vniformiter variatus reddit vniformiter difformiter difformez. ¶ Latitu⁹ vni
form ē illa q̄ inter ex.cessus graduū eq̄ distantiū habet eide ꝓportō a tā tū a ꝓ-
portōe eqlitatis. Tā inter ex.cessus graduū inter se eq̄ distantiū habuerit ꝓportō eqlita-
tis tūc ect⁹ latitu⁹ vniformit difformis ut pz ex
d.ffinitionibus membrorum secūde diuisionis
Rursus si nulla proportio seruat tunc nulla
poss.et attendi vniformitas in latitudine tali et
sic non esset vniformiter difformis ē difformis
¶ Latitu⁹ difformiter difformiter difformis
ē illa q̄ inter ex.cessus graduū eque distantiū
non seruat eandem proportionem sicut in se
cunda parte patebit. Notandum tamen est
q⁹ sicut in supradictis d.ffinitoib⁹ ubi loquitur
de excessu graduum inter se eque distantium
debz accipi distancia scōm partes latitudinis
extēsiue et nō intēsiue: ita ut loquunt d cte dif
finitōes d distāna gduū sigualiū in eūt graduali

Equit scōa pō in qua ut
supradicta intelligantur ad
uenit per figuras geome
tricas ostendantur. Et ut
primam speciem latitudi
nis in presenti materia via oc
currat apparentior latitudines ad figuras geo
metricas applicant. Ista pō diuidit p tria ca
pitula quoꝝ p̄m ponit diōnem. 2m suppositō. 3

Il Medioevo

- Nel Medioevo i sapienti islamici tradussero e diffusero le opere dei filosofi naturali e matematici greci.
- Giovanni Buridano (circa 1300–1360) sviluppò la teoria dell'impetus: un corpo lanciato riceve un impeto che ne mantiene il movimento a velocità costante (principio d'inerzia).
- Nicola Oresme (circa 1320–1382) utilizzò rappresentazioni geometriche delle grandezze variabili.

