

Dispensa di FISICA per classi prima e seconda elettrico.

Reperimento dati, contenuti, stesura a cura del Prof. Torcello G.
Riduzioni e adattamenti a cura del Prof. Zerbini M.

Sommario

IL MOTO	2
Il punto materiale	2
Il moto rettilineo.....	2
La velocità media	2
Calcolo della distanza e del tempo	3
Il moto rettilineo uniforme	3
Calcolo della posizione e del tempo nel moto rettilineo uniforme.....	3
L' ACCELERAZIONE.....	4
La velocità istantanea.....	4
L'accelerazione media	5
Il moto uniformemente accelerato	5
Il moto uniformemente accelerato con partenza da fermo.....	6
La velocità istantanea	6
La posizione	6
Il calcolo del tempo	6
Il moto uniformemente accelerato con velocità iniziale	7
La velocità istantanea	7
La posizione	7
Il moto circolare uniforme	7
Periodo e frequenza.	8
Valore della velocità istantanea	8
L'accelerazione nel moto circolare uniforme	9
L'accelerazione centripeta.....	9
la velocità angolare	10
L'EQUI LIBRIO DEI SOLIDI	11
Il punto materiale e il corpo rigido.....	11
L'equilibrio del punto materiale	11
L'equilibrio su un piano inclinato	12
L'effetto di più forze su un corpo rigido.....	13
Forze che agiscono sulla stessa retta.....	13
Forze concorrenti	13
L'ENERGIA	14
L'energia cinetica.....	15
L'energia potenziale gravitazionale.....	15
L'energia potenziale elastica.....	16
conservazione dell'energia meccanica.....	17

IL MOTO

IL PUNTO MATERIALE

Per studiare il **moto** di un oggetto si può considerare lo stesso come un **punto materiale**, quando è molto piccolo rispetto alla distanza che percorre.

La traiettoria. *Si chiama **traiettoria** la linea che unisce le posizioni successive occupate da un punto materiale in movimento*

IL MOTO RETTILINEO

Si definisce moto rettilineo quello di un punto materiale la cui traiettoria è un segmento di retta.

Il sistema di riferimento è costituito da *un solo asse cartesiano*, che coincide con la traiettoria. Su questo asse si sceglie un *punto origine*, un'unità di misura e un *verso positivo*. Ad ogni punto della traiettoria corrisponde una coordinata, che si chiama **ascissa** del punto.

Esaminiamo il moto di un punto, che nell'**istante di tempo** t_1 sia nella **posizione** s_1 (ascissa del punto materiale) e nell'**istante di tempo** t_2 sia nella **posizione** s_2 . Si definisce:

- **distanza** percorsa Δs la differenza fra le due posizioni
- **intervallo di tempo** (o *durata*) Δt la differenza fra i due istanti

$$\Delta s = s_2 - s_1$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

La lettera Δ (delta), posta davanti ad una grandezza, indica la variazione tra due valori della stessa.

LA VELOCITÀ MEDIA

La **velocità media** di un punto materiale è definita come il rapporto fra la distanza percorsa e l'intervallo di tempo impiegato per percorrerla

$$\text{velocità media } \left[\frac{m}{s} \right] \rightarrow v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

distanza percorsa [m]
tempo impiegato [s]

La velocità media, data dal rapporto fra una distanza ed un intervallo di tempo si misura in [m/s] e si può esprimere anche come

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

L'equivalenza tra km/h e m/s . Per passare da un'unità di misura all'altra basta ricordare che $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$, $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$

$$1 \frac{km}{h} = \frac{1 km}{1 h} = \frac{1000 m}{3600 s} = \frac{1 m}{3,6 s} = 0,28 \frac{m}{s}$$

$$1 \frac{km}{h} = 0,28 \frac{m}{s}$$

$$1 \frac{m}{s} = 3,6 \frac{km}{h}$$

Calcolo della distanza e del tempo

Dalla formula della velocità media, se conosciamo due grandezze possiamo ricavare la terza

- $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \implies \Delta s = v_m \Delta t$

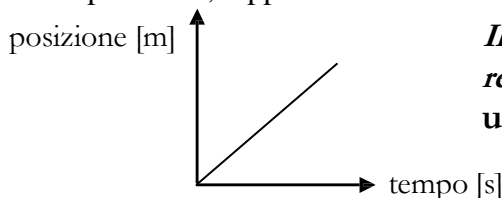
es. la distanza percorsa in mezz'ora, con $v_m = 3,0 \text{ m/s}$ è $\Delta s = 3,0 \frac{m}{s} * 1800 s = 5400 m$

- $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \implies \Delta t = \frac{\Delta s}{v_m}$

es. a 100 km/h , per percorrere 210 km si impiega $\Delta t = \frac{210 km}{100 \frac{km}{h}} = 2,10 h = 2 h 6 \text{ min}$

IL MOTO RETTILINEO UNIFORME

Il grafico spazio-tempo più semplice è quello a forma di *retta*: poiché questa ha sempre la stessa pendenza, rappresenta il moto che ha *sempre la stessa velocità media*.



