

# Astronomia rinascimentale

## L'ORDINE NEL COSMO

### Strumenti di osservazione

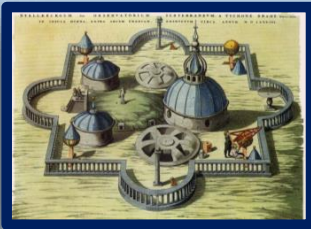


Astrolabio

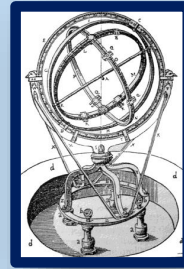
### L'invenzione della stampa



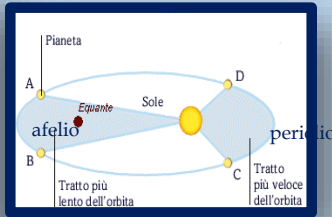
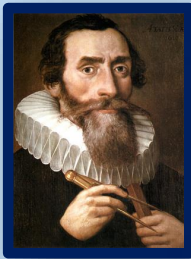
### Tycho Brahe



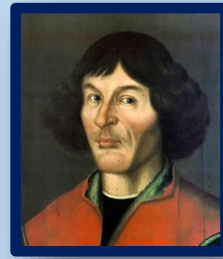
### Nuovi strumenti



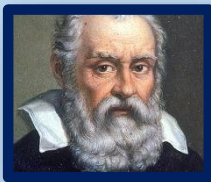
### Giovanni Keplero



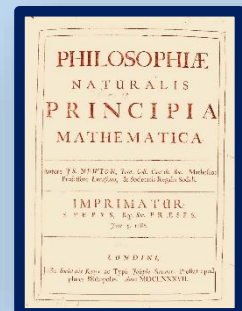
### Nicolò Copernico



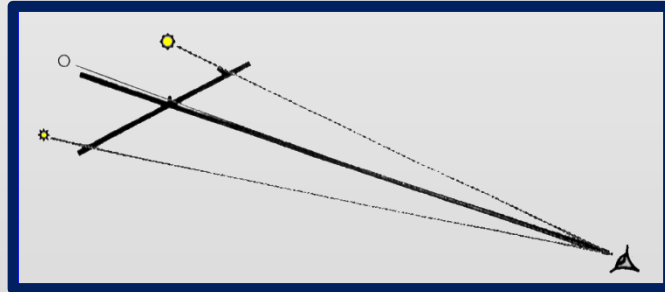
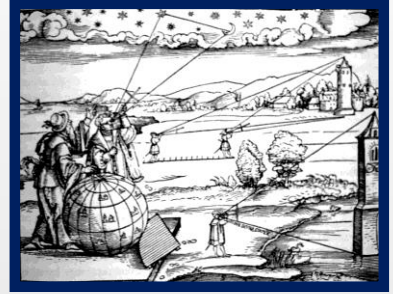
### Galileo Galilei



### Isaac Newton



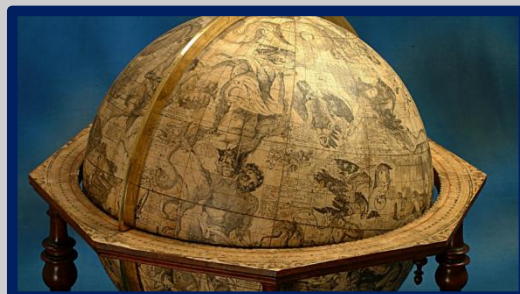
Gli strumenti utilizzati fino al 1500 per le osservazioni del cielo erano piccoli e portatili. Non c'erano osservatori fissi. I più utilizzati erano la ballestriglia, l'astrolabio e il globo celeste.



Ballestriglia



Astrolabio



Globo celeste

Tutte le conoscenze acquisite fino alla metà del 1400 venivano tramandate grazie al lavoro degli amanuensi.

Ciò comportava:

- un numero molto ridotto di copie
- una grande facilità di errori nella copiatura di simboli, frequenti nei testi scientifici e astronomici in particolare.

