



PLS



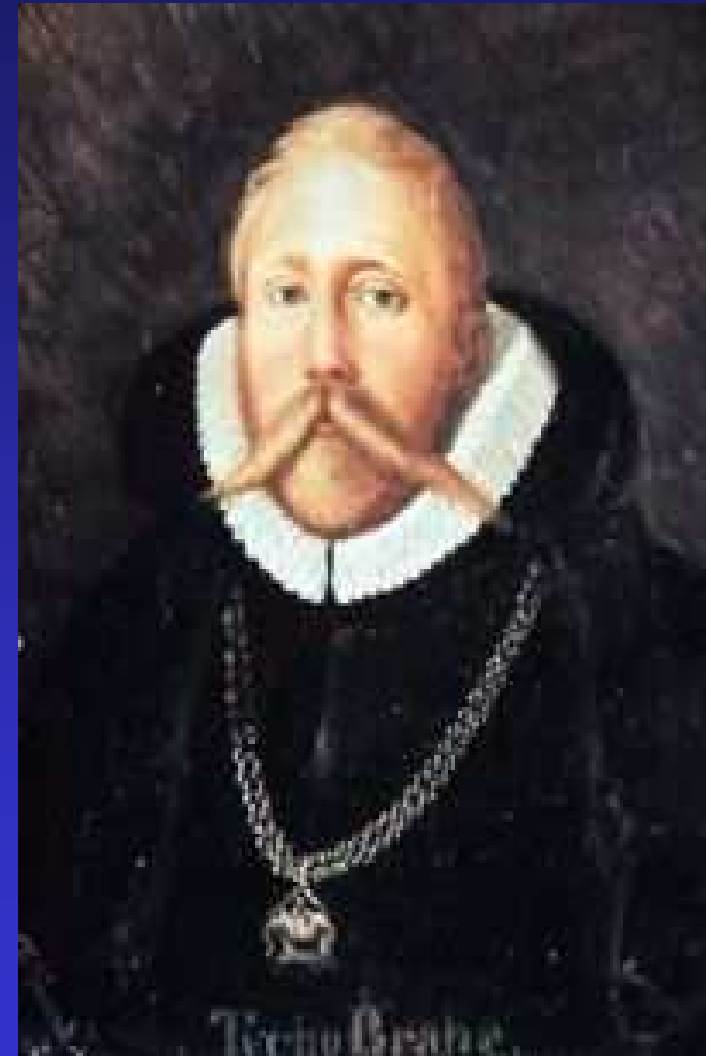
ELEMENTI DI STORIA DELL'ASTRONOMIA



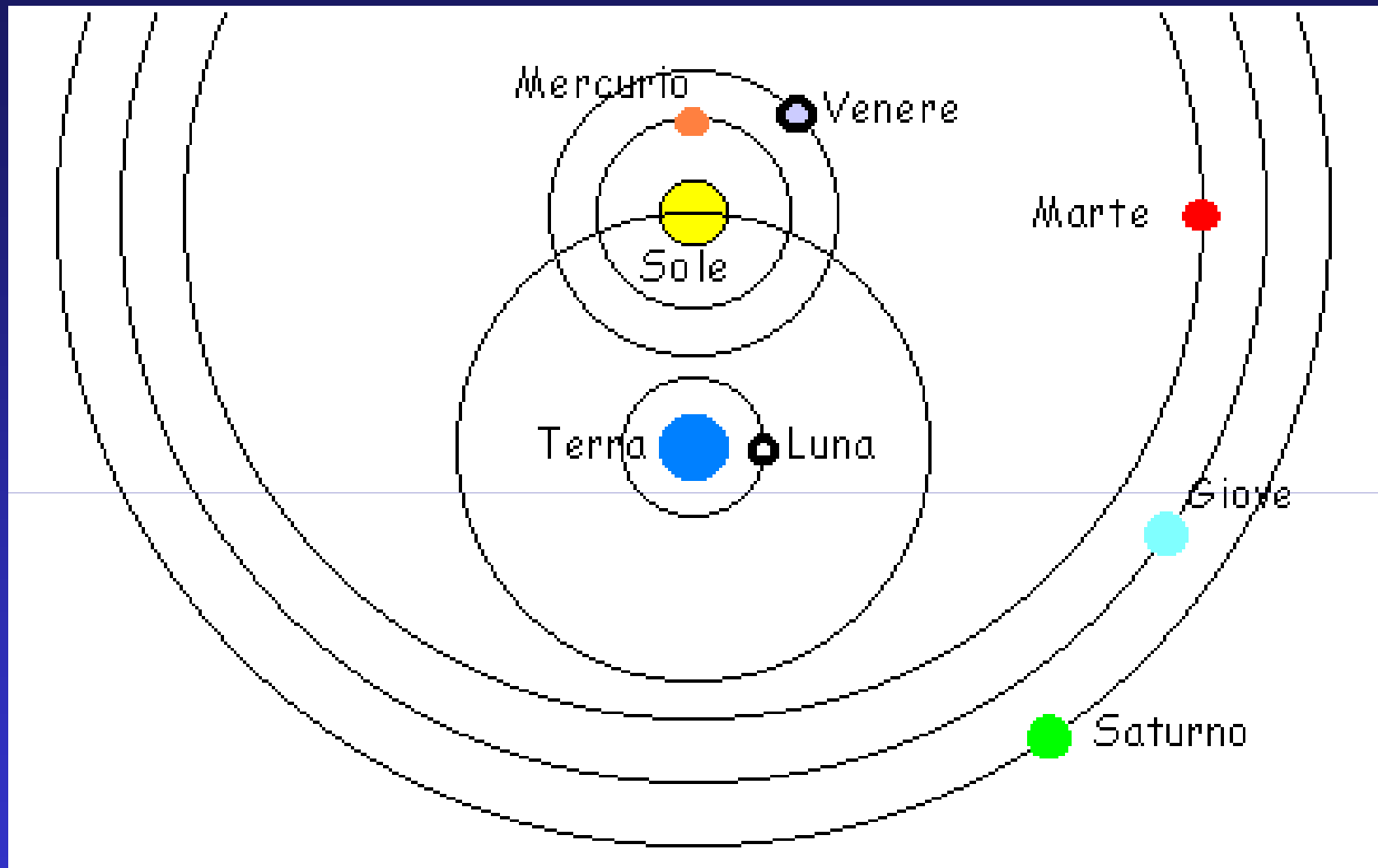
Tycho Brahe

Il matematico ed astronomo danese Tycho Brahe (1546 - 1601) ebbe un ruolo fondamentale nello sviluppo dell'Astronomia grazie alla grande mole di dati che ottenne con le sue continue osservazioni della volta celeste. Dati raccolti e catalogati per più di trenta anni.

Contrario alla teoria copernicana, formulò un suo sistema ancora geocentrico, anche se diverso dal sistema Tolemaico.



Tycho Brahe



Nel suo sistema la Terra era immobile al centro dell'universo, il Sole e la Luna ruotavano attorno alla Terra e tutti i pianeti ruotavano attorno al Sole.

Tycho Brahe

Non si accorse che matematicamente il suo sistema era uguale a quello di Copernico.

Nel 1563, osservando una congiunzione di Giove e Saturno si rese conto che le più recenti e aggiornate tavole astronomiche erano in errore di parecchi giorni.

Cominciò quindi a progettare e collezionare strumenti di osservazione sempre più imponenti e precisi con i quali confermò l'imprecisione delle misurazioni astronomiche fino ad allora eseguite.

Tycho Brahe

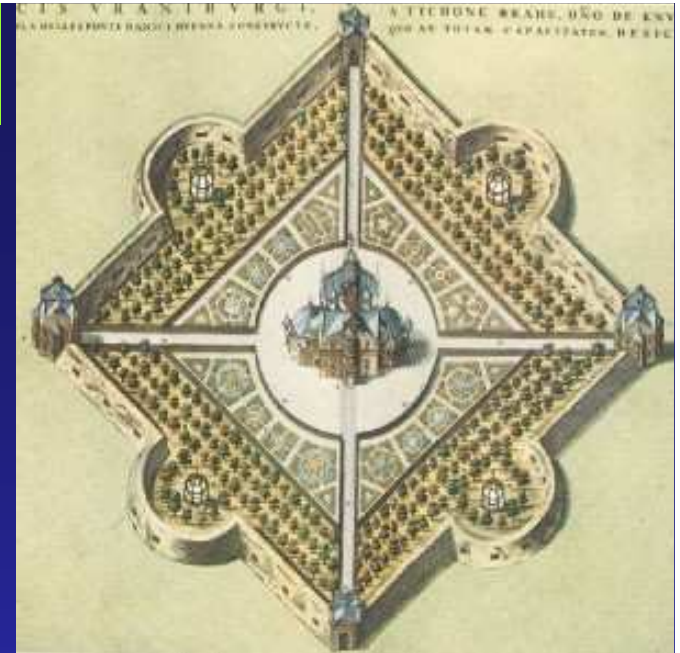
Nel novembre del 1572 Tycho osservò la stella nova apparsa in Cassiopea (si trattava di una supernova) e notò che non presentava parallasse; deducendone che doveva essere molto più lontana della Luna e quindi doveva appartenere al cielo delle stelle fisse.



