Il Primo principio della dinamica

La Dinamica

La dinamica studia il movimento dei corpi in relazione alle cause che lo determinano. La dinamica del punto materiale è costituita da tre principi:

1) il **primo principio della dinamica** o principio di inerzia

2) il **secondo principio della dinamica** o legge fondamentale della dinamica

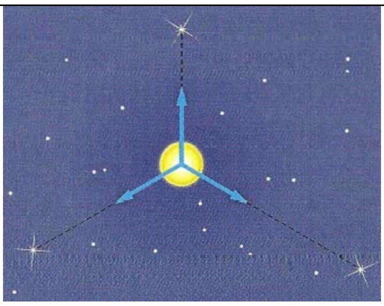
3) il **terzo principio della dinamica** o **principio di azione e reazione**.

Il primo principio della dinamica

Il primo principio della dinamica, detto anche principio di azione e reazione, afferma che ogni corpo non soggetto a forze oppure soggetto ad un sistema di forze che si fanno equilibrio o sta fermo o si muove di moto rettilineo uniforme.

I sistemi di riferimento inerziali

Un sistema di riferimento nel quale vale il primo principio della dinamica si chiama sistema di riferimento inerziale.

Nella pratica è inerziale un sistema che rispetto alle stelle fisse sia immobile o si muova di moto rettilineo traslatorio uniforme.	

In prima approssimazione possiamo considerare inerziale un sistema di riferimento solidale con la Terra, ad esempio le pareti della stanza in cui si sperimenta, in quanto l'accelerazione della Terra rispetto al Sole è piccola e quindi trascurabile. Un sistema che rispetto alle stelle fisse possiede accelerazione è detto sistema accelerato. Il principio d'inerzia non è valido in un sistema accelerato.

L'effetto delle forze

La forza applicata ad un corpo può produrre su di esso due effetti

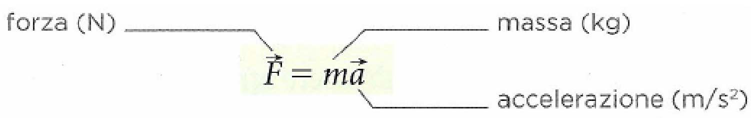
1) **effetto dinamico:** Un corpo libero di muoversi, soggetto all'azione di una forza, subisce una accelerazione

2) **effetto statico:** Un corpo vincolato, soggetto all'azione di una forza, subisce una deformazione che può essere temporanea o permanente.

Il secondo principio della dinamica

Ogni forza applicata ad un corpo libero di muoversi produce una accelerazione, avente la stessa direzione e lo stesso verso della forza, direttamente proporzionale all'intensità della forza. La costante di proporzionalità tra la forza applicata e l'accelerazione prodotta è uguale alla massa **m** del corpo. $\vec{\mathbf{F}} = \mathbf{m} \cdot \vec{\mathbf{a}}$

Il secondo principio della dinamica è detto anche legge fondamentale della dinamica.



Nel *SI* la forza si misura in newton cioè il newton è la forza costante capace di imprimere ad un corpo avente la massa di un chilogrammo l'accelerazione di un metro al secondo quadrato. $\mathbf{1\,N = 1\,kg \cdot \frac{1m}{s^2}}$

Che cos'è la massa di un corpo?

La massa inerziale di un corpo (rapporto costante tra la forza esterna applica e l'accelerazione prodotta) rappresenta la tendenza che presentano i corpi a conservare il proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme. Con parole diverse possiamo dire che la massa inerziale di un corpo rappresenta la difficoltà che presenta il corpo a subire una accelerazione. La massa di un corpo è la grandezza fisica che si misura con una bilancia a bracci uguali.

