

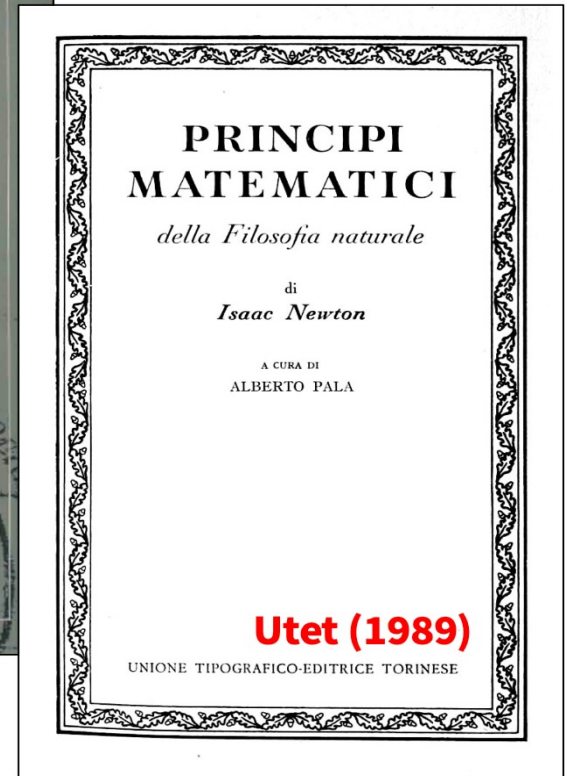
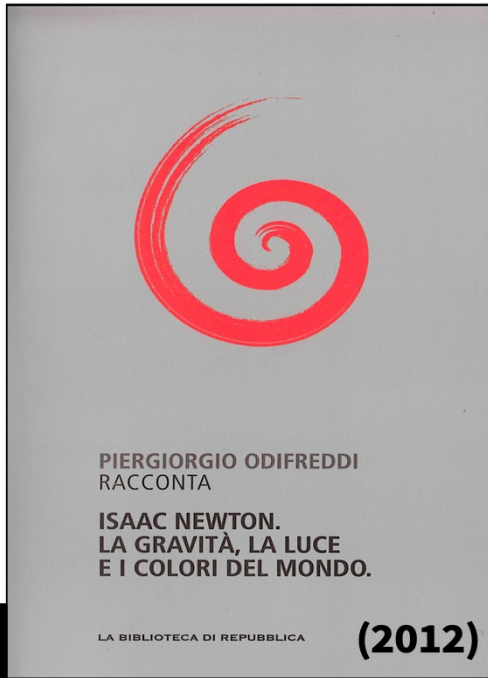
Isaac Newton

Alchimia, Gravitazione Universale, Meccanicismo e Determinismo



Isaac Newton

Bibliografia essenziale



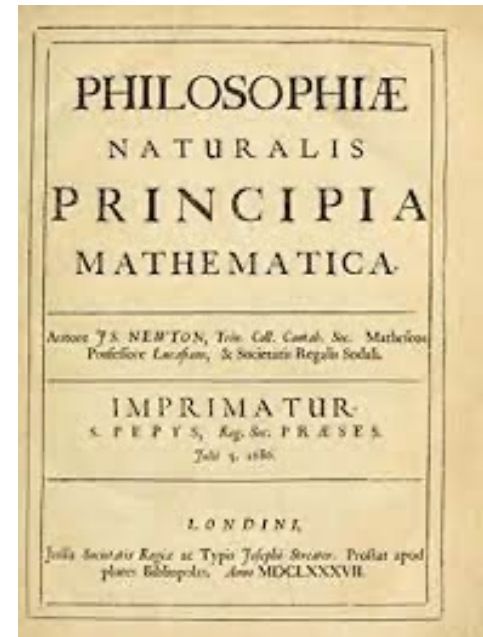
Isaac Newton

La Biografia



È il **1642**. Due giorni dopo l'Epifania, l'**8 gennaio**, **muore Galileo**, il più grande scienziato italiano, che ha aperto la via al nuovo metodo scientifico. Alla fine dell'anno, il **25 dicembre**, il giorno di Natale, **nasce Isaac Newton**, che diventerà, così ritengono in molti, il più grande scienziato forse mai esistito, o almeno uno dei tre più grandi, insieme ad Archimede ed Einstein.

Newton è passato alla storia per aver scritto il più grande capolavoro della fisica di tutti i tempi, i **Principia Mathematica**, in cui enuncia le leggi della dinamica e la teoria della gravitazione universale, e per essere stato quindi il padre della visione del mondo meccanicistica e deterministica. In realtà, però, è stato un personaggio molto più **complesso e poliedrico**. Come scienziato, ha contribuito al progresso di tantissimi campi, dalla matematica all'ottica. Ma, come vedremo, si è anche interessato di argomenti in apparenza completamente diversi, e a prima vista sorprendenti, che spaziano dall'alchimia alla teologia...



L'adolescenza a Grantham

Isaac Newton nacque a **Woolsthorpe** (contea di Lincoln) nel **1642**. **Non conobbe mai il padre**, Isaac anch'egli, un proprietario terriero, analfabeta, che morì tre mesi prima della sua nascita. **La madre Hannah** si risposò con un pastore anglicano e lui fu affidato ai nonni materni.



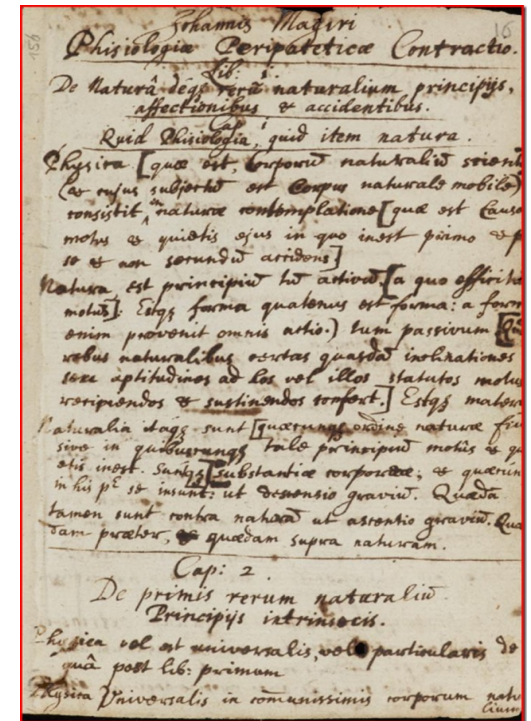
Frequentò la **scuola elementare a Grantham** senza mostrare grandi doti, per cui la madre lo ritirò e lo avviò a lavorare nelle sue tenute. Uno zio la convinse che era adatto per l'università e quindi nel **1660** poté riprendere gli studi interrotti alla **Grammar School di Grantham** dove alloggiava presso il Direttore della scuola. Non sappiamo nulla di certo sui suoi studi. Sembra invece che fosse già **solitario, scontroso ed anche manesco**, caratteristiche che lo accompagneranno per tutta la vita.

Nel **1661** entrò al **Trinity College di Cambridge**, più anziano dei suoi compagni di corso, e per pagarsi parzialmente le spese, nonostante la madre fosse benestante, faceva il servitore di un Fellow, peraltro suo lontano parente.



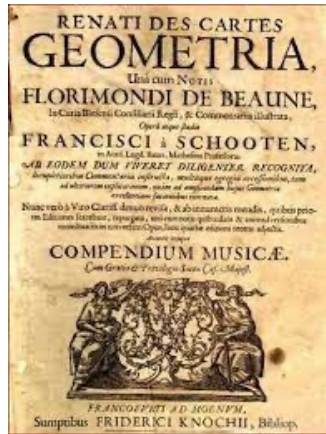
Cambridge e il Trinity College

Al Trinity, oltre all'obbligatorio e predominante **Aristotele**, studiò la filosofia di **Cartesio**, **Gassendi** e **Hobbes**, ma anche **Boyle**, **Galileo** e **l'Ottica** di **Keplero**. Riportò le sue riflessioni e appunti in un taccuino che intitolò **Quaestiones Quaedam Philosophicae** (aperto dalla celebre frase «*Amicus Plato, amicus Aristoteles, magis amica veritas*») che lo segnala già da allora come un libero pensatore e che costituisce una precisa fonte per seguire lo sviluppo delle sue scoperte scientifiche.



Nei suoi primi anni a Cambridge sappiamo che comprò molti libri, dei quali teneva un minuzioso registro, arrivando a **possedere una biblioteca di quasi 2000 volumi**, che spaziavano su tutte le discipline, ma soprattutto sulla filosofia naturale, l'alchimia e la teologia.

Gli anni «mirabili» della Peste...



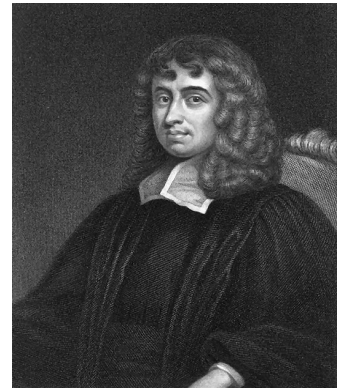
Nel **1663** cominciò a studiare seriamente la matematica e la geometria euclidea. Le opere che più lo influenzeranno in tal senso furono la *Geometria* di **Cartesio**, un'opera matematica pubblicata nel **1637** in cui le curve geometriche venivano rappresentate per la prima volta per mezzo di equazioni algebriche, e *l'Arithmetica infinitorum*, «L'aritmetica degli infiniti» di **John Wallis**, pubblicata nel **1655**, da cui Newton prese spunto per sviluppare il suo metodo delle flussioni.

Nel **1664** ottenne il titolo di *scholar* e nel **1665** la laurea, ma nell'estate l'Università fu chiusa per la *peste*, dovette tornare a casa, nelle campagne di Woolsthorpe, e, come scriverà più tardi, *«Tutto avvenne nei due anni della peste del 1665 e del 1666, poiché in quei giorni ero nel fiore dell'età creativa e attendevo alla Matematica e Filosofia più di quanto abbia mai fatto in seguito: [...] trovai il metodo delle approssimazioni delle serie e la regola per ridurre un qualunque esponente di un binomio qualsiasi a tali serie [il binomio di Newton], lo stesso anno trovai il metodo delle tangenti e il metodo diretto delle flussioni e l'anno dopo il metodo inverso delle flussioni [il calcolo delle derivate ed integrali], e la Teoria dei colori e nello stesso anno cominciai a pensare alla gravità che si estende all'orbita della luna e... dedussi che le forze che trattengono i pianeti nelle loro orbite devono essere reciprocamente come i quadrati delle loro distanze dai centri intorno ai quali ruotano... [la gravitazione universale]»*.

La Cattedra Lucasiana

Quindi, **a soli 25 anni**, il giovane Newton aveva già, almeno in testa, tutte le rivoluzionarie scoperte che lo renderanno immortale. Quando **nel 1667 tornò a Cambridge**, era senz'altro il più avanzato matematico in Europa, ma non aveva ancora scritto nulla! Ad esempio, il suo calcolo differenziale e integrale fu elaborato in dettaglio solo nel **1671**, nel ***De Methodis Serierum et Fluxionum***, che però non fu mai pubblicato fino all'edizione tradotta in inglese del **1736**...

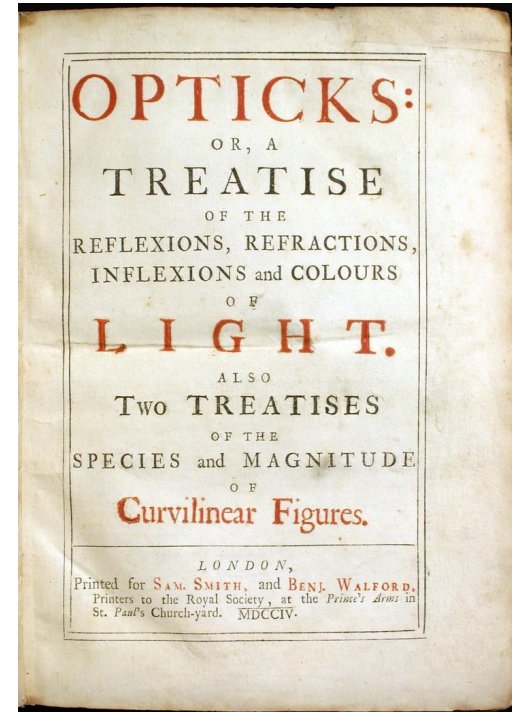
Nel **1668** ottenne il Master, fu eletto **Fellow del Trinity College** e **Isaac Barrow**, **professore lucasiano di matematica** e suo docente, tentò di far conoscere quei primi risultati di Newton mandando lavori manoscritti all'editore **Collins** che li mostrò alla Royal Society. Quando poi Barrow si dimise, raccomandò che il suo **successore** fosse proprio Newton che prese servizio nel **1669**.



Il suo **primo corso** fu sull'ottica e in esso espose i suoi esperimenti con i prismi, le sue idee sulla luce, e la dimostrazione dei vantaggi di un **telescopio riflettore**. Dopo aver donato proprio un telescopio a specchio (ora chiamato newtoniano), fu ammesso come membro della **Royal Society** nel **1672** e pubblicò nelle **Philosophical Transactions** i suoi primi lavori di ottica che trovarono però l'opposizione di **Hooke** e **Huygens**.

Le controversie con Hooke

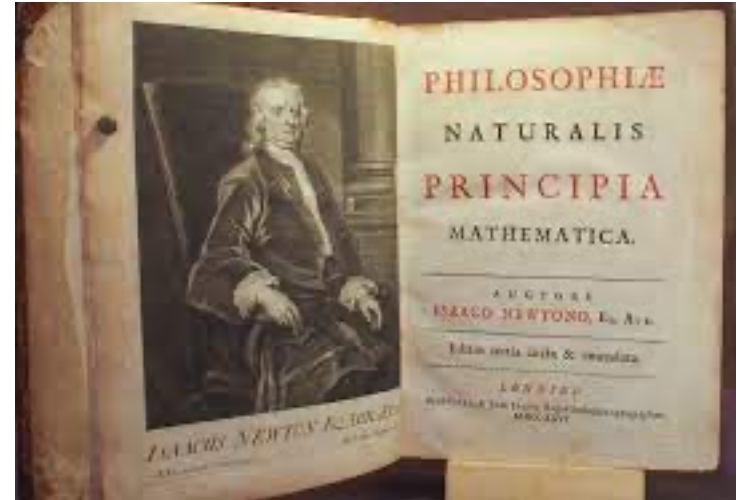
Questi contrasti lo spinsero ancor di più nel suo **isolamento** e ritrosia nello scrivere. Nel suo carattere si evidenziavano due spinte contrastanti, **l'ambizione di fama e riconoscimenti e la paura delle critiche**, ma la seconda tendeva a prevalere così spesso sceglieva la comoda via di fuga di non rendere pubblico nulla. Le relazioni con **Hooke**, segretario e curatore degli esperimenti della Royal Society, si deteriorarono ancora di più nel **1675** con **reciproche accuse di plagio** e Newton non inviò più lavori alla Royal Society. Le sue ricerche sulla luce vennero pubblicate solo nel **1704** nell'**Opticks**, dopo la morte di Hooke. Nel **1678** soffrì di un primo esaurimento nervoso e l'anno dopo, anche a causa della morte della madre, si chiuse ancora di più in se stesso evitando anche apparizioni pubbliche.



Newton aveva una vita sobria e schiva, generoso coi pochi amici e molto rigido con i nemici (certamente **non si sposò mai**, ma non si sa molto sulla sua vita sentimentale). Ad ogni modo, dopo le pretese di Hooke di avere trovato la legge della forza di gravitazione ed una nuova disputa di cui parleremo, nel **1684** l'astronomo **Edmund Halley** convinse Newton a scrivere un trattato completo della sua meccanica e delle applicazioni all'astronomia, e lo finanziò pure...

I Principia Mathematica

Così nel **1687** fu pubblicato *Philosophiae naturalis principia mathematica*, universalmente noto come **Principia**, considerato il più importante libro scientifico di tutti i tempi. In esso, oltre ai tre “assiomi” noti come principi della dinamica, viene analizzato il **moto dei corpi** sotto l’azione di forze, trattando corpi orbitanti, proiettili, pendolo, caduta libera sotto l’azione della gravità e viene enunciata la **legge di gravitazione universale**.



L'accoglienza in Europa, ancora dominata dalla visione cartesiana, fu inizialmente tiepida, ma poi la notorietà di Newton crebbe rapidamente, anche se l'importanza della sua opera sarà riconosciuta del tutto solo in epoca illuminista, soprattutto dopo la grande propaganda di **Voltaire**. Da allora in poi, nonostante la **meccanica** cosiddetta **newtoniana** si avvale successivamente del fondamentale contributo di numerosi altri studiosi, da **Eulero** ai **Bernoulli**, a **Lagrange** e a **Laplace**, il nome di Newton – insieme a quello di Cartesio – rimase inestricabilmente legato al **paradigma meccanicistico** (detto appunto «cartesiano-newtoniano»). Un paradigma che, come vedremo, sarebbe stato destinato a dominare non solo la scienza, ma anche la filosofia, la cultura, la società e l'economia, per i secoli a venire e che ancora oggi, nonostante le rivoluzioni quantistica e relativistica del secolo scorso, non sembra del tutto tramontato...

Gli anni Londinesi

Nel **1689**, Newton fu eletto al **Parlamento** in rappresentanza dell'Università di Cambridge e cominciò a frequentare l'ambiente di Londra. Era al culmine della gloria quando, intorno al **1693**, ebbe un altro **esaurimento nervoso**, le cui cause sono ancora discusse*, forse dovuto a problemi personali o religiosi o persino ad avvelenamento a causa delle sue ricerche alchimistiche; si trattò comunque di una **depressione** che gli impedì di lavorare per anni.

* <https://www.lastampa.it/scienza/2011/11/21/news/la-badante-di-newton-1.36920564/>



Nel **1696** decise di accettare anche l'offerta (più che altro onorifica) di un incarico governativo, diventando **Governatore della Zecca Reale** (la cui sede, all'epoca, era la London Tower) e poi Direttore nel **1699**, anche se mantenne la cattedra a Cambridge ancora per qualche anno.