Questo evento suscitò scalpore negli ambienti accademici visto che si riteneva che tutti i corpi celesti appartenenti al cielo delle stelle fisse non avrebbero dovuto essere soggetti a mutazioni.

Tycho Brahe

Per permettergli di migliorare le sue osservazioni il re Federico II, che era un protettore delle arti e delle scienze, gli regalò l'isola danese di Hveen con tutte le rendite che produceva e si impegnò a costruirgli un osservatorio a spese dello stato.



Nacque un grande edificio chiamato Uranjborg (castello del cielo) dove Tycho installò molti strumenti astronomici. Un secondo edificio fu chiamato Stjerneborg (castello delle stelle).

Tycho visse a Uranjborg per vent'anni, durante i quali raccolse un'ampia collezione di dati che gli sarebbe servita in seguito per costruire il suo sistema cosmologico.

Tycho Brahe

Non seppe però amministrare bene gli abitanti dell'isola di Hveen e per porre un freno alla difficile situazione che si era creata il successore di Federico II limitò gli appannaggi di Tycho.



Questi, offeso, abbandonò l'isola e girò per l'Europa portandosi dietro la famiglia e i suoi numerosi strumenti.

Nel 1600 incontrò Keplero (copernicano convinto) e sperò di convincerlo a dimostrare la sua teoria, ma morì senza riuscirci, anzi ...

Giovanni Keplero



Una svolta decisiva in favore della teoria copernicana fu la pubblicazione dei lavori di Giovanni Keplero (1571 - 1630).

Allievo di Tycho Brahe, egli continuò dopo la morte del maestro il lavoro di raccolta di dati relativi al moto dei corpi del sistema solare.

Analizzando le precise osservazioni di Tycho e le proprie, giunse a formulare quelle leggi ormai universalmente note come le **leggi di Keplero**.

Giovanni Keplero

Prima legge

Le traiettorie descritte dai pianeti attorno al Sole sono ellissi di cui il Sole occupa uno dei fuochi

Seconda legge

Il raggio vettore che congiunge il Sole con un pianeta descrive aree uguali in tempi uguali.

Terza legge

I quadrati dei periodi di rivoluzione sono proporzionali ai cubi dei semiassi maggiori delle rispettive orbite.

Giovanni Keplero

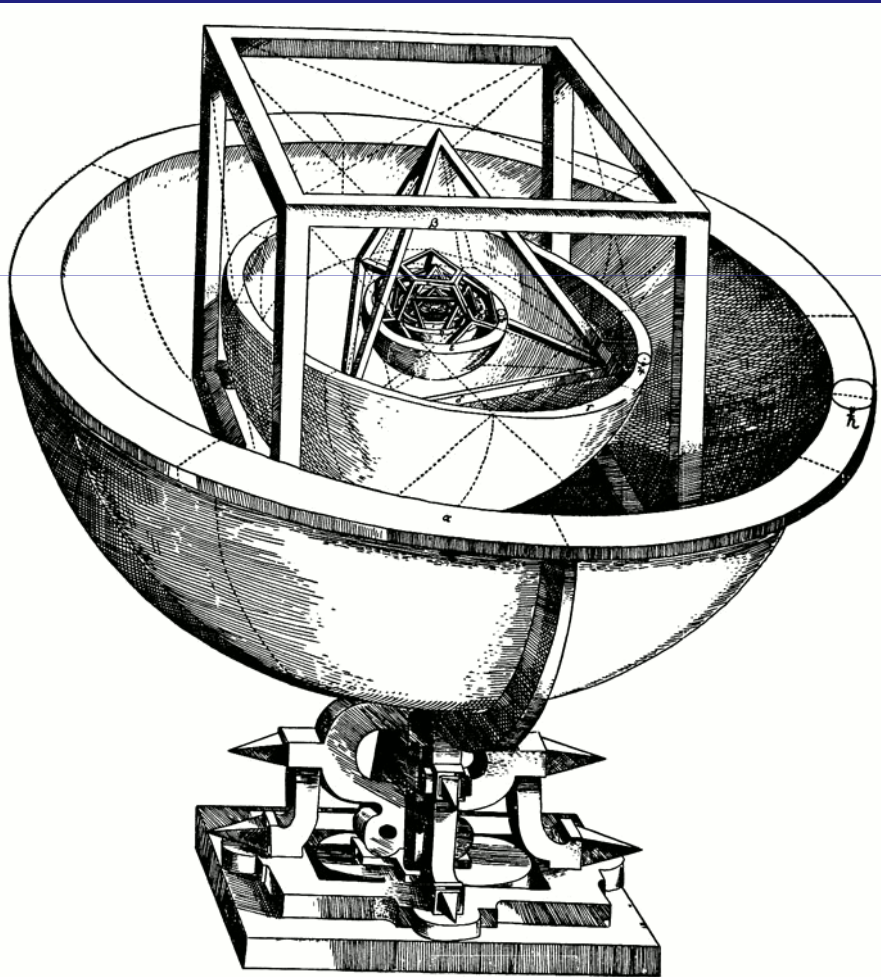
Con la scoperta di queste leggi, l'astronomia compiva un gigantesco passo in avanti.

Era infatti risolto il problema che aveva assillato generazioni di scienziati: il calcolo della posizione di un pianeta nella sua orbita in un qualsiasi istante.

Keplero non riuscì però a liberarsi completamente di un certo atteggiamento mistico che lo spingeva ad attribuire alle leggi sopra enunciate un significato metafisico riconducibile all'Armonia dell'Universo.

Giovanni Keplero

Nel *Mysterium Cosmographicum* (1596) Keplero espone in maniera molto chiara la teoria copernicana, ma ci rivela un aspetto del suo pensiero legato all'influsso dell'astrologia.



Egli ritenne di dover dare una spiegazione del perché i raggi e le eccentricità delle orbite dei pianeti abbiano quei particolari valori.

Giovanni Keplero

Keplero suppose che l'orbita di ogni pianeta fosse perfettamente circolare e ad essa si potesse circoscrivere un solido platonico ed inscrivere un altro.

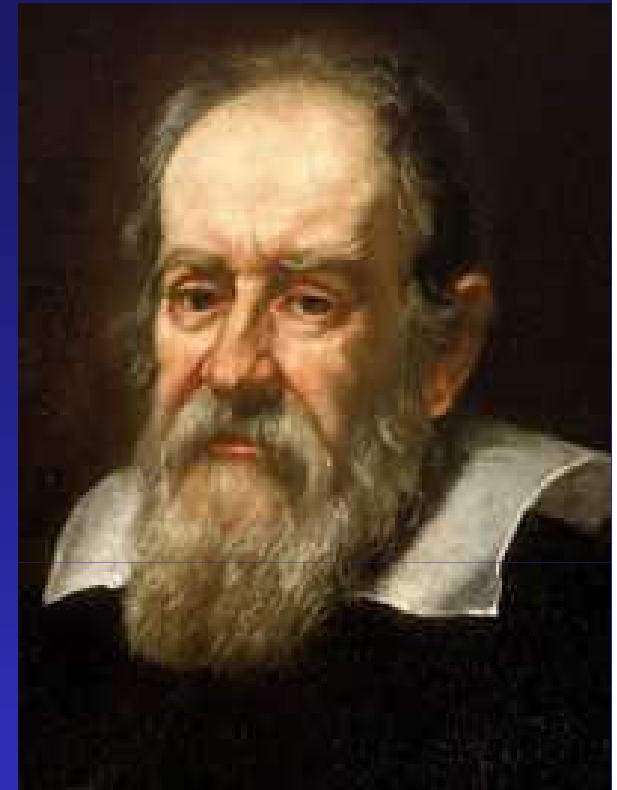
La sfera più esterna, quella di **Saturno**, circoscrive un **cubo**. Tale solido circoscriverà la sfera di **Giove**, che a sua volta conterrà un **tetraedro** circoscrivente la sfera di **Marte**. A quest'ultima sarà inscritto un **dodecaedro** circoscrivente la sfera della **Terra**, considerata da Keplero la misura di tutte le orbite. Essa circoscriverà un **icosaedro** contenente la sfera di **Venere**, che a sua volta circoscriverà un **ottaedro** con inscritta la sfera di **Mercurio**.

Secondo la visione di Keplero, ogni solido ruota insieme alla propria sfera.

Galileo Galilei

Galileo Galilei nacque a Pisa il 15 febbraio 1564.

Per seguire la volontà del padre a 17 anni si iscrisse nello Studio Pisano per ottenere la laurea in medicina, ma la sua passione per la matematica prevalse sui progetti paterni: Galileo divenne così professore di Matematica nella stessa Università pisana.