Se sul corpo agisce la forza peso, allora il secondo principio della dinamica assume la seguente forma: $\vec{\mathbf{P}} = \mathbf{m}\vec{\mathbf{g}}$

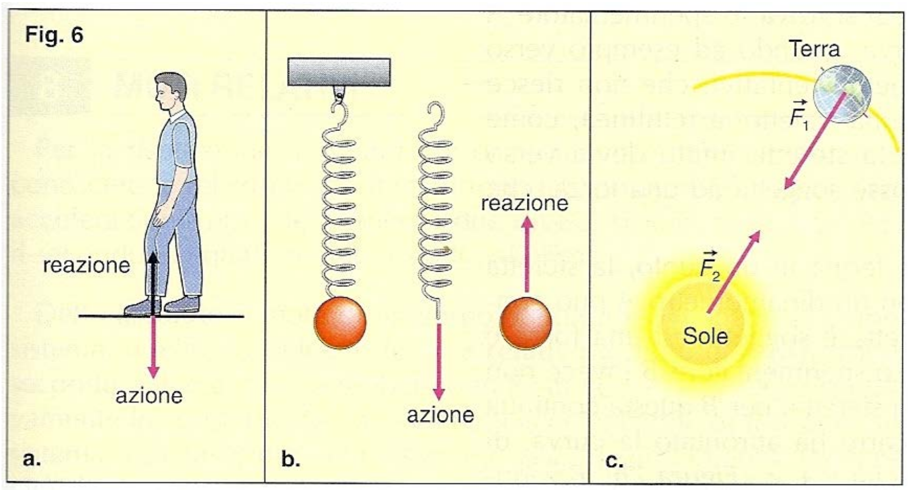
Il terzo principio della dinamica o principio di azione e reazione

La terza legge della dinamica, detta anche terzo principio della dinamica o principio di azione e reazione, afferma quanto segue: <<**Se un corpo A esercita sul corpo B una forza $\vec{F}_{BA}$ il corpo B esercita sul corpo A una forza $\vec{F}_{AB}$ uguale e contraria**.>> $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$ cioè $\vec{F}_{AB} + \vec{F}_{BA} = \vec{o}$

$\vec{F}_{AB}$ = *forza agente sul corpo A e proveniente dal corpo B*

$\vec{F}_{BA}$ = *forza agente sul corpo B e proveniente dal corpo A*

Nella sottostante figura sono presentati alcuni casi di azione e reazione.



a) Un uomo cammina sopra un pavimento: esso esercita una forza (azione) sul pavimento ed il pavimento reagisce con una forza uguale e contraria.

b) Una sferetta è appesa all'estremità libera di una molla: la sferetta esercita una forza (azione) pari al suo peso sull'estremità della molla e la molla reagisce esercitando sulla sferetta una forza (reazione) uguale e contraria.

c) Il Sole attira la Terra con una forza (gravitazionale) $\vec{F}_1$ ed è a sua volta attirato dalla Terra con una forza $\vec{F}_2$, uguale e contraria ad $\vec{F}_1$ e

Le calamite hanno la proprietà di attirare corpi di ferro. In realtà l'attrazione è reciproca: una calamita attira una sferetta di ferro con una forza uguale e contraria a quella con la quale la sferetta attira la calamita. I due dinamometri misurano le due forze uguali e contrarie.

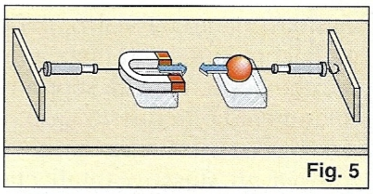
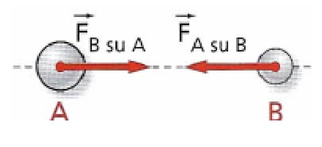


Fig. 5

Quando un corpo A esercita una forza su un corpo B, anche il corpo B esercita una forza sul corpo A. Le due forze hanno la stessa direzione, lo stesso modulo, ma versi opposti.	