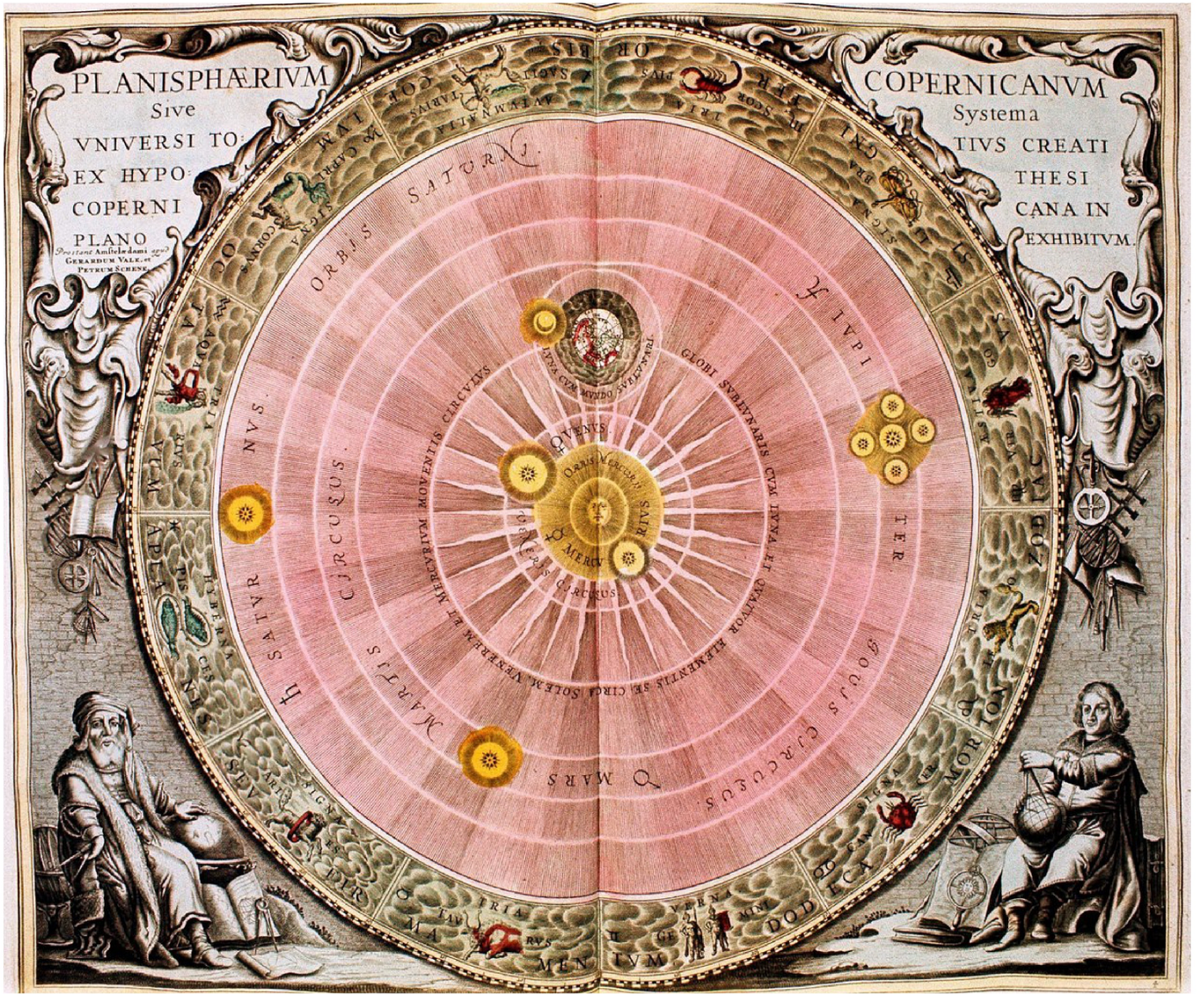
Copernico e Keplero

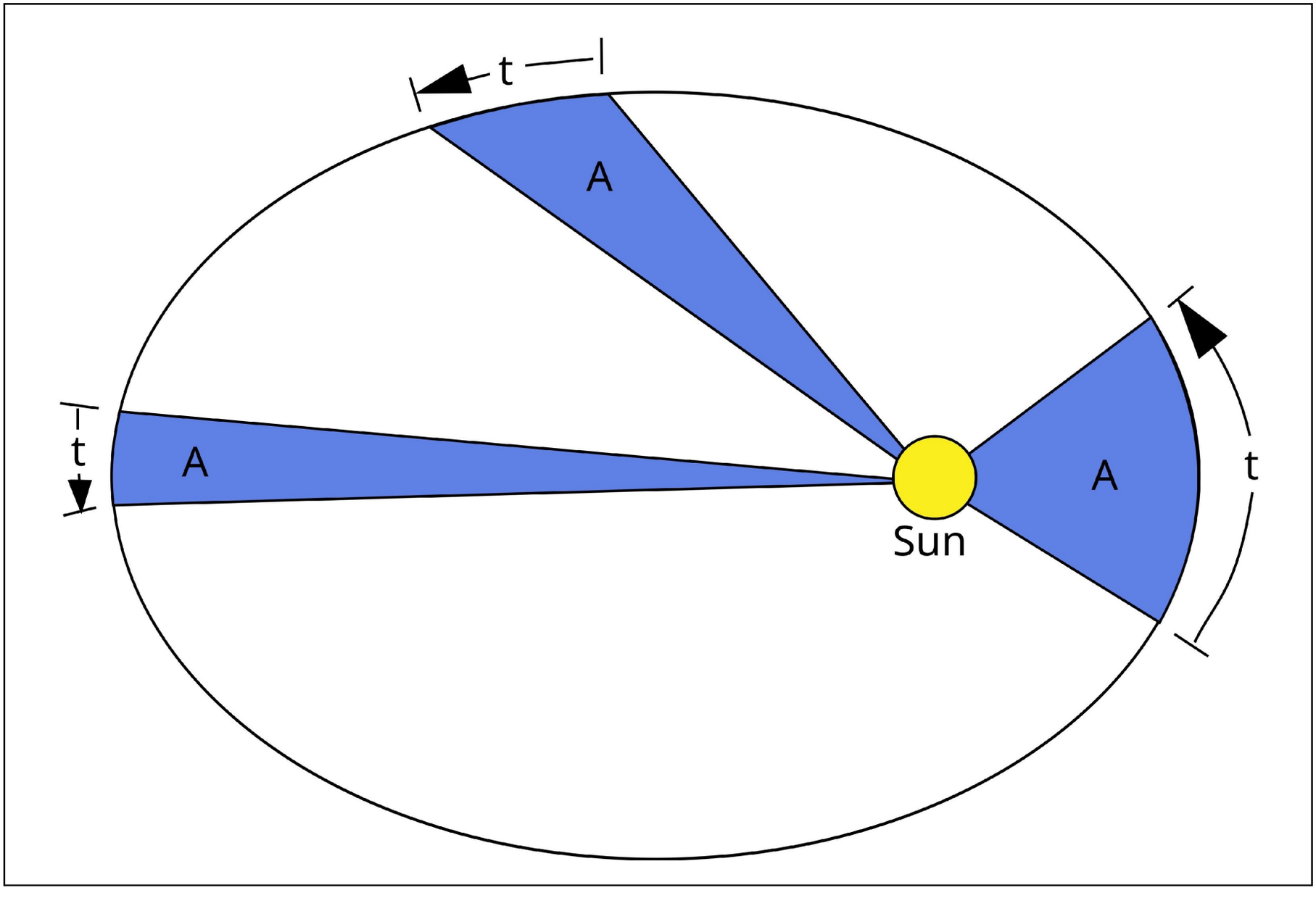




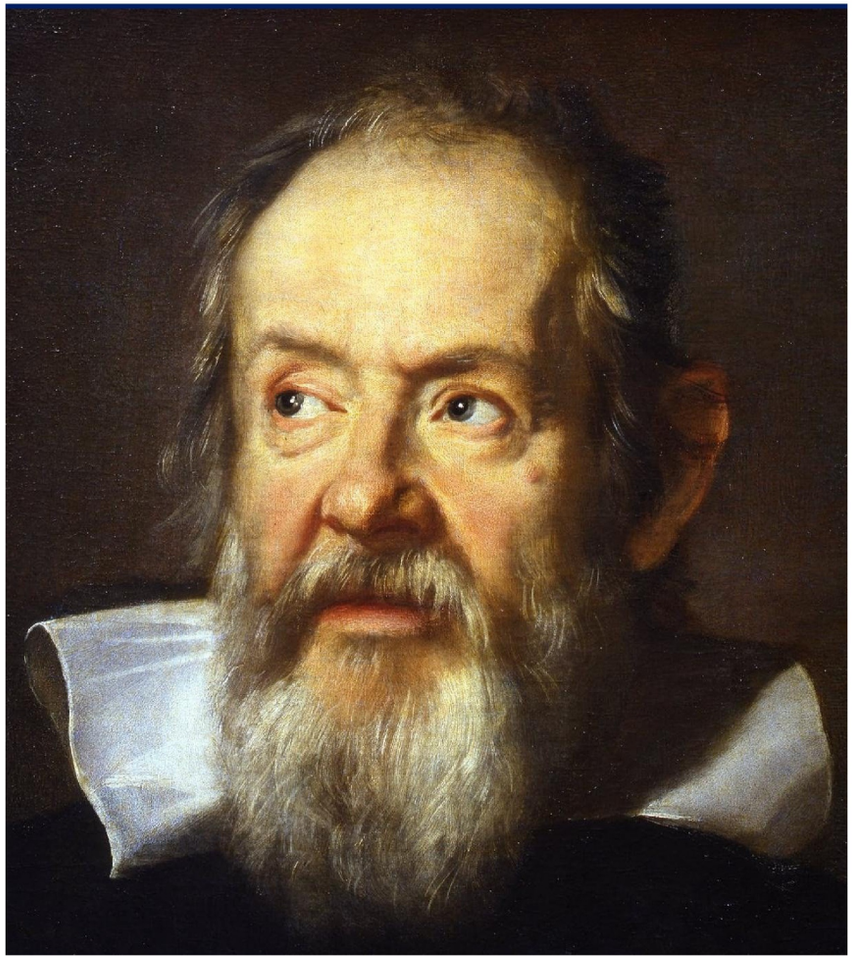
Copernico e Keplero

- Niccolò Copernico (1473–1543) propose il sistema eliocentrico: al centro dell'universo ci sarebbe il Sole e non la Terra.
- Giovanni Keplero (1571–1630), utilizzando le osservazioni di Tycho Brahe, formulò tre leggi per il moto dei pianeti: orbite ellittiche con il Sole in un fuoco; aree uguali in tempi uguali; quadrato del periodo proporzionale al cubo del semiasse maggiore.


PLANISPHÆRIVM
Sive
VNIVERSI TO:
EX HYPO·
COPERNI
PLANO
COPERNICANVM
Systema
TIVS CREATI
THESI
CANA IN
EXHIBITVM.
ORBIS SATURNI.
ORBIS JOVIS CIRCVSVS.
MARTIS CIRCVSVS.
TERRÆ CIRCVSVS.
VENERIS CIRCVSVS.
MERCVRII CIRCVSVS.
SOL
TERRA CVM ORBE LVNARI.
GLOBI SVBLVNARIS CVM LVNA.
ORBIS MERCVRII
ORBIS VENERIS
ORBIS TERRÆ
ORBIS MARTIS
ORBIS JOVIS
ORBIS SATVRNI
ħ SATVRNVS.
♃ JVPITER
♂ MARS
☿ MERCV
♀ VENVS


t
A
t
A
A
t
Sun

Galileo Galilei (1564–1642)