Nel **1703**, scomparso **Hooke**, fu eletto **Presidente della Royal Society**, poi sempre rieletto fino alla sua morte, e nel **1705** ebbe il titolo nobiliare, **primo ad essere proclamato Sir per meriti scientifici** (ma forse più per il lavoro alla Zecca). In questo periodo lavorò alla già ricordata edizione dell'**Opticks** (pubblica in inglese nel **1704** e contenente una appendice matematica con il celebre **Trattato sulla quadratura delle curve**). Lavorò anche alle successive edizioni dei *Principia*, sempre con aggiunte e commenti, ma non produsse nessun nuovo risultato scientifico.

La controversia con Leibniz



In quegli stessi anni fu coinvolto in un'aspra **polemica con Leibniz sulla priorità dell'invenzione del calcolo infinitesimale** e usò la sua carica di Presidente della Royal Society per far nominare una commissione imparziale (!) che riconoscesse i suoi diritti. Leibniz lo attaccò duramente, gettando anche **dubbi sulla sua paternità della teoria della gravitazione**, e mettendo in evidenza le sue idee religiose poco ortodosse, in sostanza accusandolo di eresia e di appartenere alla società segreta dei **Rosacroce** (il che peraltro era vero per quasi tutti i membri della Royal Society...).

Queste **polemiche**, continuate anche dopo la morte di Leibniz nel **1716**, **rallentarono la diffusione dell'opera di Newton in continente** e congelarono anche i rapporti tra i matematici inglesi ed europei per più di un secolo.

Negli **ultimi anni** visse nella **casa di Jermyn Street a Londra** con una nipote-governante* e si dedicò agli amati studi storici e cronologici, soprattutto sui testi biblici, e a **speculazioni teologiche**, ma anche **all'alchimia** mai abbandonata. Su questi argomenti molti suoi trattati sono stati pubblicati postumi, ma la grande mole di manoscritti fu tenuta segreta dagli eredi per **paura di accuse di eresia** e per **non intaccare l'immagine del Newton scienziato** che si era ormai affermata, e solo in anni molto recenti è stata esaminata dagli studiosi.



* <https://www.lastampa.it/scienza/2011/11/21/news/la-badante-di-newton-1.36920564/>

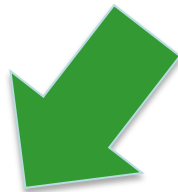
La Morte

Newton si spense il 20 marzo **1726** a Londra, tra calcoli renali e dolori reumatici, e fu sepolto con grandi onori a **Westminster Abbey** a Londra. In suo onore l'unità di forza del **Sistema Internazionale** di Misura è stata chiamata **Newton (N)**.

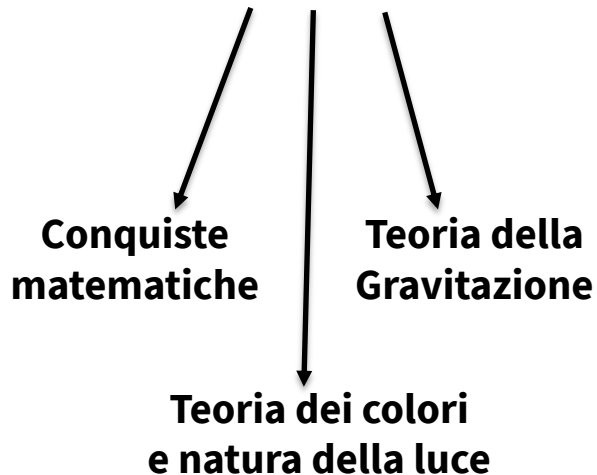


alamy - BKY1NT

Le 3 fasi creative di Newton



Gli anni «mirabili» 1665-1666



Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679



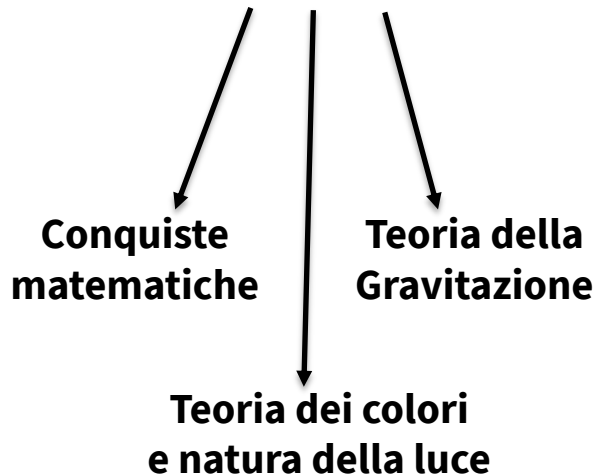
Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689



Le 3 fasi creative di Newton



Gli anni «mirabili» 1665-1666



Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679



Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689



Le 3 fasi creative di Newton



Gli anni «mirabili» 1665-1666



Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679

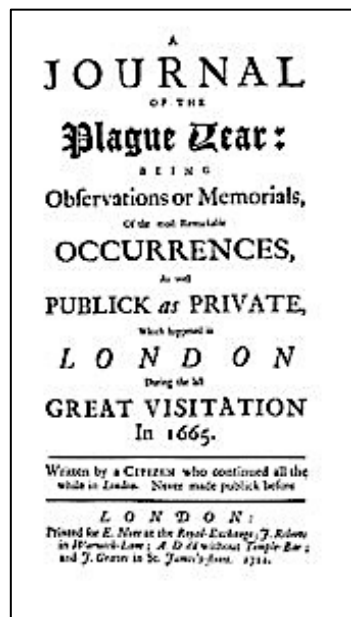


Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689



Gli anni «mirabili» 1665-1666

Le conquiste matematiche



Negli anni in cui Newton è studente a Cambridge (**1661-1664**), la cattedra lucasiana era occupata, come si è già detto, dal matematico **Isaac Barrow** (che poi gliela cederà nel **1669**). Vi sono forti **analogie** fra la matematica di Barrow e le prime opere matematiche di Newton, quindi è probabile che, nei suoi primi studi di filosofia naturale e di matematica, oltre che da **Cartesio** e **Wallis**, Newton sia stato influenzato anche dal suo professore. Fatto sta che quando, nel **1665**, costretto dalla **peste** dilagante in Inghilterra, Newton si ritroverà confinato nella sua casa natale nella **campagna di Woolsthorpe**, i suoi primi risultati «mirabili» furono ottenuti proprio in ambito matematico.

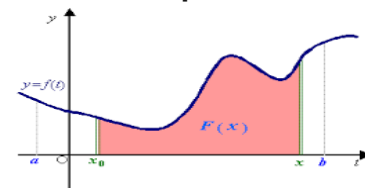
Cartesio aveva mostrato, portando avanti un programma già iniziato da matematici quali **François Viète**, che due discipline a lungo pensate come indipendenti, **l'algebra e la geometria**, potevano essere concepite come due facce della stessa medaglia. **Cartesio** riteneva però che ci si dovesse limitare a espressioni algebriche finite. Newton invece, generalizzando i risultati presentati da **Wallis** sulle serie convergenti ad infiniti termini, **arriva a formulare la sua celebre serie binomiale**, per mezzo della quale riesce per la prima volta a risolvere uno dei principali problemi che assillavano i matematici dell'epoca...

Gli anni «mirabili» 1665-1666

Le conquiste matematiche

La maggior parte delle questioni matematiche affrontate dai contemporanei di Newton si poteva ridurre infatti a **due problemi fondamentali**:

- **data una curva, determinarne la tangente;**
- **data una curva, determinare l'area da essa sottesa.**



Il giovane Isaac si rese conto che **questi due problemi erano l'uno l'inverso dell'altro** e che la posta in palio non era la soluzione di un'unica questione particolarmente difficile bensì l'elaborazione di un **metodo che poteva essere applicato ad intere classi di problemi**.

E' così che Newton, sulla scia dei lavori di **Barrow**, riesce a pervenire al celebre **Teorema Fondamentale del Calcolo**, che è alla base del calcolo infinitesimale e rappresenta sicuramente una delle più grandi generalizzazioni della storia della matematica. Ancora oggi gli studenti liceali e universitari imparano a risolvere alcuni problemi col **calcolo differenziale**, altri problemi col **calcolo integrale** e apprendono, infine, dal teorema fondamentale del calcolo, che differenziazione e integrazione sono **operazioni inverse**.

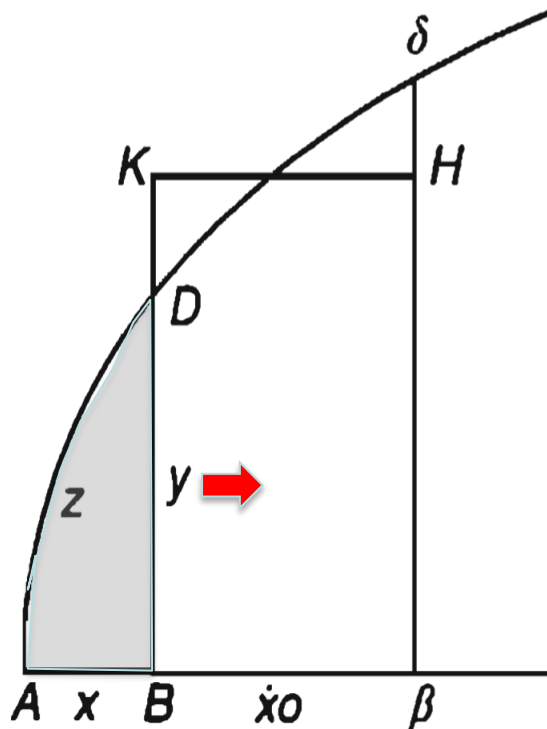


Come scriverà lui stesso: *«Ho elaborato un metodo generale che si applica, senza dover ricorrere ad alcun calcolo complicato, non solo per tracciare tangenti e curve qualsiasi [...] ma anche per risolvere altri tipi più astrusi di problemi concernenti le curve le aree».*

Gli anni «mirabili» 1665-1666

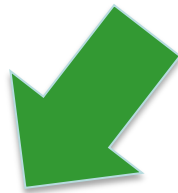
Le conquiste matematiche

La cosa interessante è che Newton perviene al teorema fondamentale grazie a una *concezione cinematica delle grandezze geometriche*, che concepisce come generate da un moto continuo (si noti che all'epoca non esiste ancora il concetto astratto di «funzione»). Ad esempio una curva è concepita come generata dal moto continuo di un punto. Le grandezze geometriche così generate vengono dette *fluenti*. Le loro velocità istantanee di accrescimento vengono invece dette *flussioni*. Per questo egli battezza il suo procedimento col nome di *«metodo delle serie e delle flussioni»*.



Ad esempio, data la curva in figura, Newton descrive l'area $z=ABD$ come generata dal moto continuo uniforme dell'ordinata BD . Suppone cioè che l'ordinata $y=BD$ si sposti da sinistra a destra in modo tale che l'ascissa $x=AB$ «fluisca» con velocità costante. Qual è la *flussione* (ossia il tasso di accrescimento) dell'area? Essa sarà ottenuta *suddividendo il tempo in un numero infinitamente grande di intervallini infinitamente piccoli* (i cosiddetti *momenti*). Il rapporto fra l'incremento dell'area acquisito in un intervallo infinitamente piccolo di tempo e l'ampiezza del momento corrispondente è una misura della flussione dell'area.

Le 3 fasi creative di Newton



Gli anni «mirabili» 1665-1666



Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

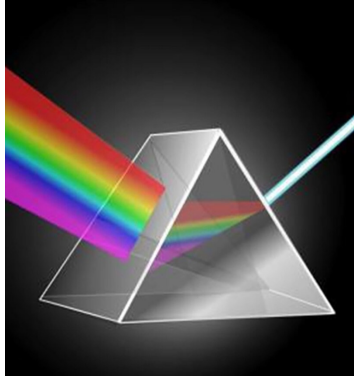


Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679



**Gli anni «mirabili»
1665-1666**

La teoria dei colori e la natura della luce



Le circostanze che, sempre in quegli anni, spingono Newton ad occuparsi di **luce** e di **colori** non sono del tutto chiare. Resoconti un po' leggendari ci narrano come egli abbia acquistato un prisma nell'agosto del **1665** *«alla fiera di Sturbridge per provare qualche esperimento sul libro dei colori di Cartesio»*. Pare comunque certo che, come per la matematica, anche in questo caso sia stato Cartesio a ispirare Newton.

Cartesio concepiva infatti la luce come una pressione esercitata dalle **particelle minutissime di etere**. Quando la luce bianca, concepita quindi come un moto di sferette, viene riflessa o rifratta, le particelle possono acquisire un **moto rotatorio addizionale**: è questo moto addizionale che, secondo Cartesio, **generava la sensazione del colore**.

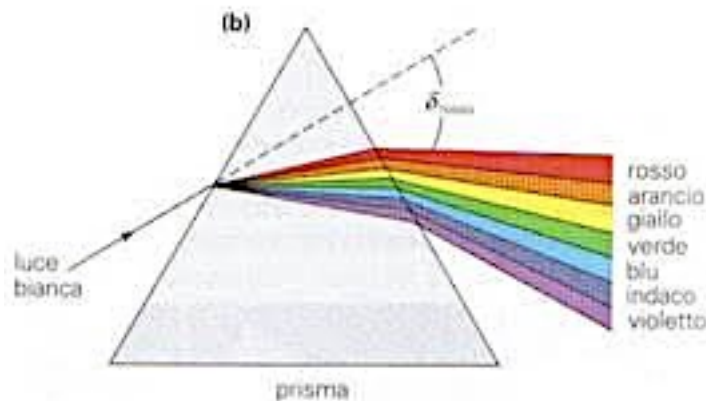
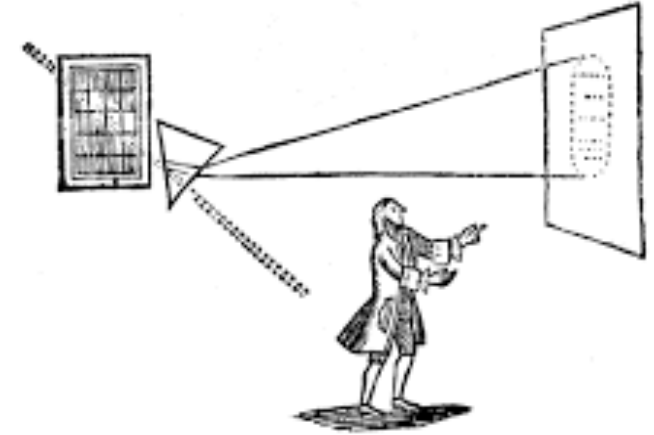


Newton era al corrente di altre teorie della luce, come quella di **Hooke**, secondo le quali invece la luce sarebbe **un impulso, una vibrazione o un «tremore» (in sostanza un onda) che si propaga in un mezzo**. Anche secondo queste teorie, come per quella di Cartesio, la luce bianca è semplice e i colori sono **modificazioni della luce bianca**.

Gli anni «mirabili» 1665-1666

La teoria dei colori e la natura della luce

Dopo avere eseguito alcune rudimentali esperienze con il suo **prisma**, Newton passa a indagini più raffinate. Ispirato dall'opera di **Boyle**, oscura la sua stanza, pratica un **forellino** nella persiana di una finestra e **proietta l'immagine su uno schermo** posto a diversi metri di distanza, osservando un'immagine non circolare, ma allungata, dove vengono messi in evidenza **tutti i «colori dell'iride»**.



E probabile che già a questo punto gli sia balenata in mente quella che è poi risultata la sua intuizione fondamentale: ***i colori non sono modificazioni della luce bianca. Al contrario, è la luce bianca ad essere composta dai vari colori!*** Quindi il prisma non modifica la luce bianca, come sostenevano le teorie esistenti, ma semplicemente **scompone** la luce bianca nelle sue componenti!

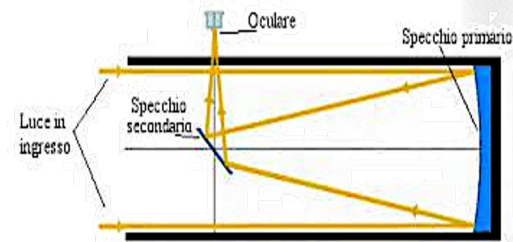
Gli anni «mirabili» 1665-1666

La teoria dei colori e la natura della luce

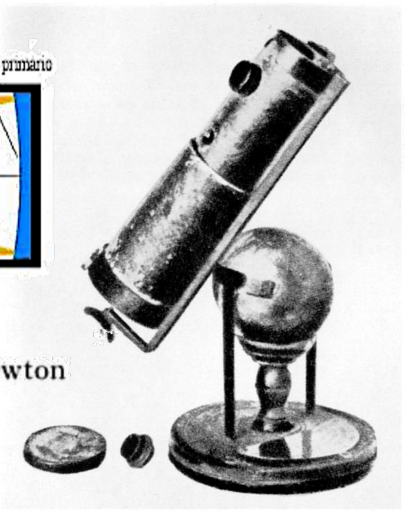
Una conseguenza pratica della teoria newtoniana riguardava la **costruzione dei telescopi...** Era da tempo noto che i telescopi costituiti da lenti (cioè **a rifrazione**) sono soggetti a un difetto nella focalizzazione dell'immagine, difetto chiamato **aberrazione sferica**, che si cercava in vari modi di correggere.

Dopo aver elaborato la sua **teoria dei colori**, Newton si convince che quelle correzioni erano inutili perché le lenti sono affette anche da un altro difetto: **l'aberrazione cromatica**. Dato che le diverse componenti della luce bianca sono caratterizzate da **diversi indici di rifrazione**, una lente non può focalizzare nello stesso punto le diverse componenti di una sorgente bianca puntiforme. Newton decide quindi di **concentrarsi sui telescopi a riflessione**, di cui esistevano già alcuni progetti ma che non erano mai stati realizzati in pratica.

Lo scienziato inglese ne ideò uno innovativo, dove i raggi riflessi da uno **specchio parabolico concavo** cadono su uno specchio piano e l'immagine è vista attraverso **l'oculare montato con un asse perpendicolare all'asse del telescopio**, e per la prima volta lo realizzò anche in pratica inviandolo, nel **1668**, alla Royal Society.