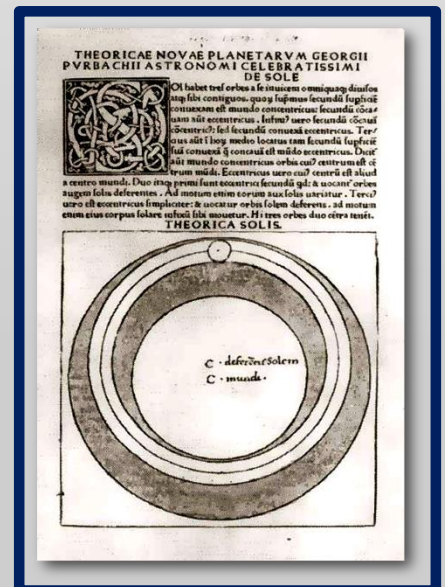


L'invenzione della stampa a caratteri mobili, alla metà del 1400, trasformò questa situazione.

Una delle prime opere pubblicate fu "Theoricae novae planetorum" che descriveva la teoria planetaria di Tolomeo.

L'astrologo Georg Peurbach e il suo giovane collaboratore Regiomontano (Muller di Konigsberg) curarono anche la pubblicazione dell'**Almagesto** e di una sua versione ridotta che fu disponibile a Venezia dal 1496.

Da allora l'astronomia Tolemaica divenne effettivamente accessibile in tutta Europa.





Nacque nel dicembre del 1546 in un paesino della Danimarca.

Nel 1563 osservò la congiunzione di Giove con Saturno e notò che la predizione di questo evento sulle Tavole Tolomaiche dell'Almagesto, era sbagliata di 1 mese.

Nel 1572 comparve in cielo una nuova stella.

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

Publicò 200 pagine di osservazioni e misurazioni sulla cometa, ma soprattutto capì che ormai era tempo di riformare sia la strumentazione, sia le tecniche di osservazione del cielo.

Sorprendentemente, solo un anno dopo, egli ottenne dal re di Danimarca, Federico II, la signoria dell'isola di Hven, nello stretto braccio di mare tra la Svezia e Danimarca: qui ideò e costruì il primo osservatorio fisso.

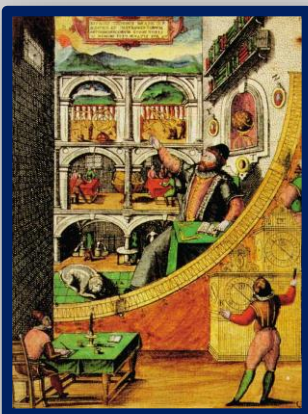
### Uraniborg: Castello di Urania

"..era dotato di tutto ciò che un astronomo poteva desiderare. Al piano più alto c'erano 8 camere da letto per i suoi assistenti. Al piano superiore principale c'erano 4 stanze d'osservazione, una sala da pranzo estiva con vista sul mare. Al pianterreno c'erano la biblioteca, la cucina e la sala da pranzo invernale, mentre il seminterrato conteneva il laboratorio di chimica.

Altrove, sull'isola c'era una cartiera e una piccola tipografia, così che Tycho poteva pubblicare da sé i suoi risultati.

In seguito egli attrezzò officine dove abili artigiani erano in grado di costruire strumenti sotto la sua diretta supervisione..."

da "Storia dell'astronomia di Cambridge" di M. Hoskin



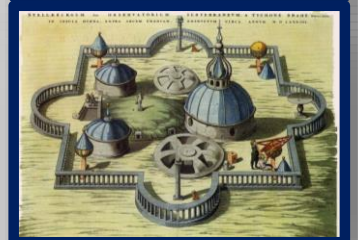
### Stjerneborg: castello delle stelle

Nel 1584 Tycho costruì nelle vicinanze di Uraniborg un secondo osservatorio, Stjerneborg, tutto in muratura, sotto il livello del suolo, protetto dal vento e dagli sbalzi di temperatura, con finestre girevoli a livello del suolo per le osservazioni. "Il possesso di due edifici separati garantiva a Tycho la sicurezza delle misurazioni eseguite da gruppi diversi di assistenti che lavoravano in modo indipendente."

da "Storia dell'astronomia" di Michael Hoskin



«Non sono tipo da sedermi comodamente accanto al fuoco e imparare l'astronomia dall'antico»





“La causa a cui Tyco stava dedicando se stesso e il suo grande progetto era il conseguimento di un livello di precisione nelle osservazioni che non era mai stato neppure sognato dai suoi predecessori o contemporanei.