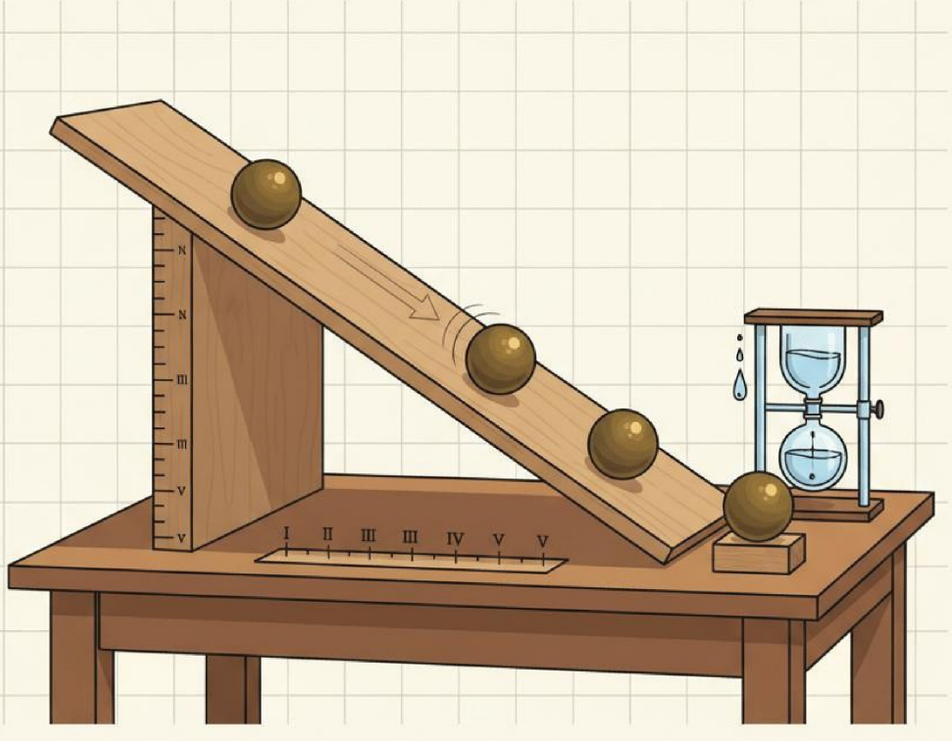


Galileo Galilei (1564-1642)

- Galileo unì esperimento e matematica, fondando il metodo sperimentale.
- Studiò i piani inclinati e la caduta libera, mostrando che, senza la resistenza dell'aria, i corpi in caduta libera hanno la stessa accelerazione indipendentemente dalla massa.
- Studiò inoltre la traiettoria parabolica dei proiettili.

GALILEO'S INCLINED PLANE EXPERIMENT

Demonstating motion, velocity, and acceleration.



Il Principio d'Inerzia

- Immaginando di eliminare gli attriti, Galileo comprese che un corpo può continuare a muoversi senza una forza che lo spinga (principio d’inerzia).
- Enunciò anche il principio di relatività oggi detta galileiana: gli esperimenti meccanici hanno lo stesso esito in due sistemi in moto l'uno rispetto all'altro con velocità costante.

Cartesio e Huygens

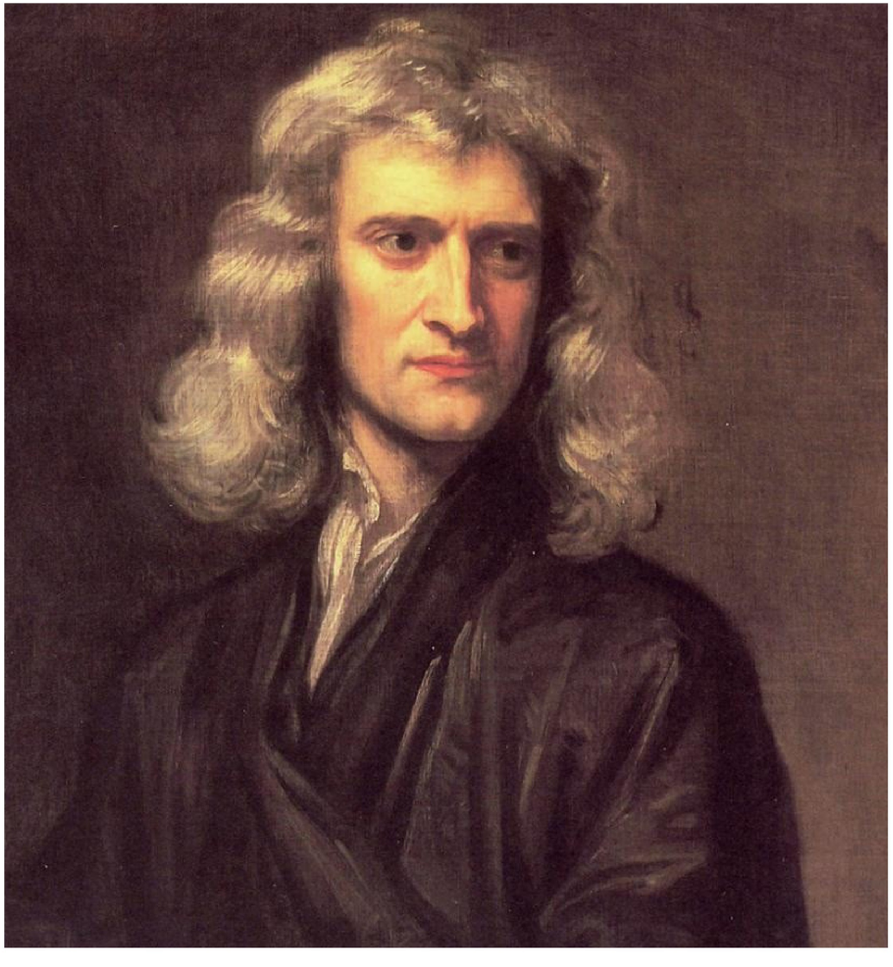




Cartesio e Huygens

- René Descartes (1596–1650) sviluppò una concezione meccanicistica della natura.
- L'universo sarebbe composto di più parti componibili tra loro, il cui comportamento sarebbe di tipo meccanico, privo cioè di un fine che non sia quello stabilito dalle leggi deterministiche che regolano la natura.
- Christiaan Huygens (1629–1695) studiò le leggi del moto dei pendoli, dell'urto elastico e del moto circolare (accelerazione centripeta).