Telescopio a riflessione di Newton
(Londra, Royal Society)

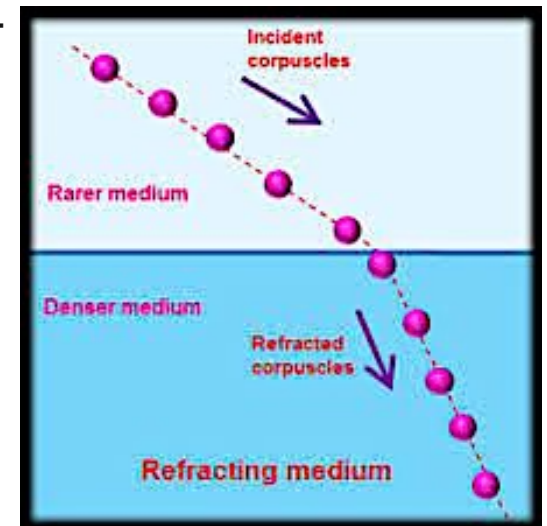


Gli anni «mirabili» 1665-1666

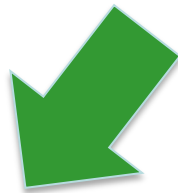
La teoria dei colori e la natura della luce

Nel **1672**, diventato ormai fellow della Royal Society, Newton pubblica sulle *Transactions of the Royal Society* un articolo in cui espone la sua teoria dei colori. Però, contro le sue aspettative, l'articolo non viene accettato a causa delle critiche rivoltegli soprattutto da **Hooke** e da **Huyghens** che **criticavano il suo metodo** (basato su un solo esperimento) e il fatto che non facesse ipotesi esplicite sulla natura della luce – ossia se fosse fatta di **particelle**, come nella teoria di **Cartesio**, o da **onde**, come sostenevano invece Hooke e Huyghens.

Per rispondere a queste critiche, nel **1675** Newton presenta alla Royal Society un altro saggio intitolato *An hypothesis explaining the properties of light* nel quale aderiva all'idea che lo spazio fosse pervaso da un **etere** sottilissimo, con proprietà simili a quelle di un **fluido elastico**. Questo fluido si troverebbe non solo nello spazio libero, ma anche nei pori dei «cristalli, del vetro e dell'acqua», pur essendo più denso nello spazio libero che nei cristalli. La luce sarebbe dunque costituita da un **flusso di «corpuscoli di varia forma» che interagiscono con l'etere** e vengono da esso rifratti verso zone a minore densità. Inoltre i corpuscoli **trasmetterebbero all'etere vibrazioni periodiche**, che spiegherebbero i fenomeni di interferenza osservati nelle lamine sottili da Hooke (cfr. De Broglie-Bohm).



Le 3 fasi creative di Newton



Gli anni «mirabili» 1665-1666

Conquiste
matematiche

**Teoria della
Gravitazione**

Teoria dei colori
e natura della luce

Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679

Ritorno alla
Tradizione
Rinascimentale

Newton
Biblista

Il mito degli
Antichi

Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Definizioni e
Assiomi:
le tre Leggi

Lo Scolio
Generale:
«Hypotheses non
fingo»

I tre Libri:
Moto dei corpi
solidi (I) e fluidi (II)
e Sistema del
Mondo (III)

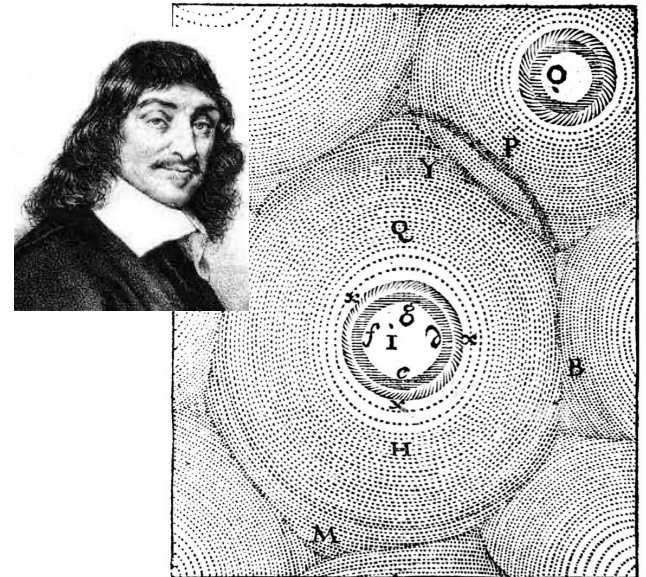
Gli anni «mirabili» 1665-1666

La teoria della gravitazione

Nel saggio del **1675** l'ipotesi dell'etere viene applicata da Newton non solo ai fenomeni ottici, ma anche alla fisiologia della percezione e a fenomeni chimici, elettrici e magnetici. E si chiede perfino se «**l'attrazione gravitazionale della Terra**» non possa essere causata dalla «**condensazione di qualche altro simile spirito etereo**», speculando quindi su una ipotesi meccanica sulla gravitazione...

Di fatto, fino agli **anni Ottanta**, Newton **non parlerà mai** del moto dei pianeti come dovuto a **una forza che agisce a distanza** e diretta verso il Sole. Piuttosto, sulla base delle intuizioni avute negli anni di ritiro forzato nelle campagne di Woolsthorpe, egli guarderà con favore all'idea che la gravità sia dovuta **all'azione per contatto** di un qualche mezzo interplanetario.

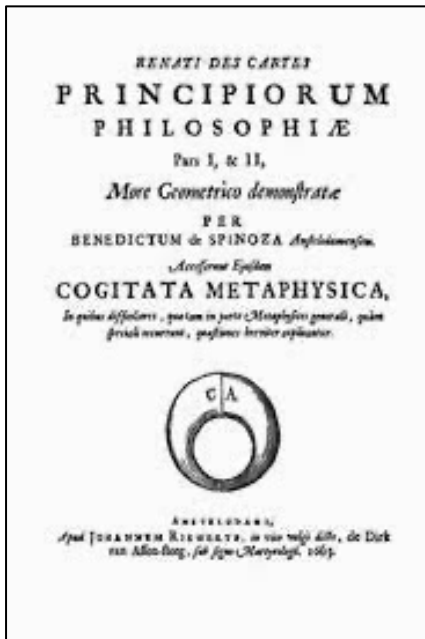
Questa idea era in effetti alla base della **teoria cartesiana della gravità**, pubblicata nel **1644** e all'epoca dominante, secondo la quale il movimento dei pianeti è dovuto a dei grandi «**vortici di una materia sottile che occupa gli spazi intersiderali**», che li trasportano e li mantengono sulle loro traiettorie. Per questo la teoria di **Cartesio** era appunto detta «**teoria dei vortici**». Ma Newton rielaborò l'idea in maniera completamente diversa...



Gli anni «mirabili» 1665-1666

La teoria della gravitazione

Come tutti sappiamo, secondo quanto da lui stesso **raccontato in vecchiaia** ad almeno quattro diversi testimoni, fu proprio negli **anni di Woolsthorpe** che, guardando una **mela** cadere da un albero mentre era seduto in giardino, intuì che la forza responsabile della caduta avrebbe potuto essere la **medesima** che manteneva in orbita la Luna attorno alla Terra e i pianeti attorno al Sole.



In quegli anni il giovane Newton, pur essendo venuto a conoscenza delle leggi di **Keplero**, per semplicità – e comunque in buona approssimazione – **considerava le orbite dei pianeti circolari e il loro moto uniforme** (cioè a velocità costante). Inoltre, influenzato dai **Principi della filosofia** di **Cartesio**, riteneva che i corpi in moto circolare uniforme fossero soggetti, oltre che alla tendenza a **procedere lungo la tangente**, anche ad una tendenza (o **conato**) a «**recedere dal centro**» e immaginava che la forza di gravità servisse proprio ad **equilibrare questa tendenza**.

Gli anni «mirabili» 1665-1666

La teoria della gravitazione

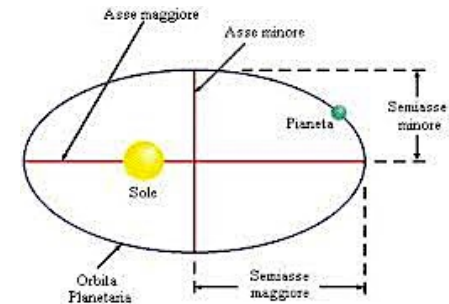
Negli anni **1665-66** Newton ottiene una prima **misura quantitativa di questa «tendenza a recedere dal centro»** dei pianeti (chiamiamola C), considerandola proporzionale al quadrato della velocità e inversamente proporzionale al raggio dell'orbita:

$$C \approx \frac{v^2}{r}$$

Questa formula oggi viene usata come misura **dell'accelerazione centripeta** nel caso del moto circolare uniforme, e venne poi scoperta indipendentemente da **Huygens** e pubblicata nel suo *Horologium oscillatorium* nel **1673**.

Dato che $v = 2\pi r/T$ e che il quadrato del periodo T di rivoluzione, per la **terza legge di Keplero**, era proporzionale al cubo del raggio, Newton ottenne la celebre **dipendenza dall'inverso del quadrato della distanza**:

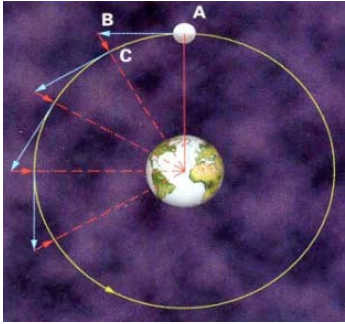
$$C \approx \frac{r^2}{T^2} \frac{1}{r} \approx \frac{1}{r^2}$$



che egli attribuisce appunto alla «**tendenza a recedere dal centro**», che aveva le dimensioni di una accelerazione. Dunque, dato che già gli esperimenti di **Galileo** avevano dimostrato la proporzionalità tra forza e accelerazione, Newton poté **attribuire, indirettamente**, la dipendenza dell'inverso del quadrato anche alla forza che doveva equilibrare la tendenza a recedere dal centro, cioè la **forza di gravità**.

Gli anni «mirabili» 1665-1666

La teoria della gravitazione



A quel punto **Newton fece qualche calcolo** per verificare quella supposizione, sempre ipotizzando che la forza di gravità che manteneva la **Luna in orbita attorno alla Terra** fosse la stessa di quella che teneva i pianeti in orbita attorno al Sole...

Innanzitutto prese dal *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* i valori assegnati da **Galileo** alla accelerazione di gravità sulla superficie terrestre. Poi prese la **distanza della Luna dalla Terra**, stimata già intorno al **140** avanti Cristo dall'astronomo **Ipparco** di Nicea, che corrispondeva a circa 60 raggi terrestri, e con la sua formula calcolò la «**tendenza a recedere**» della Luna. Poiché quest'ultima dovrebbe decrescere con il quadrato della distanza, l'accelerazione di gravità che noi sentiamo sulla superficie terrestre dovrebbe essere **3600 volte più grande** di quella esercitata sulla Luna, perché 60 per 60 fa appunto 3600...



Gli anni «mirabili» 1665-1666

La teoria della gravitazione

Quando Newton fece questo calcolo usando i valori che **Galileo** aveva trovato per l'accelerazione di gravità sulla Terra **scoprì che i conti non tornavano**, perché in realtà le misure di Galileo non erano sufficientemente precise, anche se non per colpa sua: semplicemente, si tratta di esperimenti che richiedono una grande precisione, e **Galileo non aveva gli strumenti adatti...**

Qualche tempo dopo Newton trovò un **metodo diverso** da quello di Galileo, basato questa volta sul **pendolo**, per misurare l'accelerazione di gravità sulla Terra. E trovò il valore che tutti oggi conosciamo: circa **9,8 metri al secondo quadrato**.

Rifece la proporzione con quella che avrebbe dovuto essere l'attrazione gravitazionale esercitata dalla Terra sulla Luna per mantenerla in orbita, e scoprì che era circa **3660 volte più piccola**: cioè, più o meno, le previste 3600 volte... Dunque **le legge dell'inverso del quadrato era confermata!** Una ventina di anni più tardi questa intuizione sarebbe stata sviluppata nei *Principia Mathematica*...



Le 3 fasi creative di Newton



**Gli anni «mirabili»
1665-1666**

Conquiste
matematiche

Teoria della
Gravitazione

Teoria dei colori
e natura della luce

**Il periodo del
«rifiuto dei moderni»
1667-1679**

Ritorno alla
Tradizione
Rinascimentale

Newton
Biblista

Il mito degli
Antichi

**Gli anni dei
«Principia Mathematica»
1679-1689**

Definizioni e
Assiomi:
le tre Leggi

Lo Scolio
Generale:
«Hypotheses non
fingo»

I tre Libri:
Moto dei corpi
solidi (I) e fluidi (II)
e Sistema del
Mondo (III)

Le 3 fasi creative di Newton



**Gli anni «mirabili»
1665-1666**

Conquiste
matematiche

Teoria della
Gravitazione

Teoria dei colori
e natura della luce

**Il periodo del
«rifiuto dei moderni»
1667-1679**

Ritorno alla
Tradizione
Rinascimentale

Newton
Biblista

Il mito degli
Antichi

**Gli anni dei
«Principia Mathematica»
1679-1689**

Definizioni e
Assiomi:
le tre Leggi

Lo Scolio
Generale:
«Hypotheses non
fingo»

I tre Libri:
Moto dei corpi
solidi (I) e fluidi (II)
e Sistema del
Mondo (III)

Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679

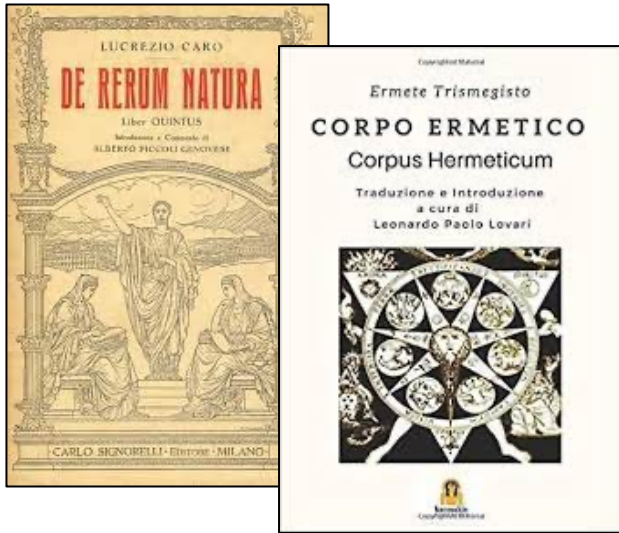
Il ritorno alla tradizione Rinascimentale

Come abbiamo visto, negli *anni mirabili* Newton costruisce le sue scoperte matematiche e sperimentali facendo riferimento a un ristretto gruppo di testi. In particolare, le sue letture giovanili lo mettono in contatto con quanto di più innovativo si poteva trovare all'epoca sul mercato, quella che oggi chiameremmo «*ricerca di frontiera*». Ma nel corso degli **anni Settanta** il suo atteggiamento muta radicalmente: egli sviluppa una profonda avversione per i «**Moderni**», cioè per «gli uomini dei tempi recenti», e volge lo sguardo agli «**Antichi**»...

Nello stesso tempo **gli interessi di Newton si allargano per includere l'alchimia, la teologia, l'interpretazione dei testi sacri e la cronologia delle antiche civiltà**. Questi interessi non erano una eccezione nella cultura in cui viveva Newton. Al contrario, facevano parte di una tradizione che affondava le sue radici nel **Rinascimento**. La scoperta dei classici greci e latini aveva indotto la nascita di un mito sulla cultura letteraria, musicale, artistica, filosofica e scientifica delle antiche civiltà. Un'idea accettata da molti era che **una cultura superiore, testimoniata dai testi, spesso frammentari, che via via venivano tradotti dal greco, dal latino e dall'arabo, fosse andata incontro a un periodo di decadenza e corruzione...**



Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679



Il ritorno alla tradizione Rinascimentale

Lo sforzo di molti uomini di cultura era dunque diretto a **ripristinare le conoscenze in campo artistico e scientifico della civiltà degli «Antichi»**. In particolare, in campo scientifico e matematico, la scoperta e traduzione cinquecentesca dei testi di **Lucrezio**, della **Tradizione Ermetica** e, in campo matematico, di **Archimede**, **Apollonio** e **Pappo**, aveva avuto una risonanza notevolissima.

Negli anni **Settanta** a Cambridge erano attivi pensatori come **Henry More**, **Isaac Barrow** e **Ralph Cudworth**, preoccupati delle conseguenze teologiche della nuova scienza, in particolare della scienza cartesiana. **La nuova filosofia meccanicista aveva infatti indotto alcuni ad abbracciare tesi pericolose**. In alcuni casi si arrivava a negare l'esistenza di Dio, dato che il funzionamento della **Macchina del Mondo** seguirebbe le leggi matematicamente necessarie del moto. Oppure, Dio sarebbe il creatore di un universo che, dopo la creazione, non necessita più dell'intervento divino (**Deismo**).

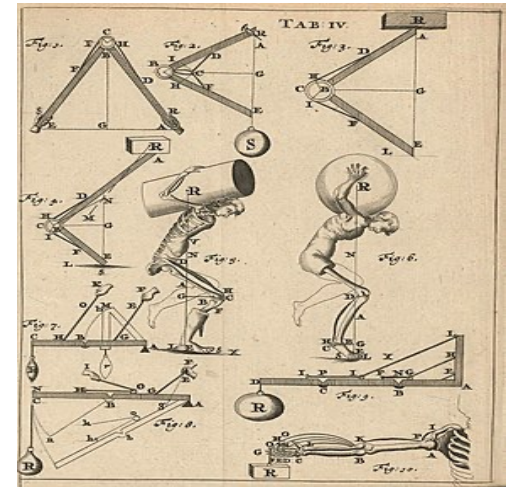
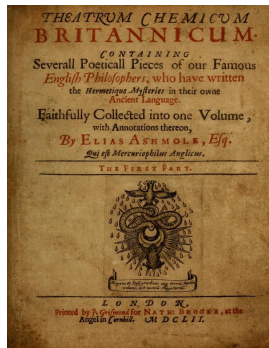


Illustrazione dal *De moto animalium* di [Giovanni Alfonso Borelli](#) (1685), che equiparava l'organismo umano ad un assemblaggio di parti meccaniche.

Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679

Il ritorno alla tradizione Rinascimentale

Newton, da credente qual era, aborrisce queste tesi: è convinto che la **Provvidenza** divina si manifesti in ogni istante nel Creato e che sia una grave **eresia** negare o marginalizzare il ruolo dell'intervento di Dio, tanto nella natura quanto nella Storia. Come vedremo a breve, le motivazioni che spingono Newton a rivedere la sua iniziale adesione alla filosofia dei «Moderni» sono prevalentemente di **carattere teologico**. Prima però fu sicuramente affascinato dalla **tradizione alchemica**...