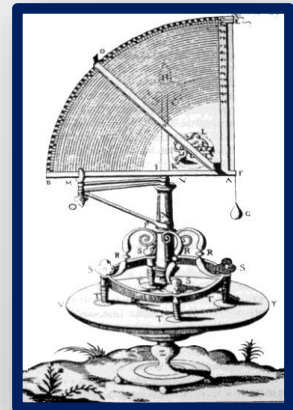
Nemmeno ai più abili costruttori era mai stato chiesto di produrre strumenti come quelli desiderati da lui.”

“L’officina per la costruzione degli strumenti era dotata, a un livello superiore rispetto a quello di qualsiasi altro laboratorio del genere esistente, di macchine azionate in parte da cavalli e in parte dall’energia idraulica. La costruzione di strumenti era costosa sia per i materiali usati sia per la mano d’opera: alcuni strumenti richiesero per la loro fabbricazione 3 anni di lavoro e 6 persone esperte.”

*da “Storia dell’astronomia” di Michael Hoskin*



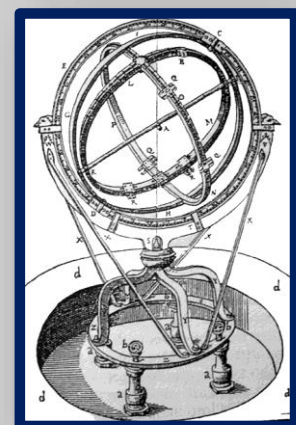
*Quadrante*



*Sestante*



*Armilla equatoriale*



*Sfera armillare*



## L'eredita' di Tycho Brahe

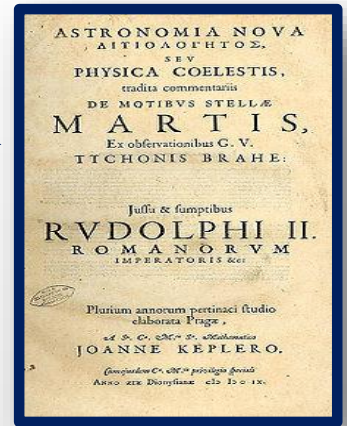
Esito delle osservazioni di Tycho Brahe, che durarono quasi 20 anni furono decine e decine di volumi contenenti rilevazioni accuratissime (con l'approssimazione di 2') sulle posizioni di pianeti e stelle.

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



Figlio di un padre attaccabrighe e di una madre anche accusata di stregoneria, nacque nel 1571 vicino a Stoccarda, in Germania e studiò teologia per 3 anni all'università di Tubinga (Germania).

Poi morì il docente di matematica dell'università e gli chiesero di occuparsi di quell'insegnamento. Accettò, malvolentieri.

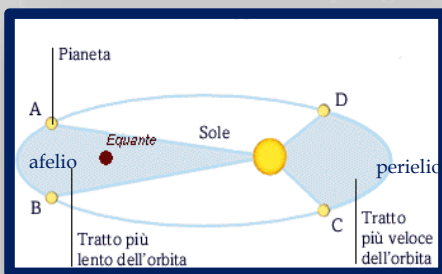


Nonostante i secoli di osservazioni e studi, nessuno si era accorto che l'orbita di Marte (e degli altri pianeti) non è circolare (ha infatti un'eccentricità di 0,0934; 0 è l'eccentricità di una circonferenza).

Tale svista va attribuita soprattutto all'alto margine di errore nelle osservazioni prima di Tycho; ora Keplero disponeva di dati molto più precisi.