Forza esercitata da A su B (N)

$$\vec{F}_{A\,su\,B} = -\vec{F}_{B\,su\,A}$$

Forza esercitata da B su A (N)

PRINCIPIO	NOME	FORMULA	IN PAROLE
Primo	Principio di inerzia	$\vec{v}$ = costante se $\vec{F} = 0$	In un sistema di riferimento inerziale, un punto materiale isolato, cioè soggetto a una forza totale nulla, si muove di moto rettilineo uniforme.
Secondo	Legge fondamentale della Dinamica	$\vec{F} = m\vec{a}$	In un sistema di riferimento inerziale, a ogni istante la forza risultante applicata a un punto materiale è uguale alla sua massa inerziale moltiplicata per l'accelerazione impressa dalla forza.
Terzo	Principio di azione e reazione	$\vec{F}_{A\,su\,B} = -\vec{F}_{B\,su\,A}$	In qualsiasi sistema di riferimento, se un corpo A esercita una forza su un corpo B, il corpo B esercita sul corpo A una forza uguale e contraria.

Le forze e il movimento

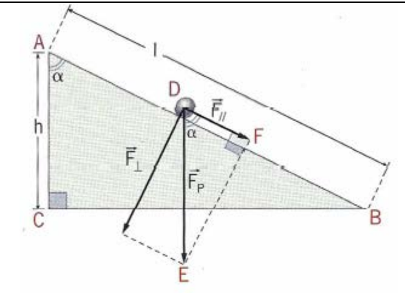
La caduta libera: Su un corpo di massa m che si trova in prossimità della superficie terrestre agisce la forza peso $\vec{P} = \vec{F}_p = m\vec{g}$ dove $\vec{g}$ è l'accelerazione di gravità il cui modulo vale:

$$g = 9{,}8\frac{m}{s^2} = 9{,}8\frac{N}{kg}$$

Un corpo in caduta libera si muove con un'accelerazione costante ed uguale per tutti i corpi, pari all'accelerazione di gravità $\vec{g}$ diretta verso il centro della Terra.

La forza peso e la massa: E' importante distinguere il concetto di massa inerziale di un corpo dal concetto di peso di un corpo. La massa è una grandezza scalare, il peso è una grandezza vettoriale. La massa è una proprietà intrinseca del corpo, ossia è una grandezza scalare costante che non dipende né dalla sua posizione né dalla azione esercitata su di esso da altri corpi. Il peso, a differenza della massa, varia con la posizione del corpo in quanto varia l'accelerazione di gravità $\vec{g}$.

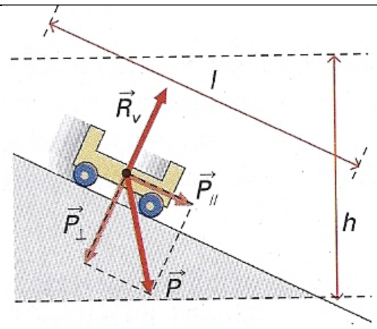
La discesa lungo un piano inclinato: Quando un corpo scende lungo un piano inclinato senza attrito, su di esso agiscono due forze: il peso $\vec{\mathbf{P}} = \vec{\mathbf{F}}_{\mathbf{P}} = \mathbf{m}\vec{\mathbf{g}}$ del corpo e la reazione vincolare $\vec{R}_v = \vec{F}_v$.

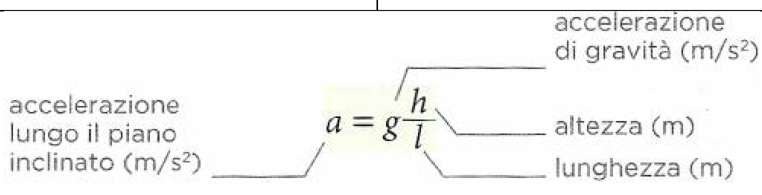
Possiamo scomporre la forza peso nei suoi componenti: $\vec{F}_{\parallel} = \vec{P}_{\parallel}$ parallelo al piano inclinato e $\vec{F}_{\perp} = \vec{P}_{\perp}$ perpendicolare al piano inclinato. La componente parallela $\vec{F}_{\parallel} = \vec{P}_{\parallel}$ determina il moto del corpo e si calcola con la formula:	

$$F_{\parallel} = P_{\parallel} = mg\frac{h}{\ell} \qquad \text{con} \quad a = \frac{F_{\parallel}}{m} = \frac{\cancel{m}g\frac{h}{\ell}}{\cancel{m}} = g\frac{h}{\ell} < g \qquad F_{\perp} = P_{\perp} = m\,g \cdot \frac{b}{\ell}$$

