

Fisica - Riconcetto

GRANDEZZE FISICHE

Una grandezza fisica è la proprietà di un corpo / fenomeno definibile attraverso un processo di misura. La misura consiste nel rapportare una grandezza fisica e un campione.

Le regole che determinano le relazioni matematiche tra più grandezze fisiche sono dette leggi fisiche. Ogni relazione matematica è frutto di numerosi esperimenti ed è ritenuta valida finché non si dimostra il contrario.

UNITÀ DI MISURA

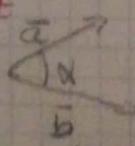
Ai ogni grandezza fisica corrisponde un'unità di misura, una grandezza omogenea scelta come campione. È possibile,

anche se operativamente scomode, scegliere unità indipendenti per ogni grandezza però è preferibile utilizzare le cosiddette unità fondamentali (stabili a livello internazionale). Tutte le altre unità, dette derivate, si determinano a partire da quelle fondamentali.

UNITÀ	SIMBOLO	SIGNIFICATO
lunghezza	m	metri
tempo	s	secondo
massa	kg	chilogrammo
corrente	A	ampère
temperatura	K	Kelvin

PRODOTTO SCALARE

$$a \cdot b = a b \cos \alpha$$



Il prodotto scalare è il prodotto dell'intensità dei vettori per il coseno del loro angolo.

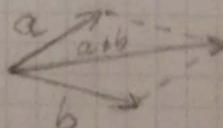
GRANDEZZE SCALARI E VETTORIALI

Una grandezza scalare è un tipo di grandezza che si può riprodurre in scala secondo un determinato riferimento.

Una grandezza vettoriale è un tipo di grandezza in cui è necessario specificare il verso, l'intensità e la direzione per determinare la posizione finale dopo uno spostamento. Si rappresentano con i vettori.

SOMMA DI VETTORI

La somma di vettori si ottiene utilizzando il metodo del parallelogramma, ovvero si disegna un parallelogramma con i vettori e si traccia la diagonale:

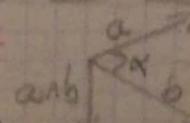


PRODOTTO VETTORE-SCALARE

Il prodotto tra un vettore e uno scalare è un vettore avente stesso verso e direzione e come intensità il prodotto tra lo scalare e l'intensità del vettore precedente.

PRODOTTO VETTORIALE

$$|a \wedge b| = a \cdot b \sin \alpha$$



Il prodotto vettoriale è il vettore avente direzione perpendicolare al piano dei vettori di partenza, l'intensità è data dal prodotto del modulo dei due vettori per il seno dell'angolo che formano e il verso si ottiene con la "regola della mano destra".

Vettore

Il vettore non è altro che un vettore con verso e modulo uguali al vettore di partenza ma con intensità unitaria.

$$\begin{array}{c} \vec{a} \\ \vec{a} \\ \vec{a} = a\vec{u} \end{array}$$

$$|\vec{u}| = 1$$

Per comodità, è possibile un vettore in uno spazio XYZ i cui versori sono indicati rispettivamente con i, j e k , detti componenti cartesiane.

Un vettore \vec{a} può essere ricomposto nel seguente modo:

$$a = a_x \cdot i + a_y \cdot j + a_z \cdot k$$

In questo modo si verificano le seguenti operazioni:

- La somma tra 2 vettori non è altro la somma delle componenti:

$$v = a + b \rightarrow v_x = a_x + b_x; v_y = a_y + b_y; v_z = a_z + b_z;$$

- Il prodotto vettore - scalare è il prodotto tra lo scalare e le componenti:

$$v = s \cdot a \rightarrow v_x = s \cdot a_x; v_y = s \cdot a_y; v_z = s \cdot a_z;$$

- Il prodotto scalare tra vettori è la somma dei prodotti delle componenti:

$$a \cdot b = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$$

- Il modulo di un vettore è la radice quadrata del prodotto scalare:

$$a = |a| = \sqrt{a \cdot a} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

- Il prodotto vettoriale è un vettore avente come componenti la differenza delle componenti non omologhe di ciascun vettore:

$$a \wedge b = (a_y b_z - a_z b_y) i + (a_x b_z - a_z b_x) j + (a_x b_y - a_y b_x) k$$

Cinematica

La cinematica è lo studio dei moti indipendentemente dalle loro cause.

MOTO LINEARE

Consideriamo un punto x , la posizione di quel punto in quell'istante è una funzione del tempo.

$$x(t) \quad x(t_1) \quad x(t_2)$$

La velocità non è altro che il rapporto tra lo spazio percorso da un certo punto in un certo intervallo di tempo:

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

si misura in m/s o in Km/h
 $1 \text{ Km/h} = 3,6 \text{ m/s}$

Se misuriamo la velocità a intervalli sempre più piccoli, si ottiene la velocità istantanea, ovvero la derivata dello spazio rispetto al tempo.

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$v_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

Anche la velocità è una funzione del tempo e la variazione di velocità in un certo intervallo di tempo si chiama accelerazione e si misura in m/s^2 .