Il movimento di un punto materiale che si sposta lungo una retta con velocità costante è detto moto rettilineo uniforme

- **rettilineo**, perché la traiettoria è una retta
- **uniforme**, perché la velocità è costante (uguale nel tempo)

Nel moto rettilineo uniforme le distanze sono direttamente proporzionali al tempo impiegato per percorrerle.

Calcolo della posizione e del tempo nel moto rettilineo uniforme.

- La posizione si può calcolare se si conoscono la velocità ed il tempo
- L'istante di tempo si può calcolare se si conoscono la velocità e la posizione

Nel **moto rettilineo uniforme** con **velocità** v la **posizione** all'istante t è data da

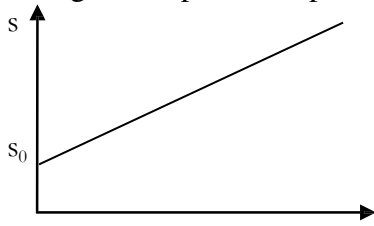
$$s = v t$$

Diagram showing the formula $s = v t$ with labels: "posizione all'istante t [m]" pointing to s , "istante di tempo [s]" pointing to t , and "velocità [m/s]" pointing to v .

La formula $s = v t$ è rappresentata da una retta passante per l'origine degli assi; se invece all'istante iniziale fosse già stata percorsa una distanza s_0 , questa va aggiunta alla distanza percorsa tra l'istante iniziale e l'istante t : la formula diventa pertanto, nella sua espressione generale,

$$s = s_0 + v t$$

ed il grafico spazio-tempo corrispondente è una retta che non passa per l'origine degli assi.



$$t = \frac{s}{v}$$

$$t = \frac{s - s_0}{v}$$

Nei due casi, il tempo t si può ricavare con le seguenti formule:

L'ACCELERAZIONE

Nel moto rettilineo uniforme la velocità media, in ogni momento, è costante. In generale questo non avviene perché, anche considerando un moto rettilineo, un corpo in movimento può partire, fermarsi, cambiare velocità, tornare indietro: il corpo ha cioè un **moto vario**, ed il grafico spazio-tempo non è più una retta.

La velocità istantanea

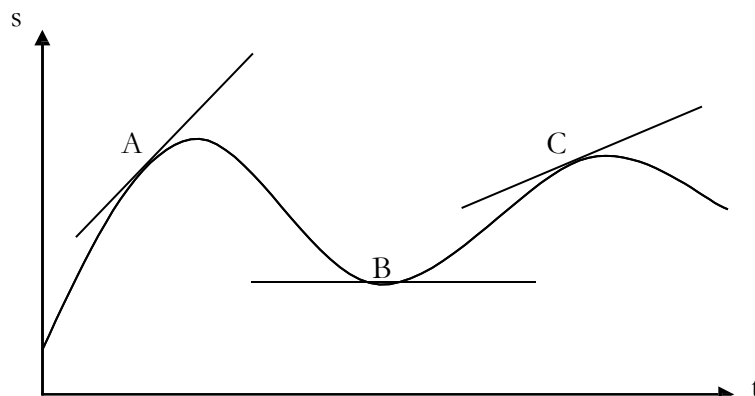
La velocità media è data dal rapporto tra la distanza Δs percorsa e l'intervallo di tempo Δt impiegato. Anche in presenza di un moto vario, più restringiamo l'intervallo di tempo più il tratto di grafico assomiglia ad un segmento, per il quale si può usare il modello del moto uniforme.

Definiamo allora la velocità istantanea in un determinato istante:

La velocità istantanea è il valore limite della velocità media nell'intorno di un determinato istante, quando il Δt diventa molto piccolo.

La retta che meglio approssima la pendenza del tratto di grafico in un determinato istante è la **retta tangente**, che tocca il grafico in un solo punto.

La velocità istantanea è la pendenza della retta tangente al grafico spazio-tempo in un determinato istante.



Osservando il grafico sopra, si vede che più il grafico è ripido, maggiore è la velocità, mentre dove la tangente è orizzontale la velocità istantanea è uguale a zero (il corpo è fermo).

L'accelerazione media

L'accelerazione media è il rapporto tra la variazione di velocità Δv e l'intervallo di tempo Δt in cui essa avviene.

$$\text{accelerazione media } \left[\frac{m}{s^2} \right] \quad a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{variazione di velocità } \left[\frac{m}{s} \right]$$

intervallo di tempo [s]

L'accelerazione misura la rapidità con cui varia la velocità.

Se v_2 è la velocità istantanea all'istante t_2 e v_1 è la velocità all'istante t_1 , l'accelerazione media è data da

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

Poiché nel SI la velocità si misura in m/s, l'accelerazione si misura in

$$\frac{m/s}{s} = \frac{m}{s \cdot s} = \frac{m}{s^2}$$

Dire che un corpo ha una accelerazione di 1 m/s^2 significa che la sua velocità aumenta di 1 m/s ogni secondo.

es. un'auto aumenta la velocità da 40 km/h a 80 km/h in 10 secondi; la sua accelerazione media è

$$a_m = \frac{80 \frac{km}{h} - 40 \frac{km}{h}}{10 s} = 4 \frac{km/h}{s}$$

Questo significa che in media l'auto aumenta la sua velocità di 4 km/h ogni secondo.