Al periodo pisano appartengono gli studi sul moto che condurranno Galileo ad accettare la teoria copernicana dell'Universo.

Riteneva che la Matematica è il linguaggio con cui è scritto il Libro della Natura e l'astronomia non è che un capitolo.

Galileo Galilei

Fu un astronomo diverso dai predecessori, meno attento all'astronomia di posizione, ma molto più curioso di tutti quei fenomeni che potevano far comprendere il *funzionamento* del mondo o avere qualche applicazione pratica.

Un principio fondamentale dell'opera di Galileo è il *rispetto del primato dell'esperienza fisica* nello stabilire la verità o la falsità delle tesi che venivano avanzate per creare dei modelli plausibili del mondo fisico.

La sua curiosità per la natura e la ricerca della sensata esperienza trova un aiuto fondamentale nell'applicazione del cannocchiale allo studio degli astri.

Galileo Galilei

Nel 1609 viene a sapere che a Parigi era stato costruito un strumento che consentiva di vedere più vicini gli oggetti lontani.

Sono i primi cannocchiali la cui "invenzione" venne successivamente rivendicata dagli occhialai olandesi, ma già 20 anni prima Gian Battista Della Porta ne aveva "descritto" uno nella sua *Magia Naturalis*.

A quanto sembra lo strumento nacque in Italia ma non fu inventato dal Della Porta. Per una parola forse definitiva sulla questione vedere "La Nouvelle Astronomie - Science de l'Universe", 1971 (traduzione italiana: "Guardiamo l'Universo - La Nuova Astronomia", ed. Feltrinelli 1972, pag. 24.)

Galileo Galilei

Successivamente Galileo si trasferisce a Padova, dove ha una piccola officina in cui costruisce i suoi strumenti tra questi un cannocchiale che ingrandisce di trenta volte.

Il cannocchiale non viene subito utilizzato per osservazioni astronomiche, ma diventa prima uno strumento di guerra per le navi della Repubblica Veneta alla quale ne consegna 12.



Il tubo di legno ricoperto di carta, contiene una lente obbiettiva biconvessa e un oculare piano concavo. Ha capacità di ingrandimento di 14 volte. La lente obbiettiva di questo cannocchiale ha distanza focale di 1330mm e apertura utile di 26mm.

Galileo Galilei

Quando Galileo inizia ad usare il cannocchiale per scrutare il cielo pubblica i risultati delle osservazioni su un opuscolo dal titolo *Sidereus Nuncius*.

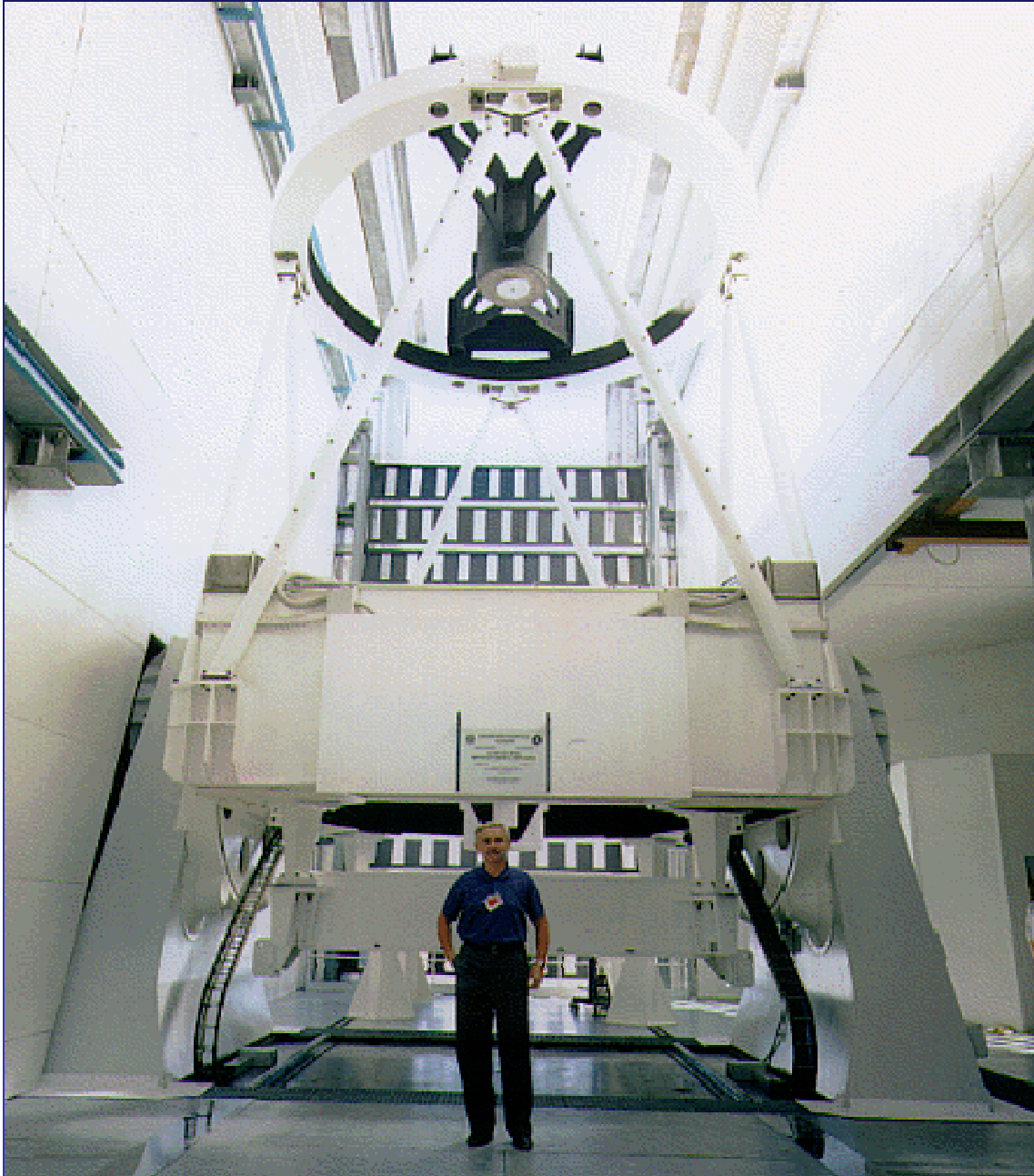
Molte e di diversa natura sono le scoperte annunciate da Galileo in questo libro.

Il cannocchiale svela a Galileo un mondo completamente diverso da quello che tutti conoscevano.

Il tubo di legno è ricoperto di pelle rossa con fregi in oro. L'obiettivo è biconvesso e l'oculare biconcavo. Ha capacità di ingrandimento di 21 volte. La lente obiettiva ha apertura utile di 16mm e distanza focale di 980mm.



Galileo Galilei



Il Telescopio Nazionale Galileo (TNG)