**Marte si muove lungo un'orbita ellittica e il Sole occupa uno dei due fuochi dell'ellisse. Così avviene anche per gli altri pianeti.**

*Con ciò si rompe l'incantesimo della circolarità che aveva dominato l'astronomia per 2 millenni.*



**Il raggio vettore di ogni pianeta (segmento che unisce il pianeta al Sole) descrive nell'orbita dell'ellisse aree uguali in tempi uguali.**

**Il quadrato del rapporto fra i periodi orbitali di 2 pianeti (tempo impiegato per una rivoluzione completa attorno al Sole) è uguale a quello tra i cubi delle loro distanze dal sole.**

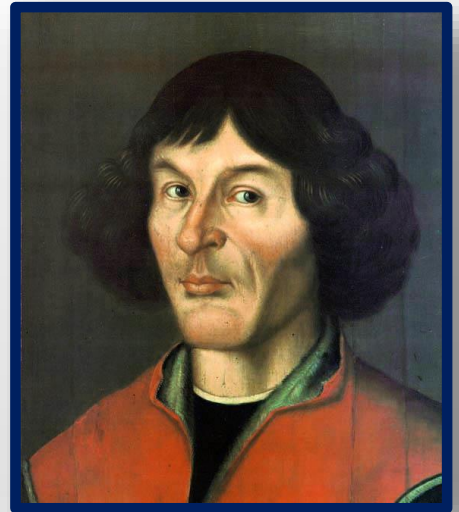
$$\left(\frac{T_a}{T_b}\right)^2 = \left(\frac{R_a}{R_b}\right)^3$$

Publicò le sue scoperte in vari libri tra il 1609 e il 1621 e, gioioso dopo l'ultima pubblicazione, affermò:

*"Ho scritto il mio libro. Sarà letto dall'età presente o dai posteri, poco importa. Esso potrà anche attendere per cent'anni chi lo legga. Dio non ha forse atteso seimila anni il suo contemplatore?"*



Nacque in Polonia nel 1473 e studiò all'università di Cracovia, dove percepì nell'insegnamento dei suoi docenti l'insoddisfazione su diversi aspetti della teoria planetaria di Tolomeo. Copernico formulò le prime idee sulla sua rivoluzionaria concezione nel 1503, in un suo opuscolo manoscritto che circolò tra le mani di amici a cui seguì

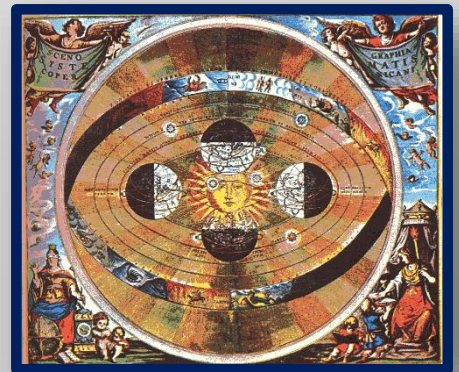


la pubblicazione completa: "De revolutionibus orbium coelestium".

Non se ne seppe più nulla fino al 1539, quando Retico, docente di matematica all'università di Wittenberg, lo convinse a pubblicare grazie alla nuova invenzione della stampa.

La nuova teoria era più soddisfacente dell'Almagesto, tuttavia, se si andava nel dettaglio, anche nel modello Copernicano restavano grossi enigmi:

- Il Sole non si trovava esattamente al centro delle orbite circolari dei pianeti, ma un po' spostato.
- I pianeti non si osservavano esattamente nelle posizioni calcolate nel "De revolutionibus", ma un po' spostati.



Tutto questo perchè Copernico non infranse il "dogma" delle sfere Aistoteliche.

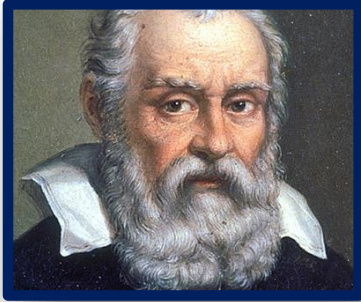
Né poteva farlo, non disponendo di osservazioni sufficientemente precise sulle posizioni di pianeti e stelle.

"De libris revolutionum Nicolai Copernici Narratio prima".

Era il 1543 : l'anno in cui Nicolò Copernico morì.



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



Galileo nacque nel 1564 (Copernico era morto 20 anni prima) , studiò medicina a Firenze e poi a Pisa. Nel 1685 interruppe gli studi e tornò a Firenze per dedicarsi alla matematica. Nel 1589 divenne professore di matematica a Padova.

A parte rari eventi eccezionali (nuove stelle e comete), un astronomo del Rinascimento osservava praticamente lo stesso cielo dei suoi predecessori più antichi. Nell'estate del 1609 giunse in Italia notizia del primo cannocchiale realizzato in Olanda. Galileo Galilei s'informò e poi cercò di realizzare un tale strumento.