I primi interessi dello scienziato inglese per l'alchimia risalgono all'incirca al **1668**. Da allora, ininterrottamente per trent'anni, Newton leggerà e commenterà con segreta passione testi come il **Theatrum chemicum** di **Elias Ashmole** o di **Lazarus Zetzner**, che oggi solo pochi specialisti conoscono, e che vengono da lui trascritti, annotati e decifrati febbrilmente nella sua stanza del Trinity College.

Come sappiamo, dal **1669** Newton prende servizio come **professione lucasiano** di matematica a Cambridge e in quegli anni si costruirà addirittura un **laboratorio con una fornace ardente** dove eseguirà moltissime esperienze sulla **trasmutazione dei metalli** che descriverà in pagine e pagine scritte in un linguaggio arcano.



Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679

Il ritorno alla tradizione Rinascimentale



In quel periodo Newton è convinto che **il mondo non possa essere spiegato solo in termini di collisioni e arrangiamenti fra corpuscoli**. Quella che egli chiamerà nello Scolio Generale dei *Principia* la «**cieca necessità metafisica**» non riusciva a spiegare i processi di «**vegetazione**» e «**fermentazione**», di «**corruzione**» e «**coesione**». Quali processi sono coinvolti nella generazione di una pianta dal seme? Quali nella putrefazione e perdita di ordine di un organismo prima animato? Quali nel passaggio dalla volontà di muovere un braccio all'effettivo movimento del braccio? Che cosa induce un **ordine e una finalità negli organismi viventi**?

Per Newton, non solo il mondo della vita manifesta **caratteristiche non riducibili al meccanicismo**. Anche il mondo degli elementi chimici presenta fenomeni sorprendenti di trasformazione che rivelano la presenza di un **agente vitale**, che egli chiamerà uno «**spirito vegetativo**», uno «**spirito mercuriale**», una «**virtù fermentativa**», diffuso in tutto l'universo. E' questo, secondo lui, l'agente che permette a Dio di intervenire costantemente nel Mondo, organizzando e disorganizzando la materia secondo un **piano provvidenziale**. Assumere la filosofia meccanicista come spiegazione ultima non è quindi solo errato dal punto di vista del credente, ma anche dal punto di vista del filosofo della natura.

Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679

Il ritorno alla tradizione Rinascimentale

Nel suo laboratorio Newton cercava dunque di **identificare le modalità di azione di Dio nella natura**. Ma la sua attività alchemica non era solo sperimentale. Vi è anche una importante componente di **interpretazione e decifrazione dei testi**. Newton si dedica infatti a un lavoro di comparazione ed esegesi della letteratura alchimistica, condotto in gran segreto. È sempre alla ricerca di un denominatore comune, di convergenze, di **verità teologiche nascoste dietro la simbologia delle opere di magia e di alchimia**, e attribuisce una grande importanza all'antichità delle fonti: secondo Newton, infatti, più si risale nel passato, alla tradizione dei saggi egizi, greci, caldei ed ebrei, più si hanno probabilità di risalire a **quell'antica saggezza che si è andata corrompendo dal IV secolo d.C...**



Alessandro Pluchino (2002)

LA RISCOPERTA DELLA VIA ERMETICA

* * * * *

In questo saggio vorremmo introdurvi in quello che potremmo considerare uno dei contesti più adatti all'interno del quale riaprire l'agognato dialogo tra le differenti modalità di espressione della creatività umana e ricostruire, sia pur in chiave moderna, quell'antica alleanza tra l'uomo e la natura interrotta bruscamente quattro secoli fa dall'avvento del razionalismo scientifico. Stiamo parlando nientemeno che della gloriosa Tradizione Ermetica, nata come per incanto durante il primo secolo dell'era cristiana in quella che all'epoca era sicuramente la città più ricca, civile, cosmopolita, colta e raffinata di tutto il mondo greco-romano: Alessandria d'Egitto.

Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679

Il ritorno alla tradizione Rinascimentale

Nel suo laboratorio Newton cercava dunque di **identificare le modalità di azione di Dio nella natura**. Ma la sua attività alchemica non era solo sperimentale. Vi è anche una importante componente di **interpretazione e decifrazione dei testi**. Newton si dedica infatti a un lavoro di comparazione ed esegesi della letteratura alchimistica, condotto in gran segreto. È sempre alla ricerca di un denominatore comune, di convergenze, di **verità teologiche nascoste dietro la simbologia delle opere di magia e di alchimia**, e attribuisce una grande importanza all'antichità delle fonti: secondo Newton, infatti, più si risale nel passato, alla tradizione dei saggi egizi, greci, caldei ed ebrei, più si hanno probabilità di risalire a **quell'antica saggezza che si è andata corrompendo dal IV secolo d.C...**



Molti degli scritti alchemici di Newton furono comprati all'asta nel **1936** dal celebre economista **John Maynard Keynes**, che poi li regalò all'università di Cambridge, dove insegnava economia politica. Durante lo studio di questi manoscritti Keynes scoprì un Newton completamente diverso, che definì **«non il primo scienziato dell'età della ragione, ma l'ultimo dei maghi, l'ultimo dei babilonesi e dei sumeri, l'ultima grande mente che guardò al mondo visibile e intellettuale con gli stessi occhi di coloro che iniziarono a edificare il nostro patrimonio intellettuale ben prima di 10000 anni fa»**.

Le 3 fasi creative di Newton



**Gli anni «mirabili»
1665-1666**

**Gli anni dei
«Principia Mathematica»
1679-1689**

**Il periodo del
«rifiuto dei moderni»
1667-1679**

Conquiste
matematiche

Teoria della
Gravitazione

Teoria dei colori
e natura della luce

Ritorno alla
Tradizione
Rinascimentale

Newton
Biblista

**Il mito degli
Antichi**

Definizioni e
Assiomi:
le tre Leggi

Lo Scolio
Generale:
«Hypotheses non
fingo»

I tre Libri:
Moto dei corpi
solidi (I) e fluidi (II)
e Sistema del
Mondo (III)

Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679

Il mito degli Antichi

Questa predilezione di Newton per gli «Antichi», da lui coltivata principalmente negli anni **Settanta**, era legata anche al mito concernente le **conoscenze matematiche degli antichi geometri**. Nel **Cinquecento** e **Seicento** vengono tradotte da manoscritti arabi e greci le opere matematiche dei **grandi geometri dell'antichità**.



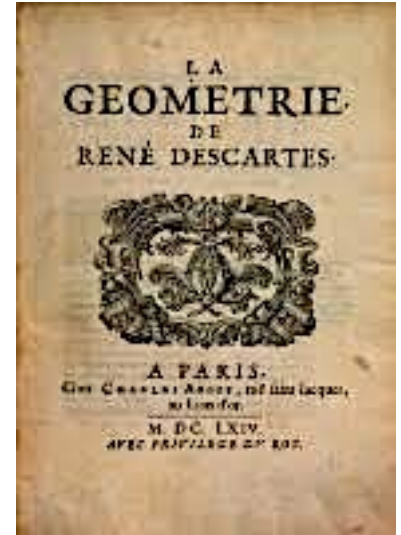
La «scoperta» del genio di matematici quali **Archimede** e **Apollonio** aveva avuto un enorme impatto sullo sviluppo della matematica europea. Ad esempio, nel **1588** erano stati pubblicati i sette libri delle **Collectiones mathematicae**, una *summa*, compilata da **Pappo** nel **IV secolo** dopo Cristo, relative alle conoscenze geometriche raggiunte dalla scuola di Alessandria d'Egitto. Nel settimo libro Pappo accennava all'esistenza di un **metodo utile alla «scoperta» dei teoremi**, noto sia ad Archimede che ad Apollonio, che aveva creato scompiglio tra i matematici europei alla fine del '500.

Che cosa aveva consentito ai geometri greci di conseguire quei risultati? In molti ritenevano che avessero **riscoperto metodi sviluppati appunto dagli «Antichi»**. Ma i matematici contemporanei di Newton avevano in mano solo i cenni di Pappo e dunque non potevano far altro che cercare di attingere a quella antica conoscenza attraverso la **mediazione** dei geometri greci...

Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679

Il mito degli Antichi

Non tutti però mostravano una simile riverenza per gli Antichi. **Cartesio**, ad esempio, riteneva di aver pubblicato con la sua *Géométrie* del 1637 un metodo della scoperta superiore a quello degli Antichi. Proprio nella *Géométrie* veniva proposta la soluzione di un problema enunciato nelle *Collectiones* di **Pappo** e che, secondo Cartesio, né **Apollonio**, né **Archimede** erano riusciti a risolvere. Il «problema di Pappo», detto anche «**problema delle quattro linee**», viene ridotto da Cartesio alla soluzione di un sistema di equazioni algebriche.

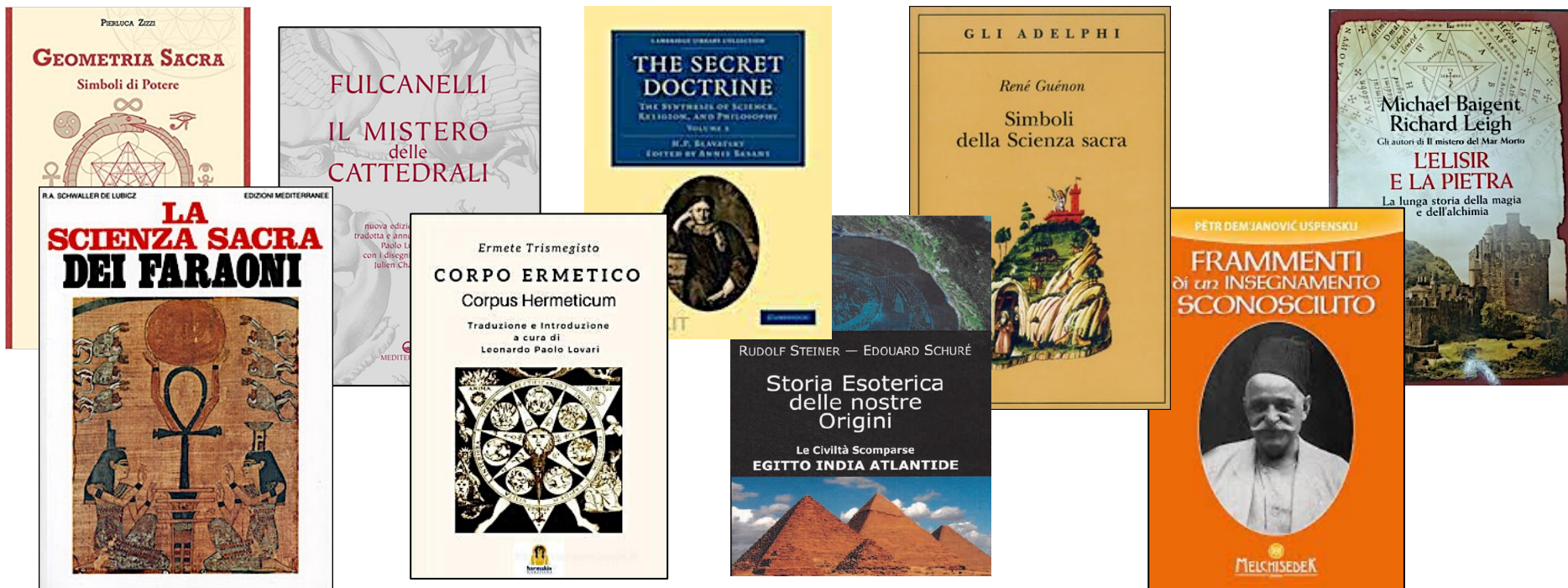


Su questo punto Newton si sentì in dovere di **intervenire in difesa degli Antichi**, manifestando così anche in campo matematico – e in controtendenza rispetto ai suoi contemporanei – la presa di distanza dal cartesianesimo: *«In verità il metodo degli Antichi è molto più elegante rispetto a quello cartesiano. Perché Cartesio ha raggiunto i suoi risultati per mezzo di un calcolo algebrico che, se trasposto in parole (seguendo la pratica degli Antichi nei loro scritti), si dimostrerebbe così tedioso e intricato da provocare la nausea. Ma essi raggiungevano [i risultati] per mezzo di alcune semplici proposizioni, giudicando che niente scritto in uno stile differente fosse degno di essere pubblicato, e di conseguenza nascondevano l'analisi per mezzo della quale avevano trovato le loro costruzioni»*.

Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679

Il mito degli Antichi

Così facendo, in realtà, Newton sembrava prendere le distanze anche dalle sue scoperte matematiche giovanili relative al calcolo infinitesimale: di fatto, pubblicherà i primi cenni al calcolo delle flussioni solo nel 1704 (nella già citata appendice all'Optiks), in linea con quella che riteneva essere la strategia degli antichi geometri, ossia riservare la conoscenza raggiunta solo ad un ristretto numero di iniziati... Ed erano proprio tracce di questa conoscenza perduta quelle che lui cercava di trovare (o «divinare») non solo nei testi alchemici ma anche in quelli biblici (una tradizione che è poi proseguita nei secoli successivi...)



Le 3 fasi creative di Newton



**Gli anni «mirabili»
1665-1666**

Conquiste
matematiche

Teoria della
Gravitazione

Teoria dei colori
e natura della luce

**Il periodo del
«rifiuto dei moderni»
1667-1679**

Ritorno alla
Tradizione
Rinascimentale

**Newton
Biblista**

Il mito degli
Antichi

**Gli anni dei
«Principia Mathematica»
1679-1689**

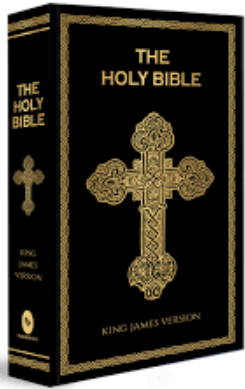
Definizioni e
Assiomi:
le tre Leggi

Lo Scolio
Generale:
«Hypotheses non
fingo»

I tre Libri:
Moto dei corpi
solidi (I) e fluidi (II)
e Sistema del
Mondo (III)

Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679

Newton Biblista



Negli anni **Settanta** Newton comincia ad occuparsi anche di **cronologia e di interpretazione della Bibbia**, in particolare del Libro di **Daniele** e dell'**Apocalisse**. Come la natura offre allo sguardo indagatore dell'alchimista la traccia dell'intervento finalizzante e ordinatore di Dio, così **la storia rivela il Suo intervento provvidenziale**. Diviene quindi importante trovare una corrispondenza fra gli eventi storici e le profezie bibliche.

La Bibbia appare a Newton un testo scritto in un codice che va decifrato, come i testi della tradizione ermetica. Nella sua mente si fa sempre più chiara l'idea che la Chiesa cattolica si sia progressivamente corrotta e che un momento importante nel processo di corruzione della religione vera e originale, rivelata da Dio a **Noè**, sia il **Concilio di Nicea del 325 d.C.**

Il **dogma trinitario** ivi affermato, contro **Ario** che riteneva la figura del Cristo inferiore all'unico Dio, è una grave forma di **idolatria**. Come credente, **Newton diventa, e resta per tutta la vita, un convinto ariano** o, come si diceva nell'Inghilterra del Settecento, un unitariano, ovvero un **sostenitore della unicità di Dio**.



Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679

Newton Biblista

Lo sforzo di Newton – e di svariati suoi contemporanei – è quindi quello di **riscoprire la purezza della religione originaria**, evidentemente perduta da chi ha versato sangue in nome di Dio. Il filosofo della natura deve contribuire a questo rinnovamento andando alla **ricerca della presenza di Dio anche nella Storia**. L'approccio di Newton alla interpretazione delle profezie bibliche è vicino a quello adottato da **Henry More** e **Joseph Mede**, entrambi all'università di Cambridge.

Newton però guarda alla Bibbia con l'occhio del matematico. **L'Antico e il Nuovo Testamento abbondano di simbologia numerologica**. Per esempio, Newton cercherà di determinare il significato delle combinazioni numeriche associate alle **dimensioni del Tempio di Salomone**. Oppure cercherà di determinare una cronologia delle **dinastie degli antichi regni** sfruttando le sue conoscenze di astronomia.

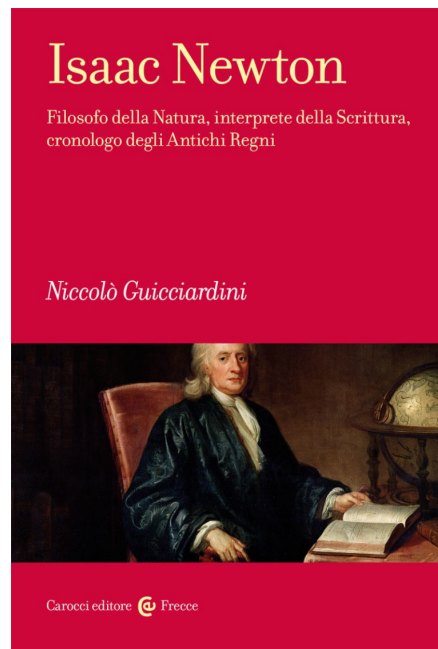


Egli è infatti convinto che Dio abbia rivelato ai patriarchi e ai profeti, come **Mosè**, **Noè** e **Daniele**, un insieme di **verità che riguardano non solo Dio e le sue relazioni col Creato, ma il Creato stesso**. Gli antichi ebrei avrebbero posseduto conoscenze astronomiche e fisiche che Newton cerca di recuperare nella sua attività di filosofo della natura. E' la ricerca della cosiddetta **Prisca Sapientia**, presente in molti suoi contemporanei e che egli trasmetterà a parecchi suoi allievi.

Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679

Newton Biblista

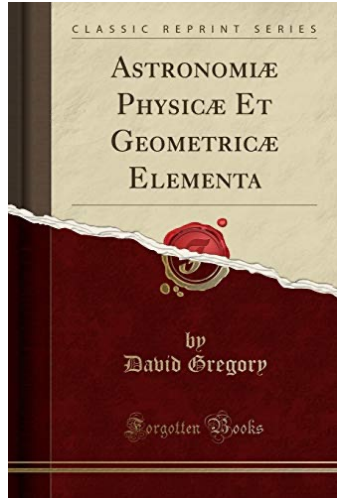
In uno scritto degli anni **Ottanta**, intitolato *Le origini filosofiche della filosofia dei gentili*, egli associa esplicitamente l'idolatria, la Chiesa cattolica e l'adorazione di falsi re con una filosofia naturale geocentrica. A **Noè**, a **Mosè** e ai loro discendenti era invece stata **rivelata da Dio la cosmologia eliocentrica** che **Copernico** riscoprirà molte generazioni dopo. Ma questa saggezza si era persa a causa di falsi interpreti. In questo contesto diventa importante per Newton ristabilire la **priorità cronologica della tradizione ebraica** e confutare quelle che egli ritiene delle false cronologie, che vorrebbero la civiltà ebraica posteriore a quelle egizie e mesopotamiche.



