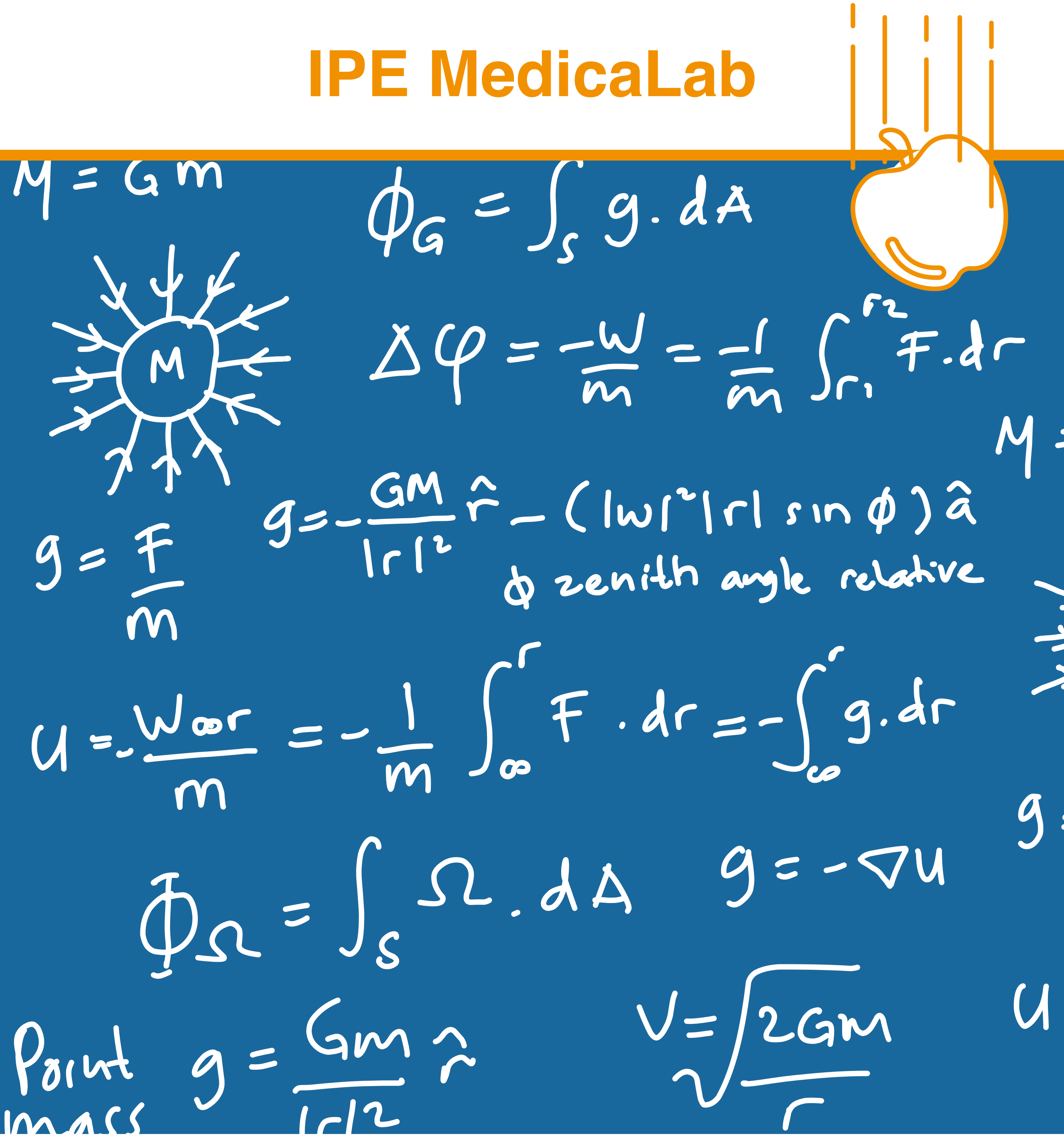
Dispensa di Fisica

IPE MedicaLab



Preparazione ai TOLC di MEDICINA

L'IPE MedicaLab è il corso che da 16 anni prepara i ragazzi al test di ammissione per le facoltà di Medicina, Odontoiatria e Veterinaria.

Il corso di laurea in Medicina e Chirurgia ha la durata di 6 anni con frequenza obbligatoria.
Ci sono 35 università in Italia dove è possibile studiare medicina e sono le seguenti:

- Bari "Aldo Moro"
- Bologna
- Brescia
- Cagliari
- Catania
- Catanzaro "Magna Grecia"
- Chieti – Pescara "G. d'Annunzio"
- Ferrara
- Firenze
- Foggia
- Genova
- Varese – Como "Insubria"
- L'Aquila
- Messina
- Milano
- Milano "Bicocca"
- Roma "La Sapienza"
- Roma "Tor Vergata"
- Modena e Reggio Emilia
- Molise
- Napoli "Federico II"
- Napoli "Vanvitelli"
- Padova
- Palermo
- Parma
- Pavia
- Perugia
- Novara
- Salerno
- Sassari
- Siena
- Torino
- Trieste
- Udine
- Verona

Il corso di laurea in Medicina e Chirurgia prevede dei test di ammissione molto selettivi e la difficoltà ad essere ammessi dipende dal numero di candidati in rapporto ai posti disponibili che generalmente è superiore a 6 a 1. Con il nostro corso negli ultimi anni il 65% degli studenti riesce a superarlo.

Dal 2023 è stata introdotto il TOLC-MED, un test online da fare sulla piattaforma Cisia. Il test è ripetibile due volte l'anno e il punteggio migliore ottenuto dal candidato sarà caricato da quest'ultimo nella graduatoria nazionale. La graduatoria viene pubblicata a settembre.

Il metodo IPE MedicaLab

Il Metodo Medicalab IPE è caratterizzato da un approccio pratico, alternando momenti di teoria con esercitazioni e somministrazione di quiz corretti dal docente insieme agli allievi.

Il nostro metodo prevede una costante analisi del livello acquisito tramite interrogazioni e di attenzione alla persona.

Lo scopo della nostra preparazione è di supportare gli allievi nello sviluppo delle competenze necessarie per rispondere correttamente ai quesiti attraverso una maggiore focalizzazione sulle modalità e strategie di risoluzione dei quiz.

IPE
MedicaLab

INDICE

PROSSIMAMENTE

1. GRANDEZZE FISICHE

1.1. Generalità

La fisica studia i fenomeni che avvengono in natura e cerca di descriverli con il linguaggio della matematica, ossia con delle formule. Supponiamo per esempio di voler misurare la profondità di un pozzo e di non aver nessuno strumento a portata di mano.

Il metodo più semplice che posso utilizzare é quello di prendere un sasso, lasciarlo cadere nel pozzo e misurare con un cronometro quando tempo impiega a toccare l'acqua.
Se andiamo a sfogliare un qualsiasi libro di fisica troviamo la seguente formula:

H = ½ g t2

Nella quale il significato dei simboli è il seguente:

- H è l'altezza di caduta espressa in metri [m];
- t è il tempo che l'oggetto impiega per cadere e toccare il pelo dell'acqua, espresso in secondi [s];
- g si chiama accelerazione di gravità e come studieremo in seguito è una costante il cui valore è circa 9,8 m/s2.

Supponiamo che il sasso impieghi 2 secondi a toccare l'acqua.. La profondità del pozzo sostituendo i valori appropriati è:

H = ½ * 9,8 * 22 = 0,5 * 9,8 * 4 = 19,6 m.

La fisica usa quindi la matematica come suo linguaggio per esprimersi, tuttavia c'è una differenza fondamentale.

Il matematico può isolarsi in una stanza ed elaborare i suoi calcoli senza preoccuparsi di quello che accade fuori; per questo si dice che la matematica è una scienza astratta.

Il fisico, invece, elabora delle formule che pretendono di descrivere fenomeni naturali e per questo risulta del tutto evidente che egli non può ignorare ciò che accade fuori.

In altri termini il fisico elabora le sue formule a tavolino, ma poi deve necessariamente verificare con l'esperimento che queste formule descrivano effettivamente il fenomeno. Ecco perché si dice che la fisica è una scienza sperimentale.

1.2. Grandezze fisiche

Fare esperimenti significa fare delle misurazioni, raccogliere dati e vedere se tra questi vi è un legame che si può esprimere con il linguaggio della matematica.

Si definisce grandezza fisica tutto ciò che è misurabile con uno strumento opportuno o, in altri termini, una quantità definita in modo rigoroso e misurabile.
Per esempio sono grandezze fisiche l'altezza dell'aula dove ci troviamo, la temperatura dell'aria, il nostro peso corporeo etc.

Per contro NON è una grandezza fisica la bellezza in quanto non esiste un metodo oggettivo, e quindi uno strumento, per misurarla.

Dobbiamo precisare fin da ora che in fisica ogni volta che si scrive un numero questo deve essere immediatamente seguito dall'unità di misura in cui si vuole esprimere, altrimenti si stanno scrivendo delle cose che non hanno un senso compiuto.
Per esempio se io dico: "Via Roma a Cagliari è lunga 5" la frase non ha un senso compiuto, cioè non posso dire se è vera o falsa. Il punto è che lo potrò fare soltanto una volta che sarà specificata l'unità di misura.

Misurare una grandezza fisica significa confrontarla con una misura campione e associarle un valore numerico.

Per esempio posso dire che la lunghezza (L) del lato maggiore della lavagna è uguale a:

L = 1,40 m.

1.3. Sistemi di unità di misura

I sistemi di unità di misura sono basati su *grandezze fondamentali* (unità di misura definite in modo indipendente) e su *grandezze derivate* (unità di misura calcolate tramite relazioni matematiche tra grandezze fondamentali).

Le caratteristiche di una unità di misura sono:

➢essere omogenea alla grandezza da misurare e più piccola di essa;

➢avere multipli e sottomultipli;

➢essere costante, riproducibile e universale.

La scelta di un'unità di misura piuttosto che di un'altra è arbitraria e spesso è dettata da questioni di ordine pratico: ad esempio, se vogliamo misurare la lunghezza della pista di atletica di uno stadio potremmo utilizzare il metro; se invece ci interessa misurare la distanza tra due stelle, il metro è un'unità troppo piccola, mentre è più pratico utilizzare come unità di misura, ad esempio, l'anno-luce (la distanza percorsa dalla luce in un anno).
In effetti, esiste una grande varietà di unità di misura, usate in differenti contesti (nella vita quotidiana, in varie discipline tecnico-scientifiche, etc.) e che possono anche cambiare da

luogo a luogo (ad esempio, nei paesi anglosassoni si usano ancora unità di lunghezza come il “pollice”, il “piede”, il “miglio”, che non vengono più usate in Italia).

Nell’ambito della fisica è nata perciò l’esigenza di “mettere ordine” e razionalizzare le unità di misura usate.
Sono nati così i cosiddetti sistemi di unità di misura:

“un sistema di misura è un insieme razionale di unità di misura: ossia, in ogni sistema di misura vengono scelte le unità di misura delle grandezze fondamentali, mentre quelle delle grandezze derivate rimangono definite di conseguenza”.
Il sistema di misura più utilizzato in fisica è il cosiddetto Sistema Internazionale (abbreviato con la sigla SI o S.I.). Nell’ambito del SI:

➢le lunghezze si misurano in metri (m);

➢le masse si misurano in chilogrammi (kg);

➢i tempi si misurano in secondi (s);

➢le correnti elettriche si misurano in ampère (A);

➢le temperature si misurano in gradi kelvin (K);

➢le intensità luminose si misurano in candele (cd);

➢la quantità di sostanza si misura in moli (mol).

Un altro sistema di misura molto usato è il sistema CGS. Questo sistema di misura utilizza le seguenti unità per le grandezze fondamentali:

➢le lunghezze si misurano in centimetri (cm);

➢i tempi si misurano in secondi (s);

➢le masse si misurano in grammi (g);

➢le correnti elettriche si misurano in statampere (statA).

Le unità delle grandezze derivate del sistema CGS vengono di conseguenza.

1.4. Notazione scientifica

Un anno luce è la distanza compiuta dalla luce (che ha velocità c = 3•108 m/s) in un anno.

Quanti metri ci sono in un anno luce?

Il problema contiene un sottoproblema: conoscendo la velocità della luce in metri al secondo, occorre per prima cosa determinare quanti secondi ci sono in un anno.

Trascurando l'aggiustamento degli anni bisestili, consideriamo un anno formato da 365 giorni: 1 anno = 365 x 24 x 3 600 s = 31 536 000 s.
Il problema principale si risolve allora moltiplicando la velocità della luce c per il numero di secondi appena ricavato:
➢ anno luce = 31 536 000 s • 3 10^8 m/s
➢1 anno luce = 9 460 800 000 000 000 m.

Provate a leggere il numero che risulta! Esso è scomodo da usare e da ricordare, come

tutti i numeri troppo più grandi o troppo più piccoli dell'unità. *E' più agevole, per chi parla*

e per chi ascolta, utilizzare le potenze del 10.

Ogni cifra di un numero ha un valore che dipende dalla sua posizione, per esempio:

Nel numero	*la cifra 9 ha il valore di:*
9	9 unità (9 x 10^0)
900	9 centinaia (9 x 10^2)
0,9	9 decimi (9 x 10^-1)

In molte situazioni non è importante ricordarsi tutte le cifre di un numero quanto l'ordine di grandezza, cioè la potenza del 10 più vicina al numero.

Approssimando per difetto alla seconda cifra decimale possiamo

scrivere: 1anno = 3,15 • 10^7➢ s;

➢1 anno luce = 9,46 • 10^15 m.

