

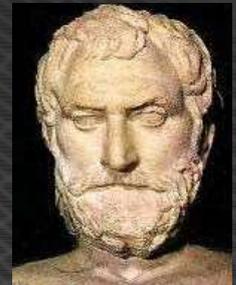
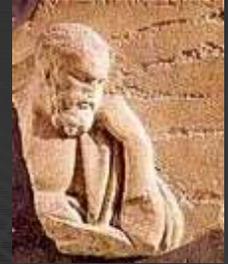
La figura con il coltello rappresentante il concetto divino di forza

Il concetto astratto di forza fu inteso dagli antichi egizi come attributo della divinità.

### Greci (600 a.C.) - Talete e Anassimandro

Nel mondo greco, i primi cosmologi, Talete e Anassimandro, consideravano la natura come cosa vivente e pertanto non avevano bisogno di postulare un concetto di forza.

Solo più tardi, quando la materia primaria fu considerata a livello di materia inanimata, si pose il problema di un agente esterno inteso come causa del moto.



### Greci (300 a.C.) - Platone

Per Platone il concetto di forza è qualcosa di intrinseco alla materia poiché la materia è dotata di un'anima.

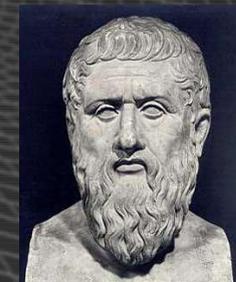
A questo si aggiunge la convinzione che ciò che è simile attrae il simile. I corpi di uguale natura tendono a tenersi insieme. La forza di gravità, ad esempio, diventa in tale contesto una qualità, come una qualità chimica.

A tale concetto viene anche dato un valore quantitativo considerando che tale tendenza è proporzionale alla dimensione dell'oggetto.

Il termine usato da Platone per denotare l'idea di forza, intrinseca alla materia è *dynamis* corrispondente al verbo *dynastai*, 'essere in grado', 'essere capace'.

### Greci (300 a.C.) - Aristotele

Aristotele per spiegare il fenomeno del movimento e del divenire teorizza il fatto che la sostanza sia auto organizzata in se stessa per essere attratta dal primo motore immobile, che genera movimento nell'universo come tensione alla sua propria perfezione. Questo concetto di causa finale può essere considerato la prima forma di forza a distanza della storia.



**Greci - Stoicismo**

Con lo stoicismo (corrente filosofica e spirituale, fondata intorno al 300 a.C. ad Atene) il concetto di forza cambia: l'universo è visto come un sistema singolo di forze interagenti pervaso dal pneuma (spirito del dio che dà vita alle cose), come un unico organismo vivente, composto di anima e corpo, entrambi materiali.

L'anima del mondo pervade la materia, la dilata, la condensa. La forza diventa dunque una corrispondenza mutua tra due oggetti, con azioni a distanza come quella delle maree, concepite in maniera sostanzialmente identica a quella dei secoli XVII e XVIII.



Marco Aurelio  
esponente  
dello  
stoicismo

**Medioevo – Tommaso d'Aquino**

Sarà l'intelligenza divina, attraverso l'azione degli angeli, a spiegare il moto degli astri per i filosofi religiosi del medioevo.

Tommaso infatti integra in quadro creazionista l'impianto metafisico e cosmologico aristotelico. Sistematizza così l'intuizione di aristotele: il Primo Mobile è la prima e più esterna delle sfere cosmiche ruotanti attorno alla Terra in base al modello geocentrico dell'universo, dalla quale parte il movimento che mette in moto le stelle e i pianeti. Poiché ci si riferisce a moti eterni, questi non possono essere generati da esseri corporei, possessori solo di qualità finite, bensì da intelligenze angeliche.

**Keplero (1600)**

Una fase decisiva nello sviluppo del concetto di forza si realizza con Keplero .

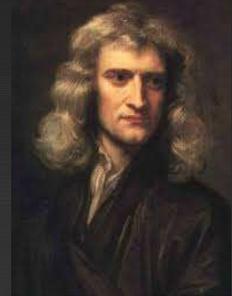
La progressiva elaborazione delle leggi del moto planetario porta alla convinzione che la facoltà responsabile del moto che si pensava essere immateriale, è invece qualcosa di materiale e di meccanico.

Lo studio del moto delle maree in connessione con il moto lunare porta ad intuire che la gravità interessa tutti i corpi.

Keplero considera la forza di attrazione tra la terra e un grave come una forza di natura magnetica.



Newton nacque in Inghilterra nel 1642. La sintesi delle sue ricerche fisiche è pubblicata nei due lavori intitolati *Philosophiae naturalis principia mathematica* (1687) sui principi della dinamica e sulla legge di gravitazione universale e *Opticks* (1694) sui principi dell'ottica geometrica e della natura della luce. Morì nel 1727 a Londra, celebrato come uno dei massimi geni dell'umanità.



La relazione tra le forze e il moto è oggetto di quella parte della meccanica chiamata dinamica: essa si basa su tre leggi fisiche enunciate per la prima volta nel 1687 da Newton che coinvolgono tre grandezze fisiche: la forza, che descrive le interazioni di un corpo con un altro corpo; l'accelerazione, che caratterizza il moto del corpo; la massa, che è una proprietà intrinseca dei corpi.

### Primo principio della dinamica (o principio di Galileo)

Un corpo non soggetto a forze o soggetto a un sistema di forze che hanno risultante nulla conserva il suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme fino a quando non interviene una nuova forza a modificare tale stato.