Newton sposa inoltre il mito secondo il quale anche **Pitagora** riceve gli elementi di questa sapienza dal filosofo **Mosco il Fenicio**. Secondo questa tradizione, sostenuta anche dal teologo suo contemporaneo **Ralph Cudworth** – e, più avanti, indirettamente, anche dall'esoterista **Edouard Schurè** – «Mosco» non sarebbe che **Mosè sotto mentite spoglie**. Nella tradizione pitagorica (un secolo prima di **Leucippo** e **Democrito**) vivrebbero quindi ancora alcuni elementi dell'antica sapienza: **l'eliocentrismo e la cosmologia del vuoto e degli atomi**.

Il periodo del «rifiuto dei moderni» 1667-1679

Newton Biblista



Negli anni **Novanta**, dopo la composizione dei *Principia*, Newton arriverà ad attribuire agli antichi saggi, istruiti dagli ebrei, la conoscenza delle leggi di ottica e di meccanica celeste che egli avrebbe semplicemente *riscoperto*. In altri manoscritti che Newton non pubblicherà ma che verranno inclusi nella prefazione agli *Elementi di astronomia fisica e geometrica* (1702) di **David Gregory** si afferma che *gli Antichi erano a conoscenza del fatto che la gravitazione varia con l'inverso del quadrato della distanza*.

L'adesione all'arianesimo, sia pur tenuta segreta, creerà comunque a Newton non pochi problemi di coscienza. Qualche anno dopo la sua elezione a Fellow del Trinity College, avvenuta nel **1667** al suo ritorno dal periodo di isolamento a Woolsthorpe, Newton si trovò infatti nella condizione di dover *accettare entro sette anni l'ordinazione come membro della Chiesa anglicana* (l'odierno titolo universitario di *professore ordinario* deriva proprio da questa tradizione di prendere gli ordini religiosi minori), altrimenti avrebbe perso anche la sua cattedra lucasiana di matematica, ottenuta nel **1669**. Pare che solo grazie all'aiuto di un potente (ma ignoto) protettore londinese *Newton riuscì ad essere dispensato*, evitando così di aderire ad una fede che egli considerava sacrilega...

Le 3 fasi creative di Newton



**Gli anni «mirabili»
1665-1666**

Conquiste
matematiche

Teoria della
Gravitazione

Teoria dei colori
e natura della luce

**Il periodo del
«rifiuto dei moderni»
1667-1679**

Ritorno alla
Tradizione
Rinascimentale

Newton
Biblista

Il mito degli
Antichi

**Gli anni dei
«Principia Mathematica»
1679-1689**

Definizioni e
Assiomi:
le tre Leggi

Lo Scolio
Generale:
«Hypotheses non
fingo»

I tre Libri:
Moto dei corpi
solidi (I) e fluidi (II)
e Sistema del
Mondo (III)

Le 3 fasi creative di Newton



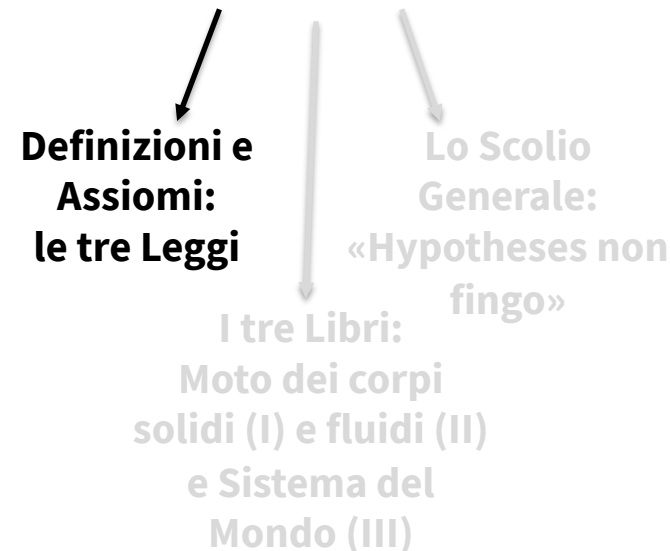
**Gli anni «mirabili»
1665-1666**



**Il periodo del
«rifiuto dei moderni»
1667-1679**



**Gli anni dei
«Principia Mathematica»
1679-1689**



Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Definizioni e assiomi: Le tre leggi della dinamica

Il percorso che condusse Newton alla realizzazione e alla pubblicazione dei «**Philosophiae Naturalis Principia Mathematica**», forse la singola opera in assoluto più influente per la scienza e il pensiero moderni, ha inizio **quasi per caso** nel **1684**, da un incontro di tre famosi scienziati alla Royal Society, una specie di **Accademia Reale delle Scienze**, creata qualche anno prima. Il primo era **Edmund Halley**, che ha dato il nome alla celebre cometa. Il secondo era l'astronomo e architetto **Christopher Wren**, progettista della cattedrale di St Paul a Londra. Il terzo era **Robert Hooke**, genio multiforme e autore nel 1665 della splendida **Micrographia**, la prima opera dedicata alle osservazioni fatte al microscopio (ma non solo).



Halley



Wren



Hooke

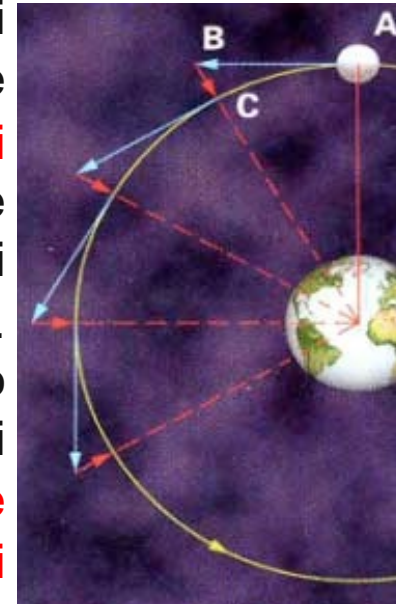
Dopo la riunione, **i tre personaggi si misero a discutere a proposito di un'affermazione di Hooke**. Ormai si sapeva che, per le orbite circolari, la forza di gravità che attira i pianeti verso il Sole è **inversamente proporzionale** al quadrato della distanza. **Hooke** pretendeva di poterlo dimostrare anche per le orbite ellittiche, ma **Halley** non ci credeva, e **Wren lanciò una sfida**: chi fosse riuscito a dimostrarlo, avrebbe ricevuto in premio un libro del valore di quaranta scellini...

Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Definizioni e assiomi: Le tre leggi della dinamica

In realtà, qualche anno prima, nel **1679**, **Hooke** si era rivolto a Newton per proporgli una sua ipotesi sul moto dei pianeti. Una ipotesi cui egli era giunto proprio in collaborazione con **Wren** e che era stata formulata all'interno di quella visione cosmologica che veniva etichettata come «**filosofia magnetica**». Egli riteneva che i pianeti si muovessero in uno spazio vuoto, privo di resistenza, e che su essi si esercitasse una **forza diretta verso il Sole**. Senza questa forza attrattiva i pianeti si sarebbero mossi in linea retta, secondo la legge di inerzia galileiana.

Dal **carteggio fra Hooke e Newton** trapela come questa ipotesi abbia colto il professore lucasiano del tutto impreparato. Come sappiamo, **fino ad allora Newton aveva pensato il moto dei pianeti in termini meccanicisti**, per cui il moto di rivoluzione attorno al Sole genererebbe un conato centrifugo, cioè la tendenza ad allontanarsi dal centro, controbilanciato da una forza diretta verso il Sole. Questa forza sarebbe generata da una sostanza presente nello spazio interplanetario (etere) e che, con qualche meccanismo di impatto sui pianeti, li spingerebbe verso il Sole. **Sembra certo che il carteggio con Hooke abbia squarciato un velo davanti agli occhi di Newton**, consentendogli di vedere molto lontano...



Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Definizioni e assiomi: Le tre leggi della dinamica

Ma torniamo alla **sfida lanciata da Wren** nel **1684**. I mesi passavano e né **Halley** né **Hooke** riuscivano a produrre la dimostrazione che la legge dell'inverso del quadrato fosse applicabile anche alle orbite ellittiche. Durante l'estate di quello stesso anno **Halley andò a trovare Newton a Cambridge**, e durante una conversazione gli disse della scommessa. Newton rispose subito di avere **ottenuto la dimostrazione** qualche anno prima. Halley gli chiese di mostrargliela, ma Newton disse di non ricordare più dove aveva riposto le carte con i calcoli...

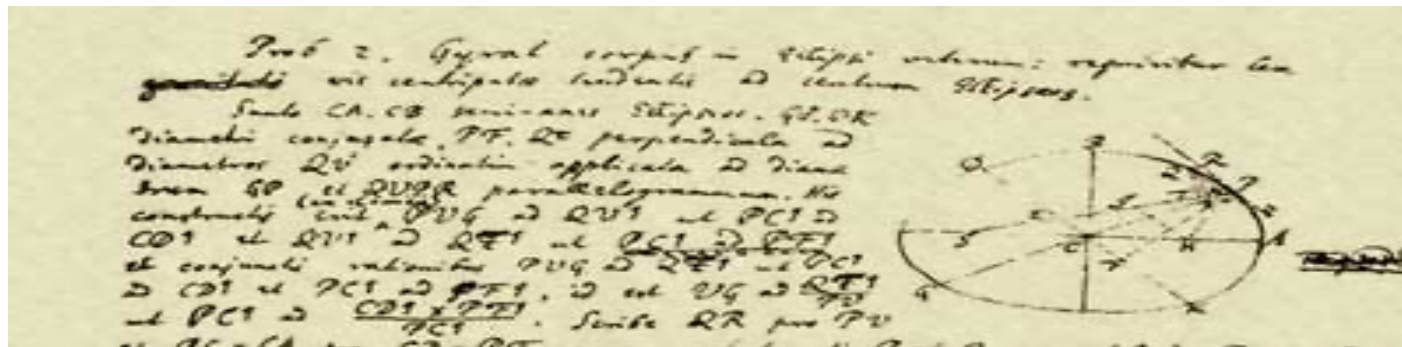


Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Definizioni e assiomi: Le tre leggi della dinamica

Ma torniamo alla **sfida lanciata da Wren** nel **1684**. I mesi passavano e né **Halley** né **Hooke** riuscivano a produrre la dimostrazione che la legge dell'inverso del quadrato fosse applicabile anche alle orbite ellittiche. Durante l'estate di quello stesso anno **Halley andò a trovare Newton a Cambridge**, e durante una conversazione gli disse della scommessa. Newton rispose subito di avere **ottenuto la dimostrazione** qualche anno prima. Halley gli chiese di mostrargliela, ma Newton disse di non ricordare più dove aveva riposto le carte con i calcoli...

Halley pensò che anche Newton, come **Hooke**, stesse solo millantando di avere ottenuto il risultato e se ne andò. Ma dopo un paio di mesi Newton gli scrisse una famosa lettera. In essa era incluso un articolo scientifico intitolato *De motu*, «**Sul moto**», in cui si dimostrava per l'appunto che, nel caso in cui la forza di gravità sia inversamente proporzionale al quadrato della distanza, **le orbite devono essere ellittiche, proprio come diceva una delle leggi di Keplero...**



Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Definizioni e assiomi: Le tre leggi della dinamica

Ma torniamo alla **sfida lanciata da Wren** nel **1684**. I mesi passavano e né **Halley** né **Hooke** riuscivano a produrre la dimostrazione che la legge dell'inverso del quadrato fosse applicabile anche alle orbite ellittiche. Durante l'estate di quello stesso anno **Halley andò a trovare Newton a Cambridge**, e durante una conversazione gli disse della scommessa. Newton rispose subito di avere **ottenuto la dimostrazione** qualche anno prima. Halley gli chiese di mostrargliela, ma Newton disse di non ricordare più dove aveva riposto le carte con i calcoli...

Halley pensò che anche Newton, come **Hooke**, stesse solo millantando di avere ottenuto il risultato e se ne andò. Ma dopo un paio di mesi Newton gli scrisse una famosa lettera. In essa era incluso un articolo scientifico intitolato ***De motu*, «Sul moto»**, in cui si dimostrava per l'appunto che, nel caso in cui la forza di gravità sia inversamente proporzionale al quadrato della distanza, **le orbite devono essere ellittiche, proprio come diceva una delle leggi di Keplero...**

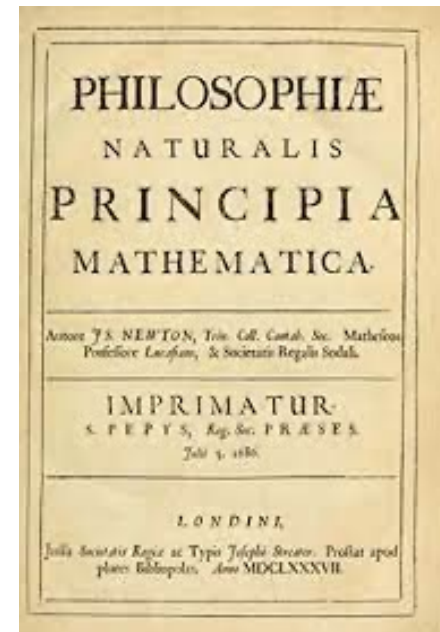
Anzi, Newton fece di più: dimostrò che le tre leggi di **Keplero** sono esattamente equivalenti, prese tutte insieme, all'esistenza di una forza diretta verso il Sole, che è inversamente proporzionale al quadrato della distanza. In altre parole, **Newton scoprì che quanto enunciato da Keplero nelle sue tre leggi era esattamente equivalente alla teoria della gravitazione** che lui stesso aveva intuito una ventina d'anni prima grazie, forse, alla famosa mela.

Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Definizioni e assiomi: Le tre leggi della dinamica

Newton aveva vinto la scommessa lanciata da **Wren**, anche se non si sa se ricevette mai il libro da quaranta scellini che era stato messo in palio. Si sa però che, nel momento in cui **Halley** ricevette questa lettera, si rese conto che Newton aveva risolto il problema, e si precipitò di nuovo a Cambridge per cercare di **convincerlo a scrivere un articolo per la Royal Society**.

Quando Newton iniziò a scrivere, ebbe **una nuova esplosione creativa, passata alla storia e durata 3 interi anni**: tra il **1684** e il **1687** produsse infatti una quantità enorme di risultati (460 pagine manoscritte, spedite di volta in volta ad Halley), che alla fine furono raccolti in **tre libri** pubblicati (a spese di Halley e patrocinati dalla Royal Society) nel **luglio del 1687** in un unico volume, intitolato appunto «**Principi matematici della filosofia naturale**». Ma mentre Galileo aveva scritto il suo Dialogo sui due massimi sistemi del mondo in lingua italiana, senza nemmeno un'equazione, perché tutti potessero leggerla, capirla e discuterne, **Newton scrisse i suoi Principia in latino**, forse proprio per renderla meno accessibile, e la riempì di dimostrazioni matematiche e geometriche, comprensibili solo da chi padroneggiasse alla perfezione per lo meno gli elementi di Euclide.



Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Definizioni e assiomi: Le tre leggi della dinamica

L'opera si apre con una parte di notevolissima importanza, ossia le **DEFINIZIONI** e gli **ASSIOMI**, che contiene i concetti basilari della meccanica. In queste pagine, per la prima volta, Newton riesce a dare alla dinamica una fondazione chiara e coerente, definendo la **quantità di materia, la quantità di moto, l'inerzia, la nozione di forza e di forza centripeta, nonché i concetti di attrazione, impulso e propensione**. Queste definizioni sono seguite dal famoso **scolio sul tempo e sullo spazio assoluti**, sui quali si fondò la fisica fino alla fine del **XIX** Secolo, e che per lui erano i **«sensori» attraverso cui Dio percepisce l'universo** (in seguito **Kant** li definì *forme a-priori* della nostra conoscenza sensibile).

I. Il tempo assoluto ⁷, vero, matematico, in sé e per sua natura senza relazione ad alcunché di esterno, scorre uniformemente, e con altro nome è chiamato durata; quello relativo, apparente e volgare, è una misura (esatta o inesatta) sensibile ed esterna della durata per mezzo del moto, che comunemente viene impiegata al posto del vero tempo: tali sono l'ora, il giorno, il mese, l'anno.

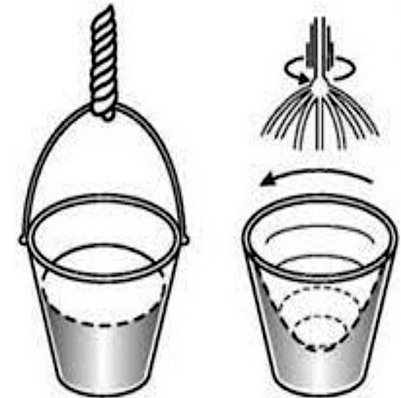
II. Lo spazio assoluto ⁸, per sua natura senza relazione ad alcunché di esterno, rimane sempre uguale e immobile; lo spazio relativo è una dimensione mobile o misura dello spazio assoluto, che i nostri sensi definiscono in relazione alla sua posizione rispetto ai corpi, ed è comunemente preso al posto dello spazio immobile; così la dimensione di uno spazio sotterraneo o aereo o celeste viene determinata dalla sua posizione rispetto alla Terra.

Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Definizioni e assiomi: Le tre leggi della dinamica

L'opera si apre con una parte di notevolissima importanza, ossia le **DEFINIZIONI** e gli **ASSIOMI**, che contiene i concetti basilari della meccanica. In queste pagine, per la prima volta, Newton riesce a dare alla dinamica una fondazione chiara e coerente, definendo la **quantità di materia**, la **quantità di moto**, l'**inerzia**, la **nozione di forza** e di **forza centripeta**, nonché i concetti di **attrazione**, **impulso** e **propensione**. Queste definizioni sono seguite dal famoso **scolio sul tempo e sullo spazio assoluti**, sui quali si fondò la fisica fino alla fine del **XIX** Secolo, e che per lui erano i «**sensori**» **attraverso cui Dio percepisce l'universo** (in seguito **Kant** li definì *forme a-priori* della nostra conoscenza sensibile).