Non è mai un buon sistema quello di scrivere numeri illeggibili in cui compaiono troppi zeri prima o dopo la virgola!
Il modo più corretto di scrivere i numeri è la notazione scientifica in cui si utilizzano le potenze del 10.
Ad esempio:

6130 = 6,13 • 10^3;

72000 = 7,2 • 10^4;
0051 = 5,1 • 10^-3.

Attenzione: nella notazione scientifica, prima della potenza del 10, c'è un numero compreso tra 1 e 10!

Nel Sistema Internazionale esistono dei prefissi da premettere al simbolo dell'unità di misura per indicare le unità multiple e sottomultiple del fattore 10:

Fattore di moltiplicazione	Prefisso	Simbolo	Valore
10^{24}	yotta	Y	1 000 000 000 000 000 000 000
10^{21}	zetta	Z	000 1 000 000 000 000 000 000
10^{18}	exa	E	000
10^{15}	peta	P	1 000 000 000 000 000 000
10^{12}	tera	T	1 000 000 000 000 000
10^{9}	giga	G	1 000 000 000 000
10^{6}	mega	M	1 000 000 000
10^{3}	chilo	k	1 000 000
10^{2}	etto	h	1 000
10^{1}	deca	da	100
10^{-1}	deci	d	10
10^{-2}	centi	c	0,1
10^{-3}	milli	m	0,01
10^{-6}	micro	µ	0,001
10^{-9}	nano	n	0,000 001
10^{-12}	pico	p	0,000 000 001
10^{-15}	femto	f	0,000 000 000 001
10^{-18}	atto	a	0,000 000 000 000 001
10^{-21}	zepto	z	0,000 000 000 000 000 001
10^{-24}	yocto	y	0,000 000 000 000 000 000 001
			0,000 000 000 000 000 000 000 001

2. GRANDEZZE SCALARI E VETTORIALI

2.1. Generalità

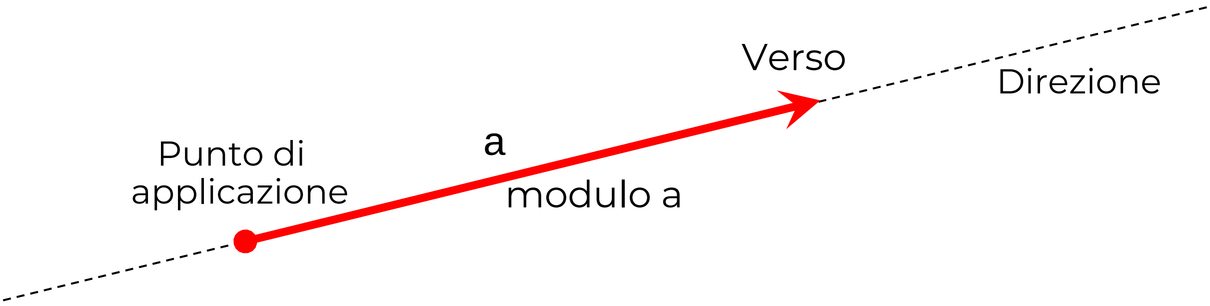
In fisica esistono due tipi di grandezze: *le grandezze scalari e le grandezze vettoriali.* Ciò si deduce osservando direttamente la realtà. Vediamo ora di chiarire il perché di questa distinzione..

- Grandezze scalari.

Le grandezze scalari sono quelle grandezze completamente definite, da un valore numerico rispetto ad una unità di misura prescelta.
Per esempio, l'area è uno scalare (si può dire così, più brevemente). Il numero in metri quadrati che rappresenta l'area di una superficie è sufficiente a caratterizzare questa grandezza. Non servono ulteriori specificazioni, per cui se andassi a comprare delle mattonelle per il pavimento del mio studio, dopo aver scelto il tipo, basterebbe che dicessi al commerciante un solo numero (in metri quadrati) per fargli capire immediatamente di cosa ho bisogno.

- Grandezze vettoriali.

Se dicessi che mi sono spostato di un chilometro, ciò non sarebbe sufficiente per indicare dove esattamente sono andato. In questo caso dovrei aggiungere anche l'informazione della direzione su cui mi sono mosso e del verso che ho seguito.
Le grandezze vettoriali, allora, sono definite da una direzione, un verso ed una intensità.
Le grandezze vettoriali possono essere rappresentate geometricamente come segmenti orientati:



La direzione è la retta su cui la grandezza si esplica, il verso è uno dei due possibili versi che una retta può avere, e l'intensità (si dice anche modulo o valore assoluto) è il valore numerico, rispetto ad una unità di misura, che esprime il valore di quella grandezza.
Esempi di grandezze vettoriali sono lo spostamento, la forza, la velocità etc. Tutte queste grandezze non possono essere semplici grandezze scalari perché necessitano, per essere completamente determinate, anche di una specificazione di direzione e verso.
Simbolicamente un vettore si indica con una lettera minuscola dell'alfabeto su cui si pone una piccola freccia verso destra, oppure con una lettera minuscola scritta in grassetto.

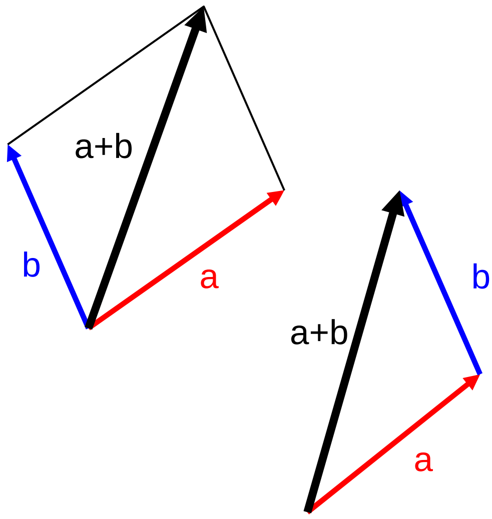
2.2. Somma e proprietà della somma vettoriale

La somma di due vettori a e b è il vettore a + b, diagonale del parallelogramma formato dai vettori a e b.

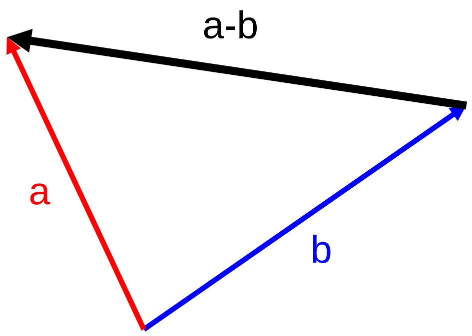
In coordinate cartesiane è la somma delle componenti x e y dei vettori a e b.

La somma vettoriale gode delle

proprietà:



- ➢ associativa: (a + b) + c = a + (b + c);
- ➢ commutativa: a + b = b + a.



La differenza tra due vettori a - b è uguale alla somma di a con l'opposto di b.

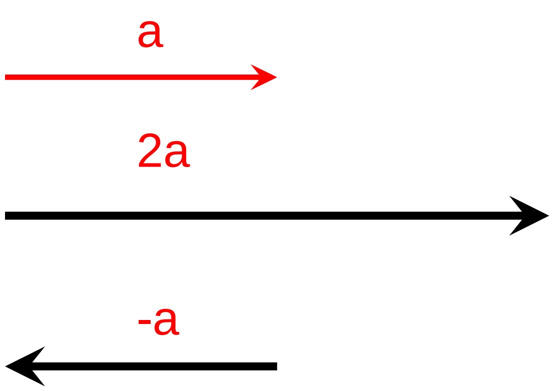
Un metodo pratico consiste nel congiungere la punta

del

vettore b con quella del vettore a.

Dato un vettore a, il vettore a è il vettore che ha lo stesso modulo di, stessa opposto – direzione ma verso opposto:

2.3. Prodotto di un vettore per uno scalare

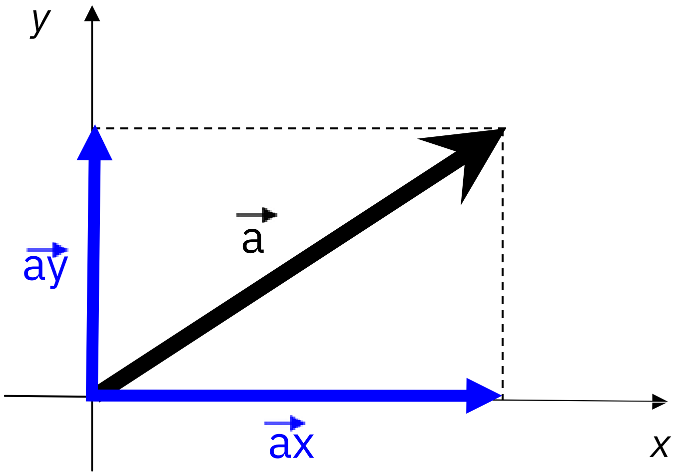


Il prodotto di un vettore a per uno scalare k *positivo* è un vettore che ha lo stesso verso e la stessa direzione di a e modulo uguale a |k||a|.

Il prodotto di un vettore a per uno scalare k *negativo* è un vettore che ha la stessa direzione di a, verso opposto al vettore iniziale e modulo uguale a |k||a|.

2.4. Vettori e piano cartesiano

I vettori possono essere rappresentati per mezzo di coordinate sul piano cartesiano.
Quando si rappresentano i vettori sul piano cartesiano, si fa coincidere la coda dei vettori con l'origine degli assi. Scrivere a = (ax; ay) significa che il vettore a ha la coda nell'origine e la punta nel punto (ax; ay) del piano cartesiano; ax e ay sono le componenti del vettore a parallele all'asse x e y.



Il modulo del vettore può essere calcolato con il teorema di Pitagora. Infatti, il vettore e le sue componenti formano un triangolo rettangolo. Le lunghezze dei cateti sono uguali alle componenti sugli assi, e l'ipotenusa è uguale al modulo del vettore:

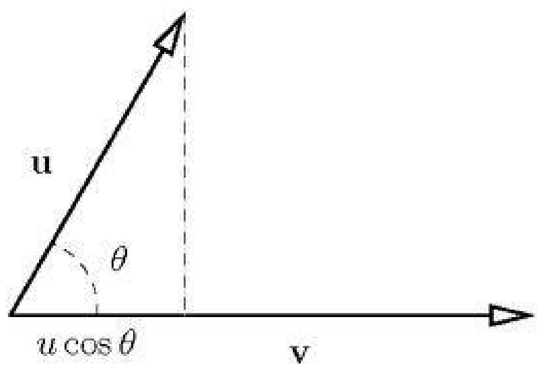
$$|\vec{a}| = \sqrt{a^\wedge 2_x \; a^\wedge 2_y}$$

2.5. Prodotto scalare

Dati due vettori u e v, formanti un angolo θ, definiamo il *prodotto scalare di u per v come quella quantità (scalare, appunto) ottenuta moltiplicando il modulo di u per il modulo di v per il coseno dell'angolo* θ, in formula:

$$\vec{u} \times \vec{v} = uv\cos\theta$$

che si legge: (u scalare v = prodotto del modulo di u per il modulo di v per il coseno dell'angolo θ compreso tra i due vettori).
Riferiamoci ora alla seguente costruzione vettoriale:



Dove:

$$u \cos\theta = \textit{componente del vettore u nella direzione di v}$$

Dunque *u x* cosθ non è altro che la componente del vettore u nella direzione di v, quindi *il prodotto scalare tra due vettori risulta il prodotto tra il modulo di un vettore e la componente dell'altro vettore nella direzione nel primo:*

$$\vec{u} \times \vec{v} = uv\cos\theta = av$$

Nota: il prodotto scalare è commutativo, ovvero: u·v = v·u.

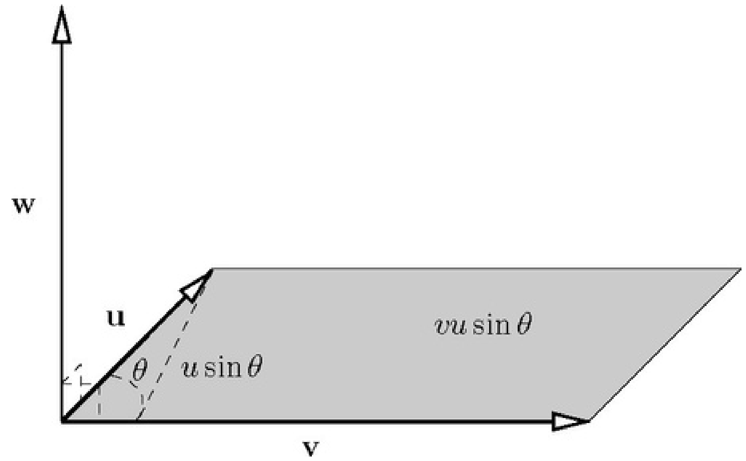
2.6. Prodotto vettoriale

Dati due vettori v e u , *il loro prodotto vettoriale v x u è un vettore che ha:*

➢direzione perpendicolare al piano che contiene i due vettori v e u;

➢verso dato dalla regola della mano destra ovvero si pone il pollice della mano destra nel verso del vettore v e le altre dita nel verso di u , il vettore v x u è uscente dal palmo della mano.

➢modulo uguale all'area del parallelogramma generato dai vettori v e u cioè |v x u| = v u sen θ.



Il prodotto vettoriale è:

➢associativo: (a + b) x c = a x c + b x c;

➢anticommutativo: v x u = - u x v;

➢è nullo se uno dei due vettori è il vettore nullo oppure se i vettori sono tra loro paralleli.