L'accelerazione negativa

Un'auto che frena, ad es. passando da 80 km/h a 40 km/h in 2 secondi, subisce una **decelerazione**, cioè una **diminuzione di velocità** che nell'es. fatto è data da

$$a_m = \frac{40 \frac{km}{h} - 80 \frac{km}{h}}{2 s} = -20 \frac{km/h}{s} = -\frac{20 m/s}{3,6 s} = -5,56 \frac{m}{s^2}$$

Il segno meno significa che la velocità diminuisce: nell'es. fatto l'auto decelera di $5,56 \text{ m/s}$ ogni secondo.

IL MOTO UNIFORMEMENTE ACCELERATO

Si dice moto rettilineo uniformemente accelerato quello di un corpo che si sposta lungo una retta con accelerazione costante.

La velocità varia di quantità uguali in intervalli di tempo uguali: *le variazioni di velocità sono cioè direttamente proporzionali agli intervalli di tempo in cui hanno luogo.*

La caduta dei corpi. Un sasso lasciato cadere da fermo scende velocemente verso il basso, aumentando continuamente la propria velocità, mentre una foglia lasciata cadere dalla stessa altezza scende molto più lentamente, spesso secondo una traiettoria non lineare.

La differenza di comportamento è dovuta all'attrito con l'aria, in assenza del quale tutti i corpi cadrebbero verso il basso con un moto uniformemente accelerato, con una accelerazione uguale a $9,8 \text{ m/s}^2$.

L'accelerazione con cui cadono tutti i corpi sulla Terra, in assenza di aria, è detta **accelerazione di gravità**, ed è indicata con il simbolo **g**.

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

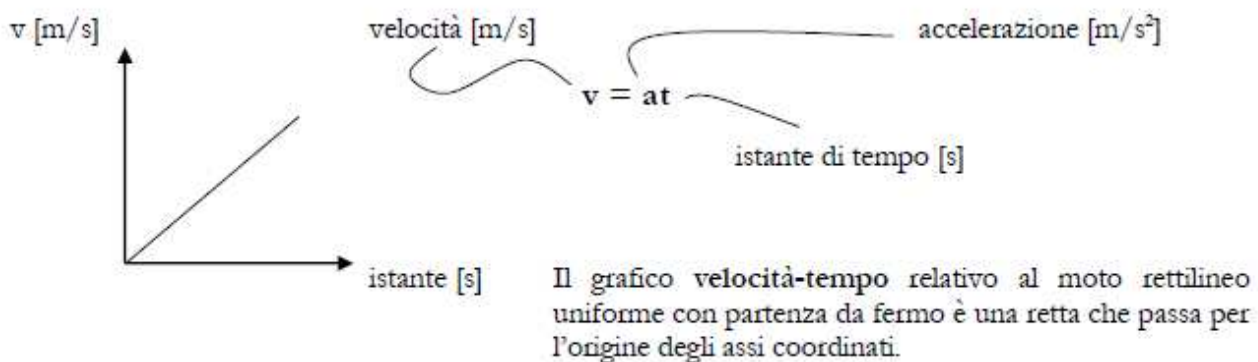
Un corpo che cade sulla Terra aumenta cioè la sua velocità di $9,8 \text{ m/s}$ ogni secondo.

L'accelerazione di gravità è tipica di ogni corpo celeste: ad es. sulla Luna vale $1,6 \text{ m/s}^2$

IL MOTO UNIFORMEMENTE ACCELERATO CON PARTENZA DA FERMO

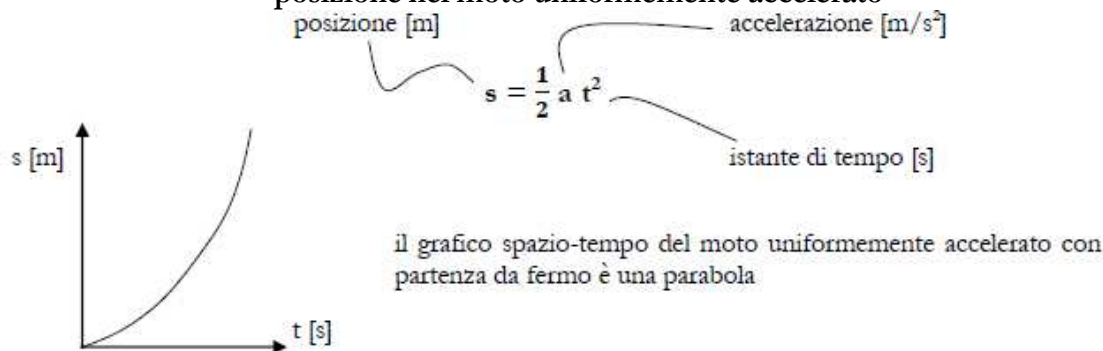
La velocità istantanea.

In un moto uniformemente accelerato con partenza da fermo, la legge della velocità è



La posizione.