L'accelerazione sul piano inclinato è sempre minore dell'accelerazione di gravità

$$g = 9{,}8\frac{m}{s^2} = 9{,}8\frac{N}{kg}$$

Il peso del corpo è stato scomposto il due componenti: • $\vec{F}_{\parallel}$ parallela al piano inclinato determina il moto sul piano inclinato • $\vec{F}_{\perp}$ perpendicolare al piano inclinato è equilibrata dalla reazione vincolare $\vec{F}_v$ del piano inclinato.	

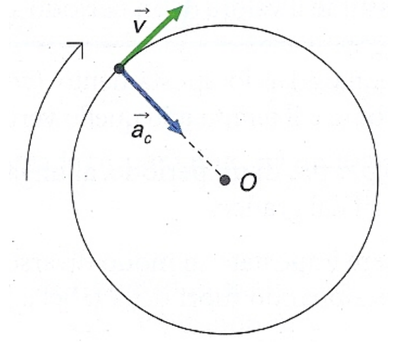
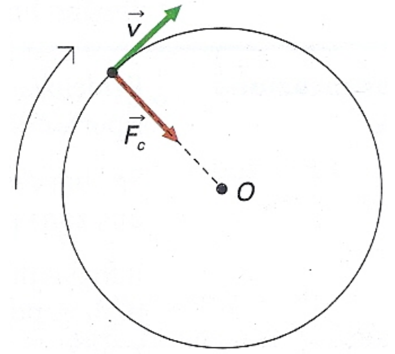
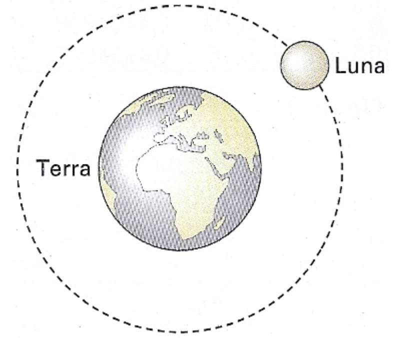


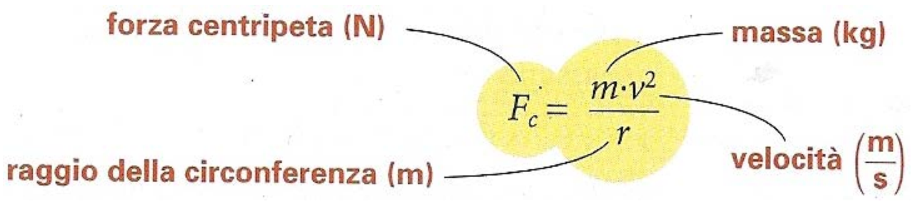
Forza centripeta e moto circolare

Un corpo che si muove di moto circolare uniforme è soggetto ad una forza diretta verso il centro della circonferenza, chiamata **forza centripeta**. Tale forza cambia la direzione del vettore velocità ma non ne modifica il modulo.

Abbiamo visto che nel moto circolare uniforme l'accelerazione tangenziale vale $a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{2\pi^2 R}{T^2} = m\omega^2 R$ $\omega = \frac{2\pi}{T}$ $v = \frac{2\pi R}{T} = \omega R$ e quindi il modulo della forza centripeta vale:

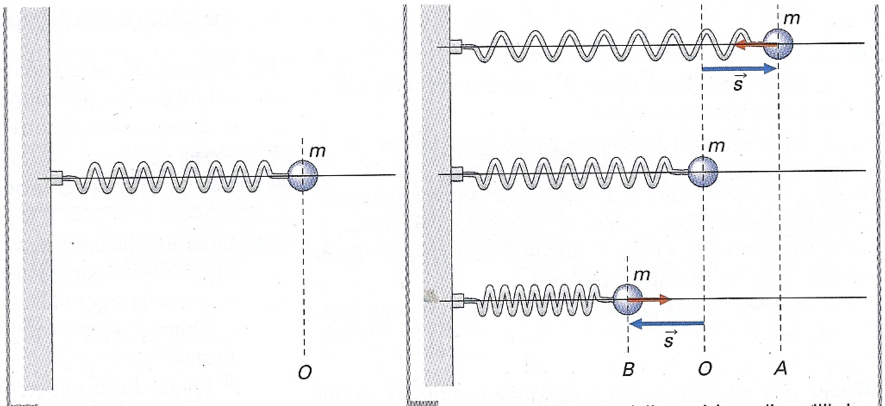
$$F_c = m a_c = m\frac{v^2}{r} = m\frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

 Nel moto circolare uniforme la velocità è tangente alla circonferenza; l'accelerazione centripeta è diretta verso il centro.	 Anche la forza centripeta, responsabile dell'accelerazione centripeta, è diretta verso il centro della circonferenza.	 Per un satellite come la Luna, che ruota attorno alla terra, la forza centripeta è fornita dalla forza di gravità della Terra.



Forza elastica e moto armonico

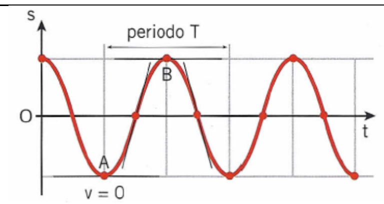
Una pallina di massa m è attaccata all'estremo libero di una molla, l'altro estremo è vincolato. Se allunghiamo la molla di un tratto s rispetto al punto di equilibrio O e poi la lasciamo libera nel punto A, la pallina passa per il punto O con la massima velocità, arriva nel punto B, si ferma ed inverte il suo moto. Se l'attrito è trascurabile la pallina continua ad oscillare tra i punti A e B e si muove di moto armonico. Infatti una molla sottoposta ad una deformazione $\vec{s} = \vec{x}$ esercita sulla pallina una forza elastica di richiamo (legge di Hooke) $\vec{F} = -k\,\vec{s} = -k\,\vec{x}$ che si oppone alla deformazione.



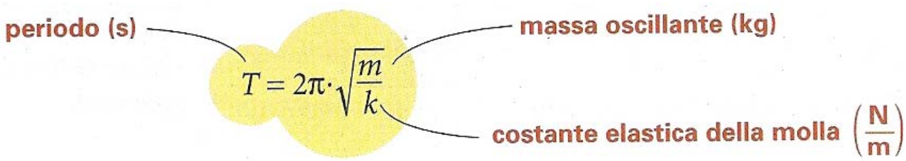
a La molla è in equilibrio e la pallina è ferma.

b La pallina, spostata dalla posizione di equilibrio, oscilla fra i punti *A* e *B*, simmetrici rispetto al punto *O*.

Conclusione: Una pallina collegata ad una molla, sotto l'azione della forza elastica $\vec{F}=-k\vec{s}$, si muove di moto armonico.

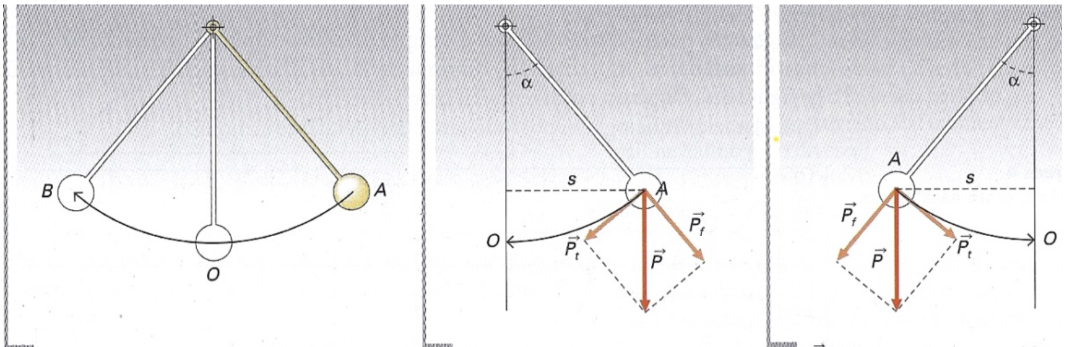
Il diagramma spazio-tempo di un moto armonico è una cosinusoide. Il suo periodo di oscillazione vale: $\mathbf{T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}=\frac{2\pi}{\omega}}$ $\quad \mathbf{\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}}$	