Isaac Newton (1642-1727)

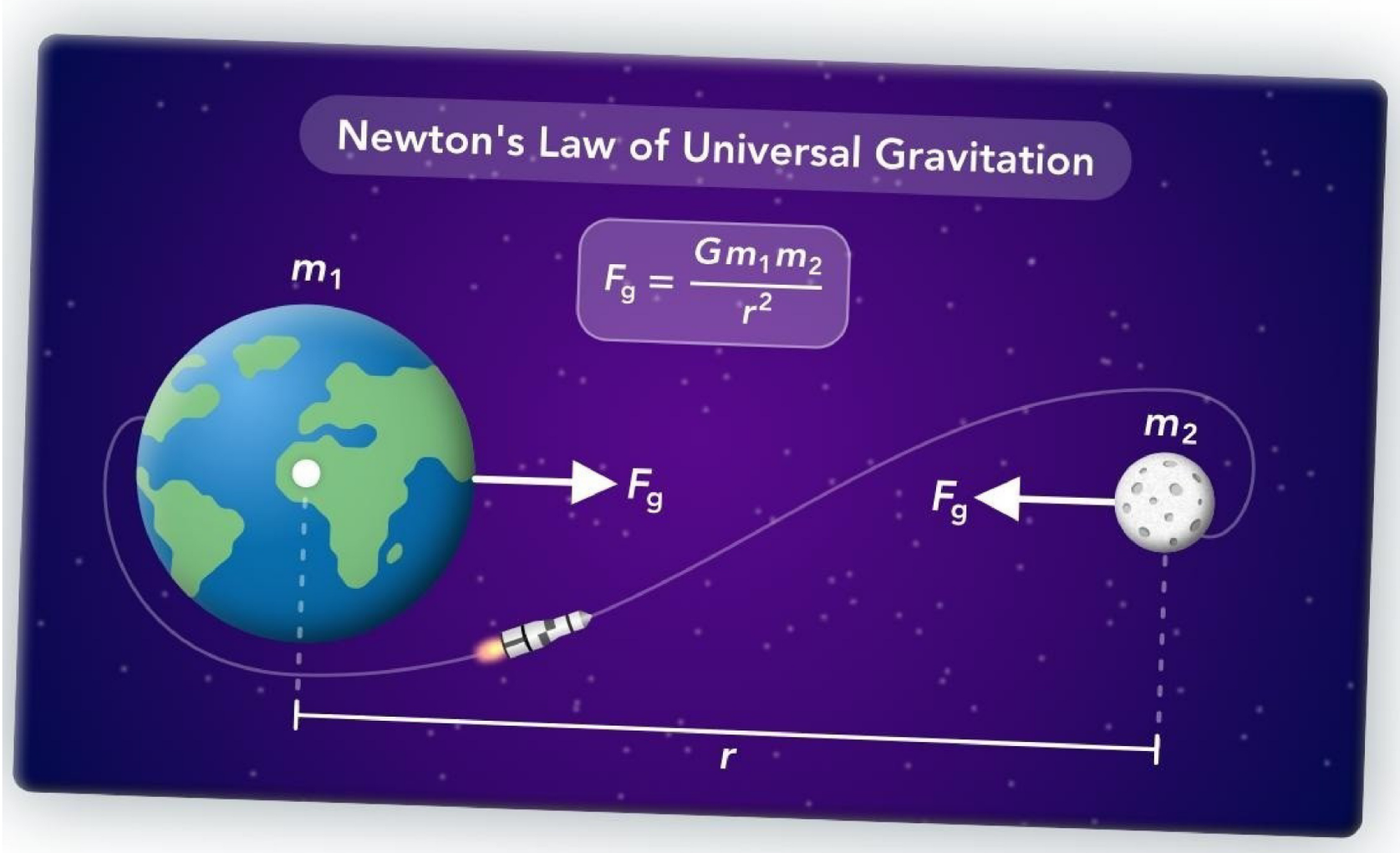


Isaac Newton (1642-1727)

- Nel 1687 Newton pubblicò i Philosophiae Naturalis Principia Mathematica.
- Le tre leggi della dinamica: un corpo persiste nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, a meno che non intervenga una forza esterna; un corpo di massa m, soggetto ad una forza F, subisce un'accelerazione data da F = ma; ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria.
- Sviluppò quindi una teoria unitaria che descrive moti terrestri e celesti.

La Gravitazione Universale

- Newton formulò la legge $F = G\, m_1 m_2 / r^2$: due masse si attraggono con una forza proporzionale al prodotto delle masse e inversamente proporzionale al quadrato della distanza.
- La legge spiegò le orbite di pianeti e satelliti e il fenomeno delle maree, permettendo di derivare le leggi di Keplero da principi primi.