La **posizione s** di un punto materiale, che **parte da fermo all'istante $t = 0$** e che poi si muove con **accelerazione costante a**, è data dalla legge della **posizione nel moto uniformemente accelerato**



Il calcolo del tempo

Il tempo che un punto materiale, che parte da fermo ed ha accelerazione costante a, impiega a percorrere una distanza s, si ricava dalla relazione vista

$$s = \frac{1}{2} a t^2 \quad \Longrightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$$

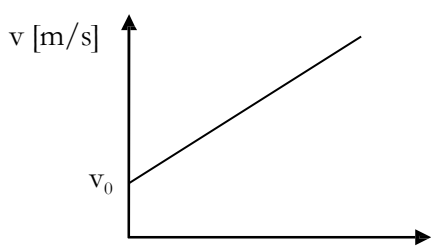
IL MOTO UNIFORMEMENTE ACCELERATO CON VELOCITÀ INIZIALE

La velocità istantanea.

Nel caso di **moto uniformemente accelerato**, di cui si conoscono la **velocità iniziale v_0** e l'**accelerazione a** , la **legge delle velocità**

$$v = v_0 + at$$

Diagramma di annotazione della formula $v = v_0 + at$:
 - v : velocità all'istante t [m/s]
 - v_0 : velocità iniziale [m/s]
 - a : accelerazione [m/s²]
 - t : istante di tempo [s]



il grafico velocità-tempo relativo al *moto uniformemente accelerato con velocità iniziale* è una retta che non passa per l'origine

La posizione

La **legge della posizione** nel **moto uniformemente accelerato** per un punto materiale che all'istante $t=0$ ha **velocità iniziale v_0** e che poi si muove con **accelerazione costante a** è

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

Diagramma di annotazione della formula $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$:
 - s : Posizione all'istante t [m]
 - v_0 : velocità iniziale [m/s]
 - a : accelerazione [m/s²]
 - t : istante di tempo [s]

es. un'auto procede ad una velocità costante di 25 m/s, ed accelera con una accelerazione di 2,0 m/s²; dopo 4 secondi avrà una velocità di

$$v = v_0 + at = 25 \frac{m}{s} + 2 \frac{m}{s^2} * 4 s = 33 \frac{m}{s}$$

Rispetto all'istante in cui ha iniziato ad accelerare avrà percorso una distanza

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 25 \frac{m}{s} * 4s + \frac{1}{2} * 2 \frac{m}{s^2} * (4s)^2 = 100 m + 16 m = 116 m$$

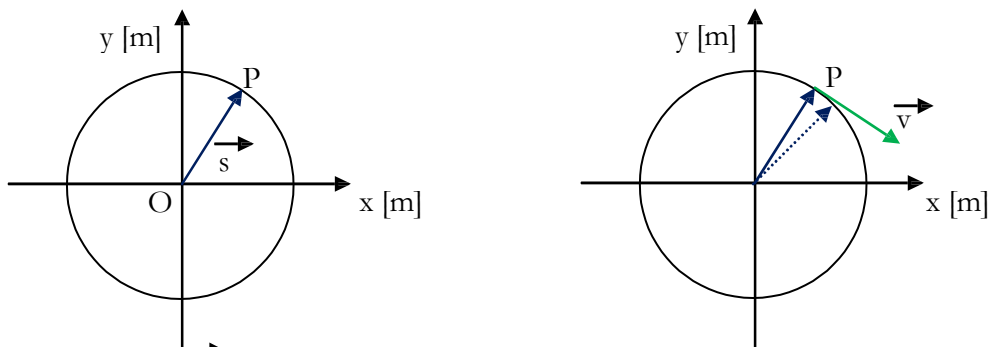
IL MOTO CIRCOLARE UNIFORME

Si chiama **moto circolare** un movimento la cui traiettoria è una circonferenza.

*Si chiama **moto circolare uniforme** un moto circolare in cui il valore del vettore velocità istantanea rimane costante.*

Il moto circolare uniforme è descritto da un sistema di riferimento con l'origine O nel centro della traiettoria circolare: il vettore posizione \vec{s} di un punto P della circonferenza è rappresentato

da una freccia che va dal centro O a P.



Un piccolo spostamento Δs , da P, è tangente alla circonferenza e quindi perpendicolare ad \vec{s} ; il vettore velocità istantanea \vec{v} ha le stesse proprietà.

Periodo e frequenza. Un punto materiale che si muove di moto circolare uniforme impiega sempre lo stesso tempo a percorrere un giro completo.

In un moto circolare uniforme la durata di un giro completo di circonferenza è detta **periodo** e si indica con il simbolo **T**.

es. la lancetta dei secondi ha un periodo di un minuto, la lancetta dei minuti un periodo di un'ora, la lancetta delle ore un periodo di 12 ore.

Si chiama **frequenza** del moto circolare uniforme il numero di giri compiuto in un secondo e si indica con f.

$$\Rightarrow \quad f = \frac{1}{T} \quad T = \frac{1}{f}$$

ad es.

Periodo T [s]	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	10,00
Frequenza [Hz]	4,0	2,0	1,00	0,50	0,25	0,10

Nel S.I. la frequenza si misura in giri al secondo, simbolo $\left[\frac{1}{s}\right]$ oppure s^{-1} .
Tale unità di misura è detta anche **Hertz** e si indica con il simbolo **[Hz]**.