Una massa m, attaccata ad una molla di costante elastica k oscilla con un periodo dato dalla formula: $\mathbf{T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}$



Il pendolo semplice

Chiamiamo pendolo semplice un sistema ideale costituito da una piccola sferetta di massa m sostenuta da un filo flessibile, inestensibile e di massa trascurabile. Il pendolo lasciato libero nel punto A, si muove lungo un arco di circonferenza di raggio uguale alla lunghezza ℓ del pendolo, raggiunge la posizione B e torna indietro. Se l'attrito dell'aria è trascurabile, il pendolo continua ad oscillare tra i punti A e B.

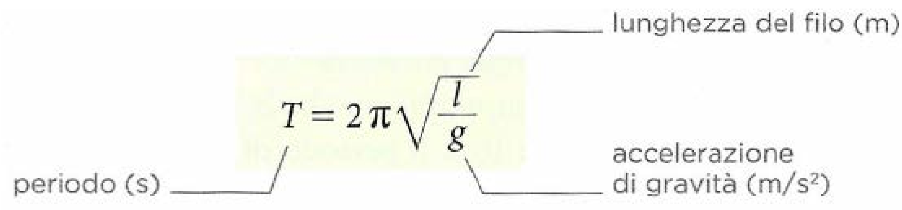


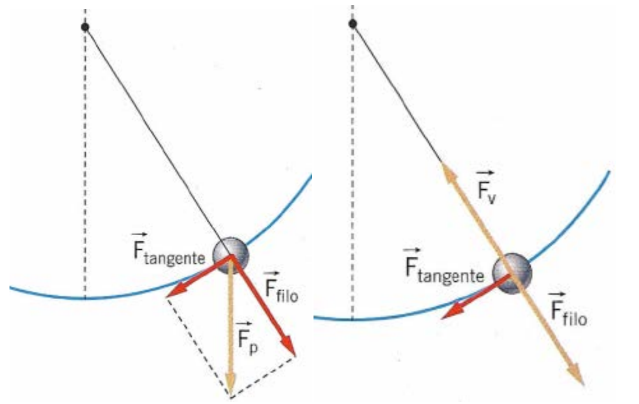
a Spostato dalla posizione di equilibrio, il pendolo oscilla fra due punti A e B.

b Il peso è stato scomposto nei componenti $\vec{P}_t$ e $\vec{P}_f$; soltanto $\vec{P}_t$ è responsabile del moto.

c $\vec{P}_t$ è diretto nel verso positivo, mentre $\vec{s}$ in quello negativo.

Per piccole oscillazioni il moto del pendolo semplice è armonico ed il suo periodo ci viene fornito dalla seguente formula: $\mathbf{T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = \frac{2\pi}{\omega}}$



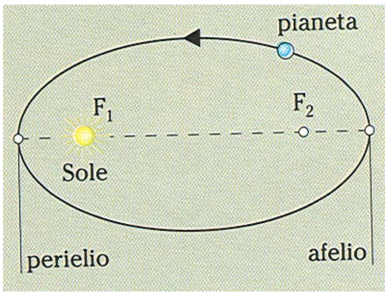
La forza peso $\vec{F}_P$ può essere scomposta in due vettori componenti: • $\vec{F}_{\text{filo}}$ nella direzione del filo • $\vec{F}_{\text{tangente}}$ lungo la tangente alla circonferenza. • Il componente $\vec{F}_{\text{tangente}}$ è la forza di richiamo che tende a riportare la pallina verso la posizione centrale. La somma di $\vec{F}_{\text{v}}$ e $\vec{F}_{\text{filo}}$ fornisce la forza centripeta del moto circolare della pallina. $\vec{F}_{\text{v}} = \vec{T}$ è la tensione del filo.	 $\vec{F}_{\text{v}}$ è la reazione vincolare (chiamata tensione del filo) del filo. $\vec{F}_{\text{filo}} + \vec{F}_{\text{v}} = \vec{F}_{\text{centripeta}}$