3. CINEMATICA

3.1. Generalità

La cinematica si occupa del moto dei corpi, a prescindere dalle cause del moto. In cinematica
le dimensioni dell'oggetto che si sta studiando vanno considerate *puntiformi.* In tal senso, una macchina in movimento sulla strada, un aereo in volo, un satellite in orbita attorno alla Terra, la stessa Terra nel suo moto attorno al Sole devono essere pensati come *punti materiali*, cioè privi di dimensione e di estensione propria. Il guadagno di una tale approssimazione é in una maggiore semplicità nella trattazione matematica del moto.

Un corpo si dice in moto quando la sua posizione in un sistema di riferimento varia nel tempo.

Per individuare la posizione di un punto su una superficie piana, si sceglie un sistema di riferimento cartesiano costituito da due rette orientate, dette assi, tra loro ortogonali e le distanze, si misurano prendendo come origine il punto di intersezione degli assi.
Di solito i due assi sono chiamati x e y e le distanze da misurare sono due, l'ascissa (distanza dall'asse y) e l'ordinata (distanza dall'asse x).
La posizione s risulta così definita da due coordinate; pertanto lo spazio così definito è a due dimensioni.

Per localizzare un elicottero o un aereo che sorvola una città, oltre al valore della sua ascissa e della sua ordinata è necessario tuttavia conoscere una terza coordinata, l'altitudine.

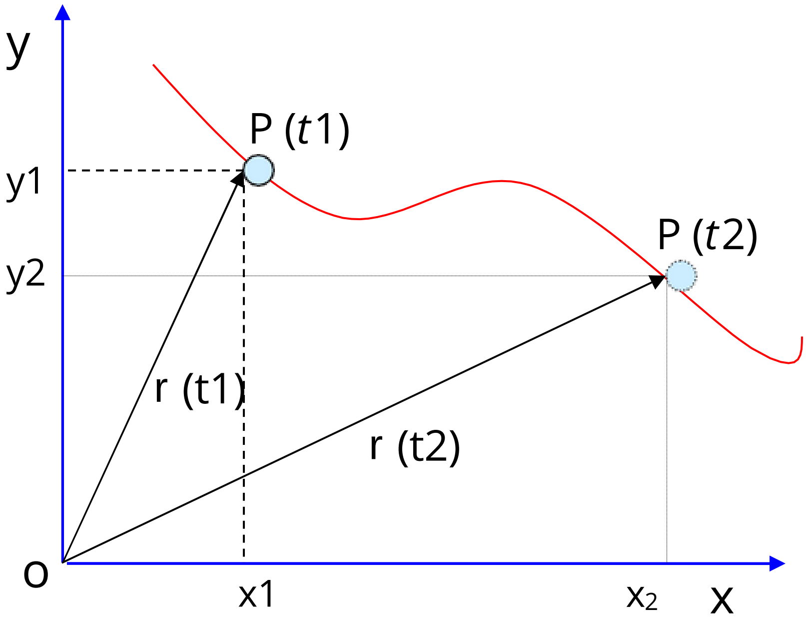
Lo spazio così definito è uno spazio a tre dimensioni.

La traiettoria è la linea che unisce i punti occupati dal punto materiale in istanti di tempo successivi.
Esempi di traiettorie sono le seguenti equazioni:

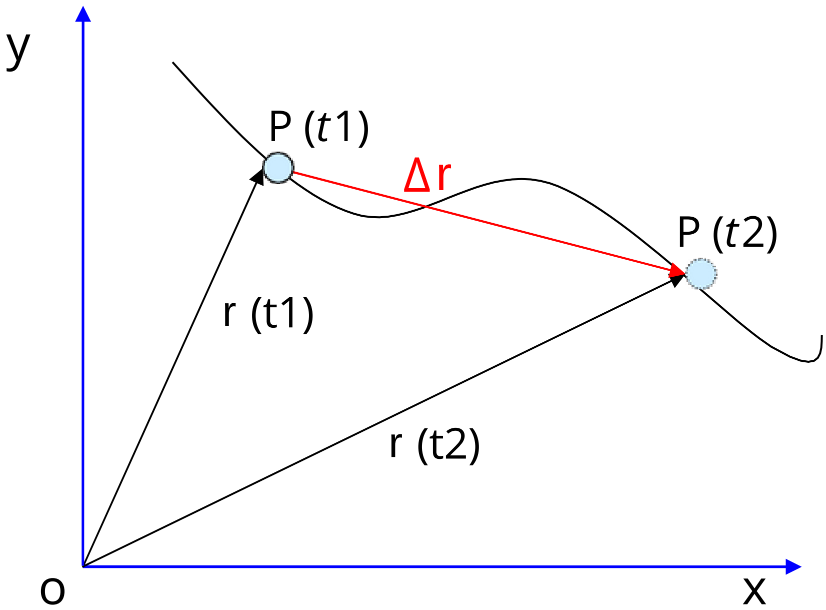
$y = x$ (retta);
$y = 2x^2 + 5x - 1$ (parabola);
$x^2 + y^2 = 9$ (circonferenza).

Nella figura seguente il punto P si muove su un piano cartesiano. Il moto è descritto dalle due funzioni:
X = x(t);
Y = y(t).

Il vettore r(t1) indica la posizione nel piano del punto P nell'istante t=1:



Il vettore spostamento Δr è la differenza tra i vettori posizione r(t2) eΔr non coincide r(t1); con il percorso del punto ma dipende solo dalle posizioni iniziale e finale.

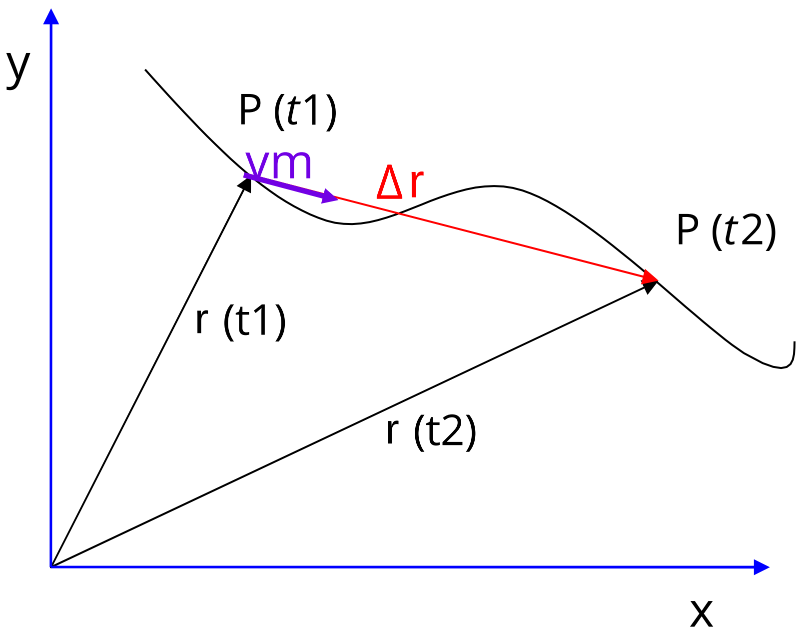


3.2. Velocità media e velocità istantanea

Un corpo che si muove può effettuare lo stesso percorso, impiegando tempi diversi.

Ad esempio un aereo per andare da Cagliari ad Olbia impiega un tempo molto minore di un'auto di media cilindrata. Possiamo perciò affermare che l'aereo è più veloce dell'auto. La relazione tra spazio percorso (ovvero una lunghezza) e tempo impiegato ci porta a introdurre una nuova grandezza, che prende il nome di velocità media.

La velocità vettoriale media in un certo intervallo di tempo è il vettore definito come rapporto tra lo spostamento e il tempo impiegato.



In formula: $\vec{v}_m = \dfrac{\Delta r}{\Delta t}$

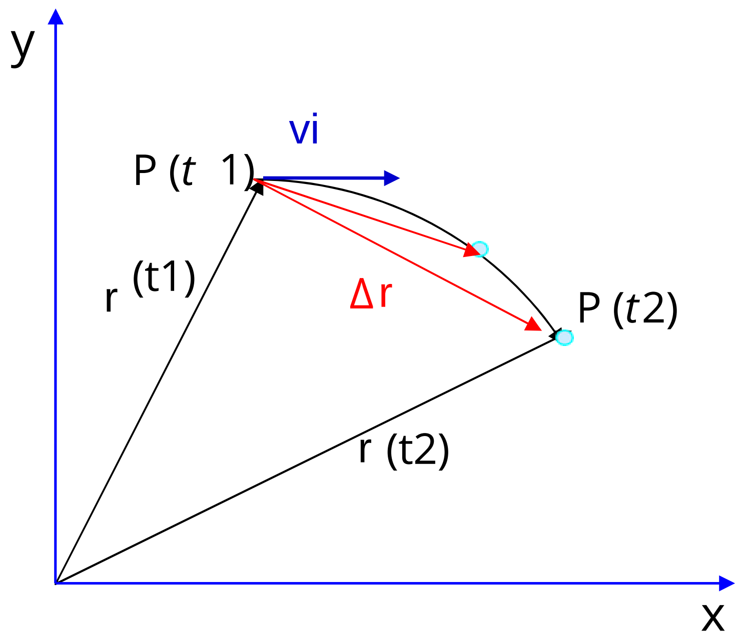
La velocità è una grandezza derivata, perché si ottiene dal rapporto di due grandezze fondamentali: la lunghezza (che nel S.I. si misura in metri) e l'intervallo di tempo (che si misura in secondi).

Essa ha quindi le dimensioni di una lunghezza [L] divisa per un tempo [t]; la sua equazione dimensionale è pertanto [L]/[t] e la sua unità di misura è il m/s (metro al secondo).
Soprattutto nel gergo automobilistico, una unità di misura pratica è il kilometro all'ora, in simbolo km/h. Per passare da un'unità di misura all'altra è sufficiente ricordare che:
1 km = 1000 m e 1 h = 3600 s.

La velocità istantanea è calcolata per intervalli di tempo sempre più piccoli, tendenti a 0.

In formula: $$v_i = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{r(t2) - r(t_1)}{t_2 - t_1}$$

Il vettore velocità è in ogni istante di tempo tangente nel punto alla traiettoria.



3.3. Tipologia di moto rettilineo

Si definisce moto rettilineo un moto in cui la traiettoria è una retta. In funzione della velocità si possono distinguere tre casi:

➢moto uniforme (la velocità rimane costante);

➢moto uniformemente accelerato (la velocità varia con continuità);

➢moto vario (la velocità varia in moto arbitrario).

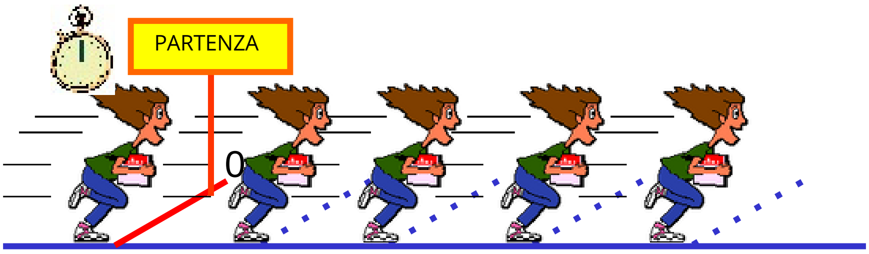
3.4. Moto rettilineo uniforme

Si *definisce moto rettilineo uniforme un moto in cui la traiettoria è una retta e la velocità è costante in modulo, direzione e verso.*

In tal caso:

➢ per comodità possiamo prendere come direzione di moto uno degli assi cartesiani;

➢ il modulo della velocità media e della velocità istantanea coincidono in ogni istante.



Si definisce *legge oraria (o legge del moto) una relazione in grado di fornire ad ogni istante t la posizione s assunta da un corpo in moto*

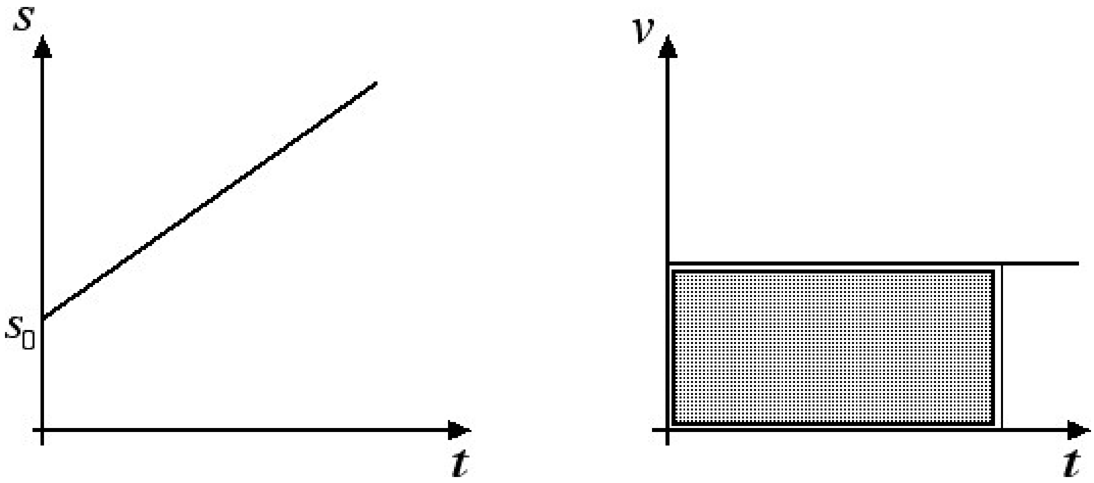
Nel caso del moto rettilineo uniforme in genere si prende come istante d'inizio quello in cui il cronometro segna $t_{iniziale} = 0$ e si preferisce identificare lo spazio finale con la sola lettera *s* (ad indicare che l'equazione è valida per una qualunque situazione *finale*, cioè qualunque sia lo spazio percorso ad un generico istante *t*).
Ricordando poi che la velocità in ogni istante è uguale alla velocità media, essendo il moto uniforme, la *legge oraria* diventa semplicemente:

$$s = s_0 + v \times t$$

Se poi la posizione iniziale dell'oggetto studiato dovesse essere $s_0 = 0$ (cioè il corpo parte dall'origine del sistema di riferimento prescelto), la legge oraria si semplifica ancora di più diventando:

$$s = v \times t$$

Diamo ora una rappresentazione grafica del moto ponendo la variabile tempo sull'asse delle ascisse e lo spazio sull'asse delle ordinate.
La curva che si ottiene è quella di una retta che parte dal punto $y = so$ (dove *so* sta per siniziale) oppure dall'origine degli assi se lo spazio iniziale è nullo, $so = 0$.