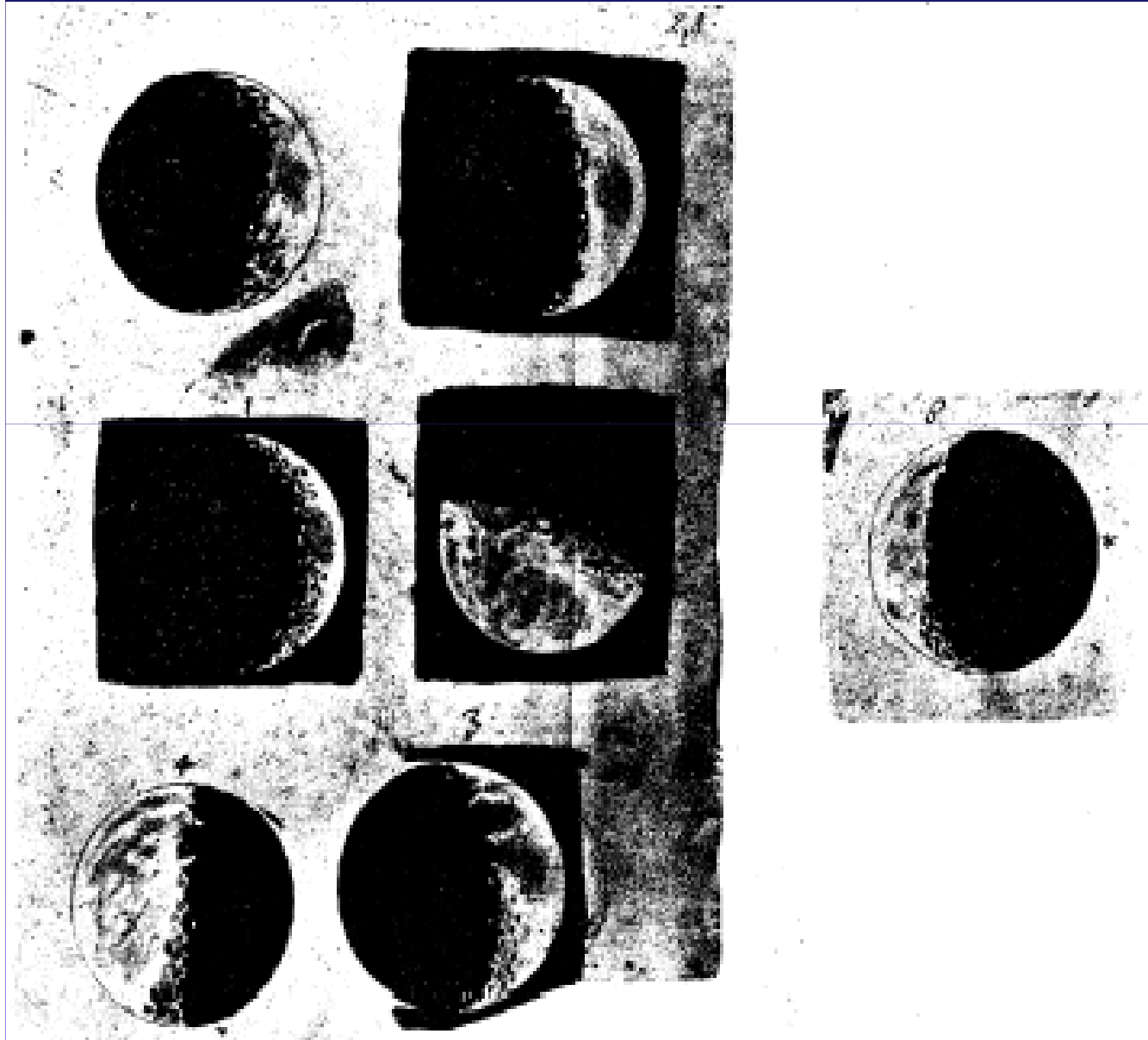
Il telescopio all'interno della cupola a Roque de los Muchachos (Isole Canarie).

Galileo Galilei

La Luna gli appare scabra, cosparsa di monti, valli e grandi pianure:

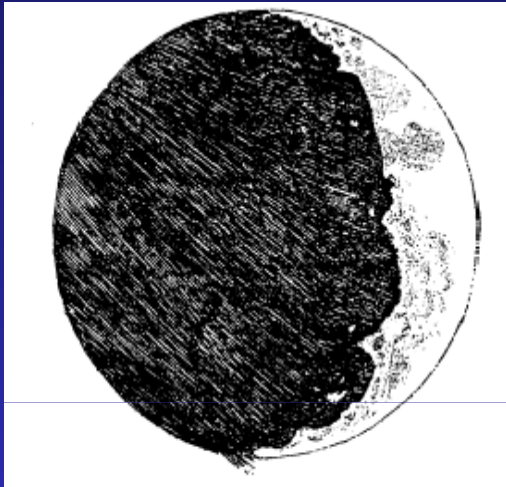
Già nel quarto o quinto giorno dopo la congiunzione, quando la Luna ci si mostra con i corni splendenti, il termine che divide la parte oscura dalla luminosa non si stende uniformemente secondo una linea ovale, come in un solido perfettamente sferico dovrebbe accadere, ma segnato da una linea diseguale, aspra e notevolmente sinuosa [...] Ma poi, non solo i confini tra le tenebre e la luce si vedono nella Luna ineguali e sinuosi, ma, ciò che induce maggior meraviglia, nella parte tenebrosa della Luna, appaiono moltissime punte lucenti, totalmente diverse e staccate dalla regione illuminata, e da esse non di breve intervallo distanti; le quali a poco a poco, trascorso un certo tempo, aumentano di grandezza e di luce, poi, dopo due o tre ore, si congiungono con la restante parte lucida, già fattasi più ampia [...] Or appunto sulla Terra, prima del sorgere del Sole, le più alte cime dei monti non sono illuminate dai raggi solari mentre l'ombra occupa tuttora le pianure?

Galileo Galilei

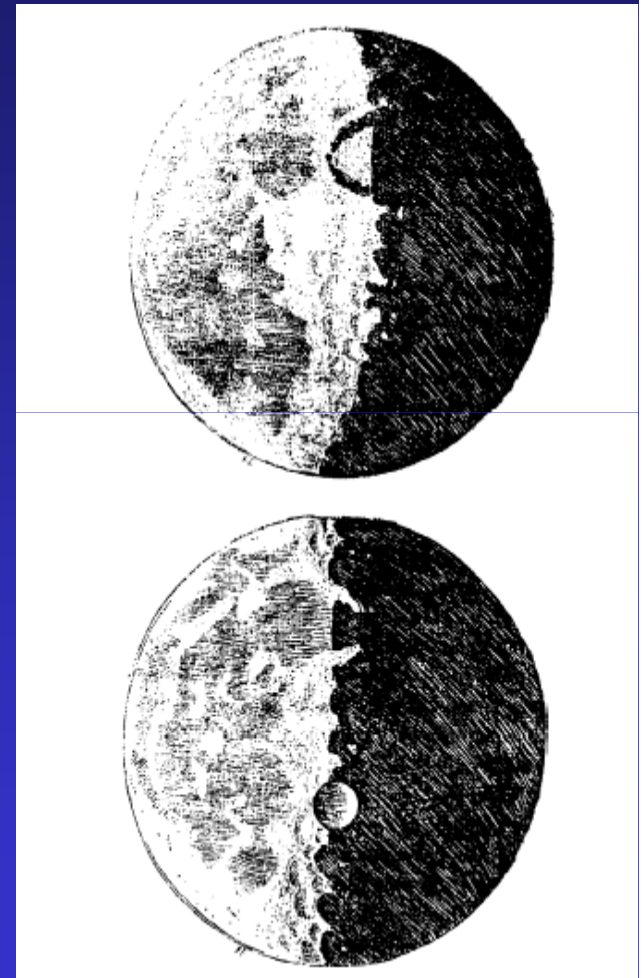
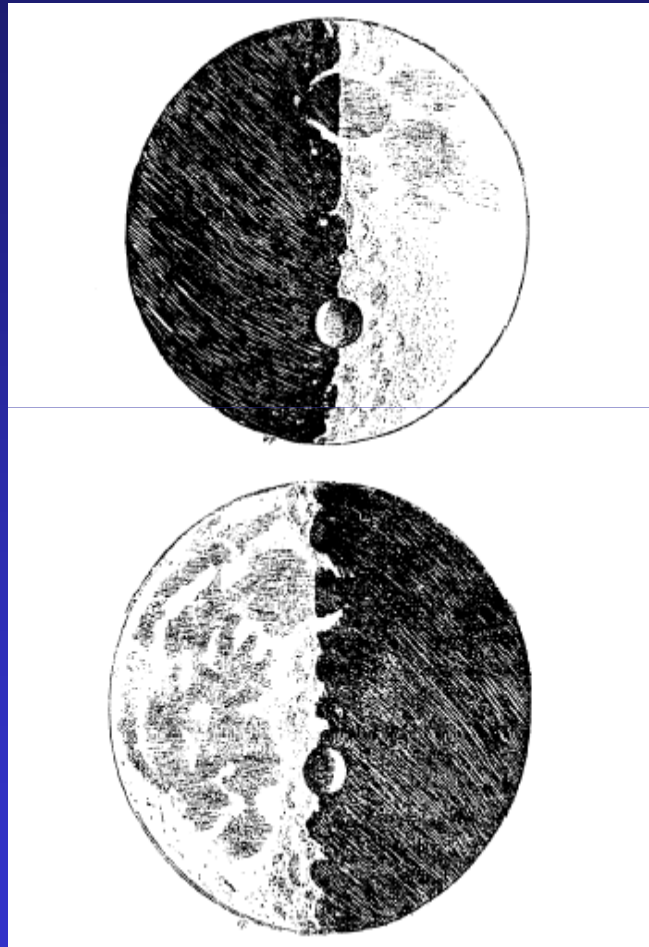


Disegni originali
della Luna

Galileo Galilei



Le immagini a
stampa della Luna,
apparse nel
Sidereus Nuncius



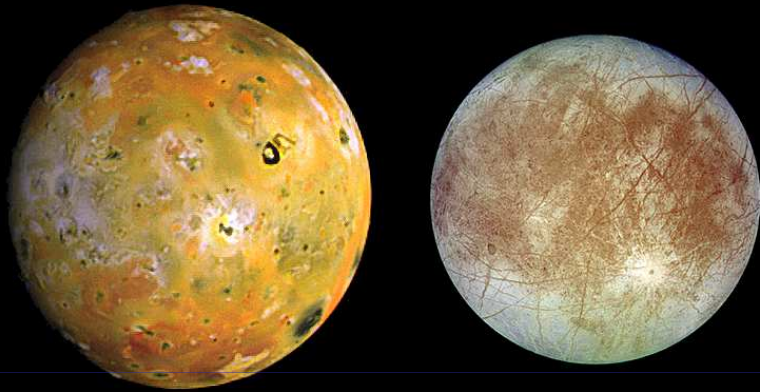
Galileo Galilei

Osserva anche Giove, il più brillante dei pianeti e scopre che attorno ad esso ci sono quattro lune. Nel gennaio 1610 Giove si trovava in una posizione molto favorevole per l'osservazione. Nel Sidereus Nuncius Galileo scrive:

[...] il giorno 7 gennaio del corrente anno 1610, alla prima ora della notte seguente, mentre guardavo gli astri celesti con il cannocchiale, mi si presentò Giove; e poiché mi ero preparato uno strumento proprio eccellente, m'accorsi, [...] che gli stavano accanto tre Stelline piccole invero, ma pur lucentissime; le quali per quanto fossero da me credute del numero delle fisse, tuttavia mi destarono qualche meraviglia, per il fatto che apparivano disposte secondo un'esatta linea retta e parallela all'Eclittica, e più splendide delle altre loro pari per grandezza [...] dalla parte orientale c'erano due Stelle, una sola invece verso occidente. [...] essendo io ritornato, non so da quale fato condotto, alla medesima indagine il giorno 8, trovai una disposizione di molto diversa: erano infatti le tre Stelline tutte occidentali rispetto a Giove, e fra di loro più vicine che nella notte antecedente, e da uguali intervalli fra loro separate.

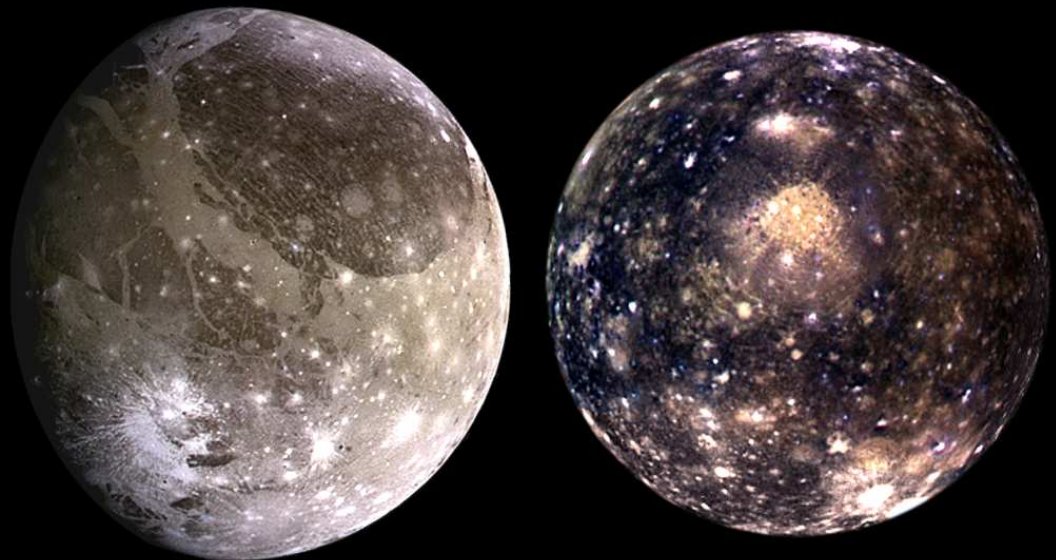
Galileo Galilei

I satelliti galileiani



Io ed Europa

Ganimede e Callisto



Galileo Galilei

Il 30 luglio 1610, da Padova, scrive a Belisario Vinta a Firenze una lettera in cui tra l'altro annuncia al Granduca di Toscana Cosimo II che ha osservato Saturno non circolare, ma con due grandi appendici diametralmente opposte. Sono gli anelli che Galileo non riesce a distinguere e che solo il fisico olandese Huygens osserverà compiutamente.



Saturno ripreso dall'Hubble Space Telescope

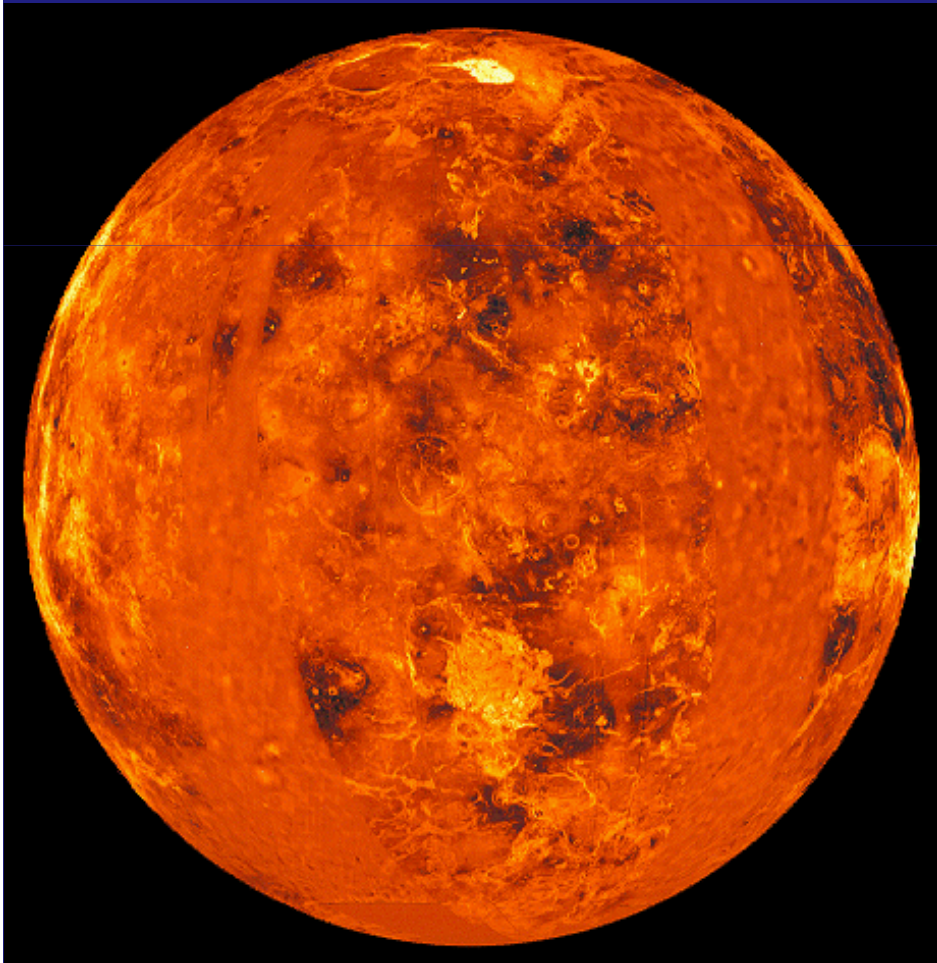
Saturno ripreso con una webcam da Cristian Fattinnanzi



Galileo Galilei

Nel 1610 Venere fu visibile la sera subito dopo il tramonto del Sole e Galileo scoprì che presentava le fasi come la Luna.

Venere ripresa dalla Terra . Foto di Alfredo Trombetta



C'è chi sospetta che questa osservazione sia stata compiuta dall'allievo Benedetto Castelli che per ossequio al maestro non l'abbia rivendicata.

Comunque sia la scoperta di questo fenomeno dava la prova che Venere si muoveva attorno al Sole.

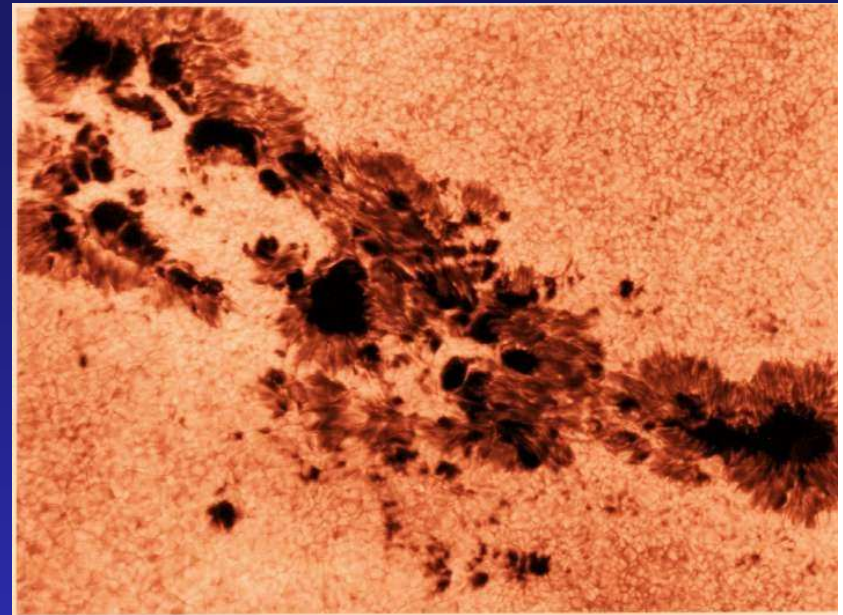
Venere ripresa dalla sonda Magellano.