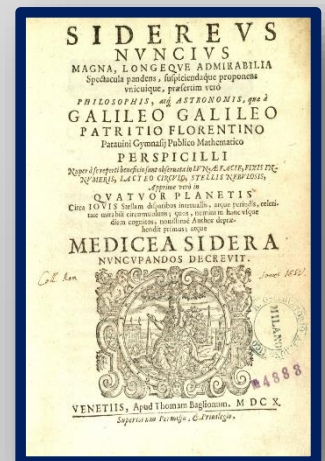
L'anno successivo andò a Venezia, dove fece dimostrazioni alle autorità.

*"..noi viviamo nel nostro secolo accidenti ed osservazioni nuove e tali, ch'io non dubito punto che se Aristotele fusse all'età nostra, muterebbe opinione."*

*"Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo" – Giornata I*

Il 12 marzo del 1610 Galileo pubblicò il "Sidereus Nuncius" (Annunciatore celeste): un libriccino di poche decine di pagine nel quale annunciò al mondo le sue scoperte:

- **Le montagne lunari**: la Luna, in quanto appartenente al mondo celeste aristotelico, doveva essere completamente liscia e composta di materia celeste incorruttibile. Il cannocchiale rivelò invece che la sua superficie era irregolare, con montagne simili a quelle terrestri
- **La via lattea**: la luminosità diffusa osservata nel cielo e intesa dagli antichi come una parte del cielo di maggiore densità e perciò chiamata «nebulosa» era – a ben vedere – un insieme di «greggi di piccole stelle disseminate in modo mirabile»
- **Le lune di Giove**: osservò 4 pianetini che ruotavano attorno a Giove. Dunque c'erano corpi celesti che non ruotavano attorno alla Terra.
- **La fasi di Venere**: Venere aveva fasi di luce e ombra simili a quelle della Luna. Dunque anch'essa ruotava attorno al Sole.
- **Le macchie solari**: Anche il sole veniva considerato un corpo perfetto e immutabile secondo la filosofia Aristotelica-Tolemaica. Il cannocchiale consentì di rilevare delle macchie mutevoli sulla sua superficie.







Nel dicembre del 1614, Galileo fu denunciato dal domenicano Tommaso Caccini, durante una predica in S. Maria Novella a Firenze.

Le letture di quel giorno citavano un brano del libro di Giosue':

"...fermati o sole" ... dunque, secondo le scritture il sole si muoveva;

Copernico e Galileo sbagliavano. Galileo rispose che il fine delle scritture era "d'insegnarci come si vada al cielo e non come vada il cielo".

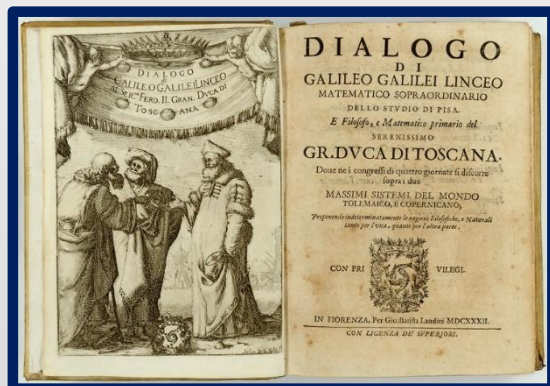
I suoi nemici invocarono l'intervento del Sant'Uffizio di Roma.

Nel 1616 Il Sant'Uffizio notificò che il "De revolutionibus" di Copernico era sospeso. Il cardinale Gesuita Roberto Bellarmino intimò a Galileo di abbandonare l'opinione copernicana e di impegnarsi a non insegnarla e diffonderla a parole o con scritti.

Nel 1623 fu eletto Papa Maffeo Barberini, amico e sostenitore di Galileo. Galileo riprese coraggio e nel 1632 pubblicò "Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano".

Il testo è una brillante presentazione dei vantaggi della cosmologia copernicana e delle prove a suo favore fornite dal cannocchiale, svolta come dialogo fra 3 persone: Salviati - che parla per Galileo, Sagredo - l'uomo di buon senso e Simplicio, l'aristotelico.

Galileo fece l'errore di mettere proprio in bocca a Simplicio l'opinione del Papa...