In modo analogo, mettendo sull'asse delle ordinate il valore della velocità (costante) in funzione del tempo, si ottiene una retta orizzontale che rappresenta il grafico velocità-tempo.

E' importante notare come l'analisi dei grafici orari ci permetta di ricavare alcune importanti informazioni sul moto (senza usare direttamente la legge oraria):

➢ il coefficiente angolare m della retta spazio-tempo fornisce il valore (costante) della velocità;

➢ l'area della figura delimitata dalla retta velocità-tempo e dall'asse delle ascisse rappresenta lo spazio percorso dall'oggetto in moto. In questo caso abbiamo a che fare con un rettangolo e si ha: Area sottesa = altezza x base = velocità x tempo = spazio percorso.

3.5. Accelerazione

La necessità di definire il concetto di *velocità istantanea* nasce dalla constatazione che, tranne alcuni casi specifici, durante il moto di un oggetto il vettore velocità non rimane costante nel tempo, e questo cambiamento può riguardare il modulo (una macchina che accelera o frena lungo una strada rettilinea), oppure anche solo la direzione o solo il verso del *vettore velocità.*

Questo è il caso in cui un'auto percorre alla velocità costante di 100 km/h una curva circolare; il modulo non varia, ma la direzione del vettore velocità cambia in ogni istante, pur mantenendosi sempre tangente alla traiettoria.

Per meglio studiare queste situazioni di moto, si introduce il concetto di accelerazione, la cui espressione è la seguente:

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

L'accelerazione media in un intervallo di tempo è il rapporto tra la variazione di velocità e il tempo di riferimento

(L'accelerazione istantanea è riferita ad un periodo di tempo tendente a 0).

In particolare:

➢ in un moto rettilineo l'accelerazione ha la stessa direzione della velocità e quindi della traiettoria.

➢in un moto curvilineo la velocità è tangente alla traiettoria e l'accelerazione è il risultato di una componente tangente alla traiettoria e di una componente normale della traiettoria.

In generale l'accelerazione non è tangente alla traiettoria.

m/s^2

L'unità di misura nel S.I. dell'accelerazione è il *m/s^2* (metro al secondo quadrato).

In conclusione: un moto è accelerato se la velocità di un oggetto cambia nel tempo, e questo cambiamento può riguardare il modulo (una macchina che accelera o frena lungo una strada rettilinea), oppure anche solo la direzione o solo il verso del vettore velocità (è il caso in cui un'auto percorre alla velocità costante di 100 *km/h* una curva circolare: il modulo non varia, ma la direzione del vettore velocità cambia in ogni istante, mantenendosi sempre tangente alla traiettoria).

3.6. Moto uniformemente accelerato

Consideriamo un corpo inizialmente fermo che inizia a muoversi con un valore di accelerazione a = 4 m/s2. Ciò vuol dire che la sua velocità aumenta sempre di 4 m/s ogni secondo che passa; cioè, dopo un tempo di 1 s, 2 s, 3 s, e 4 s la velocità diventerà pari a 4 m/s, 8 m/s, 12 m/s, 16 m/s . In questo caso si parla di moto uniformemente accelerato.
.

Si definisce moto rettilineo uniformemente accelerato un moto la cui traiettoria è rettilinea e la cui accelerazione è costante nel tempo.

La legge oraria se il moto è uniformemente accelerato risulta:

$$s(t) = s\,0 + v0 \times t + 1/2\, a \times t$$

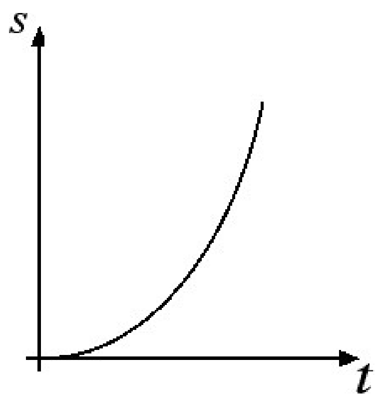
La legge oraria se il moto è uniformemente ritardato risulta:

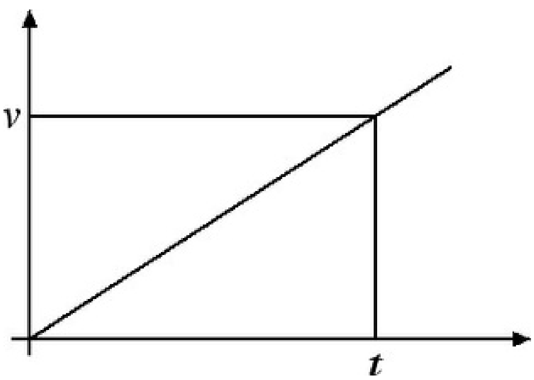
$$s(t) = s0 + v0 \times t - 1/2\, a \times t\text{^}2$$

L'equazione che esprime come varia la velocità è:

$$v(t) = v_0 + a \times t$$

Il grafico spazio-tempo è quello di una semiparabola.
Il coefficiente angolare della retta tangente al grafico in un qualunque punto P fornisce il valore della velocità istantanea in quella situazione.





Il grafico velocità-tempo: è formato da una retta di coefficiente angolare m. *Se la velocità iniziale è nulla, queste rette partono dall'origine, per cui si può facilmente ricavare il valore numerico dell'accelerazione dal calcolo del coefficiente angolare m.*

Ad esempio si studi il moto uniformemente accelerato lungo una retta di legge oraria:

$$x(t) = 5 + 3{,}5t + 4{,}2t^2$$

Si deduce:

➢Che un punto materiale è partito dalla posizione iniziale $x_0 = 5$ m dove aveva una velocità diretta nel verso scelto come positivo e con intensità: $v_0 = 3{,}5$ m/s.

➢Che la velocità varia, aumentando l'intensità di 8,4 m/s ogni secondo che passa; essa inoltre aumenta in modo uniforme e questo può essere scritto sinteticamente tramite la legge della velocità: $v(t) = 5 + 8{,}4t$.

3.7. Caduta libera di un grave

Si chiama *accelerazione di gravità g* l'accelerazione con cui gli oggetti sono naturalmente attratti verso il centro della Terra.

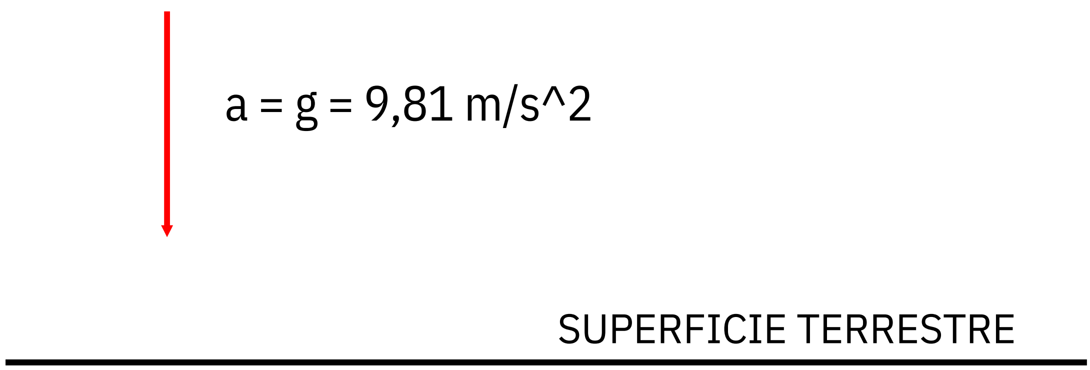
Fu Galileo a definire *gravi* tutti *i corpi in moto vicino alla superficie terrestre che siano sottoposti all'accelerazione di gravità* g.

Se il moto avviene lungo una direzione verticale si parla di movimento in caduta libera.

Fu sempre Galileo a scoprire che tutti i corpi, indipendentemente dalla loro massa, forma e dimensione, cadono con la stessa accelerazione: $g = 9{,}81\ m/s^2$.

Questa affermazione, di importanza cruciale, porta alla conclusione che oggetti fondamentalmente diversi, come un sasso o una piuma, se lasciati cadere dalla stessa quota di partenza e con la stessa velocità iniziale, giungono a terra nello stesso istante.

Ora, l'esperienza di ogni giorno sembrerebbe dimostrare proprio il contrario, ma, afferma Galileo, ciò succede perché l'attrito offerto dalla resistenza dell'aria agisce in modo diverso su oggetti dalla forma e dalla massa differente, alterando il loro moto. Se si potesse eseguire l'esperimento, prosegue lo scienziato pisano, in assenza d'aria si arriverebbe al risultato che l'accelerazione di gravità *g* è la stessa per tutti i corpi.



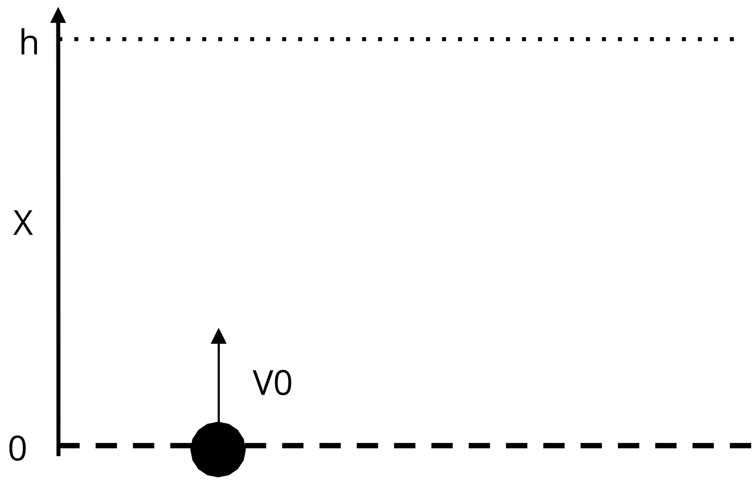
Il valore di 9,81 m/s^2 non è costante in tutti i punti del globo: all'equatore, per via del rigonfiamento della forma della Terra che allontana la superficie dal centro della Terra, è leggermente minore ed ammonta a 9,789 m/s^2, mentre ai Poli risulta essere di 9,823 m/s^2. Alla latitudine di Milano (45° Nord) il valore è circa pari a 9,806 m/s^2.

Inoltre, delle piccolissime variazioni possono avvenire localmente su piccola scala per colpa della conformazione geologica del sottosuolo, più denso in certe zone e meno denso in altre, per le diverse concentrazioni nel sottosuolo di graniti, basalti, sabbie, rocce vulcaniche ed altro...
L'accelerazione di gravità dipende anche dalla massa e dalle dimensioni del pianeta su cui ci si trova: sulla Luna, ad esempio, essa è 1/6 di quella terrestre e si ha *gLUNA*= 1,6 *m/s^2* . Su Marte, più grande della Luna ma di dimensioni minori di quelle del nostro pianeta, essa vale *gMARTE* = 3,6 *m/s^2*, mentre su Giove, il maggiore dei pianeti del Sistema Solare, la gravità vale *gGIOVE* = 23,12 *m/s^2.*

Nell'affrontare i problemi relativi al moto dei gravi bisogna infine tenere presente che, mentre la scelta della direzione positiva di moto è assolutamente arbitraria, il verso dell'accelerazione di gravità è fissato a priori, essendo *g* un *vettore parallelo alla verticale* e *sempre diretto verso il basso*. La legge oraria che si ottiene è quella di un normalissimo moto rettilineo uniformemente accelerato con accelerazione a = *g:*

x(t) = *x*0 + *v*0 x t + 1/2 g x t^2

Ad esempio; se un oggetto viene lanciato dal basso verso l'alto con velocità iniziale definita positiva, l'accelerazione, essendo diretta verso il basso, assume segno negativo.
I due segni algebrici contrari determinano quindi una "decelerazione" del corpo in moto, che è quello che si verifica nella realtà quando esso sale di quota e, rallentando, arriva ad un punto in cui si ferma per poi iniziare a ricadere verso il basso.



V(t) = vo - gt	Velocità in funzione del tempo
$x(t) = x_0 + v_0 t - \frac{1}{2} gt^2$	Equazione oraria
t = vo/g	Tempo per raggiungere la quota massima
$H_{max}(t) = \frac{v_0^2}{2g}$	Altezza massima raggiunta

Nella seconda fase del moto, quella di ricaduta, il verso della velocità e dell'accelerazione sono concordi (entrambi diretti verso il basso) quindi si ha una vera e propria "accelerazione" con un aumento del modulo della velocità (ora di segno negativo, perché diretta verso il basso).