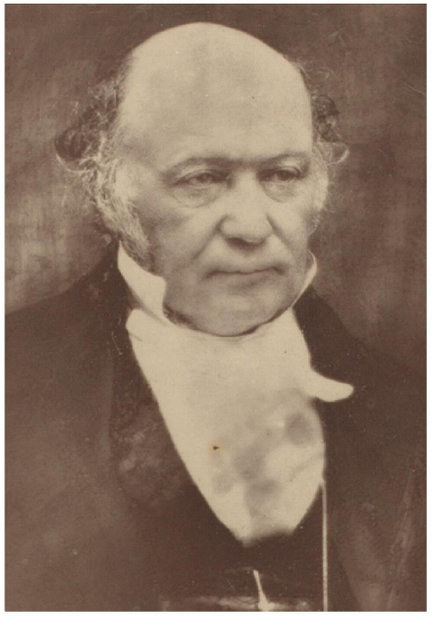

Newton's Law of Universal Gravitation
$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$
m_1
F_g
m_2
F_g
r

La Meccanica Razionale









La Meccanica Razionale

- Il Settecento e l'Ottocento videro svilupparsi la meccanica razionale, cioè lo studio sistematico del moto dei corpi.
- I grandi nomi della Meccanica Razionale:
  il sommo matematico Leonhard Euler (1707–1783), Jean le Rond d'Alembert (1717–1783) con l'operatore dalembertiano, Joseph-Louis Lagrange (1736–1813) con la funzione lagrangiana, William Rowan Hamilton (1805–1865) con la funzione hamiltoniana.

Pierre-Simon Laplace (1749–1827)



Pierre-Simon Laplace (1749–1827)

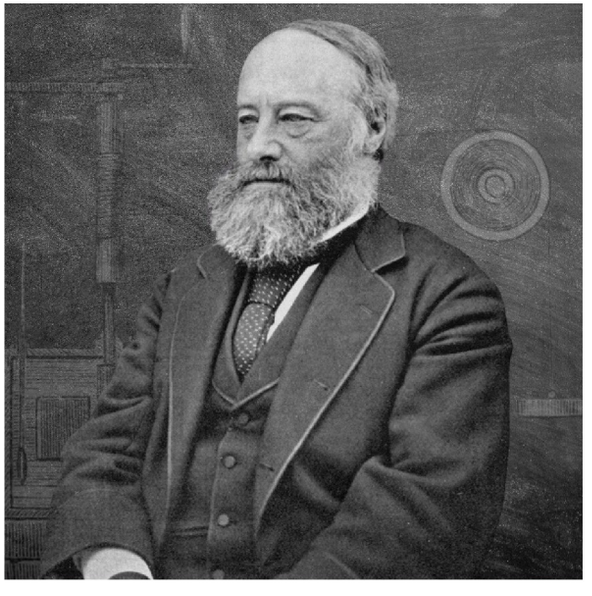
- Laplace sviluppò la meccanica celeste (lo studio del moto dei corpi celesti).
- La teoria newtoniana lo portò a favorire l'idea che, conoscendo esattamente posizioni, velocità e forze, si possa calcolare idealmente l'evoluzione futura di qualsiasi sistema fisico.

Il Determinismo

- Laplace illustrò questa visione con il celebre esperimento mentale di un'intelligenza onnisciente che, conoscendo posizione e velocità iniziale di tutte le particelle dell'universo, potrebbe prevedere esattamente ciò che nell'universo succederebbe ad ogni tempo successivo, compresi i nostri pensieri e le nostre azioni!
- Universo visto come un grande orologio, nel quale vigerebbe un rigido determinismo e non ci sarebbe posto per il libero arbitrio.

La Termodinamica







La Termodinamica

- Sadi Carnot (1796–1832) studiò il rendimento delle macchine termiche e introdusse il ciclo ideale che porta il suo nome.
- James Prescott Joule (1818–1889) dimostrò l'equivalenza tra calore e lavoro meccanico (primo principio della termodinamica).
- Rudolf Clausius (1822–1888) formulò il secondo principio della termodinamica, introducendo il concetto di entropia.