Valore della velocità istantanea. Il valore della velocità istantanea è dato dal rapporto fra la distanza Δs percorsa in un giro e l'intervallo di tempo Δt impiegato. Nel moto circolare uniforme, Δs è pari a $2\pi r$, lunghezza della circonferenza, e Δt è uguale al periodo T.

$$\text{Valore della velocità [m/s]} \quad v = \frac{2\pi r}{T} \quad \begin{array}{l} \text{raggio [m]} \\ \text{periodo [s]} \end{array}$$

Un punto materiale che si muove di moto circolare uniforme percorre archi di circonferenza che sono direttamente proporzionali agli intervalli di tempo impiegati.

L'accelerazione nel moto circolare uniforme

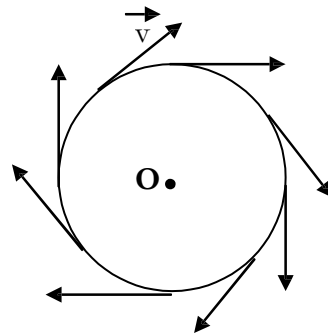
Nel moto circolare uniforme il vettore velocità istantanea cambia continuamente in direzione e verso, anche se il suo valore rimane costante.

Il vettore accelerazione \vec{a} è definito come

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

vettore accelerazione [m/s^2] variazione del vettore velocità [m/s] tempo impiegato [s]

Al solito, se Δt è un intervallo di tempo finito, quella sopra definita è l'**accelerazione vettoriale media**. Se Δt è piccolissimo, il vettore \vec{a} rappresenta l'**accelerazione vettoriale istantanea**.



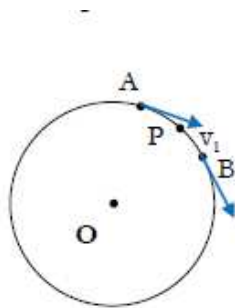
Il vettore accelerazione ha sempre la direzione e il verso del vettore Δv , dal quale differisce per valore e unità di misura.

C'è una accelerazione tutte le volte che il vettore velocità cambia: possono cambiare il valore della velocità, la sua direzione o il suo verso.

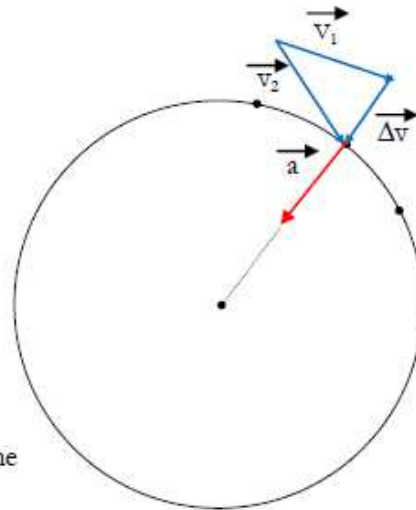
L'accelerazione centripeta. Se un'auto percorre una curva circolare con un valore costante di velocità (NB: è il modulo costante, mentre la direzione della velocità cambia!) essa subisce una **accelerazione vettoriale istantanea** detta accelerazione centripeta.

Essa è così chiamata perché: **nel moto circolare uniforme il vettore accelerazione istantanea è sempre rivolto verso il centro della circonferenza.**

Consideriamo due vettori velocità istantanea in due punti A e B molto vicini e simmetrici a P; se spostiamo parallelamente i due vettori velocità, in modo che il vettore $\Delta v = v_2 - v_1$ abbia la punta in P, si vede come Δv sia rivolto verso il centro della circonferenza: pertanto lo sarà anche il vettore a , che è parallelo a Δv .



L'accelerazione centripeta è sempre rivolta verso il centro perché, essendo il vettore velocità sempre tangente alla crf, la sua direzione si piega continuamente verso il centro. Quindi la variazione di velocità è rivolta verso il centro e così anche l'accelerazione (variazione della velocità nel tempo)



Si dimostra che nel moto circolare uniforme il valore dell'accelerazione centripeta è

$$a = \frac{v^2}{r}$$

valore dell'accelerazione [m/s²] valore della velocità [m/s]
 raggio della circonferenza [m]

Poiché vale $v = \frac{2\pi r}{T}$ \Rightarrow $a = \frac{4r\pi^2}{T^2}$

la velocità angolare

La velocità angolare è una grandezza che misura la velocità con cui un punto materiale si muove su una circonferenza e viene definita mediante il rapporto tra l'angolo descritto e l'intervallo di tempo impiegato a descriverlo.

La velocità angolare (definita come concetto di velocità media) è definita dalla formula:

$$\omega = \Delta\alpha / T \quad \text{oppure} \quad \omega = \Delta\alpha * f$$

Dove:

ω = velocità angolare

$\Delta\alpha$ = ampiezza angolare descritta durante il moto circolare uniforme

T = periodo

f = frequenza

L'unità di misura della velocità angolare media è il radiante su secondo (rad / s), dove si ricorda che i radianti sono un'unità di misura degli angoli diversa rispetto ai gradi sessagesimali comunemente usati, ma che è possibile convertire un'unità di misura nell'altra mediante opportune proporzioni partendo dalle equivalenze:

$$360^\circ \text{ sessagesimali} = 2\pi \text{ radianti}$$

$$270^\circ = 3/2 \pi$$

$$180^\circ = \pi$$

$$90^\circ = 1/2 \pi$$

L'EQUI LIBRIO DEI SOLIDI

IL PUNTO MATERIALE E IL CORPO RIGIDO

Un corpo è in **equilibrio** quando è fermo e continua a restare fermo.