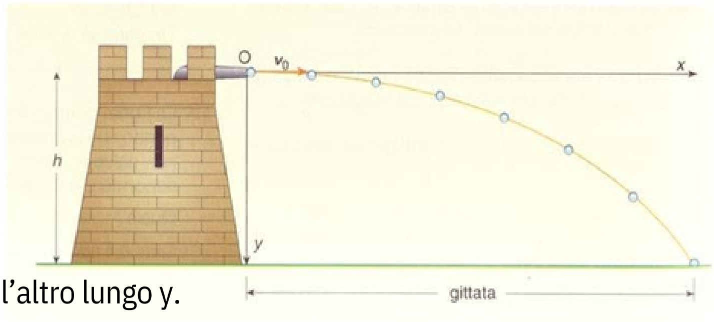
$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$	Equazione oraria
$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$	Tempo di caduta
$V(t) = v_0 + gt$	Velocità in funzione del tempo

Sostituendo la "t" otteniamo, la velocità raggiunta dal corpo

all'istante in cui tocca terra: $V = \sqrt{2gh}$.

3.8. Gittata di un proiettile

Supponiamo di sparare un proiettile orizzontalmente o, come si direbbe se si trattasse di un cannone, con “alzo zero”. Scegliamo l’asse x orizzontale e l’asse y verticale e diretto verso il basso. L’origine del riferimento sia sulla punta della canna. Possiamo scomporre la velocità del proiettile in una componente orizzontale (vx) e in una verticale (vy) e considerare il suo moto come la sovrapposizione di due moti indipendenti: uno lungo x e l’altro lungo y.



Il proiettile lascia la canna all’istante t =0 con una certa velocità vo e da questo momento in poi, se si trascura la resistenza dell’aria (è il caso di proiettili “lenti”, come le frecce scoccate dall’arco o dalla balestra, o, ancora, i proiettili lanciati dalla fionda o da una catapulta: armi da tiro tutte queste - usate in guerra, dalle antiche civiltà, prima dell’invenzione della polvere da sparo), agisce su esso solo la forza peso diretta come l’asse y e nessuna forza diretta come l’asse x.

Quindi ad ogni istante t > 0 :

vx = vox = cost.
vy = gt.

Scriviamo allora due distinte leggi orarie:

$x(t) = v0xt$ moto rettilineo uniforme;

$y(t) = 1/2\ gt$^2 moto rettilineo uniformemente accelerato.

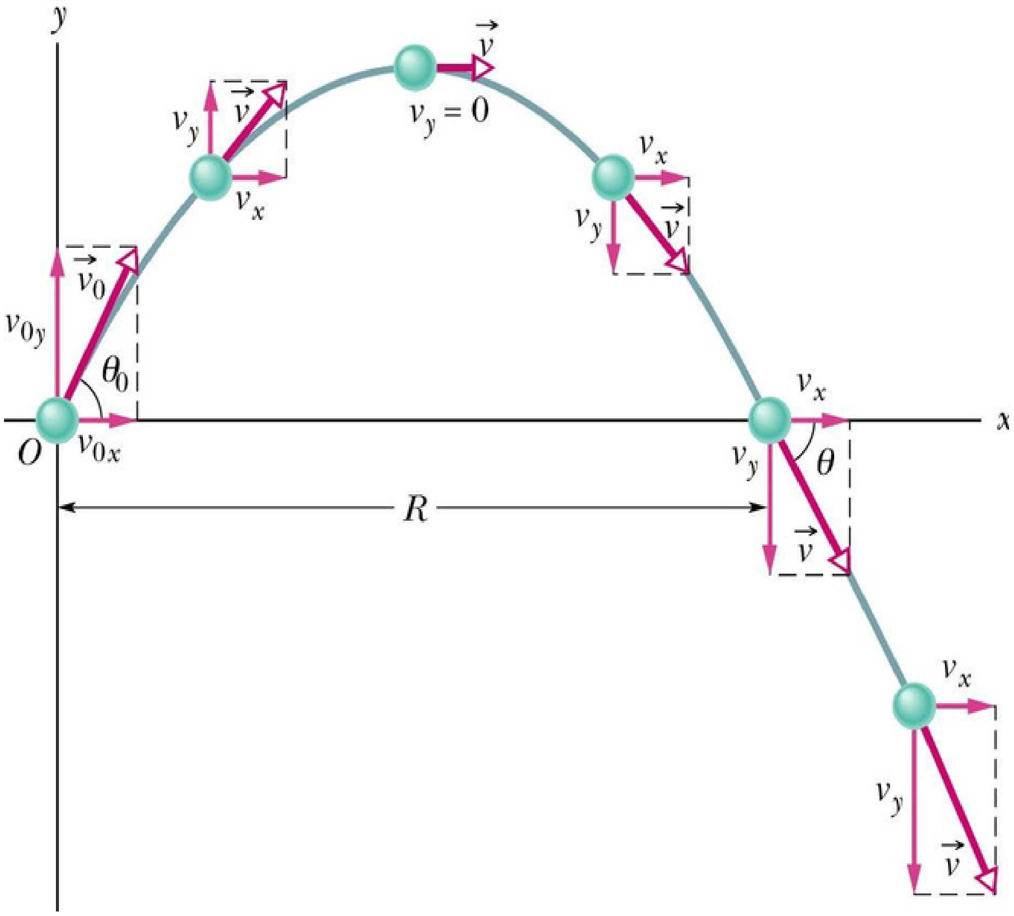
Ricavando t dalla prima equazione e sostituendolo nella seconda otteniamo:

y= 1/2g x (x^2/v^2 0)

che è l’equazione (cartesiana) della traiettoria del proiettile.

Si trova che la curva ottenuta è una parabola (più propriamente un arco di parabola) con vertice in O, ed è molto facile farne una costruzione grafica per punti.

Esaminiamo, adesso, il caso più generale, cioè il moto di un proiettile con velocità iniziale vo formante un angolo θ con la direzione orizzontale. Per far ciò scegliamo il sistema di assi
mostrato in figura e scomponiamo la velocità in due componenti e studiamo il moto nelle due direzioni:



Quindi ad ogni istante t > 0 :
$v_x = v_{ox}$ = cost.
$v_y = v_{oy} - gt$.

Scriviamo allora due distinte leggi orarie:

$x(t) = v_{0x}t$ moto rettilineo uniforme;

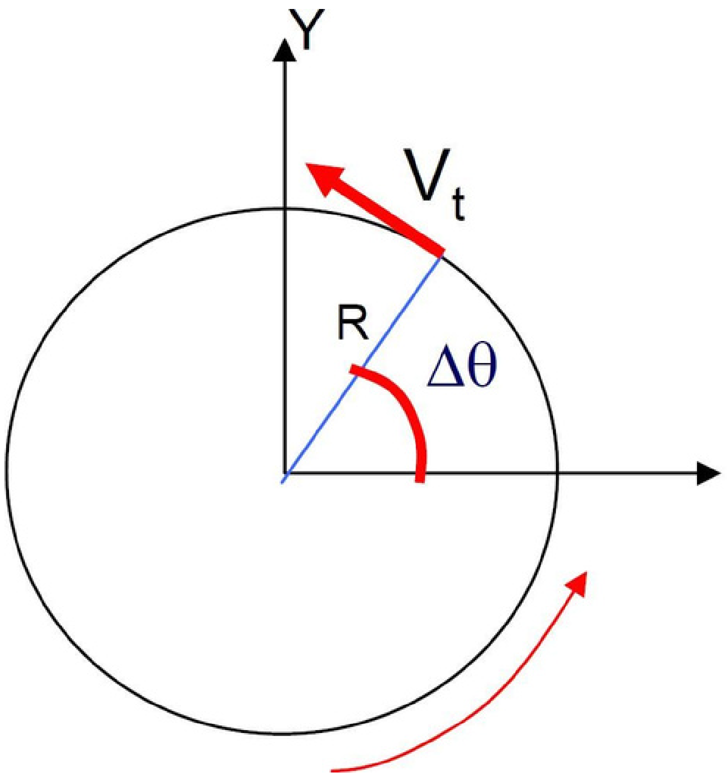
$y(t) = v_{0y}\, t - \frac{1}{2} gt^2$ moto rettilineo uniformemente accelerato.

La gittata massima è pari a:

$$R = \frac{2v_0^2}{g} \sin\theta \times \cos\theta$$

3.9. Moto circolare uniforme

Si definisce moto circolare uniforme il moto di un corpo la cui traiettoria è una circonferenza e che avviene con velocità costante in modulo.



Vogliamo ora introdurre due grandezze che sono fondamentali per la descrizione del moto circolare uniforme:

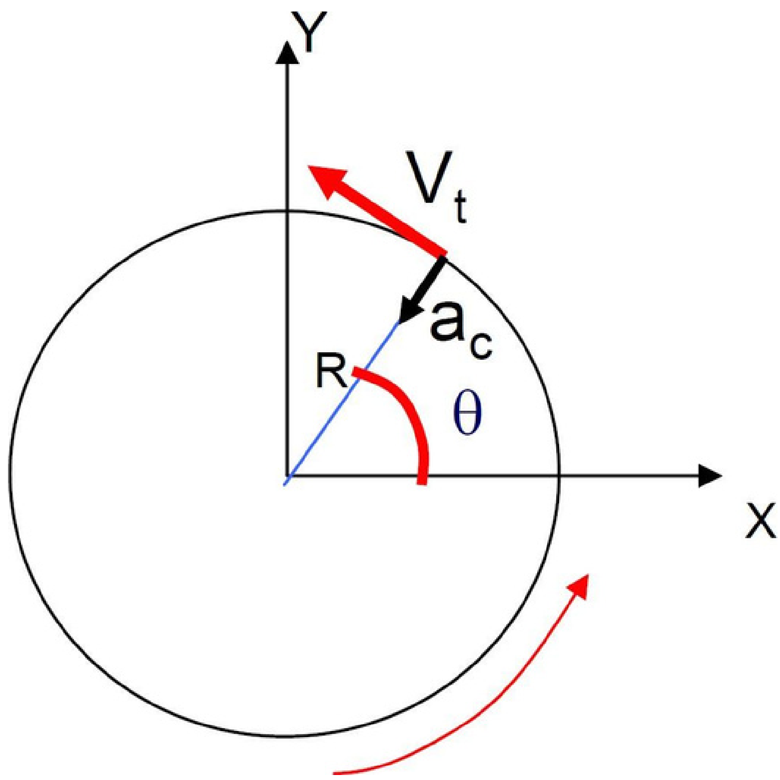
➢ il periodo T: ovvero il tempo impiegato dal corpo a percorrere un'intera circonferenza;

➢ la frequenza f: ovvero il numero di giri che il corpo percorre in un secondo.

Dalla definizione segue che il periodo T e la frequenza f non sono due grandezze

indipendenti. Se il corpo impiega T = 3 s a percorrere una circonferenza vuol dire che percorre 1/3 di circonferenza al secondo, se impiega T = 4 s a percorrere una circonferenza vuol dire che percorre 1/4 di circonferenza al secondo etc.
Da queste considerazioni discende che la frequenza è l'inverso del periodo: f = 1/T. Dal momento che la frequenza è l'inverso del periodo, la sua unità di misura nel Sistema Internazionale sarà l'inverso del secondo. Questa unità di misura prende il nome di hertz (simbolo Hz): 1 Hz = 1 s^-1. Diremo che la frequenza di un corpo è pari a 1 Hz quando esso percorre 1 giro al secondo.

Prima di procedere con la fisica del moto circolare uniforme dobbiamo introdurre un'unità di misura importante per gli angoli: il radiante. Possiamo creare una corrispondenza biunivoca tra la lunghezza dell'arco sotteso e il corrispondente angolo al centro.



Ad esempio, se l'angolo al centro è un angolo giro pari a 360° la lunghezza dell'arco sotteso coincide con quella dell'intera circonferenza ovvero $l = 2\pi R$. Ad un angolo di 90° corrisponderà un arco di lunghezza $\pi R / 2$ etc.

Il radiante (rad) è quell'angolo che sottende un arco di circonferenza di lunghezza uguale al raggio della circonferenza R.

Se un angolo misura α radianti, vuol dire che l'arco sotteso è lungo $\alpha \cdot R$.

Ad esempio 360° = 2π rad = 6,28 rad da cui possiamo ricavare che 1 rad = 360°/6,28 = 57,30°.

Il radiante è importante nella descrizione del moto circolare uniforme perché entra come unità di misura nella velocità angolare media.

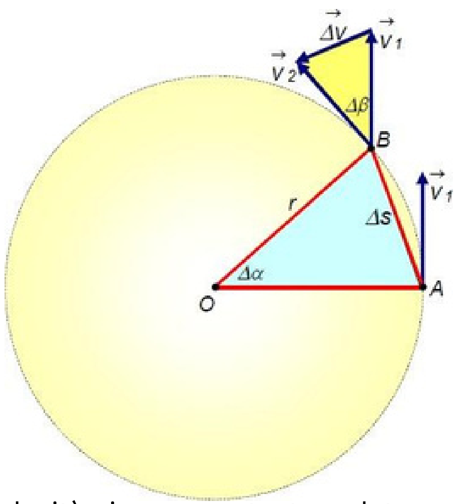
Definiremo velocità angolare media (simbolo: ω, omega minuscola) l'angolo al centro $\Delta\alpha$ che viene percorso (misurato in radianti) diviso per l'intervallo di tempo Δt impiegato a percorrerlo: $\omega = \Delta\alpha/\Delta t$.

L'unità di misura della velocità angolare è il radiante al secondo (rad/s).