Il moto dei pianeti

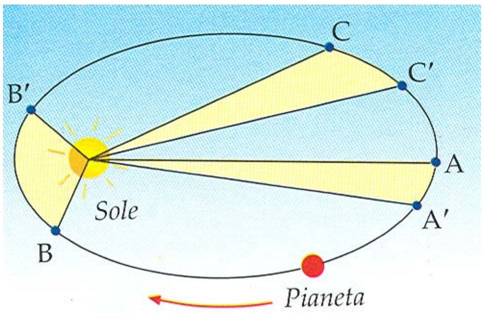
L'astronomo tedesco Keplero ha stabilito tre leggi che regolano il moto dei pianeti attorno al Sole.

Prima legge di Keplero: le orbite descritte dai pianeti attorno al Sole sono ellissi delle quali il sole occupa uno dei fuochi. **Le ellissi descritte dai pianeti sono. in generale, poco eccentriche, per cui in alcuni casi possono essere ritenute circolari.**

Seconda legge di Keplero: Le aree descritte dal raggio vettore tracciato dal Sole ad ogni pianeta sono proporzionali ai tempi impiegati a descriverle; questo significa che il raggio vettore che va dal Sole ad ogni pianeta spazza aree uguali in intervalli di tempi uguali. Come conseguenza di questa legge abbiamo che la velocità di un pianeta nel **perielio** [2A] è maggiore di quella posseduta dallo stesso pianeta nell ' **afelio** . [2B] La **velocità lineare** del pianeta è **minima** all'**afelio , massima** al **perielio.** Pertanto essa aumenta quando il pianeta va dall'afelio al perielio e diminuisce quando va dal perielio all'afelio.



Orbita ellittica descritta da un pianeta che ruota attorno al Sole. Il punto di minima distanza dal Sole è il perielio e quello di massima distanza è l'afelio . La velocità scalare del pianeta varia passando dal *valore massimo* al perielio al *valore minimo* all'afelio.



AA' , *BB*' , *CC*' **sono archi dell'orbita attorno al Sole percorsi da un pianeta in tempi uguali . Le aree colorate in giallo sono uguali . Questo significa che il raggio vettore tracciato dal Sole al pianeta descrive aree uguali in tempi uguali . Questo significa che la velocità areolare del pianeta si mantiene costante .**

Terza legge di Keplero: ***i quadrati dei tempi impiegati dai pianeti a descrivere le proprie orbite sono proporzionali ai cubi dei semiassi maggiori delle ellissi***. Con parole diverse possiamo dire che il rapporto tra il cubo del semiasse maggiore dell'orbita e il quadrato del periodo di rivoluzione è lo stesso per tutti i pianeti.

$$\frac{a^3}{T^2} = K \qquad T_1^2 : T_2^2 = a_1^3 : a_2^3 \qquad k_S = 3 \cdot 10^{-19} \frac{s^2}{m^3}$$

[2A] posizione del pianeta più vicina al Sole
[2B] posizione del pianeta più lontana dal Sole

La legge di gravitazione universale di Newton

D**ue** m_1 ed m_2, poste alla distanza **r**, si attraggono con una forza che è direttamente proporzionale al prodotto delle masse ed inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza.

In simboli matematici abbiamo: $F_{AB} = F_{BA} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ dove **G** è la costante di gravitazione universale il cui valore numerico è dato da: $G = 6,6732 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$