In questo scolio Newton utilizza il **celebre esperimento mentale del secchio rotante** per dimostrare l'esistenza del moto assoluto, e dunque dello spazio assoluto (l'assolutezza del tempo era data per scontata). In breve, lui considera un secchio contenente acqua e messo in rotazione dall'arrotolamento della corda a cui è appeso. Dopo un po' anche **l'acqua comincia a ruotare e la spinta centrifuga la solleva lungo le pareti del secchio**. Questa spinta rimane anche quando l'acqua acquista la stessa velocità di rotazione del secchio, cioè è ferma rispetto ad esso, dunque il fenomeno non può che derivare dal **moto assoluto** dell'acqua rispetto ad uno **spazio assoluto**.



**Gli anni dei
«Principia Mathematica»
1679-1689**

Definizioni e assiomi: Le tre leggi della dinamica

L'opera si apre con una parte di notevolissima importanza, ossia le **DEFINIZIONI** e gli **ASSIOMI**, che contiene i concetti basilari della meccanica. In queste pagine, per la prima volta, Newton riesce a dare alla dinamica una fondazione chiara e coerente, definendo la **quantità di materia, la quantità di moto, l'inerzia, la nozione di forza e di forza centripeta, nonché i concetti di attrazione, impulso e propensione**. Queste definizioni sono seguite dal famoso **scolio sul tempo e sullo spazio assoluti**, sui quali si fondò la fisica fino alla fine del **XIX** Secolo, e che per lui erano i **«sensori» attraverso cui Dio percepisce l'universo** (in seguito **Kant** li definì *forme a-priori* della nostra conoscenza sensibile).

I concetti newtoniani di tempo e spazio assoluti lasciarono scettici molti contemporanei, tra cui **Huygens, Leibniz e George Berkeley**. Leibniz, ad esempio, sosteneva esplicitamente che **non esiste un sistema di riferimento privilegiato**: le misure di tempo, di spazio e di moto, sono relative alle nostre scelte. Ma la **critica più efficace ai concetti di tempo e spazio assoluti** verrà sferrata da **Ernst Mach** alla fine dell'**Ottocento**. Poi **Einstein**, partendo dalle critiche di Mach, darà un colpo definitivo, con la sua **Teoria della Relatività**, ai concetti newtoniani di spazio e di tempo assoluti...



Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Definizioni e assiomi: Le tre leggi della dinamica

Gli **ASSIOMI** dei Principia comprendono le **tre leggi del moto e sei corollari**. Come noto, la **prima legge** è il principio di inerzia galileiano, la **seconda** è la relazione tra forza e variazione di velocità, e la **terza** è il principio di azione e reazione:

LEGGE I¹.

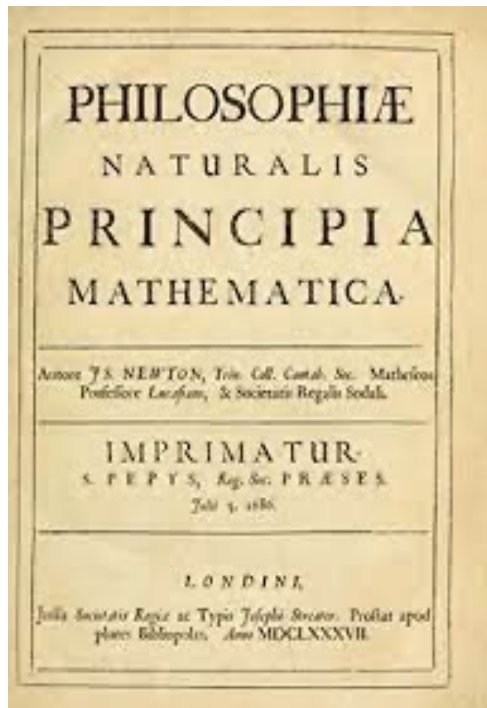
Ciascun corpo persevera nel proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, eccetto che sia costretto a mutare quello stato da forze impresse.

LEGGE II.

Il cambiamento di moto è proporzionale alla forza motrice impressa, ed avviene lungo la linea retta secondo la quale la forza è stata impressa.

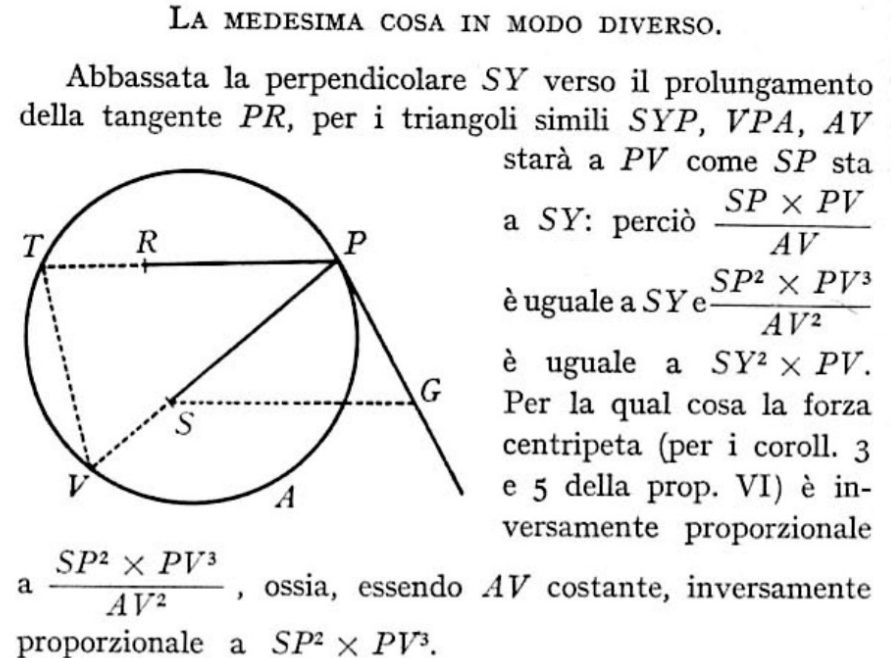
LEGGE III².

Ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria: ossia, le azioni di due corpi sono sempre uguali fra loro e dirette verso parti opposte.



Definizioni e assiomi: Le tre leggi della dinamica

Un **esempio** delle dimostrazioni, esclusivamente geometriche, utilizzate da Netwon nei Principia...

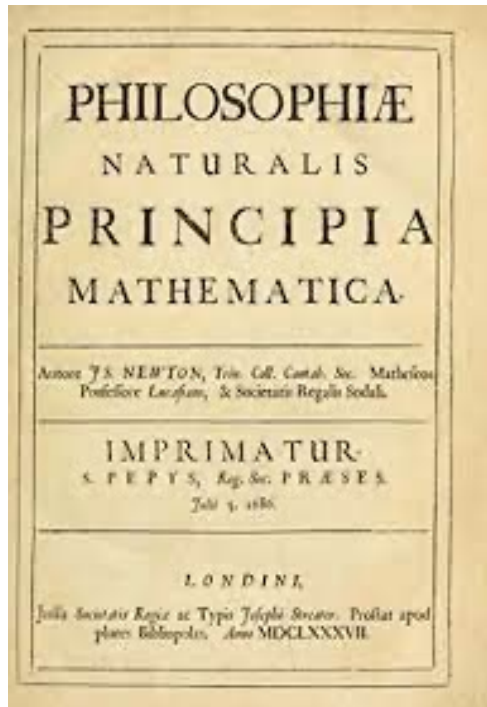


Corol. 1. Di conseguenza, se il punto dato S , verso il quale la forza centripeta tende continuamente, viene collocato nella circonferenza di questo cerchio, poniamo in V , la forza centripeta sarà inversamente proporzionale alla quinta potenza dell'altezza SP .

1679-1689

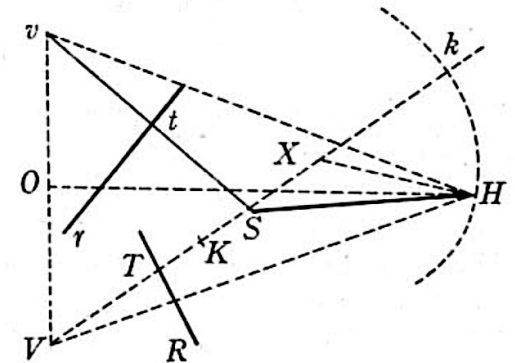
Le tre leggi della dinamica

Gli **ASSIOMI** dei Principia comprendono le **tre leggi del moto e sei corollari**. Come noto, la **prima legge** è il principio di inerzia galileiano, la **seconda** è la relazione tra forza e variazione di velocità, e la **terza** è il principio di azione e reazione:



Un **esempio** delle dimostrazioni, esclusivamente geometriche, utilizzate da Netwon nei Principia...

Caso 2. Intorno al fuoco S , venga descritta una traiettoria che tocchi in qualche punto le due rette TR, tr . Dal fuoco si abbassino verso le tangenti le perpendicolari ST, St e si prolunghino le medesime fino a V, v , così che TV, tv siano uguali a TS, tS .



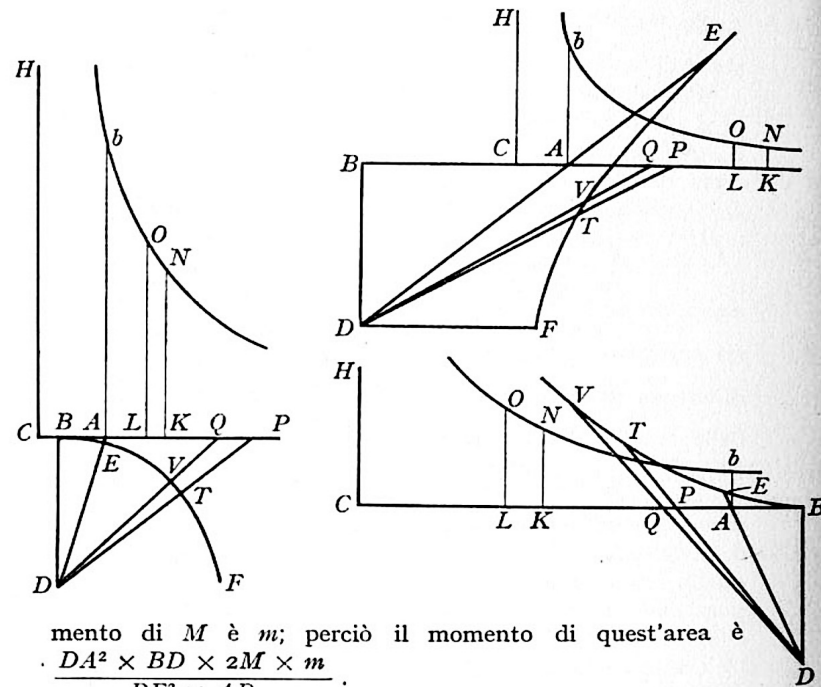
Si bisechi Vv in O , si tiri la perpendicolare indefinita OH , e si tagli la retta VS , prolungata all'infinito, in K , e k , così che VK stia a KS e Vk a kS come l'asse principale della traiettoria da descrivere sta alla distanza dei fuochi. Sul diametro Kk si descriva un cerchio che taglia OH in H , e con i fuochi S , H , e l'asse principale che uguaglia VH , si descriva la traiettoria. Dico che è cosa fatta. Si bisechi, infatti, Kk in X e si congiungano HX , HS , HV , Hv . Poiché VK sta a KS come Vk sta a kS e,

Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Definizioni e assiomi: Le tre leggi della dinamica

Gli **ASSIOMI** dei Principia comprendono le **tre leggi del moto e sei corollari**. Come noto, la **prima legge** è il principio di inerzia galileiano, la **seconda** è la relazione tra forza e variazione di velocità, e la **terza** è il principio di azione e reazione:

Questa area è uguale all'area $\frac{DA^2 \times BD \times M^2}{DE^2 \times AB}$, e il mo-

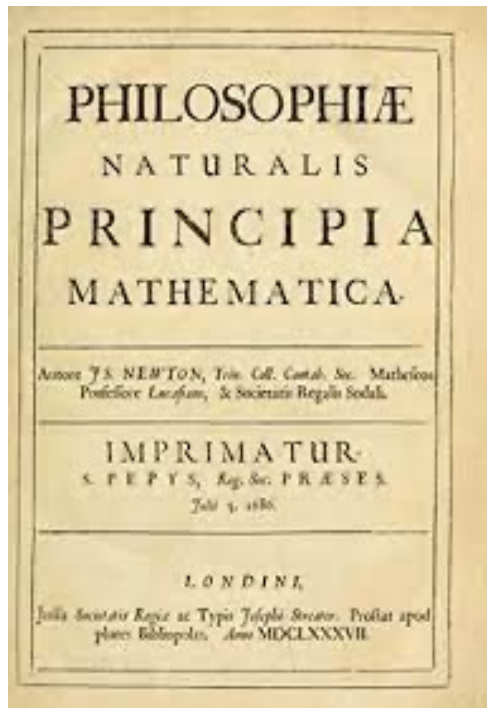


mento di M è m ; perciò il momento di quest'area è $\frac{DA^2 \times BD \times 2M \times m}{DE^2 \times AB}$.

Ma questo momento sta al momento della differenza delle aree predette DET e $AbNK$, cioè a $\frac{AP \times BD \times m}{AB}$,

come $\frac{DA^2 \times BD \times M}{DE^2}$ a $\frac{1}{2} BD \times AP$, ossia come $\frac{DA^2}{DE^2}$

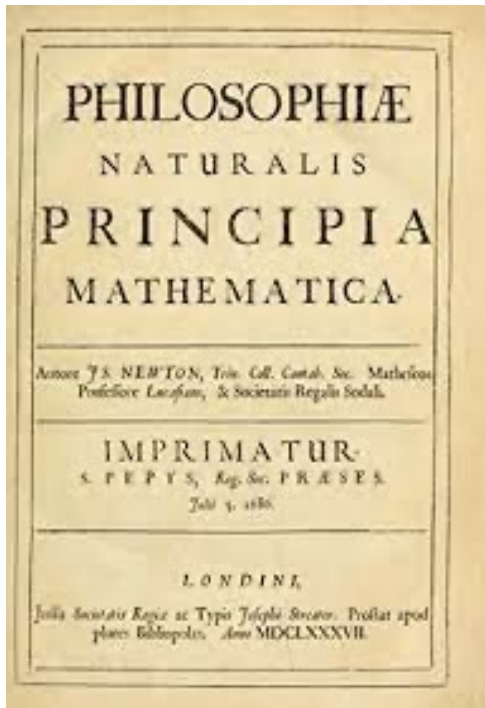
Un **esempio** delle dimostrazioni, esclusivamente geometriche, utilizzate da Newton nei Principia...



Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Definizioni e assiomi: Le tre leggi della dinamica

Gli **ASSIOMI** dei Principia comprendono le **tre leggi del moto e sei corollari**. Come noto, la **prima legge** è il principio di inerzia galileiano, la **seconda** è la relazione tra forza e variazione di velocità, e la **terza** è il principio di azione e reazione:



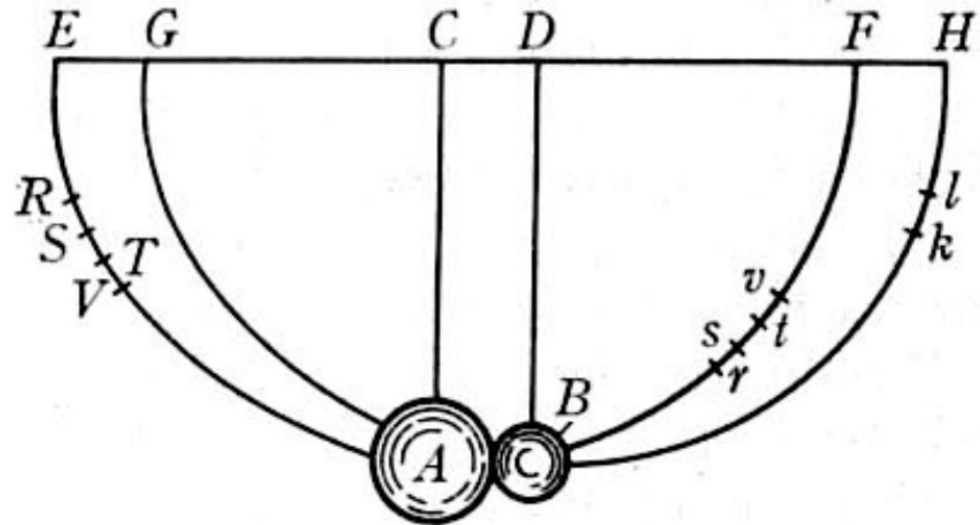
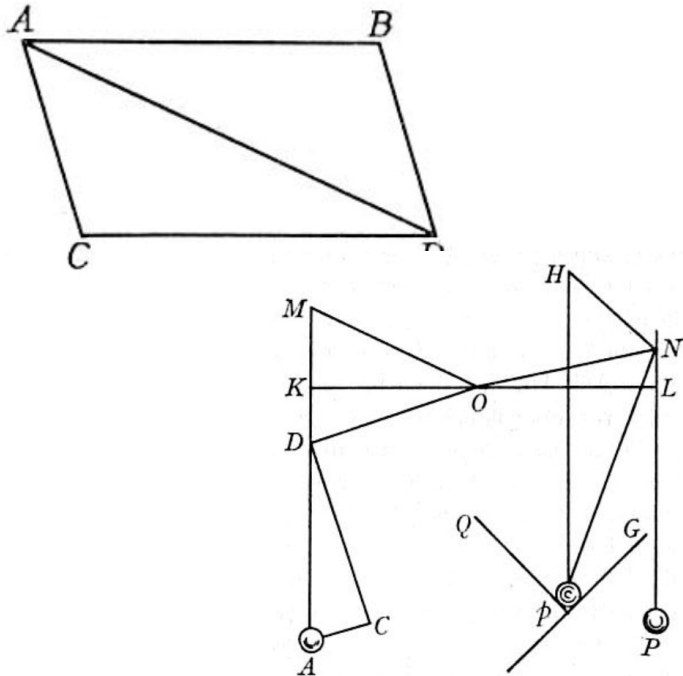
Qualcuno sarà sorpreso nello scoprire che **Newton decise di scrivere i Principia basandosi solo sulla geometria**, senza usare esplicitamente il calcolo delle flussioni da lui inventato venticinque anni prima (ma ancora non pubblicato): quindi **non poteva scrivere la seconda legge in termini simbolici, con la celeberrima equazione del moto: $F=ma$**

Forse fece questa scelta per tenere conto delle competenze dei suoi lettori, che **non avrebbero potuto comprendere una NUOVA fisica espressa in un NUOVO linguaggio matematico...** sarebbe stato pretendere troppo da loro! Oppure invece la fece per non rivelare a tutti un nuovo metodo che intendeva riservare solo agli iniziati... chissà...

Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Definizioni e assiomi: Le tre leggi della dinamica

I **primi due corollari** spiegano il parallelogramma delle forze e le relative applicazioni; **il terzo e il quarto** affermano che la quantità di moto e il centro di gravità di un sistema di corpi non vengono alterati dall'azione di tali corpi fra loro; **il quinto e il sesto** stabiliscono che i moti mutui rimangono inalterati, nel caso di moti uniformi come nel caso di moti uniformemente accelerati. Nello **scolio conclusivo** Newton fornisce alcuni esempi sull'uso degli assiomi nell'applicazione fattane alla meccanica da vari predecessori (tra cui **Wallis, Wren e Huygens**).



Le 3 fasi creative di Newton



**Gli anni «mirabili»
1665-1666**

Conquiste
matematiche

Teoria della
Gravitazione

Teoria dei colori
e natura della luce

**Il periodo del
«rifiuto dei moderni»
1667-1679**

Ritorno alla
Tradizione
Rinascimentale

Newton
Biblista

Il mito degli
Antichi

**Gli anni dei
«Principia Mathematica»
1679-1689**

Definizioni e
Assiomi:
le tre Leggi

Lo Scolio
Generale:
«Hypotheses non
fingo»

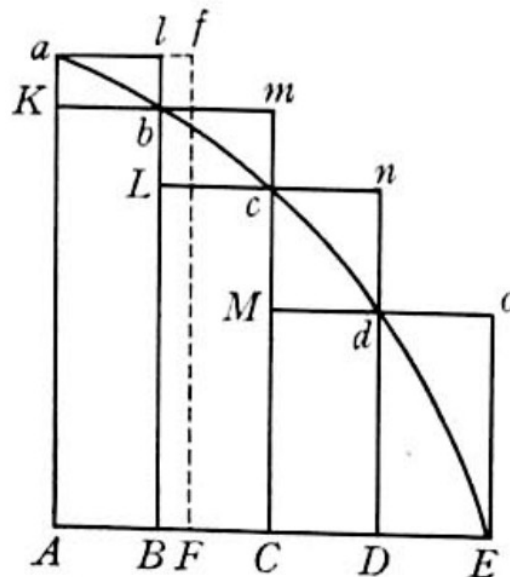
**I tre Libri:
Moto dei corpi
solidi (I) e fluidi (II)
e Sistema del
Mondo (III)**

**Gli anni dei
«Principia Mathematica»
1679-1689**

I tre libri: il moto dei corpi solidi (I) e fluidi (II)

Nel **PRIMO LIBRO**, «*De Motu Corporum*», suddiviso in 14 sezioni, Newton espone in termini geometrici un'esemplare **teoria matematica** (la futura meccanica razionale) che fornisce la base per **unificare i moti naturalmente accelerati studiati da Galileo e i moti dei pianeti regolati dalle leggi di Keplero**, ricavate dalle osservazioni di **Tycho Brahe**. Non fornisce però applicazioni, che invece saranno riservate al terzo libro.

Nel libro **i corpi vengono ridotti a masse puntiformi** e nella prima sezione Newton introduce i metodi basati sui concetti di «ultimo rapporto di quantità evanescenti» e di «prima ragione di quantità nascenti».



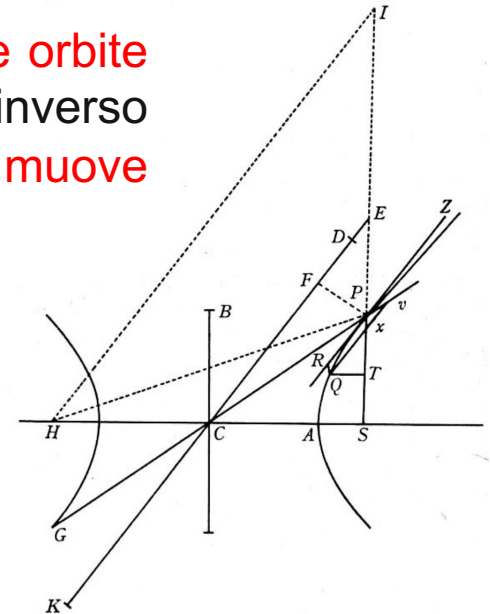
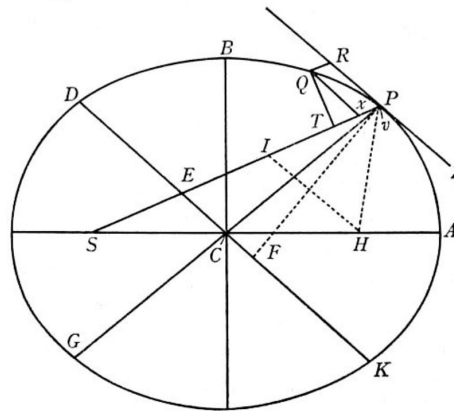
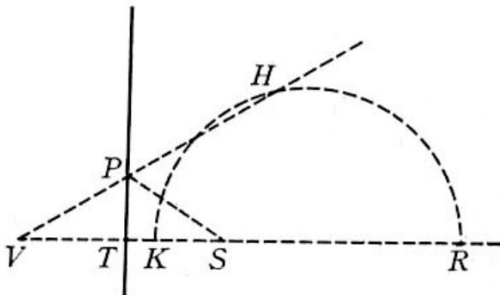
Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

I tre libri: il moto dei corpi solidi (I) e fluidi (II)

Nel **PRIMO LIBRO**, «*De Motu Corporum*», suddiviso in 14 sezioni, Newton espone in termini geometrici un'esemplare **teoria matematica** (la futura meccanica razionale) che fornisce la base per **unificare i moti naturalmente accelerati studiati da Galileo e i moti dei pianeti regolati dalle leggi di Keplero**, ricavate dalle osservazioni di **Tycho Brahe**. Non fornisce però applicazioni, che invece saranno riservate al terzo libro.

Nel libro **i corpi vengono ridotti a masse puntiformi** e nella prima sezione Newton introduce i metodi basati sui concetti di «ultimo rapporto di quantità evanescenti» e di «prima ragione di quantità nascenti».

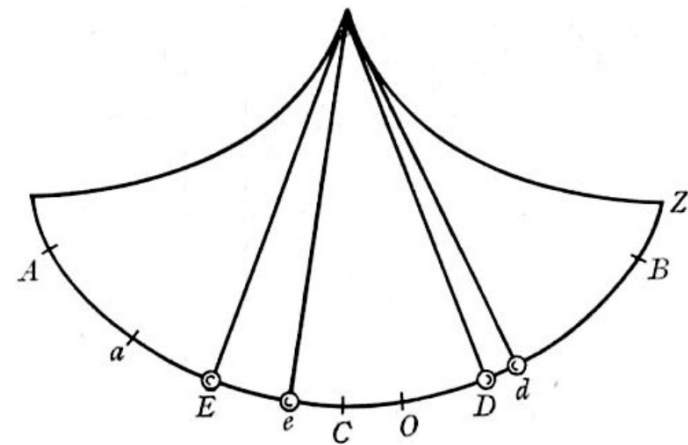
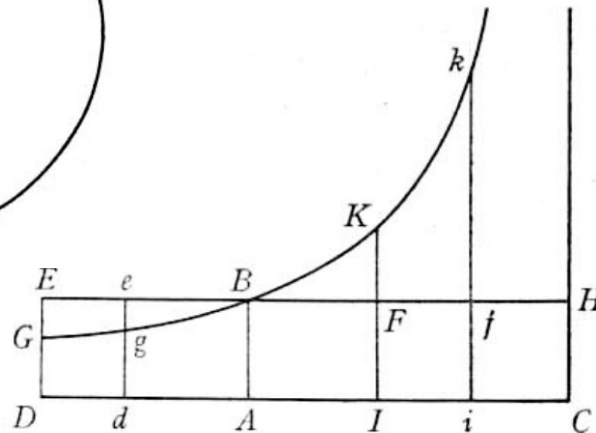
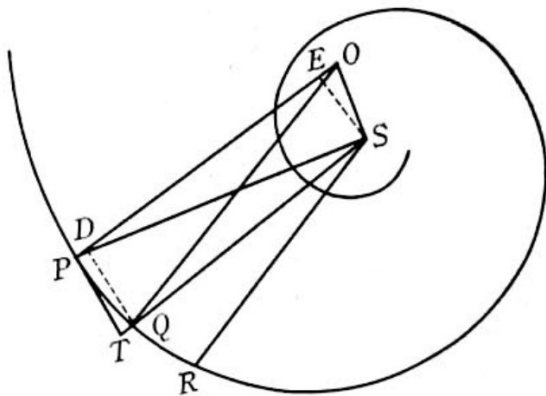
Nelle sezioni successive vengono analizzate le **relazioni tra le orbite e le forze centrali**, con particolare attenzione alla legge dell'inverso del quadrato, per mezzo della quale **si dimostra che il corpo si muove lungo una conica**.



**Gli anni dei
«Principia Mathematica»
1679-1689**

I tre libri: il moto dei corpi solidi (I) e fluidi (II)

Il **SECONDO LIBRO** dei Principia, anch'esso titolato «**De Motu Corporum**», si presenta come un **trattato di meccanica dei fluidi** ed è costituito da nove sezioni, in parte matematiche e in parte sperimentali. Lo scopo generale di Newton, sulla scia dei lavori di **Archimede**, **Stevino**, **Pascal** e **Leonardo**, è quello di studiare il **moto dei corpi in un mezzo resistente**. Egli parte dall'ipotesi dei **vortici**, discutendo e perfezionando la nozione di **viscosità** e quella di **resistenza dell'aria**. Il suo obiettivo è quello di porre le basi dell'idrodinamica e dell'idrostatica così da poter criticare e **respingere sul piano scientifico la teoria cartesiana dei vortici**, cosa che fa alla fine del libro.



**Gli anni dei
«Principia Mathematica»
1679-1689**

I tre libri: il moto dei corpi solidi (I) e fluidi (II)

Il **SECONDO LIBRO** dei Principia, anch'esso titolato «**De Motu Corporum**», si presenta come un **trattato di meccanica dei fluidi** ed è costituito da nove sezioni, in parte matematiche e in parte sperimentali. Lo scopo generale di Newton, sulla scia dei lavori di **Archimede**, **Stevino**, **Pascal** e **Leonardo**, è quello di studiare il **moto dei corpi in un mezzo resistente**. Egli parte dall'ipotesi dei **vortici**, discutendo e perfezionando la nozione di **viscosità** e quella di **resistenza dell'aria**. Il suo obiettivo è quello di porre le basi dell'idrodinamica e dell'idrostatica così da poter criticare e **respingere sul piano scientifico la teoria cartesiana dei vortici**, cosa che fa alla fine del libro.

Di particolare rilievo dal punto di vista matematico è il **lemma II della seconda sezione**, in cui sono contenute alcune definizioni circa i concetti fondamentali del **calcolo delle flussioni** ed enunciate anche alcune importanti regole ad esso relative.

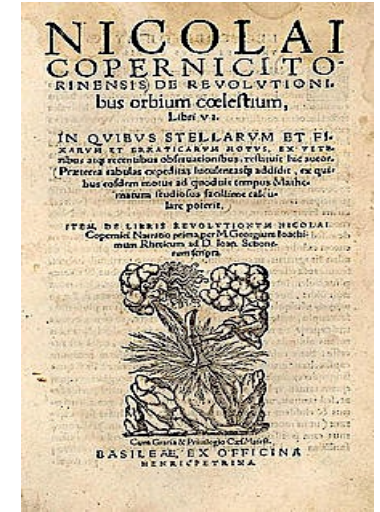
LEMMA II.

*Il momento di una quantità generata è uguale ai momenti¹
dei singoli lati che la generano moltiplicati ogni volta per gli
esponenti delle potenze dei medesimi lati e per i coefficienti.*

Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

I tre libri: il Sistema del Mondo (III)

Il **TERZO LIBRO**, «*De Mundi Systemate*», è prevalentemente di argomento **astronomico** e, diversamente dai primi due, per esso Newton trovava ampio materiale teorico e osservativo negli sviluppi precedenti della scienza, dall'antichità al secolo **XVII**. Nel **1543** era stato pubblicato il *De Revolutionibus* di **Niccolò Copernico**, la cui **teoria eliocentrica**, presentata sotto forma di ipotesi matematica, segnava la **rottura con la precedente sistemazione geocentrica** aristotelico-tolemaica, fondamento dell'astronomia per più di mille e quattrocento anni.



Però, alcuni decenni più tardi, il più grande scienziato osservatore di quei tempi, **Tycho Brahe**, aveva ancora tentato una **riconciliazione dell'ipotesi copernicana con quella tolemaica**. Solo all'inizio del **XVII** secolo, con le scoperte astronomiche di **Galileo** e le tre leggi formulate da **Keplero**, l'intuizione di **Cartesio** di ridurre la causa dei movimenti celesti alla meccanica, dei lavori di **Huygens** sulle forze centrali e dei progressi delle matematiche, la teoria di **Copernico** poté definitivamente affermarsi. Ma **se oggi l'astronomia è riconosciuta come uno dei rami più importanti delle matematiche applicate** questo si deve in gran parte a **Newton**...

Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

I tre libri: il Sistema del Mondo (III)

Il terzo libro si ricollega esplicitamente agli argomenti trattati nel primo – nonché alle definizioni iniziali e alle tre leggi del moto – per tentarne un'applicazione su scala planetaria e si apre con una brevissima introduzione, dove Newton giustifica l'uso della trattazione geometrica per la stesura del Sistema del Mondo, dopodiché presenta le famose quattro regole del ragionamento filosofico, con cui intende teorizzare la validità universale del metodo induttivo:

REGOLA I.

Delle cose naturali non devono essere ammesse cause più numerose di quelle che sono vere e bastano a spiegare i fenomeni.

REGOLA II.

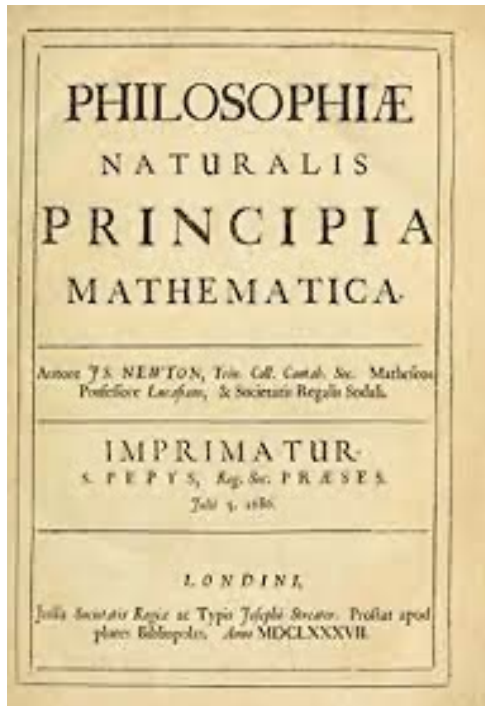
Perciò, finché può essere fatto, le medesime cause vanno attribuite ad effetti naturali dello stesso genere.

REGOLA III.

Le qualità dei corpi che non possono essere aumentate e diminuite, e quelle che appartengono a tutti i corpi sui quali è possibile impiantare esperimenti, devono essere ritenute qualità di tutti i corpi.

REGOLA IV.

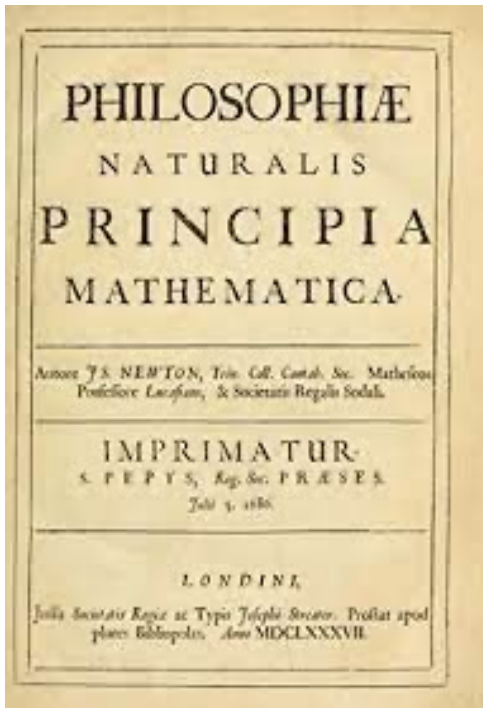
Nella filosofia sperimentale, le proposizioni ricavate per induzione dai fenomeni, devono, nonostante le ipotesi contrarie, essere considerate vere o rigorosamente o quanto più possibile, finché non interverranno altri fenomeni, mediante i quali o sono rese più esatte o vengono assoggettate ad eccezioni.



Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

I tre libri: il Sistema del Mondo (III)

Il terzo libro si ricollega esplicitamente agli argomenti trattati nel primo – nonché alle definizioni iniziali e alle tre leggi del moto – per tentarne un'applicazione su scala planetaria e si apre con una brevissima introduzione, dove Newton giustifica l'uso della trattazione geometrica per la stesura del Sistema del Mondo, dopodiché presenta le famose quattro regole del ragionamento filosofico, con cui intende teorizzare la validità universale del metodo induttivo:



«Prima di Newton, nella scienza seicentesca, c'erano state due opposte tendenze: il **metodo empirico**, induttivo, rappresentato da Bacone, e il **metodo razionale**, deduttivo, rappresentato da Cartesio. Newton introdusse la **combinazione appropriata dei due metodi**, sottolineando che né esperimenti senza un'interpretazione sistematica, né una deduzione da principi primi, senza prove sperimentali, avrebbero condotto ad una teoria attendibile. In questo modo unificò le due tendenze e sviluppò così la metodologia su cui si è fondata da allora la scienza della natura».