Galileo fu convocato a Roma e accusato di aver contravvenuto all'ingiunzione del 1616. Galileo non aveva la stoffa del martire. Abiurò il copernicanesimo e fu posto agli arresti domiciliari.

Dopo 359 anni dalla condanna di Galileo, nella relazione finale della commissione di studio istituita nel 1981 da S. Giovanni Paolo II, in data 31 ottobre 1992, il cardinale Poupard scrive:

« Come la maggior parte dei suoi avversari, Galileo non fa distinzione tra quello che è l'approccio scientifico ai fenomeni naturali e la riflessione sulla natura, di ordine filosofico, che esso generalmente richiama. È per questo che egli rifiutò il suggerimento che gli era stato dato di presentare come un'ipotesi il sistema di Copernico, fin tanto che esso non fosse confermato da prove irrefutabili. Era quella, peraltro, un'esigenza del metodo sperimentale di cui egli fu il geniale iniziatore. [...] Il problema che si posero dunque i teologi dell'epoca era quello della compatibilità dell'eliocentrismo e della Scrittura. Così la scienza nuova, con i suoi metodi e la libertà di ricerca che essi suppongono, obbligava i teologi a interrogarsi sui loro criteri di interpretazione della Scrittura. La maggior parte non seppe farlo. Paradossalmente, Galileo, sincero credente, si mostrò su questo punto più perspicace dei suoi avversari teologi. »

Alla fine del XX secolo Galileo è stato perciò pienamente riabilitato dalla Chiesa.



Le leggi di Keplero descrivono COME si muovono i pianeti, non PERCHE'.



Il giorno di Natale del 1642, a Woolsthorpe in Lincolnshire nacque, prematuro e gracile, Isaac Newton; nello stesso anno in cui morì Galileo.

Nel 1661 venne ammesso all'università di Cambridge, dove nel 1669 divenne professore di matematica fino al 1696. Si interessò molto degli studi di Keplero.

Tre erano le cose di cui i fisici cercavo instancabilmente le cause e il perché:

- Ci sono 6 pianeti. Perché non di più e non di meno?
- I pianeti orbitano a certe distanze relative dal sole. Perché a quelle distanze e non ad altre ?
- Ogni pianeta si muove ad una certa velocità e sembra variarla in un certo modo. Perché quella particolare velocità e quella particolare variazione?

Il suo più grande contributo fu nelle seguenti intuizioni:

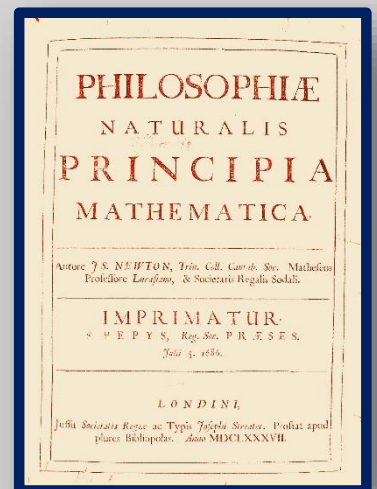
- due corpi qualsiasi si attraggono reciprocamente ciò vale per corpi piccoli (2 sassi) come per corpi grandi (2 pianeti).
- la massa di ogni corpo può pensarsi tutta concentrata nel suo centro.
- la forza di attrazione, detta forza gravitazionale, è direttamente proporzionale alle masse dei 2 corpi e inversamente al quadrato della loro distanza ed è diretta lungo la retta che unisce i centri dei corpi.

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

E' questa la legge di gravitazione universale, che spiega il PERCHE' dei moti di tutti i corpi celesti: luna, pianeti, comete.

Fu il colpo finale alla dicotomia Aristotelica fra mondo terrestre e mondo celeste.

Sulla base di questi principi, scritti ne "Principia" pubblicata nel 1687, Newton diede spiegazioni esaurienti dei moti ellittici di pianeti e satelliti, delle traiettorie delle comete, del fenomeno delle maree, della 2° e 3° legge di Keplero.



Nell'epitaffio in versi scritto dal poeta inglese Alexander Pope per la tomba di Newton a Westminster, si legge:

*Natura e le sue leggi eran nel buio. Dio disse: "Newton sia!", e luce fu.*