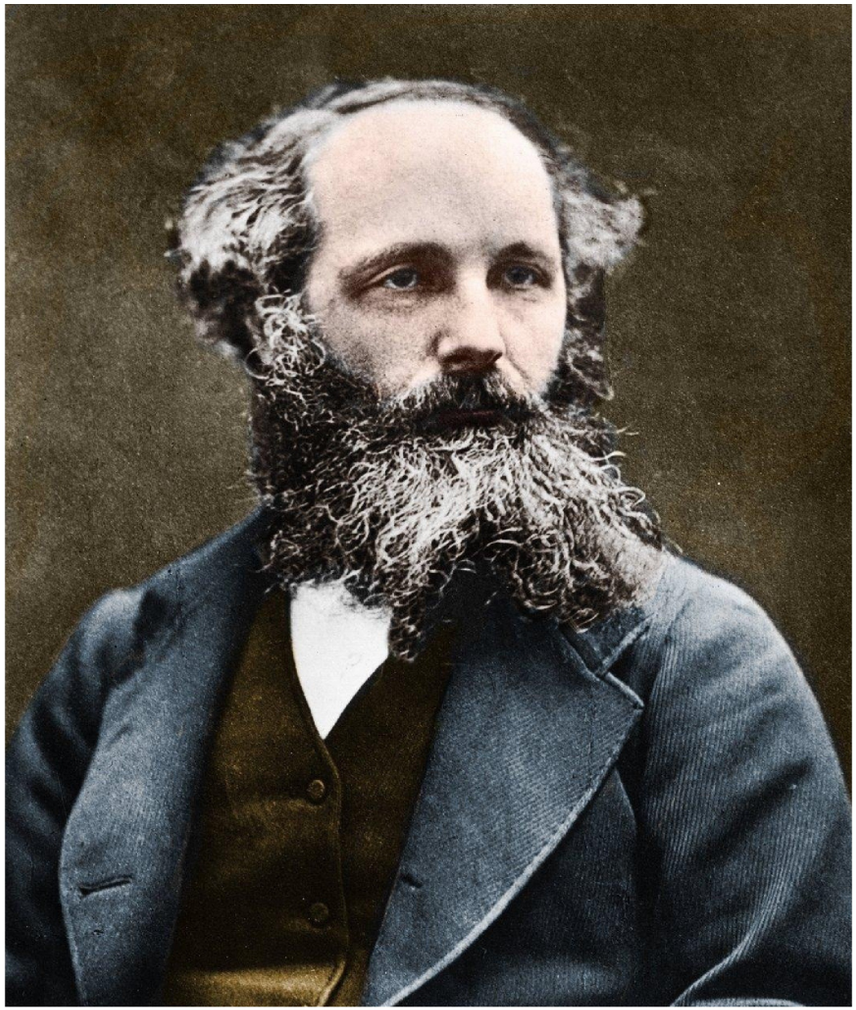
La Termodinamica

- La termodinamica è la branca della fisica che studia le trasformazioni di energia, calore e lavoro all'interno di un sistema.
- La prima legge della termodinamica esprime la conservazione dell'energia: ad esempio, avvitando una vite si compie un lavoro e questo lavoro si trasforma in calore, perchè le temperature della vite e dell'oggetto in cui è inserita aumenteranno, anche se di poco.

La Termodinamica

- La seconda legge della termodinamica stabilisce l'esistenza di una quantità, l'entropia, il cui valore aumenta costantemente. L'aumento di entropia nell'universo indica che il disordine nell'universo non può che aumentare mentre l'energia si degrada.
- Riguardo all'esempio della vite, l'energia si degrada perchè mentre avvitando si produce calore, fornendo alla vite la stessa quantità di calore non si riesce a svitarla!

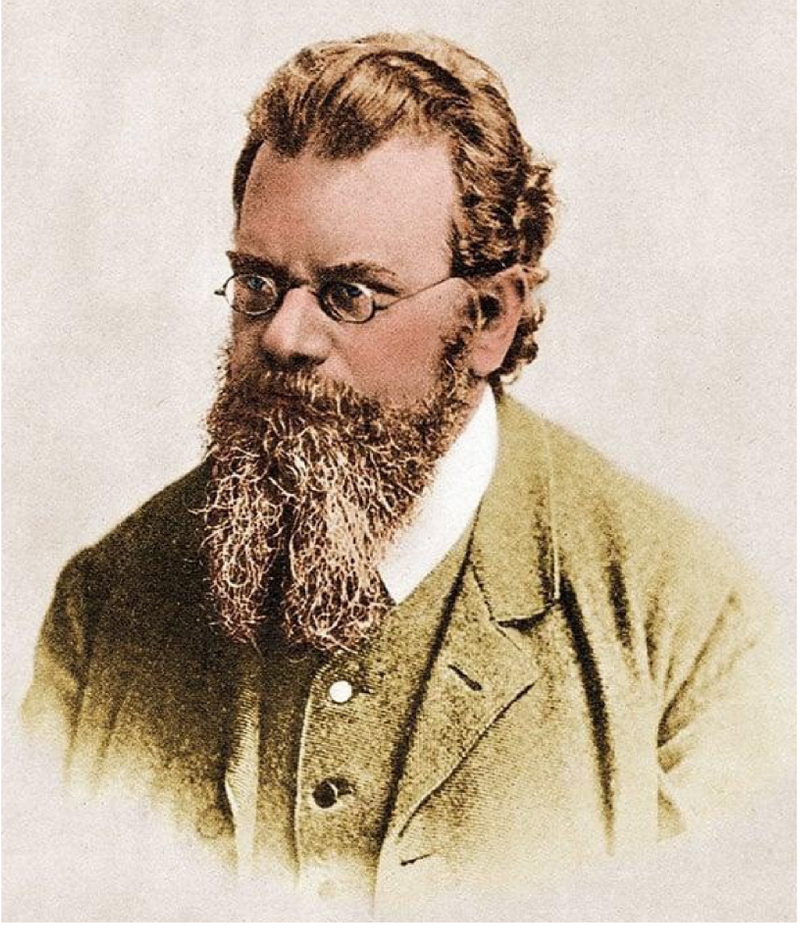
James Clerk Maxwell (1831–1879)