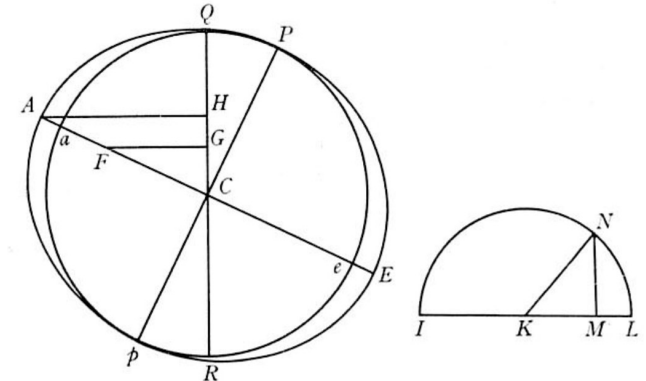
F.Capra «Il punto di svolta» 1982

Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

I tre libri: il Sistema del Mondo (III)

Il terzo libro si ricollega esplicitamente agli argomenti trattati nel primo – nonché alle definizioni iniziali e alle tre leggi del moto – per tentarne un'applicazione su scala planetaria e si apre con una brevissima introduzione, dove Newton giustifica l'uso della trattazione geometrica per la stesura del Sistema del Mondo, dopodichè presenta le famose quattro regole del ragionamento filosofico, con cui intende teorizzare la validità universale del metodo induttivo:

Il resto del libro è dedicato alla dimostrazione del fatto che, pensando la gravità come una forza centripeta universale che obbedisce alla legge dell'inverso del quadrato della distanza, è possibile dimostrare tutti i fenomeni astronomici conosciuti, dai moti planetari a quelli lunari, dallo studio delle maree fino alla teoria delle comete, che erano ritenute fenomeni atmosferici e che qui per la prima volta vengono trattate come normali corpi celesti (come tributo ad **Halley**, Newton prende in particolare esame la cometa scoperta da quest'ultimo nel 1680).



Le 3 fasi creative di Newton



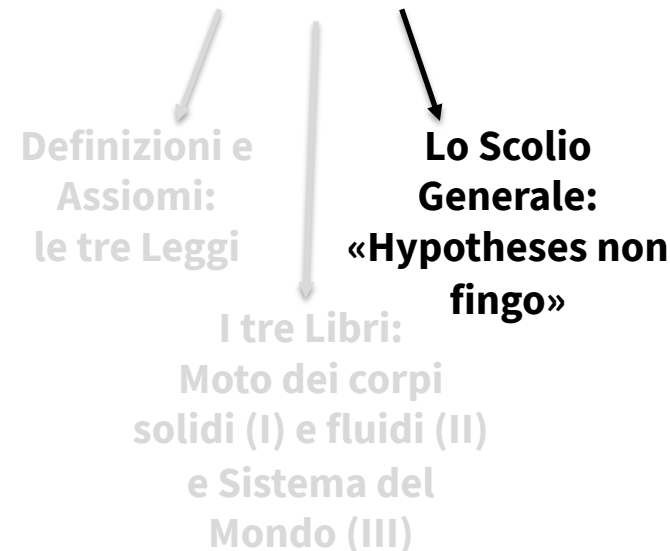
**Gli anni «mirabili»
1665-1666**



**Il periodo del
«rifiuto dei moderni»
1667-1679**



**Gli anni dei
«Principia Mathematica»
1679-1689**



Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Lo Scolio Generale: «Hypotheses non fingo»

I Principia si chiudono con uno **Scolio Generale** che compare solo nella seconda edizione dell'opera e che, oltre alla polemica con la fisica cartesiana, contiene elementi di dottrina teologica e la celebre dichiarazione «**Hypotheses non fingo**».

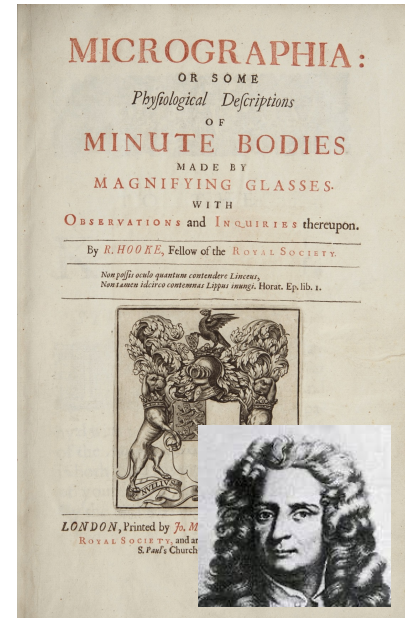
Con essa Newton voleva **rivendicare alla scienza una precisa autonomia da ogni causa esplicativa che risiedesse al di fuori dei fenomeni da spiegare** e, contemporaneamente, voleva chiarire che **il metodo scientifico doveva limitarsi al «come» funzionano i fenomeni e non al loro «perché»**. Un esempio di questa posizione è fornito dalle ripetute affermazioni di Newton relative al fatto che **egli non conosceva la causa della gravitazione universale** e che uno scienziato deve accontentarsi di saper descrivere un fenomeno senza porsi ulteriori domande. Un atteggiamento che, nei secoli successivi, avrebbe ispirato gli **illuministi** della Enciclopedia e i **positivisti** inglesi e francesi.

Fin qui ho spiegato i fenomeni del cielo e del nostro mare mediante la forza di gravità, ma non ho mai fissato la causa della gravità. Questa forza nasce interamente da qualche causa, che penetra fino al centro del Sole e dei pianeti, senza diminuzione della capacità, e opera non in relazione alla quantità delle *superfici* delle particelle sulle quali agisce (come sogliono le cause meccaniche) ma in relazione alla quantità di materia *solida*. La sua azione si estende per ogni dove ad immense distanze, sempre decrescendo in proporzione inversa al quadrato delle distanze. La gravità verso il Sole è composta della gravità verso le singole particelle del Sole, e allontanandosi dal Sole decresce costantemente in ragione inversa del quadrato delle distanze fino all'orbita di Saturno, come è manifesto dalla quiete degli afelii dei pianeti, e fino agli ultimi afelii delle comete, posto che quegli afelii siano in quiete. In verità non sono ancora riuscito a dedurre dai fenomeni la ragione di queste proprietà della gravità, e non invento ipotesi. Qualunque cosa, infatti, non deducibile dai fenomeni va chiamata *ipotesi*; e nella filosofia *sperimentale* non trovano posto le ipotesi sia metafisiche, sia fisiche, sia delle qualità occulte, sia meccaniche. In questa filosofia le proposizioni vengono dedotte dai fenomeni, e sono rese generali per induzione. In tal modo divennero note l'impenetrabilità, la mobilità e l'impulso dei corpi, le leggi del moto e la gravità. Ed è sufficiente che la gravità esista di fatto, agisca secondo le leggi da noi esposte, e spieghi tutti i movimenti dei corpi celesti e del nostro mare.

Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Lo Scolio Generale: «Hypotheses non fingo»

Per chiudere, osserviamo che nella prima edizione dei Principia consegnata ad **Halley** nel **1687** Newton non citava l'ipotesi sulla gravitazione universale di **Hooke**, da cui in realtà – come abbiamo visto – aveva tratto ispirazione qualche anno prima. Questo perché, venuto a conoscenza del lavoro di Newton su questo argomento, **Hooke aveva cominciato a rivendicare delle priorità**, sottolineando che lui aveva elaborato il principio dell'attrazione gravitazionale già nel **1665**, nella sua *Micrographia*, e nel **1674** lo aveva ulteriormente sviluppato nella monografia *An Attempt to prove the motion of the Earth by Observations*.



In quell'opera **Hooke aveva effettivamente postulato la mutua attrazione tra il Sole e i pianeti**, con una intensità che cresceva con la vicinanza fra i corpi, insieme ad un **principio di inerzia lineare**, e aveva sostenuto che l'origine del moto curvilineo fosse l'azione di una forza attrattiva, ma **non aveva mai detto che queste attrazioni obbedissero ad una legge di proporzionalità con l'inverso del quadrato della distanza**. Inoltre queste ipotesi **non erano accompagnate da prove e dimostrazioni matematiche soddisfacenti**. Su questo aspetto glissò, dicendo che avrebbe affrontato il problema al termine dei lavori che stava compiendo.

Gli anni dei «Principia Mathematica» 1679-1689

Lo Scolio Generale: «Hypotheses non fingo»

Soltanto **cinque anni dopo**, il 6 gennaio **1679**, diversi mesi prima di iniziare il suo carteggio con Newton, **Hooke** aveva avanzato **l'ipotesi che l'attrazione tra due corpi raddoppiasse con il dimezzarsi della distanza** tra i centri di massa dei due corpi. Il 13 dicembre **1679** Newton scrisse un'importante **lettera a Hooke**, nella quale si può vedere che a quella data aveva raggiunto una profonda comprensione della fisica del **moto causato da una forza centrale**, e fornisce la prova che aveva sviluppato un **metodo matematico approssimato** molto efficace per calcolare le orbite per diverse forze centrali.

Dopo la pubblicazione della **prima edizione** dei Principia e le lamentele di Hooke, in una **lettera a Halley** del **1686** Newton chiarì perché non lo aveva citato:

«Egli [Hooke] non sapeva come metterci mano. Adesso non è invece molto elegante? I matematici che scoprono, risolvono e fanno tutto il lavoro devono accontentarsi di essere nient'altro che degli aridi calcolatori e uomini di fatica, e un altro che non fa niente, ma pretende, si accaparra tutte le cose e spazza via tutta la scoperta così come quelli che lo dovevano seguire e quelli che lo hanno preceduto.»

Nella **seconda edizione** (**1713**), Newton permise comunque che il suo editore, Roger Cotes, scrivesse nella prefazione

«che la forza di gravità sia in tutti i corpi universalmente, altri lo hanno sospettato o immaginato, ma Newton è stato il primo e unico capace di dimostrarlo dai fenomeni e di renderlo un solido fondamento delle sue brillanti teorie»

Ma anche questa modesta concessione venne cancellata dalla **terza** (**1726**) e **definitiva edizione dei Principia**.

Ritratto di un bambino curioso



Qual è dunque il giudizio finale che si può dare sull'uomo e sullo scienziato **Newton**? Certamente possiamo considerarlo come una delle più grandi menti della storia dell'umanità e una delle più grandi figure della storia della scienza, sebbene lui stesso abbia ammesso che «se ho visto più lontano degli altri è perché sono salito sulle spalle dei giganti», alludendo sicuramente a **Galileo**, **Keplero** e ai grandi filosofi e matematici greci. Ma probabilmente anche a quegli «**Antichi**» la cui «**prisca sapientia**» cercò per tutta la vita di recuperare e che fu per lui fonte di grande ispirazione.

Un giorno, ormai vecchio, **Isaac Newton** raccontò a un amico che, in realtà, dopo aver ottenuto tutti questi eccezionali risultati, ciascuno dei quali avrebbe fatto la fama di uno scienziato, si vedeva semplicemente come un bambino in riva al mare, che cerca sulla spiaggia dei sassolini e si compiace perché ogni tanto ne trova qualcuno più levigato di altri, o con una forma un po' più bella, mentre di fronte a lui si stende, completamente inesplorato, l'oceano della verità. Ecco, questa era probabilmente la visione che Newton aveva di se stesso: un bambino di fronte al quale si estende la verità, che lui non potrà mai comprendere fino in fondo, ma solo scalfire in superficie...



L'Eredità di Newton

IL PARADIGMA MECCANICISTICO NEWTONIANO-CARTESIANO



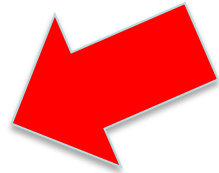
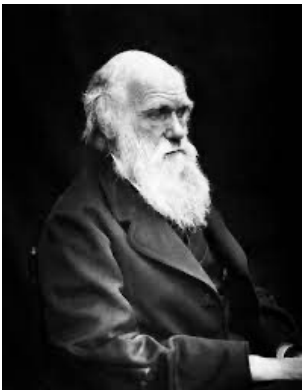
- Visione della natura non più come organismo ma come «**macchina**», dell'universo come **sistema meccanico** formato da componenti elementari e di Dio come “**orologiaio cosmico**” → **determinismo**
- Metafora della **conoscenza come “edificio”** → scienza costruita su solide *fondamenta*, *struttura* della materia, leggi *fondamentali*, principi *fondamentali*, *mattoni* elementari, etc... → **riduzionismo metodologico**
- Concezione del corpo umano come **macchina** e divisione cartesiana tra **mente** e **materia** (e anche tra **mente** e **natura**)
- Percezione della vita sociale come lotta spietata di **competizione** per l'esistenza
- Fiducia in un **progresso materiale illimitato** da raggiungere attraverso una continua crescita economica e tecnologica

L'Eredità di Newton

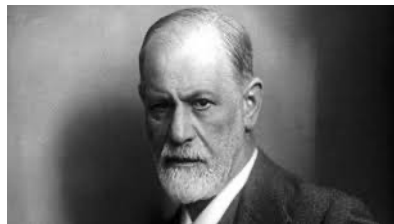
IL PARADIGMA MECCANICISTICO NEWTONIANO-CARTESIANO



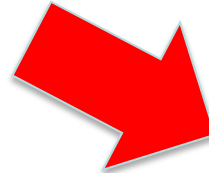
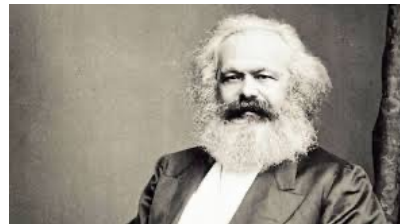
**EVOLUZIONISMO
E MODELLO
BIOMEDICO**



**LA PSICOLOGIA
NEWTONIANA**



**IL PUNTO MORTO
DELL'ECONOMIA**

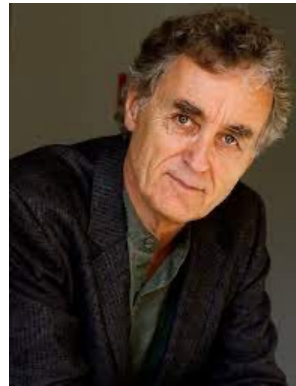


**IL LATO OSCURO
DELLA CRESCITA**



L'Eredità di Newton

IL PARADIGMA MECCANICISTICO NEWTONIANO-CARTESIANO



Fritjof Capra
1982

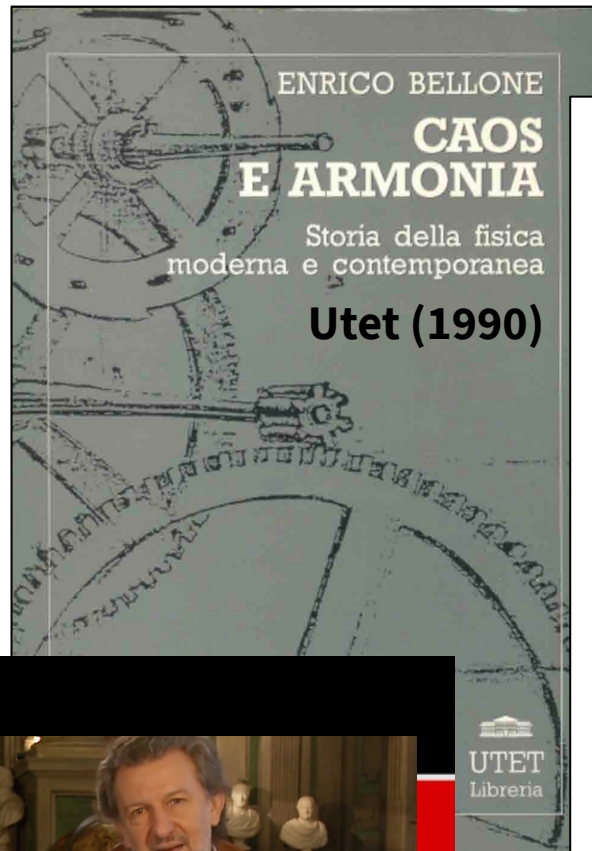
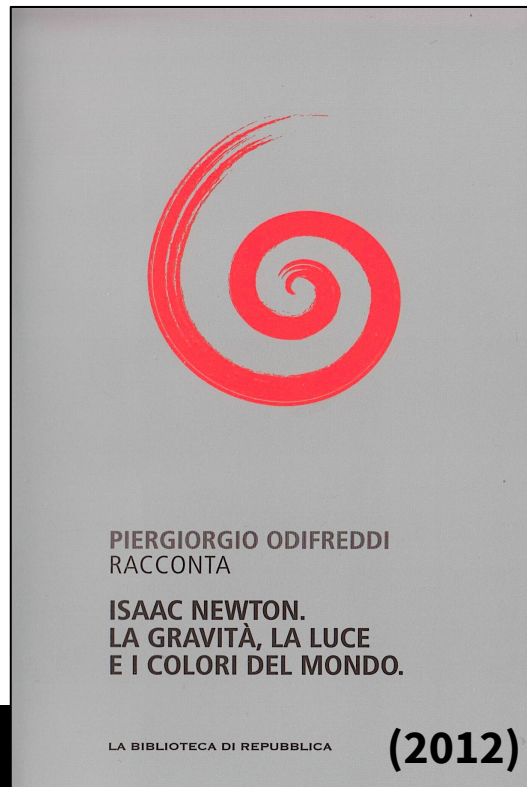
“La tesi di fondo di questo libro è che tutti questi fenomeni non sono altro che sfaccettature diverse di un'unica crisi, che è essenzialmente una crisi di percezione. Come la crisi sofferta dalla fisica degli anni Venti, essa è una conseguenza del nostro tentativo di applicare i concetti di una visione del mondo superata – la visione del mondo meccanicistica della scienza cartesiano-newtoniana – a una realtà che non può più essere intesa in funzione di tali concetti”.



Catania
2017

[https://paroleombra.com/2020/01/29/
/il-punto-di-svolta-fritjof-capra/](https://paroleombra.com/2020/01/29/il-punto-di-svolta-fritjof-capra/)

Bibliografia Essenziale



ISAAC NEWTON
Un genio a tutto campo



Associazione
per l'Insegnamento
della Fisica

Sir Isaac Newton

[https://www.aif.it/fisico/
biografia-isaac-newton/](https://www.aif.it/fisico/biografia-isaac-newton/)