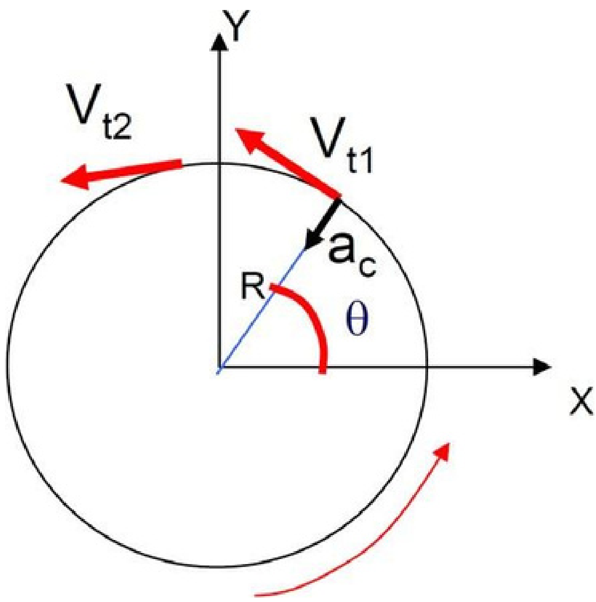
Accanto alla velocità angolare in un moto circolare uniforme possiamo anche introdurre la velocità tangenziale.

Nel moto circolare uniforme la velocità istantanea in un punto risulta perpendicolare al raggio della circonferenza passante per quel punto.

Se il periodo del moto circolare uniforme è T, quanto vale la velocità tangenziale v?
In un tempo pari a T il corpo percorre un intero arco di circonferenza di lunghezza 2πr. Pertanto avremo una velocità tangenziale v = 2πr/T. Se ora ricordiamo che il periodo T è l'inverso della frequenza f possiamo riscrivere v come v = 2πrf.
Per lo stesso moto circolare uniforme la velocità angolare ω è invece uguale a ω = 2π/T.
Pertanto la relazione matematica che intercorre tra velocità tangenziale e velocità angolare è v = ωr.
In generale sappiamo che l'accelerazione è una variazione di velocità divisa per l'intervallo di tempo in cui tale variazione avviene.



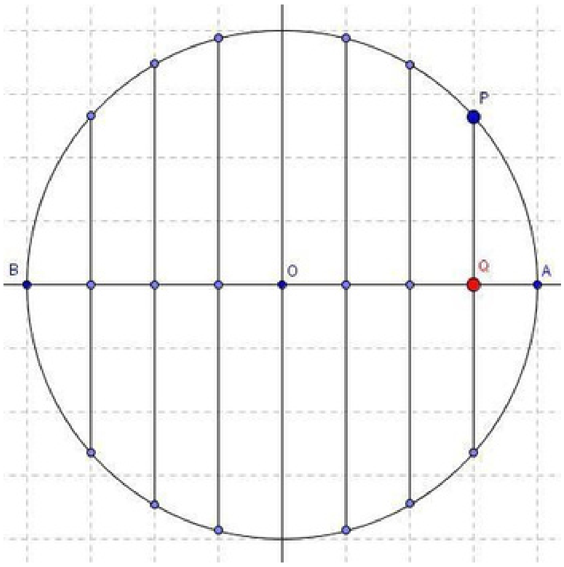
In un moto circolare uniforme l'intensità del vettore velocità rimane costante nel tempo, potremmo perciò pensare -sbagliando- che non ci sia alcun tipo di accelerazione. Invece non dobbiamo dimenticare che la velocità è un vettore ed è pertanto caratterizzata da un'intensità, da una direzione e da un verso. Come emerge dalla figura riportata sopra, in un moto circolare uniforme la velocità è punto per punto tangente alla circonferenza, pertanto la velocità cambia ad ogni istante la sua direzione. È chiaro allora che ci deve essere un'accelerazione presente anche nel moto circolare uniforme. Tale accelerazione prende il nome di accelerazione centripeta. L'accelerazione centripeta è un vettore che ha la stessa direzione della differenza tra due vettori velocità valutati a due istanti di tempo diversi.
Come emerge dalla figura che segue, il vettore accelerazione centripeta risulta diretto verso il centro della circonferenza.



La velocità tangenziale cambia direzione tanto più rapidamente quanto maggiore è la velocità tangenziale v e quanto minore è il raggio r della circonferenza. In particolare l'intensità del vettore accelerazione centripeta è uguale ad ac = v^2/ r.
La velocità tangenziale è legata alla velocità angolare ω dalla relazione v = ω·r, pertanto
l'accelerazione centripeta può essere anche scritta come ac = ω^2 · r.

3.10. Moto armonico

Si definisce moto armonico il moto di proiezione sul diametro di un punto che si muove di moto circolare uniforme.



Com'è possibile notare dal grafico, quando un punto P si muove lungo una circonferenza di moto uniforme, la sua proiezione Q sul diametro si muove dal punto A al punto B e dal punto B ritorna al punto A.
I punti A e B tra i quali oscilla Q prendono il nome di estremi di oscillazione, il centro della circonferenza viene detto centro di oscillazione, mentre la distanza OA = OB prende il nome di ampiezza ed è uguale al raggio della circonferenza.
Il punto Q, dopo esser partito da A, arrivato in B e ritornato in A, ha compiuto un'oscillazione completa e la durata di tale oscillazione prende il nome di periodo del moto armonico e viene indicato con la lettera T.
Tale periodo coincide con quello del moto circolare compiuto del punto P. Inoltre, la velocità angolare del moto circolare uniforme compiuto da P, prende il nome di pulsazione del moto armonico.

Poichè il punto Q percorre tratti diversi in tempi uguali (a differenza di P che percorre archi di circonferenza uguali in tempi uguali), ne segue che il suo moto non è uniforme; inoltre la velocità di Q è uguale a zero negli estremi di oscillazione, punti in cui Q si ferma per invertire il moto, ed è massima nel centro di oscillazione e pari a:

$v_{max} = \omega \cdot r$

Si dimostra che se il punto materiale compie un moto armonico di pulsazione ω e se s è la sua distanza dal centro di oscillazione in un determinato istante, allora la sua accelerazione in quell'istante è pari a:

$a = -\omega^2 \cdot s$

L'accelerazione è nulla nel centro di oscillazione, dove s = 0, ed è massima agli estremi di oscillazione, dove s è massima. L'accelerazione è inoltre sempre diretta verso il centro di oscillazione.

4. DINAMICA

4.1. Generalità

La dinamica ha come obiettivo lo studio delle cause che producono il movimento di un corpo.

In questo contesto diventano fondamentali i concetti di ***forza*** e di ***massa***,
Gran parte della conoscenza riguardo alle forze ed alle loro applicazioni è frutto del lavoro del fisico Isaac Newton che durante la sua attività ebbe modo di approfondire, sperimentalmente, il comportamento degli oggetti sottoposti all'azione delle forze.
Le tre leggi di Newton, o leggi della Meccanica Classica, spiegano in modo efficace il movimento dei corpi, lo stato di quiete e le modificazioni del loro moto nel momento in cui viene ad essi applicata una forza.

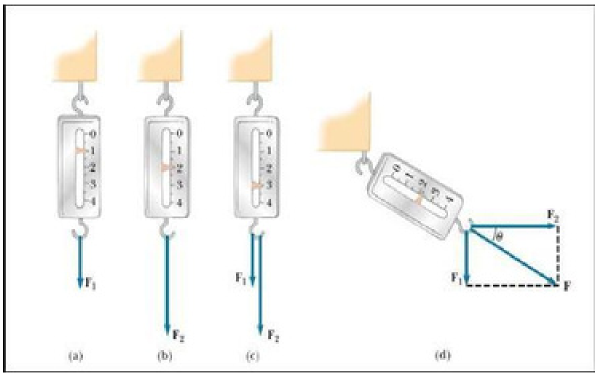
4.2. Forze

Le forze sono rappresentabili tramite vettori in cui:

➢ il punto di applicazione del vettore indica dove viene applicata la forza;

➢il suo modulo è uguale all'intensità della forza;

➢direzione e verso indicano l'orientazione della forza nello spazio.



La risultante delle forze applicate a un corpo è la forza derivante dalla somma vettoriale di tutte le forze che agiscono sul corpo e si può misurare con uno strumento chiamato dinamometro.

Le dimensioni di una forza sono: [*F*] = [*Ma*] = [*MLt^* -2]

L'unità di misura della forza nel S.I. è il Newton (N), ovvero la forza che imprime alla massa di 1 kg l'accelerazione di 1 metro al secondo ogni secondo (1 m/s^2).

Nel sistema cgs l'unità di misura della forza è il dyne (dyn), ovvero la forza che imprime alla massa di 1 g l'accelerazione di 1 cm/s^2.

Nota: 1 N = 10^5 dyne.

4.3. 1° principio della dinamica o principio d'inerzia

Se su di un corpo non agiscono forze (oppure se la loro risultante R è nulla), esso si muove di moto rettilineo uniforme oppure conserva il suo stato precedente di quiete.

In simboli:

se **R** = 0 allora **v** = *costante* e quindi **a** = 0

dove R = F1 + F2 +F3 + ... e dove, nel caso di quiete, il valore "costante" della velocità può = anche essere nullo v =0).

4.4. Sistemi di riferimento Inerziali e non Inerziali

Per poter comprendere come si modificano le leggi della Fisica quando si passa da un sistema di riferimento all'altro dobbiamo prima dividere questi in due categorie: i sistemi di riferimento Inerziali e quelli non-Inerziali:

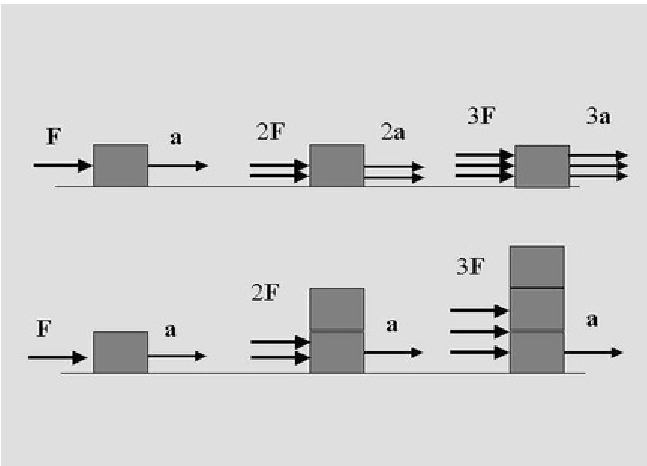
- si definiscono sistemi Inerziali tutti quei sistemi di riferimento in quiete o in moto rettilineo uniforme;
- si definiscono sistemi di riferimento non-Inerziali tutti i sistemi di riferimento che si muovono con accelerazioni diverse da zero, di qualunque tipo esse siano.

Si noti che se un sistema di riferimento è Inerziale, anche un altro sistema di riferimento che si muove di moto rettilineo uniforme rispetto ad esso è Inerziale.

4.5. 2° principio della dinamica

Consideriamo ora un corpo di massa m ed applichiamo ad esso una generica forza F diretta, per comodità, in direzione parallela a quella di moto. Notiamo con facilità che lo stato di quiete del corpo si trasforma in un moto rettilineo uniformemente accelerato con accelerazione a.

Se ora allo stesso corpo applichiamo forze di intensità via via crescenti, (2F, 3F, 4F ...) è immediato accorgersi sperimentalmente che anche l'accelerazione che anima il suo moto aumenta in modo direttamente proporzionale (diventando 2a, 3a ...).



Possiamo così concludere che forza e accelerazione sono direttamente proporzionali.

Rimane ora da scoprire la costante di proporzionalità e a tal fine eseguiamo il seguente esperimento. Consideriamo corpi di masse crescenti (2m, 3m, 4m ...) ed applichiamo ad essi una forza tale da ottenere un moto con accelerazione costante a per ogni oggetto. E' facile rendersi conto che lo scopo è raggiunto se applico una forza di intensità crescente, caso per caso, uguale a 2F, 3F, 4F ...
Non stupisce il fatto che, se le masse dei corpi considerati sono sempre più piccole (1/2 m, 1/3 m ...) anche le forze da applicare per ottenere la stessa accelerazione a devono ridursi in modo proporzionale (1/2 F, 1/3 F, ...).

Possiamo allora concludere che forza ed accelerazione sono direttamente proporzionali e la costante di proporzionalità è la massa inerziale dell'oggetto considerato.
In formule, ricordando che forza ed accelerazione sono vettori, possiamo scrivere:

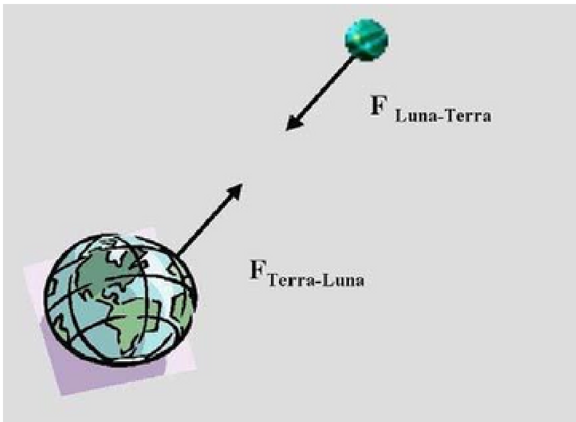
$$F = m \, x \, \vec{a}$$

Questa espressione prende il nome di seconda legge della dinamica.