*Si intende, per **punto materiale**, un oggetto così piccolo rispetto all'ambiente in cui si trova da poter essere considerato un punto:* ha comunque una massa, ed è usato quando si voglia studiare il movimento dell'oggetto nel suo insieme.

Il **corpo rigido** è un oggetto esteso che non subisce alcuna deformazione qualunque siano le forze che gli vengono applicate-

L'EQUILIBRIO DEL PUNTO MATERIALE

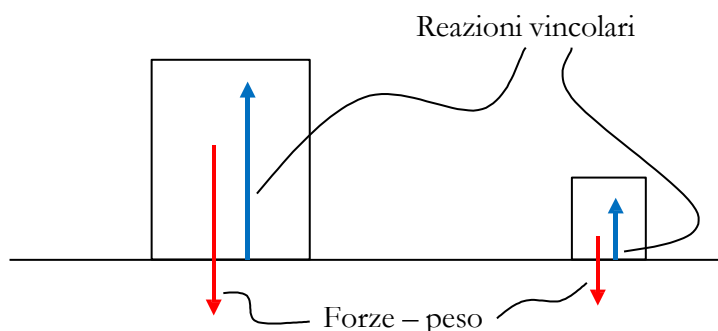
Un corpo materiale fermo rimane in equilibrio quando è nulla la risultante delle forze che agiscono su di esso: viceversa, se è fermo e rimane fermo, significa che la risultante delle forze che gli sono applicate è uguale a zero.

Le forze vincolari. In genere un oggetto non è libero di muoversi, ma è ad es. appoggiato, o legato, o inchiodato etc.: il suo comportamento dipende cioè dalla presenza di vincoli.

Un **vincolo** è un oggetto che impedisce ad un corpo di compiere alcuni movimenti.

I vincoli possono esercitare delle forze, dette **reazioni vincolari**: ad es. il pavimento agisce su un corpo con una reazione vincolare uguale ed opposta alla forza-peso, che tenderebbe a farlo scendere verso il basso; il corpo rimane in equilibrio perché la **somma vettoriale** di queste due forze è **nulla**.

La forza vincolare non ha una intensità definita: il vincolo adatta la propria reazione alla forza attiva che agisce su di esso.

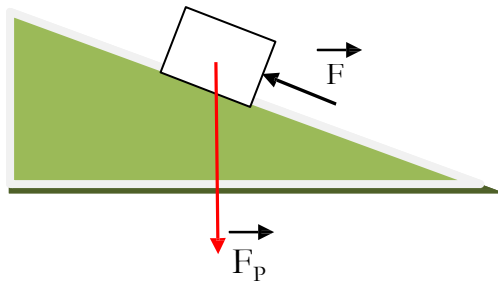


Tutti i vincoli si rompono se sottoposti a forze eccessive: di solito si fa l'ipotesi che le forze applicate ai vincoli siano tali da non superare il limite di rottura.

Poiché un punto materiale è in **equilibrio** quando è soggetto ad una **forza totale nulla**, per determinare le condizioni di equilibrio occorre sommare alla forze attive anche le reazioni vincolari.

L'EQUILIBRIO SU UN PIANO INCLINATO

Consideriamo, in assenza di attrito, un corpo avente forza peso \vec{F}_P appoggiato su un piano inclinato: che forza dobbiamo applicare per mantenerlo in equilibrio?



Le forze in gioco sono tre:

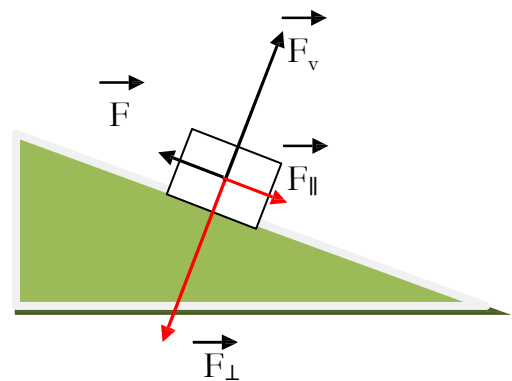
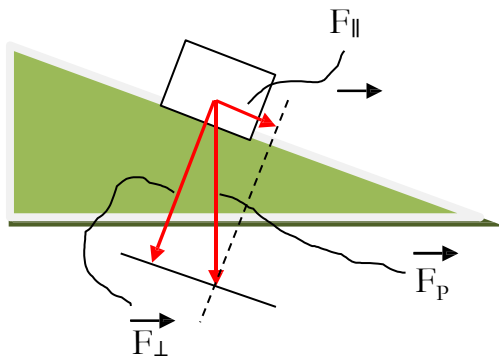
- La forza-peso \vec{F}_P diretta verso il basso
- La reazione vincolare \vec{F}_v perpendicolare al piano inclinato
- La forza equilibrante \vec{F} che dobbiamo applicare

E' opportuno scomporre la forza-peso in due componenti:

- \vec{F}_\perp perpendicolare al piano inclinato
- \vec{F}_\parallel parallela al piano inclinato

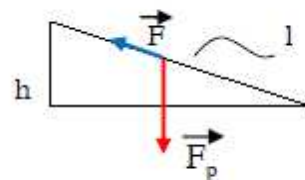
La componente \vec{F}_\perp perpendicolare al piano è compensata esattamente da \vec{F}_v , perché il corpo non si stacca dal piano; perché il corpo sia in equilibrio, occorre che la forza \vec{F} sia uguale ed opposta alla \vec{F}_\parallel

$$\vec{F} = -\vec{F}_\parallel$$



Il valore F della forza equilibrante è dato dalla formula

$$F = F_P \frac{h}{l}$$



Quindi *quanto più il piano è inclinato, ovvero quanto α è $\frac{h}{l}$, tanto maggiore deve essere la forza equilibrante.*

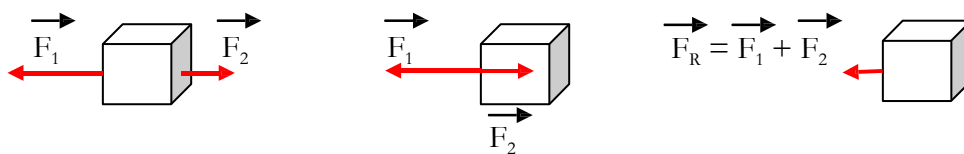
L'EFFETTO DI PIÙ FORZE SU UN CORPO RIGIDO

Se su un punto materiale sono applicate più forze, la forza risultante è uguale alla loro somma vettoriale; nel caso di un corpo rigido questo è ancora valido, anche se il problema è complicato dal fatto che le forze possono essere applicate in punti diversi del corpo.

Una forza che agisce su un corpo rigido può essere spostata lungo la sua **retta d'azione** in un altro punto dello stesso corpo, senza che l'effetto della forza cambi.



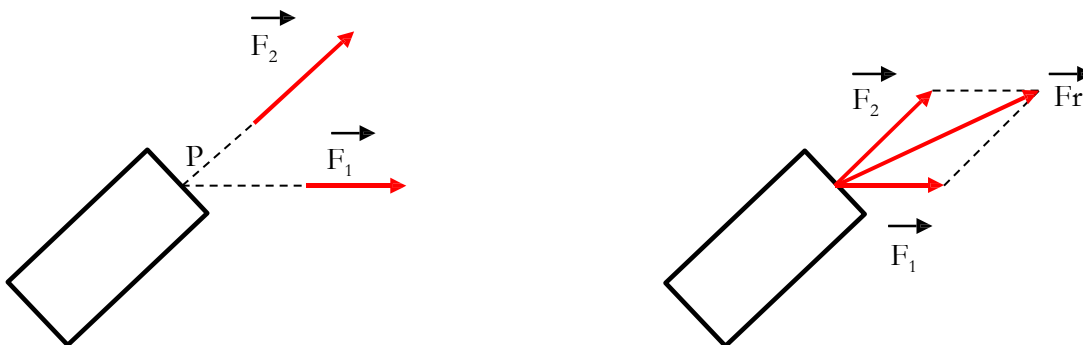
Forze che agiscono sulla stessa retta



Se due forze sono applicate ad un corpo rigido lungo la stessa retta d'azione, possiamo spostare una delle due lungo la retta d'azione fino a quando le due forze sono applicate nello stesso punto: la forza risultante è la somma vettoriale delle forze e può essere spostata sulla sua retta d'azione senza che cambino gli effetti.

Forze concorrenti

Se ho due forze concorrenti le cui rette d'azione si intersecano in P, si spostano le due forze lungo le rette d'azione fino al punto d'intersezione P: la risultante è la somma vettoriale delle forze con la regola del parallelogramma.



L'ENERGIA

L'energia è la capacità di un sistema fisico di compiere lavoro.
Esistono molte forme di energia

Nome	Tipo di energia
Energia cinetica	Energia di un corpo in movimento
Energia potenziale gravitazionale	Energia di un corpo che sta in alto rispetto al suolo
Energia potenziale elastica	Energia di una molla compressa o allungata
Energia elettrica	Energia di un sistema di cariche elettriche
Energia interna di un corpo	Energia cinetica disordinata ed energia di origine elettrica immagazzinata negli atomi e nelle molecole di un corpo
Energia elettromagnetica	Energia trasportata, anche nel vuoto, dalla luce e dalle altre onde elettromagnetiche
Energia nucleare	Energia immagazzinata nel nucleo degli atomi

*In tutti i casi in cui una **forza** compie un **lavoro**, utilizza **parte dell'energia immagazzinata** in un sistema: l'energia si trasforma continuamente passando da una forma all'altra: **il lavoro misura quanta energia passa da una forma all'altra.***

1. l'energia cinetica di un saltatore con l'asta si trasforma in energia elastica dell'asta che si piega;
2. l'energia elastica si trasforma in energia potenziale gravitazionale dell'atleta che va in alto
3. l'energia potenziale gravitazionale si trasforma in energia cinetica durante la caduta

Il **lavoro** è **energia in transito**; l'unità di misura di queste trasformazioni di energia è il **joule**.