Galileo Galilei

Galileo, osservando con il suo cannocchiale il Sole al tramonto, scopre che la sua superficie presenta delle macchie che ne dimostrano la rotazione.



Il Sole il 5 gennaio 2003 - Foto Angelo Angeletti



Le osservazioni di Galileo erano in palese contrasto con la cultura aristotelica del tempo che assumeva la perfetta sfericità e omogeneità degli oggetti celesti, per cui la Luna avrebbe dovuto apparire perfettamente liscia all'osservazione telescopica.

Galileo Galilei

- La scabrosità della Luna che orbita attorno alla Terra,
- la presenza dei satelliti di Giove che sembrano volere imitare in piccolo la struttura del sistema planetario,
- le fasi di Venere, possibili solo se Venere avesse orbitato attorno al Sole,
- Saturno tricorporeo che confutava la perfetta sfericità della quinta essenza, ovvero della sostanza dei cieli;
- le macchie solari.

avevano profondamente convinto Galileo della plausibilità del sistema copernicano, ma a differenza di Copernico e Keplero egli era convinto che il modello di Copernico non fosse semplicemente un comodo artificio per calcolare le effemeridi dei pianeti, ma che corrispondesse ad una reale struttura fisica dell'Universo.

Galileo Galilei

Nel 1632 pubblicò il Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano schierandosi apertamente a favore del sistema copernicano.

Il libro fu condannato dalla Chiesa e Galileo accusato di eresia; minacciato di tortura, ormai vecchio e malato, abiurò ufficialmente l'idea che la Terra si muovesse attorno al Sole.

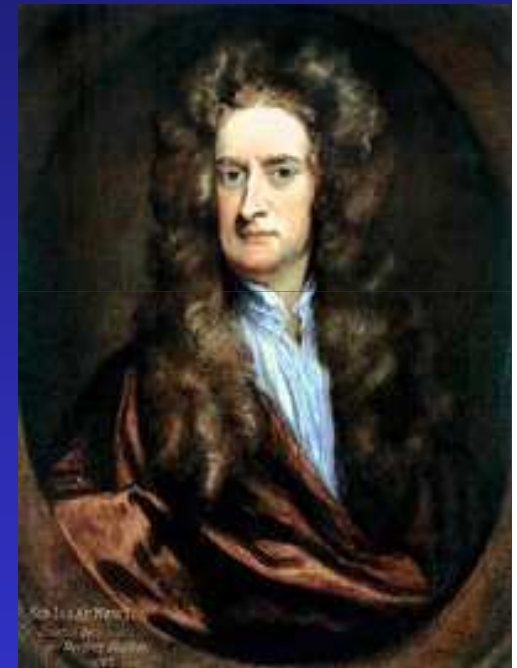
Condannato al carcere a vita - commutato poi negli arresti domiciliari - Galileo, diventato anche cieco, continuò a lavorare con i suoi allievi Vincenzo Viviani ed Evangelista Torricelli nella sua villa di Arcetri, presso Firenze, dove morì l'8 gennaio 1642.

Il 31 ottobre 1992, dopo tre secoli e mezzo di caute e attente delibere della Chiesa, papa Giovanni Paolo II ha formalmente riabilitato Galileo.

Newton e la legge della Gravitazione Universale

Isaac Newton (1642-1727) è sicuramente uno dei più grandi geni di tutti i tempi.

Avvalendosi del principio d'inerzia enunciato da Galileo e di una brillante intuizione di Hooke (gli aveva consigliato di studiare il moto dei pianeti dividendolo in due parti: una rappresentata da un moto inerziale lungo la tangente alla traiettoria, l'altra rappresentata da un moto accelerato in direzione del Sole) scoprì quale fosse il significato fisico delle leggi di Keplero.



Concluse che essendo il moto dei pianeti non rettilineo e uniforme deve esserci una forza diretta verso il Sole che *regola*, ma non *causa* il moto.

Newton e la legge della Gravitazione Universale

Newton accertò che tale forza segue la legge dell'inverso del quadrato della distanza.

I punti salienti del suo ragionamento sono:

1. tutti i corpi cadono in prossimità della superficie terrestre con un'accelerazione pari a $9,8 \text{ m/s}^2$;
2. la causa che fa cadere un corpo (si narra che Newton giungesse a queste conclusioni vedendo cadere una mela da un albero) non viene meno qualunque sia l'altezza a cui il corpo è posto; se così non fosse dovrebbe esistere una determinata quota al di sopra della quale i corpi cessano di cadere e di pesare;
3. anche la Luna deve avere un peso e deve in qualche modo cadere sulla Terra; questo significa che la presenza della Terra regola il moto orbitale della Luna (potremmo dire che la Luna non cade affatto, ma se sulla Luna non agisse alcuna forza, essa proseguirebbe in linea retta, mentre invece viaggia lungo una traiettoria circolare, cosicché in realtà cade rispetto alla posizione in cui si troverebbe se non vi fosse nessuna forza).

Newton e la legge della Gravitazione Universale

Per verificare quantitativamente l'esattezza delle sue supposizioni Newton scelse il sistema Terra-Luna ed ipotizzò che la forza che faceva cadere i corpi in prossimità della superficie terrestre fosse la stessa che mantiene la Luna nella sua orbita.

I dati in possesso di Newton erano i seguenti:

raggio della Terra: $R_T \sim 6.400 \text{ km}$

distanza Terra-Luna: $D_{T,L} \sim 384.000 \text{ km}$

periodo di rivoluzione della Luna: $T_L = 29 \text{ giorni}$.

Newton e la legge della Gravitazione Universale

Mediante questi dati è possibile calcolare le grandezze cinematiche relative al moto della Luna e precisamente:

velocità orbitale della Luna: $v_L \approx 1 \text{ km/s}$

accelerazione centripeta della Luna: $a_{C,L} = 0,0027 \text{ m/s}^2$.

Calcoliamo ora il rapporto tra la distanza Terra-Luna ed il raggio della Terra:

$$\frac{D_{T,L}}{R_T} = \frac{3,84 \cdot 10^8}{6,4 \cdot 10^6} = 60$$

Newton e la legge della Gravitazione Universale

La Luna si trova quindi ad una distanza dal centro della Terra che è 60 volte più grande della distanza a cui si trova la "mela" (che praticamente è sulla superficie della Terra) dallo stesso centro. Se calcoliamo il rapporto tra l'accelerazione centripeta della Luna e l'accelerazione gravitazionale della "mela" in prossimità della Terra otteniamo

$$\frac{a_{c,L}}{g} = \frac{0,0027}{9,8} \approx \frac{1}{3600}$$

in altri termini, la Luna cade con un'accelerazione che è 3.600 volte più piccola di quella con cui cade la "mela".

Newton e la legge della Gravitazione Universale

Questo indusse Newton a pensare che la forza di gravità variasse con l'inverso del quadrato della distanza

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

Newton espone i suoi principi della Dinamica, nonché la legge della Gravitazione Universale nell'opera: *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*.

La prima edizione fu pubblicata nel 1687, ma gran parte del lavoro venne svolto dall'agosto 1665 al maggio 1667, quando Newton fu costretto alla solitudine nel suo paese natale (Woolsthorpe), a causa della peste che colpì l'Inghilterra.

Newton e la legge della Gravitazione Universale

Nel libro III, Proposizione IV Teorema IV, Newton afferma:
"La Luna gravita verso la Terra, ed è continuamente ritratta dal moto rettilineo e trattenuta nella sua orbita dalla forza di gravità" e ne dà una dimostrazione che, con un linguaggio più moderno, è quella che riportiamo.

L'accelerazione g con cui cade un corpo in prossimità della Terra è 3.600 volte maggiore dell'accelerazione a con cui cade la Luna; osserviamo anche che in prossimità della superficie terrestre un corpo cade di una quantità $h = 5 \text{ m}$ nel primo secondo dopo l'abbandono dello stato di quiete [$h = \frac{1}{2}g(1s)^2$], mentre lo spazio s di cui cade la Luna nello stesso intervallo di tempo è dato da: $s = \frac{1}{2}a(1s)^2$.

Newton e la legge della Gravitazione Universale

Da queste considerazioni si ricava che:

$$\frac{h}{s} = \frac{\frac{1}{2}g(1s)^2}{\frac{1}{2}a(1s)^2} = \frac{g}{a}$$

e quindi

$$s = \frac{a}{g}h \approx \frac{1}{3600} \cdot (5m) \approx 1,4mm$$

cioè, in 1 s, la Luna cade di 1,4 mm.