James Clerk Maxwell (1831–1879)

- Maxwell, il padre dell'elettromagnetismo, sviluppò la teoria cinetica dei gas: la materia è costituita da particelle in continuo movimento.
- Pressione: deriva dagli urti delle molecole contro le pareti.
- Temperatura: è legata all’energia cinetica media delle molecole.
- Ricavò anche la distribuzione statistica delle velocità molecolari.
- La termodinamica comincia così a trovare una spiegazione microscopica nella meccanica.

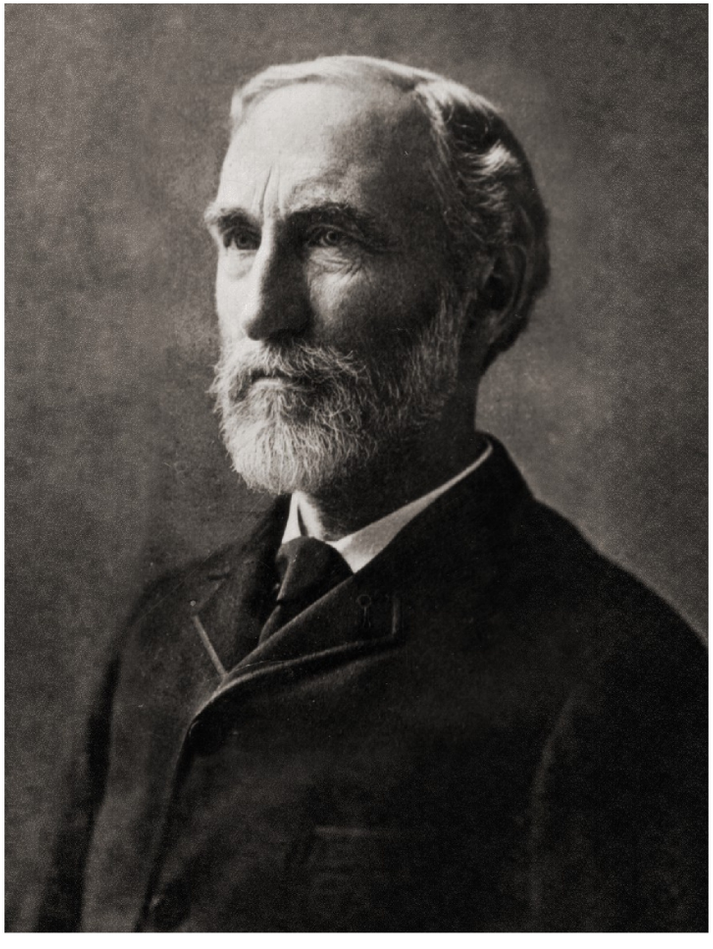
Ludwig Boltzmann (1844–1906)



Ludwig Boltzmann (1844–1906)

- Boltzmann sviluppò l'interpretazione statistica della termodinamica. Idea centrale: le proprietà macroscopiche della materia derivano dal comportamento collettivo di un numero enorme di particelle.
- Il secondo principio della termodinamica assume un significato probabilistico: gli stati a maggiore entropia sono enormemente più probabili.
- Ad esempio, una goccia di profumo evaporando si spande per tutta una stanza ma è estremamente improbabile che ad un certo momento le molecole di profumo si dirigano tutte verso il luogo dove si trovava la goccia di profumo!

Josiah Willard Gibbs (1839–1903)



Josiah Willard Gibbs (1839–1903)

- Gibbs diede alla meccanica statistica una formulazione matematica generale.
- Introdusse il metodo degli insiemi statistici, nel quale un sistema fisico macroscopico viene rappresentato mediante una distribuzione di probabilità sui suoi possibili stati microscopici.
- La meccanica statistica permette così di calcolare grandezze termodinamiche come energia, pressione ed entropia, partendo dalle proprietà microscopiche delle particelle.

Conclusioni

- La meccanica classica descrive e prevede il moto dei corpi mediante leggi matematiche.
- La termodinamica studia calore, lavoro, energia ed entropia, spiegando la direzione dei processi naturali.
- La meccanica statistica collega il moto delle particelle alle proprietà della materia, attraverso la probabilità.
- Abbiamo visto che la termodinamica può essere ricondotta alla meccanica statistica, la quale può essere ricondotta alla meccanica classica.

Conclusioni

- Vedremo però che la meccanica classica dovette essere superata.
- Relatività: Einstein supera le concezioni newtoniane di spazio, tempo e gravitazione.
- Meccanica quantistica: descrive i fenomeni microscopici che sfuggono alla fisica classica, essendo probabilistici e non deterministici.
- Le leggi della meccanica classica restano comunque valide come eccellenti approssimazioni in moltissime situazioni.