L'ENERGIA CINETICA

Il termine *energia cinetica* significa *energia di movimento*: ad es. una palla da bowling esercita una forza sui birilli mentre li sposta, e compie quindi su di essi un lavoro positivo. Si definisce energia cinetica k di un corpo di massa m , che si muove a velocità v , il prodotto

$$k = \frac{1}{2} mv^2$$

Diagramma di annotazione: la formula $k = \frac{1}{2} mv^2$ è circondata da linee curve che collegano i termini alle loro unità di misura: "energia cinetica [J]" per k , "massa [kg]" per m , e "velocità [m/s]" per v .

L'energia cinetica si misura in joule ed è proporzionale

- alla massa del corpo
- al quadrato della sua velocità

es. un corpo di massa 4 kg che si muove con velocità $v = 5,0$ m/s possiede un'energia cinetica

$$k = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \cdot (4\text{kg}) \cdot (5,0 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 50 \text{ J}$$

L'energia cinetica è uguale al lavoro che una forza deve compiere per portare un corpo di massa m , inizialmente fermo, fino alla velocità v .

Teorema dell'energia cinetica.

Se un corpo possiede un'energia cinetica iniziale K_i e una forza agisce su di esso effettuando un lavoro L , l'energia cinetica finale K_f del corpo è uguale alla somma di K_i e di L .

$$K_f = K_i + L$$

Diagramma di annotazione: la formula $K_f = K_i + L$ è circondata da linee curve che collegano i termini alle loro unità di misura: "energia cinetica finale [J]" per K_f , "energia cinetica iniziale [J]" per K_i , e "lavoro compiuto sul corpo [J]" per L .

L'ENERGIA POTENZIALE GRAVITAZIONALE

*Un corpo che si trova in alto è in grado di compiere lavoro quando scende. Per il solo fatto di essere ad una certa altezza rispetto al suolo un oggetto fermo possiede un'energia detta **energia potenziale gravitazionale**.*

Definizione dell'energia potenziale gravitazionale.

Un oggetto di massa m che si trova a un'altezza h possiede una energia potenziale, che esprime la sua capacità di compiere lavoro.

A tale energia potenziale gravitazionale (o energia potenziale della forza-peso) si assegna il valore

$$U = mgh$$

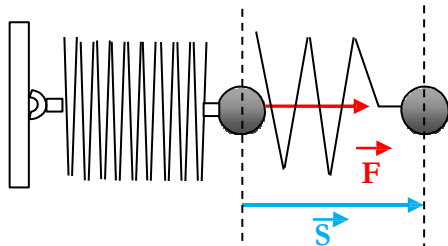
energia potenziale gravitazionale [J] massa [kg] accelerazione di gravità [m/s²] altezza [m]

h può essere misurato rispetto a qualsiasi livello di riferimento.

L'energia potenziale gravitazionale di un corpo è uguale al lavoro compiuto dalla forza-peso quando il corpo stesso si sposta dalla posizione iniziale a quella di riferimento (livello di zero)
Più un corpo è in alto e più ha massa grande, maggiore è la sua energia potenziale gravitazionale.

L'ENERGIA POTENZIALE ELASTICA

Una molla, *compressa o allungata rispetto alla situazione di riposo* (scelto come zero dell'energia) possiede una energia potenziale elastica, ovvero è *in grado di compiere lavoro quando viene rilasciata*.
L'energia potenziale elastica di una molla deformata è uguale al lavoro compiuto dalla forza elastica quando la molla si riporta nella sua posizione di riposo (livello di zero).



L'energia potenziale elastica è sempre positiva, perché i vettori forza elastica e spostamento della molla sono paralleli tra loro, per cui il lavoro è sempre positivo.

Mentre la molla torna nella posizione di riposo, F non ha pertanto un valore fissato, e per la forza elastica il lavoro (uguale all'energia potenziale elastica) è dato dalla formula

$$U_e = \frac{1}{2} k s^2$$

energia potenziale elastica [J] costante elastica [N/m] spostamento [m]

CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA MECCANICA

In assenza di attriti, l'energia meccanica totale di un sistema (energia cinetica + energia potenziale) si conserva, cioè rimane sempre uguale.

es. consideriamo un carrello sulle montagne russe:

- quando il carrello è fermo in alto, l'energia meccanica è tutta sotto forma di energia potenziale
- durante la discesa, l'energia potenziale diminuisce e quella cinetica aumenta
- quando il carrello arriva veloce in basso, l'energia meccanica è solo cinetica

es. consideriamo due carrelli uguali che partano da fermi dalla stessa altezza e scendano lungo due percorsi a diversa inclinazione: trascurando gli attriti, quando arrivano in basso, avranno velocità diverse?

No, avranno la stessa velocità: infatti, avendo la stessa massa ed essendo alla stessa altezza, hanno la stessa energia potenziale, che si converte tutta in energia cinetica. Pertanto avranno anche la stessa velocità.

$$U_i + K_i = U_f + K_f$$

energia potenziale iniziale [J] energia potenziale finale [J]
energia cinetica iniziale [J] energia cinetica finale [J]