Newton e la legge della Gravitazione Universale

Conoscendo il raggio dell'orbita lunare ($D_{T,L}$) e il tempo che la Luna impiega a girare intorno alla Terra (T_L), possiamo calcolare quale tratto (d) percorrerebbe la Luna, in 1 s , se non cadesse.

$$d = v \cdot t = \frac{2\pi D_{T,L}}{T_L} \cdot t = \frac{2\pi \cdot (384.000\text{km})}{29\text{giorni}} \cdot (1s) \approx 1\text{km}$$

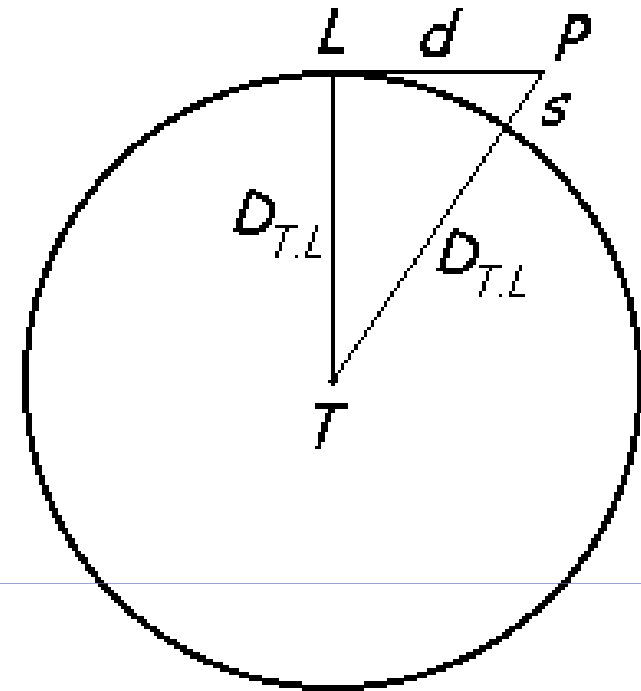
Indicando con s la quantità della quale cade in 1 s la Luna, dal triangolo rettangolo TLP si ricava:

$$\overline{TL}^2 + \overline{LP}^2 = \overline{TP}^2 \quad D_{T,L}^2 + d^2 = (D_{T,L} + s)^2$$

$$D_{T,L}^2 + d^2 = D_{T,L}^2 + 2sD_{T,L} + s^2$$

$$s \approx \frac{d^2}{2D_{T,L}} \approx 1,3\text{mm}$$

si è trascurato s^2 perché piccolo rispetto agli altri termini.
Da ciò si deduce che la Luna, in 1 s , cade di circa 1,3 mm .



Newton e la legge della Gravitazione Universale

Il risultato ottenuto lo soddisfaceva. Solo nel 1679, con migliori misure della distanza Terra-Luna, egli ottenne la conferma numerica della sua teoria.

È importante capire quali estrapolazioni avesse dovuto compiere Newton per giungere al risultato che la forza di gravità segue la legge dell'inverso del quadrato della distanza.

In primo luogo il risultato ottenuto per il sistema Terra-Luna non autorizzava a pensare che potesse essere altrettanto corretto in altri sistemi con caratteristiche totalmente diverse da quello preso in esame.

Solo in tempi relativamente recenti si è potuto verificare (studiando sistemi di stelle doppie) che ovunque nell'Universo la gravità varia come $1/r^2$ (almeno nell'ambito di precisione delle nostre misure).

In secondo luogo c'era il problema che il calcolo delle distanze usate per rapportare tra loro g e $a_{C,L}$ veniva eseguito partendo dal centro della Terra.

Per poter giustificare questo calcolo Newton dovette sviluppare quegli strumenti matematici (il calcolo infinitesimale) che gli permisero di dimostrare che se due corpi sferici esercitano l'uno verso l'altro una forza che varia come $1/r^2$ allora si può supporre che la massa di ciascun corpo sia concentrata nel centro del corpo stesso (il baricentro).

Newton e la legge della Gravitazione Universale

Ma non è tutto.

Fino a quel momento era opinione corrente che il moto dei pianeti si svolgesse attorno ad un punto coincidente con il centro del corpo centrale (il Sole) ritenuto immobile. Newton superò questa concezione applicando al moto planetario la sua terza legge del moto, il principio di azione e reazione. Affermò infatti che le azioni dei corpi che attraggono e che sono attratti sono sempre reciproche ed uguali: perciò, se ci sono due corpi, nessuno dei due può trovarsi in quiete, ed entrambi orbitano attorno a un centro comune (il *centro di massa* del sistema).

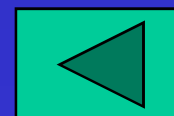
Newton formulò la *Legge della Gravitazione Universale*, che possiamo enunciare come segue: *due corpi di masse m_1 ed m_2 esercitano l'uno sull'altro una forza, diretta lungo la loro congiungente, che è direttamente proporzionale al prodotto delle masse ed inversamente proporzionale al quadrato della distanza fra i loro centri.*

In formula:

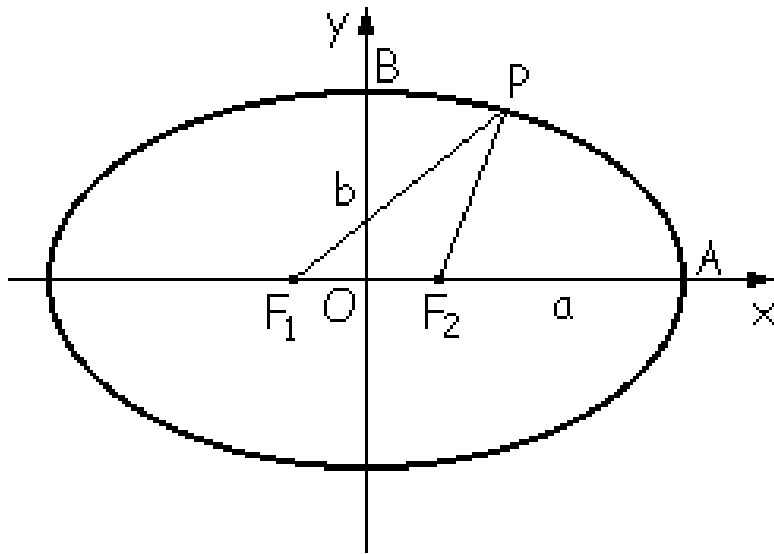
$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

La costante G è nota come *costante di gravitazione universale* ed assume nel Sistema Internazionale il valore $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$.

FINE



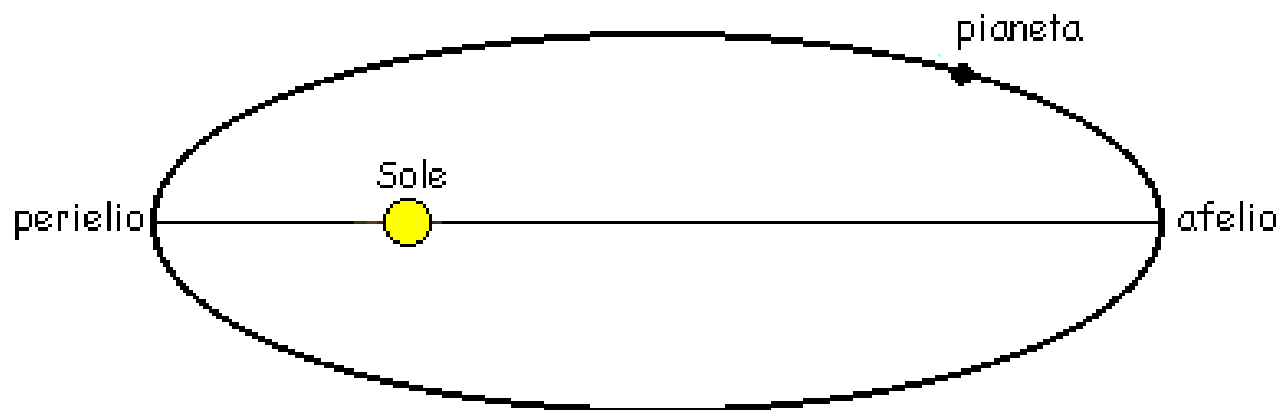
Prima legge di Keplero



L'ellisse è una curva algebrica che può essere definita come l'insieme dei punti P del piano per i quali è costante la somma delle distanze da due punti fissi detti fuochi (F_1 e F_2).

I segmenti OA e OB sono detti rispettivamente semiasse maggiore a e semiasse minore b .