### Secondo principio della dinamica

Quando su un corpo agisce una forza  $F$ , esso acquista un'accelerazione la cui direzione e il cui verso sono identici a quelli della forza e la cui intensità è determinabile con la relazione:

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

La costante di proporzionalità tra la forza applicata e l'accelerazione acquisita viene chiamata massa inerziale del corpo dove il termine inerzia significa tendenza di un corpo a mantenere il proprio stato di moto. A parità di forza una massa grande acquista una accelerazione piccola e viceversa.

### Terzo principio della dinamica (o principio di azione e reazione)

Se un corpo A esercita su un corpo B una forza, il corpo B esercita sul corpo A una forza di direzione e intensità uguale ma di verso opposto. A ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria.

### Le riflessioni di Newton....

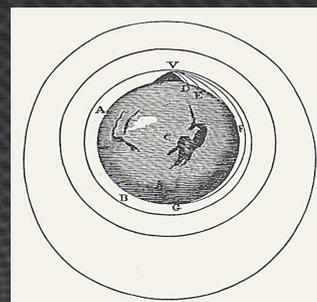
Si narra che vedendo cadere una mela, Newton abbia iniziato a riflettere sulla natura della forza gravitazionale. Ipotizzò che tutti gli oggetti cadevano verso il basso a causa di una forza a quel tempo sconosciuta. Questo si verificava qualunque fosse l'altezza dell'albero da cui cadeva la mela.



Da qui la brillante intuizione: se questa forza raggiungeva la sommità degli alberi più alti, poteva andare anche oltre fino a coprire la distanza Terra-Luna. La stessa forza che accelerava gli oggetti sulla Terra facendoli cadere al suolo doveva agire anche sulla Luna.

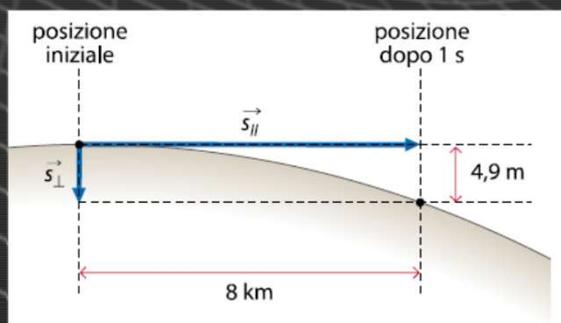
Ma allora perché la Luna non cade sulla Terra?

Newton risolse l'enigma immaginando di sparare con un cannone posto su un'alta montagna dei proiettili con velocità iniziali via via maggiori; la traiettoria del proiettile s'incurva sempre di meno portandolo a cadere sempre più lontano. Se il proiettile ha una velocità sufficientemente elevata non ricade sulla Terra.



Supponiamo di lanciare un proiettile con velocità iniziale di 8 Km/s, in prossimità della superficie terrestre. Dopo 1 secondo, il proiettile ha percorso 8 Km lungo la tangente alla Terra nel punto da dove è stato lanciato.

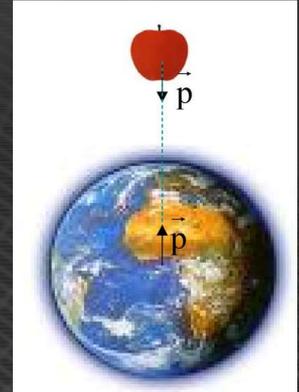
Contemporaneamente il proiettile è precipitato lungo la verticale di 4,9 metri. Anche la superficie terrestre però si è abbassata di 4,9 metri al di sotto del piano orizzontale a causa della curvatura. Il proiettile quindi, dopo aver percorso 8 Km, si trova ancora alla stessa altezza seguendo la curvatura della Terra.



La conclusione di Newton fu la seguente: così come il proiettile può arrivare a compiere un giro completo attorno alla Terra "cadendo" continuamente verso il suolo senza mai toccarlo, la Luna "cade" verso la Terra in quanto soggetta alla medesima forza che agisce sul proiettile, descrivendo così un'orbita ellittica attorno ad essa.

Lo scienziato formulò in termini matematici l'espressione della *forza di gravità* che imponeva ai corpi sulla Terra di cadere al suolo, e alla Terra stessa e agli altri pianeti di "cadere" verso il Sole, compiendo attorno ad esso delle orbite più o meno ellittiche: gli oggetti si attraggono in misura direttamente proporzionale al prodotto delle loro masse e inversamente proporzionale al quadrato delle loro distanze.

I due corpi, a causa delle masse notevolmente diverse, reagiscono all'azione delle forze in modo differente: rispetto ad un osservatore esterno, la Terra è praticamente insensibile all'azione della mela. Quando infatti la massa inerziale di un corpo è enormemente più grande di quella dell'altro, i due corpi si comportano in modo diverso per via delle differenti inerzie e non per la diversa intensità delle forze.



### Legge di Gravitazione Universale

L'intensità della forza esercitata da una particella di massa  $m_1$  su un'altra particella di massa  $m_2$  posta a distanza  $r$  è:

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

dove  $G$  è la costante di gravitazione universale.

La forza, che agisce su  $m_2$ , è diretta verso  $m_1$ . Una forza uguale ed opposta viene esercitata dalla massa  $m_2$  sulla massa  $m_1$ , in accordo con la terza legge della dinamica: cioè, i due corpi esercitano forze di attrazione l'uno sull'altro.

### Quindi...

La concezione meccanicistica comporta una visione corpuscolare della realtà fisica: la materia è costituita da particelle il cui moto e le cui interazioni sono governate dalla meccanica newtoniana.

L'interazione tra corpi avviene secondo le caratteristiche dell'azione a distanza:

- Non richiede un mezzo interposto tra di due corpi
- È istantanea (velocità di propagazione infinita)
- È rettilinea, avviene cioè lungo la retta che unisce i centri dei corpi.