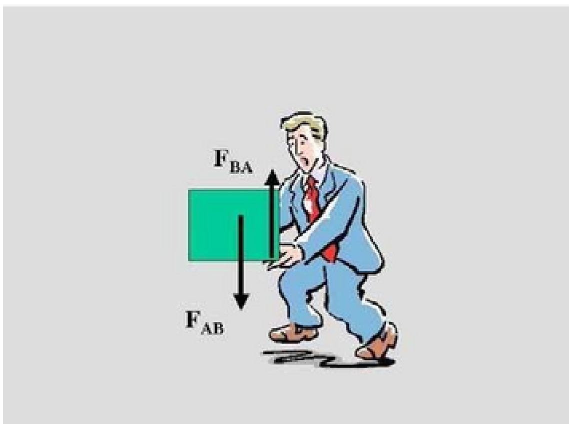
4.6. Azione e reazione: la terza legge della dinamica

La Luna ruota attorno alla Terra perché il nostro pianeta la attrae con una forza F diretta lungo la congiungente i centri delle due sfere. Fu Newton il primo a capire che anche la Luna attrae la Terra con la stessa forza F, uguale in direzione e modulo, ma contraria nel verso.

Lo stesso avviene se, invece della Luna, prendiamo in considerazione un banale sasso o la più famosa mela di Newton: la mela è attratta dalla Terra con una forza F uguale e contraria a quella con cui essa attrae la Terra intera. Se poi noi vediamo che è la mela a cadere verso Terra e non la Terra a salire verso la mela, è solo perché le due masse in gioco sono profondamente diverse: le due forze, invece, sono perfettamente uguali in modulo e contrarie nel verso.



E ancora: se ci appoggiamo ad un muro, esercitiamo su di esso una forza F uguale e contraria a quella che il muro esercita su di noi. Di questa forza ce ne accorgeremmo meglio se il terreno su cui poggiamo i piedi fosse perfettamente liscio e senza attrito: la nostra spinta verso il muro avrebbe come conseguenza quella di farci sentire sottoposti ad una forza che ci farebbe scivolare all'indietro.



Lo stesso atto del camminare è reso possibile dal terzo principio della dinamica: il nostro piede esercita una forza all’indietro sul terreno, e questo, grazie questa volta alla presenza dell’attrito (senza il quale si scivolerebbe semplicemente), applica sul piede una forza uguale e contraria, cioè diretta in avanti: è questa la forza che ci permette di muoverci camminando. Anche nell’urto tra due corpi vale questo principio: le due forze in gioco durante il brevissimo istante dell’urto, che possiamo chiamare azione e reazione (è indifferente dire quale delle due sia l’azione e quale la reazione), sono sempre uguali e contrarie.
Quindi, chiamati in generale A e B due corpi qualunque, vale il seguente principio:

"la forza che un corpo A esercita sul corpo B è uguale e contraria a quella che il corpo B esercita sul corpo A"

In formule: FAB= - FBA.

4.7. La forza peso

Il Peso è una forza, quindi una grandezza vettoriale, esercitata da un corpo di massa m a causa della gravità terrestre:

$$P = m\vec{g}$$

dove: P è il peso (o forza peso), m è la massa del corpo e g l’accelerazione di gravità.

Occorre ricordare che:

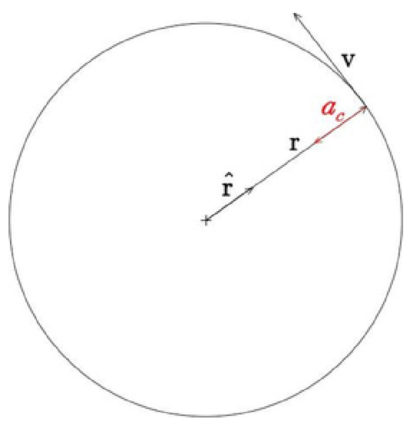
➢la massa è una grandezza scalare ed una proprietà intrinseca del corpo;

➢il valore della massa è sempre lo stesso;

➢il peso è una grandezza vettoriale (forza peso) e varia da luogo a luogo in funzione dell'accelerazione di gravità.

4.8. Forza centripeta e forza centrifuga

Un corpo che percorre una curva (un arco di circonferenza), subisce un’accelerazione diretta lungo il raggio della circonferenza verso il centro della stessa:



Per la 2° legge della dinamica, il corpo subisce una forza proporzionale all'accelerazione la cui intensità è data dalla seguente espressione:

$$F_c = ma = m\frac{v^2}{r} = m \, x \, r^2$$

Si noti che in un sistema non inerziale (per esempio solidale con il corpo in movimento) un oggetto all'interno del sistema subisce una forza centrifuga con verso contrario alla forza centripeta.

4.9. Un metodo per risolvere i problemi

L'analisi e la risoluzione numerica di molti esercizi di dinamica può essere notevolmente semplificata dal seguire un preciso metodo di lavoro.

Dopo aver letto attentamente il testo del problema, è consigliabile seguire questa procedura:

1. disegnare correttamente il sistema con tutte le forze in gioco;

2. individuare, tratteggiandola nel disegno, la direzione di moto e decidere, in modo assolutamente arbitrario, il suo verso positivo;

3. scomporre lungo la direzione di moto tutte le forze che non siano ad essa allineate o perpendicolari e riportarle nel disegno;

4. applicare la seconda legge della dinamica F = ma alla direzione che interessa (quella di moto) ricordando che F rappresenta la "somma vettoriale" di tutte le componenti delle forze considerate, le quali avranno segno positivo o negativo in funzione della scelta eseguita nel punto 2.

E' un'ovvia conseguenza dell'arbitrarietà della scelta del segno per la direzione positiva di moto, che studenti diversi potrebbero arrivare a risultati opposti di segno nella risoluzione dello stesso problema.
A prescindere da eventuali errori di calcolo, i due risultati potrebbero essere considerati ugualmente corretti in quanto esprimono la stessa realtà fisica.
Ad esempio: un corpo è appoggiato ad un piano orizzontale ed è sottoposto ad un sistema di forze che lo mette in moto verso sinistra. Il primo studente sceglie come direzione positiva quella verso destra: la risultante delle forze applicate al corpo avrà per lui segno negativo. Un secondo studente decide che la direzione positiva è quella verso sinistra: la risultante di forze avrà per lui segno positivo.
Anche se i due risultati sono diversi (opposti per segno algebrico) essi sono entrambi corretti perché esprimono "la stessa realtà fisica": per entrambi l'oggetto è sottoposto ad un insieme di forze.

4.10. Legge di gravitazione universale

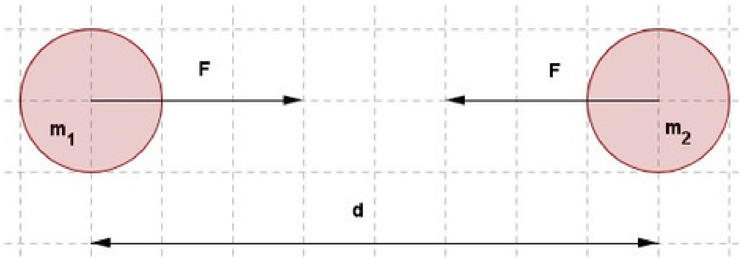
La legge fu formulata da Isaac Newton e apparse nel 1687 nel suo libro Philosophiae Naturalis Principia Mathematica.
Si narra che l'idea della gravitazione universale gli fosse venuta molti anni prima osservando la caduta di una mela dall'albero.

"Due corpi, rispettivamente di massa m1 ed m2, si attraggono con una forza di intensità direttamente proporzionale al
prodotto delle masse ed inversamente proporzionale al quadrato della distanza
che li separa. Tale forza ha la direzione della retta congiungente i baricentri dei corpi considerati."

L'espressione matematica della forza di attrazione gravitazionale è:

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

dove m1 e m2 sono le masse dei corpi, mentre d è la distanza tra le due masse.



G è una costante di proporzionalità che prende il nome di costante di gravitazione universale. Il valore di tale costante è indipendente dalla natura delle masse che interagiscono ed è pari a: 6,67 × 10^-11 N·m^2/kg^2 .

La forza è centrale, ovvero agisce lungo la congiungente i baricentri delle masse interagenti e dipende dalla distanza dei baricentri. Inoltre si noti che:

➢ la forza è solamente attrattiva.

➢ se una delle due masse raddoppia, triplica, etc... la forza raddoppia, triplica, etc...

➢ se la distanza tra le masse raddoppia, triplica, etc... la forza diminuisce di 1/4, 1/9, etc...

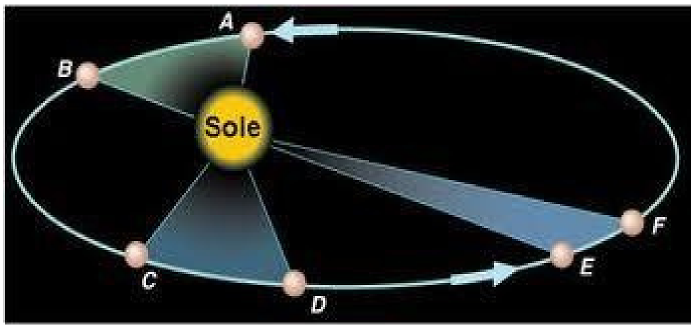
➢ se la distanza tra le masse dimezza, si riduce di un terzo, etc... la forza diventa più intensa di 4 volte, 9 volte, etc...

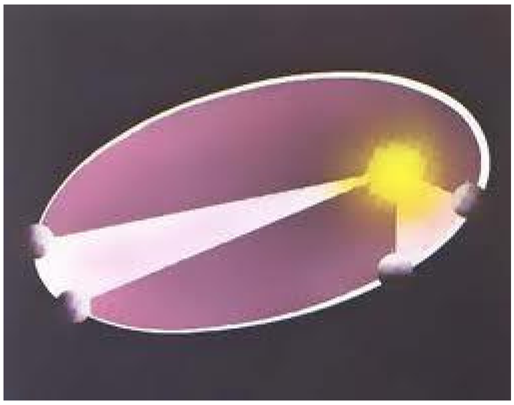
4.11. Leggi di Keplero

Nel 1906 Keplero pubblicò la sua Astronomia Nova, con le prime due leggi del moto planetario (legge delle orbite ellittiche e legge delle aree). L'opera Harmonices mundi (1619) contiene la terza legge.

Le tre leggi sul moto planetario, scoperte da Keplero, affermano che:

- i pianeti si muovono su orbite ellittiche, uno dei fuochi delle quali è occupato dal Sole;
- la linea raggio vettore che unisce il Sole con il pianeta copre aree uguali in tempi uguali (legge delle aree);





- i quadrati dei periodi di rivoluzione dei pianeti sono proporzionali ai cubi della loro distanza media dal sole.

4.12 Lavoro

In meccanica classica il lavoro di una forza costante lungo un percorso rettilineo è definito come il prodotto scalare del vettore forza per il vettore spostamento:

$$L = F \times d = Fd \cos\theta$$

Le dimensioni del lavoro e dell'energia sono: [E]=[FL]=[ML^2t^-2]

Nel S.I. l'unità di misura del lavoro è il joule (J). *1 J è il lavoro compiuto da una forza di 1 N quando sposta il suo punto di applicazione di 1 m nella stessa direzione della forza.*
Nel sistema cgs l'unità di misura del lavoro è l'erg (erg). *L'erg è definito come il lavoro eseguito da una forza di un dyne che da luogo allo spostamento di un centimetro.*

Nota: 1 J = 1 N · m = 10^5 dyn · 10^2 cm = 10^7 dyn · cm = 10^7 erg.

In una regione di spazio si ha un campo di forze se un oggetto posto in tale regione è soggetto a una forza.
Quando il lavoro che compie una forza (o un campo di forze) non dipende dal cammino ma solo dai punti di partenza e di arrivo, questa forza (o il campo) è conservativa.
Ad esempio il campo gravitazionale e il campo elettrico sono conservativi.

4.13. Potenza

La potenza di un sistema fisico che compie un certo lavoro è il rapporto fra il lavoro e l'intervallo di tempo impiegato a compierlo:

$$W = \frac{\text{delta L}}{\text{delta T}}$$

L'equazione dimensionale della potenza è: [*W] = [E/T]* = [*FLt* ^−1]= [*ML^*2*t^-3]*
Nel S.I. l'unità di misura della potenza è il watt (W). *1 watt è la potenza*

sviluppata da una forza che compie un lavoro di 1 joule in un secondo.

Nel sistema cgs l'unità di misura del lavoro è l'erg al secondo (erg/s).
Altre unità di misura utilizzate sono il cavallo vapore (CV): 1 CV = 735 W ed ancora il cavallo vapore inglese, horse power (hp): 746 W.

4.14. Energia

Si definisce energia il lavoro che un sistema è in grado di compiere. Esistono tantissimi tipi di energia:

➢energia cinetica;

➢energia potenziale;

➢energia termica;

➢energia chimica;

➢energia nucleare;

➢energia elettromagnetica (radiazione);

➢energia interna;

➢…

L'energia cinetica di un corpo di massa m in moto con velocità di modulo v è definita come:

$$E_k = \frac{1}{2}\ mv2$$

Per cui un corpo in movimento possiede energia, che è uguale al lavoro compiuto per spingere il corpo a quella velocità, o, in alternativa, alla quantità di lavoro che può compiere.

Il Teorema dell'energia cinetica afferma che dato un corpo soggetto a una forza F, il lavoro compiuto da F quando il corpo si sposta da un punto A ad un punto B è uguale alla variazione dell'energia cinetica ΔEk del corpo.