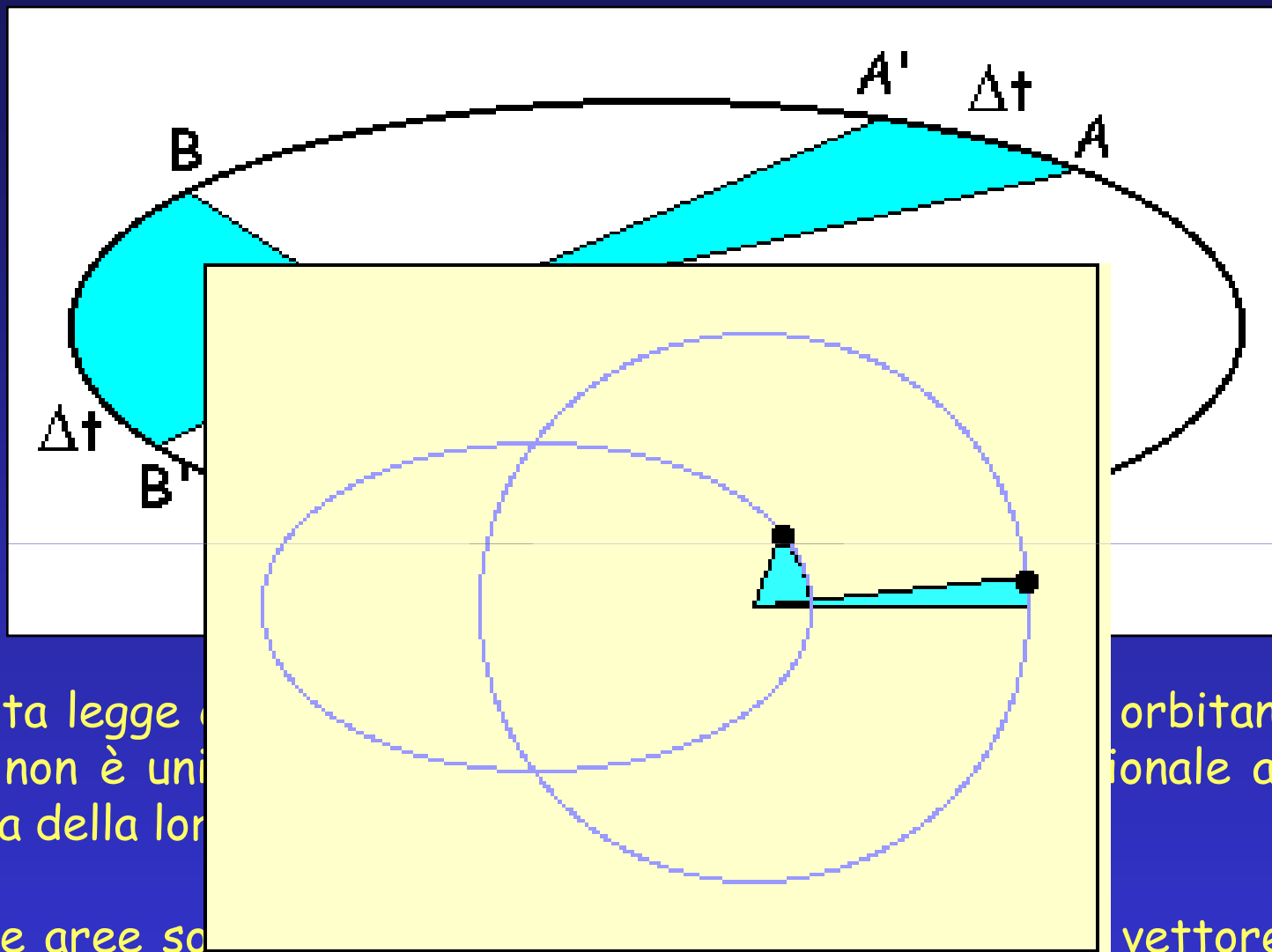
La distanza di un pianeta dal Sole non è costante.



Keplero chiamò **perielio** (dal greco peri = intorno e helios = Sole) il punto di minima distanza e **afelio** (dal greco apo = lontano e helios = Sole) il punto di massima distanza.



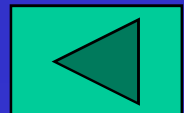
Seconda legge di Keplero o legge delle aree



Da questa legge si deduce che il moto dei pianeti attorno al Sole non è uniforme, ma che la velocità orbitale è inversamente proporzionale alla radice quadrata della loro distanza dal Sole.

Si deduce che i pianeti orbitano attorno al Sole con una velocità orbitale inversamente proporzionale alla radice quadrata della loro distanza dal Sole.

Poiché le aree sono uguali, si deduce che il tempo impiegato per percorrere il tratto AA' è uguale al tempo impiegato per percorrere il tratto BB'. Poiché il tratto AA' è minore del tratto BB', si deduce che la velocità in AA' è maggiore di quella in BB'.



Terza legge di Keplero

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{costante}$$

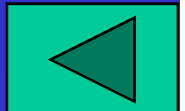
T è il tempo che un pianeta impiega a ruotare attorno al Sole e a è il semiasse maggiore dell'orbita.

La terza legge è di una categoria diversa rispetto alle altre due perché non è riferita ad un solo pianeta, ma mette in relazione i pianeti tra loro.

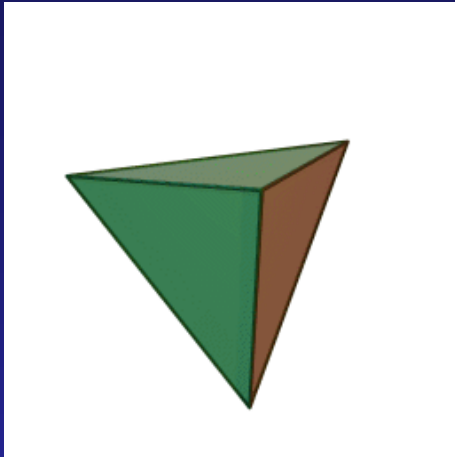
Utilizzando la legge della Gravitazione Universale di Newton si ricava il valore della costante; la legge è data quindi da:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S}$$

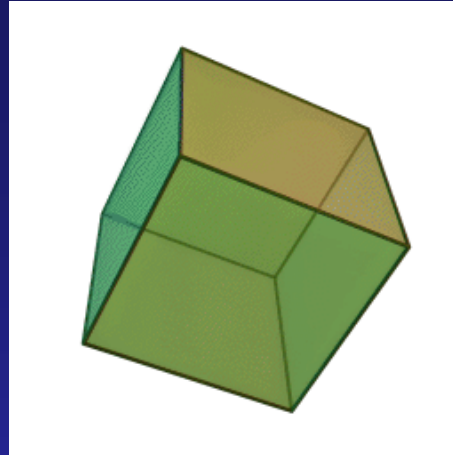
G ($=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$) è una costante e M_S è la massa del Sole.



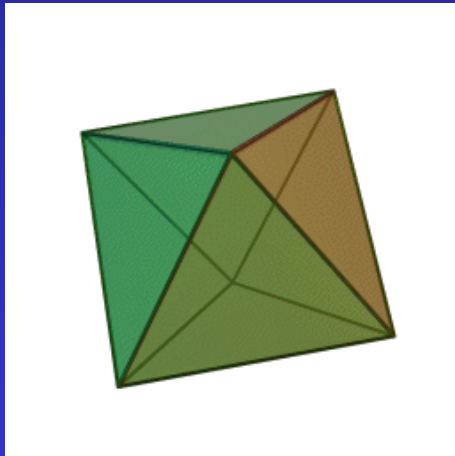
SOLIDI PLATONICI



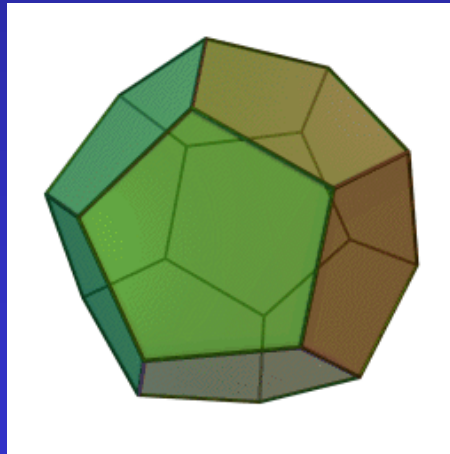
Tetraedro
(4 triangoli equilateri)



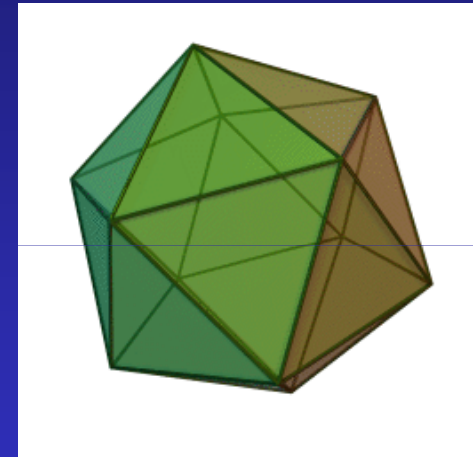
Cubo
(o esaedro 6 quadrati)



Ottaedro
(8 triangoli equilateri)



Dodecaedro
(12 pentagoni)



Icosaedro
(20 triangoli equilateri)