L'energia potenziale di un corpo di massa m sospeso ad una altezza h dalla superficie terrestre e definita da:

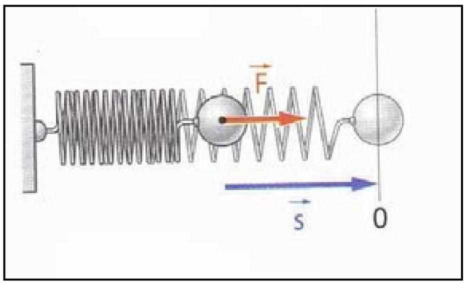
$$U_g = mgh$$

L'energia potenziale di un corpo di massa m immerso nel campo gravitazionale di un corpo di massa M ad una distanza r è:

$$U_g = -G\frac{m\,M}{r}$$

Se le forze che agiscono su un corpo sono tutte conservative, la somma dell'energia cinetica e dell'energia potenziale si mantiene costante durante il moto.
In un sistema isolato (sul quale non agiscono forze esterne) l'energia totale si conserva ovvero l'energia non si crea né si distrugge, ma si trasforma da una forma in un'altra.

4.15. Molla in oscillazione attorno ad un punto di equilibrio



Il moto di un oggetto sotto l'azione di una forza elastica è un moto armonico.
Il corpo di massa m è soggetto in questo caso ad una forza elastica che assume la seguente espressione:

$$F = -k\,x\,x$$

in cui k è la costante elastica della molla e x è il valore dell'allungamento della molla.
Per la seconda legge della dinamica la forza a cui è soggetto il corpo si può esprimere anche come:

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

in cui m è la massa del corpo ed a è il vettore accelerazione.
Uguagliando le due espressioni si ottiene l'accelerazione caratteristica del moto armonico che in modulo assume la seguente espressione:

$$a = -\frac{k}{m}x$$

L'accelerazione è direttamente proporzionale allo spostamento x dalla posizione di equilibrio e quindi è massima agli estremi di oscillazione e minima al centro di oscillazione.

Il moto armonico è chiaramente un moto periodico la cui equazione oraria è:

$$x(t) = A \cdot sen(wt + \varphi)$$

dove:

➢ A è l'ampiezza massima di oscillazione;

➢ $w = \sqrt{\frac{k}{m}}$ è detta "pulsazione";

➢è detta fase iniziale del moto.

4.16. Quantità di moto

La quantità di moto, detta anche impulso o momento lineare, è una grandezza vettoriale che misura la capacità di un corpo di modificare il movimento di altri corpi con cui interagisce dinamicamente.
L'impulso ha la seguente espressione:

$$p = m \times v$$

dove:

➢ m è la massa del corpo;

➢v è la sua velocità.

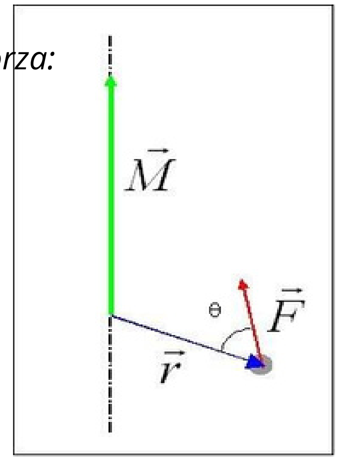
La quantità di moto totale di un sistema si conserva sempre, qualunque sia la trasformazione o l'urto avvenuto all'interno del sistema:

$$\sum \vec{p} = \sum m \times \vec{v} = costante.$$

4.17. Momento di una forza

Il momento di una forza, o momento meccanico, o momento torcente, è il prodotto vettoriale tra il vettore posizione e la forza:

$$M = \vec{r} \times \vec{F}$$



La grandezza *r* sin θ, distanza dell'asse di rotazione dalla retta su cui giace *F, è detta braccio b della forza F.*

Il momento meccanico ha le stesse dimensioni di un'energia e di conseguenza nel S.I. l'unità di misura del momento torcente è il newton x metro (N·m) ovvero il joule.

Due forze uguali ed opposte le cui direzioni non siano allineate su una retta formano una coppia.

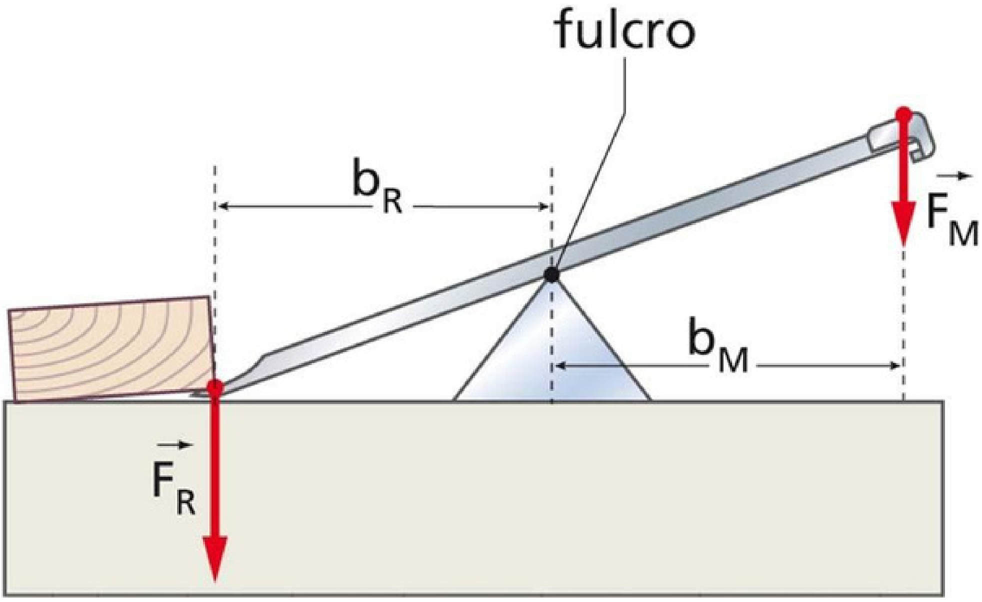
La forza risultante dalla somma delle forze della coppia è nulla. Però anche se non esercita una forza risultante, ognuna delle due forze esercita un momento.

Poiché la somma dei due momenti non si annulla, la coppia esercita un momento risultante che tende a far ruotare il corpo.

Si dimostra che il momento risultante di una coppia di forze, M, non dipende dal punto P rispetto al quale esso è calcolato, ma dipende solo dalla distanza tra i punti di applicazione delle due forze.

4.18. Leve

Una leva è una macchina semplice, un dispositivo costruito dall'uomo per vincere mediante una forza detta motrice (FM), un'altra forza detta resistente (FR).

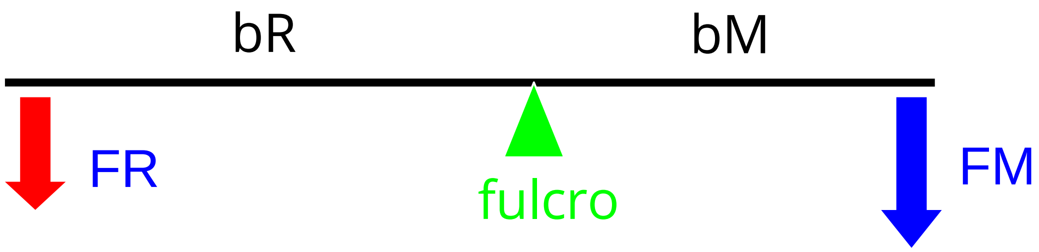


Lo scopo delle leve primordiali era quello di amplificare la forza umana permettendo di svolgere lavori non consentiti dal semplice impiego della forza muscolare.

Le leve obbediscono ad un principio fisico abbastanza semplice: il sistema è in equilibrio se la risultante dei momenti delle due forze è nulla.

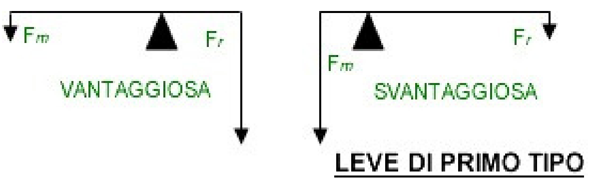
Ricordiamo che in fisica *il momento di una forza rispetto ad un centro è espresso da un vettore di modulo pari al prodotto della intensità della forza per la lunghezza del suo braccio (distanza della retta d'azione della forza dal fulcro).*

Se la somma dei momenti delle forze è pari a zero allora avremo soddisfatta la condizione di equilibrio alla rotazione: *FR • bR = FM • bM*



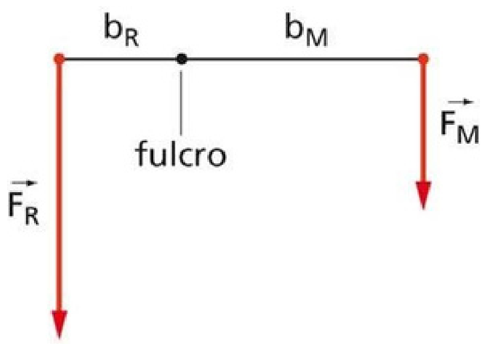
Leve del primo tipo.

Una leva è di primo tipo o di prima specie se il fulcro si trova tra la forza motrice e la forza resistente. A sua volta la leva di primo tipo può essere vantaggiosa se la forza motrice è più distante dal fulcro della forza resistente oppure, nel caso contrario, svantaggiosa.



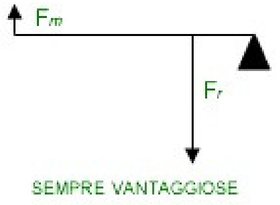
Sono leve di primo tipo il piede di porco, le forbici, le tenaglie ecc.

Ad esempio nelle forbici lo schema delle forze sarà:



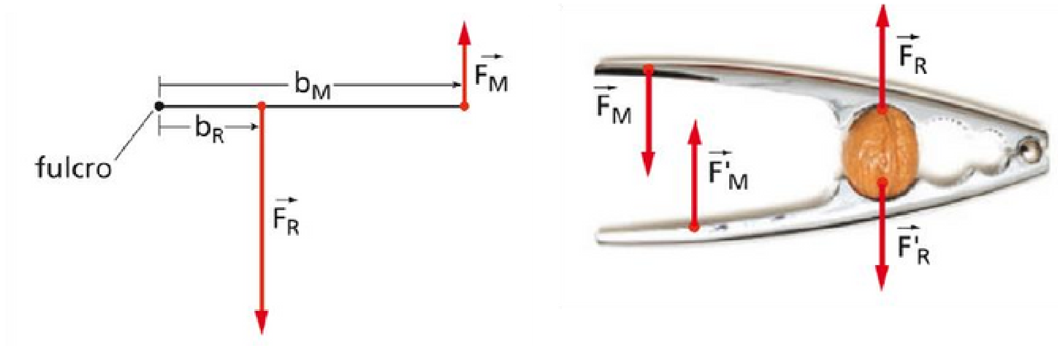
Leve del secondo tipo.

Una leva si dice di secondo tipo o di seconda specie se il fulcro si trova dalla stessa parte della forza motrice e della forza resistente, allo stesso tempo occorre che la forza motrice sia più distante dal fulcro rispetto alla resistente. Si deduce quindi che le leve di secondo tipo sono sempre vantaggiose. Sono leve di secondo tipo la carriola, lo schiaccianoci, l'apribottiglie, etc.



LEVE DI SECONDO TIPO

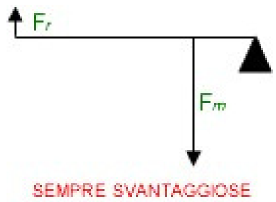
Ad esempio nello schiaccianoci lo schema delle forze sarà:



Leve del terzo tipo.

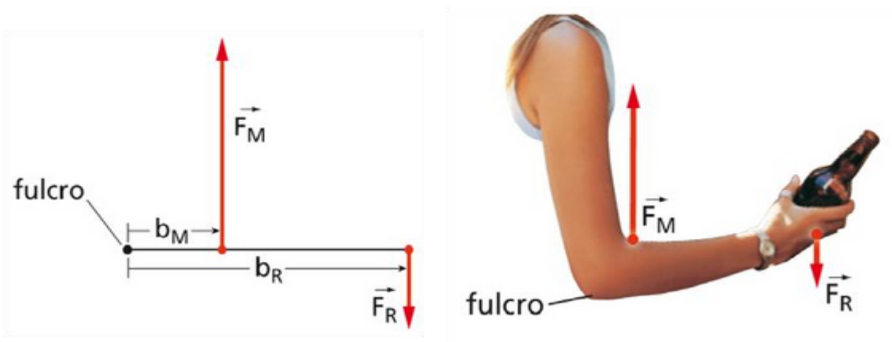
Una leva è di terzo tipo o di terza specie se il fulcro si trova dalla stessa parte della forza motrice e della forza resistente, allo stesso tempo occorre che la forza motrice sia più vicina al fulcro rispetto alla resistente. Si deduce quindi che le leve di terzo tipo sono sempre svantaggiose.

Ad esempio sono leve di terzo tipo le pinze.



LEVE DI TERZO TIPO

Anche i muscoli del nostro corpo, inseriti sulle ossa, sono dal punto di vista fisico delle leve. In figura è rappresentata la flessione dell'avambraccio ad opera del muscolo bicipite brachiale:



Questo è un classico esempio di leva di terzo tipo, che come abbiamo detto è sempre svantaggiosa.
Essendo più corto il braccio di leva, la forza sviluppata dal muscolo bicipite deve essere di gran lunga superiore rispetto alla forza peso della palla che si tiene sulla mano. Questo tipo di leva, permette però una grande ampiezza e rapidità di movimento.

In fisica si parla infatti di vantaggio statico e di vantaggio dinamico. Si ha un vantaggio statico, quando impiegando una minore forza motrice si può vincere una maggiore forza resistente (leva vantaggiosa), in questo caso però la velocità e l'ampiezza del movimento sono piccole, si ha quindi uno svantaggio dinamico.

Automaticamente uno svantaggio statico (leva svantaggiosa) permette una maggiore velocità e ampiezza di movimento, cioè un vantaggio dinamico.