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

In quel caso precedente, è possibile misurare l'accelerazione a intervalli sempre più piccoli per ottenere l'accelerazione istantanea.

$$a_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

In poche parole, l'accelerazione istantanea è la derivata prima rispetto al tempo.

Dal momento che l'accelerazione è una funzione del tempo e la derivata della velocità è propria questa, posiamo concludere che l'integrale dell'accelerazione è la velocità.

$$v_i = \int_{t_0}^t a(t) dt + v_0$$

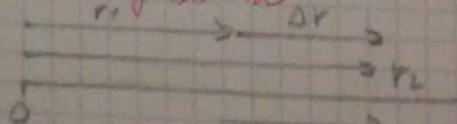
Lo stesso si può dire per lo spazio e la velocità

$$s = \int_{t_0}^t v(t) dt + s_0$$

MOTO IN TRE DIMENSIONI

Il moto in generale avviene su tre dimensioni, quindi bisogna considerare il vettore r in funzione del tempo

moto lungo un'asse



$$\bar{v}_m = \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

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

Nel moto di vettori lungo un'asse, la velocità e l'accelerazione media si calcolano normalmente mentre la velocità istantanea è la derivata dello spostamento rispetto al tempo, stessa operazione per l'accelerazione istantanea.

$$\bar{v}_i = \frac{dr}{dt}$$

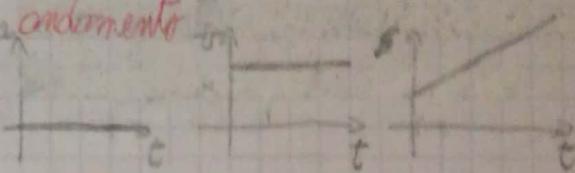
$$\bar{a}_i = \frac{d\bar{v}}{dt}$$

MOTO RETTILINEO UNIFORME

Il moto rettilineo uniforme è un tipo di moto in cui la velocità è costante e, di conseguenza, l'accelerazione equivale a 0.

$$\bar{v} = \text{cost.} \quad a = 0 \quad s = vt + s_0$$

andamento



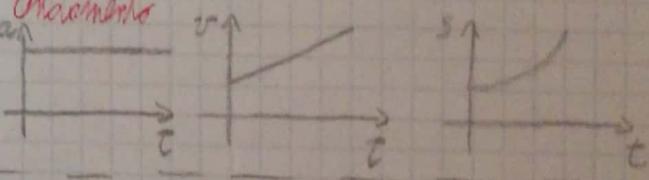
MOTO RETTILINEO UNIFORMEMENTE ACCELERATO

Il moto rettilineo uniformemente accelerato è un tipo di moto in cui l'accelerazione è costante.

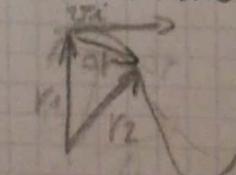
$$a = \text{cost.} \quad \bar{v} = at + v_0$$

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

andamento



In generale, il moto avviene su una curva generica, detta traiettoria del moto, dove è possibile calcolare il vettore Δr .



La velocità e l'accelerazione media e istantanea si calcolano allo stesso modo mostrato in precedenza. La velocità istantanea è il vettore tangente alla traiettoria del punto considerato.

Quando Δt tende a 0, anche Δs tende a 0, quindi:

$$\lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta s} = \bar{v}$$

\bar{v} è un vettore e con questo possiamo trovare due tipi d'accelerazione:

- accelerazione tangenziale $\bar{a}_t = \frac{d\bar{v}}{dt}$ indica il cambiamento del modulo

- accelerazione centripeta $\bar{a}_c = \bar{v} \cdot \frac{d\bar{v}}{dt}$

L'accelerazione istantanea è la somma di queste due.

Moto parabolico

Il moto parabolico avviene quando si lancia un oggetto orizzontalmente sotto riente della forza di gravità.

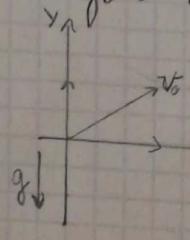
- La forza di gravità agisce solo sull'asse y e non nell'asse x .
 - La componente x della velocità rimane di conseguenza costante.
 $v_x = v_0 \rightarrow x = v_0 t$
 - $v_y = -gt \rightarrow y = -\frac{1}{2} gt^2$
- NOTA:** v_y è negativa perché la forza di gravità agisce in direzione opposta rispetto al sistema di riferimento.

Per ottenere la traiettoria, si elimina la variabile t dalle equazioni del moto:

$$x = v_0 t \rightarrow t = x/v_0 \rightarrow y = -\frac{1}{2} \left(\frac{g}{v_0^2}\right) x^2 = ax^2 \quad a < 0$$

CASO GENERALE

Supponiamo che un oggetto venga lanciato orizzontalmente ad una certa velocità con un angolo θ .



In questo caso vi è la composizione di due moti rettilinei:

- moto uniformemente accelerato lungo l'asse y :
 $v_y = v_0 \sin \theta - gt \rightarrow y = v_0 \sin \theta - \frac{1}{2} gt^2$

- moto rettilineo uniforme lungo l'asse x :

$$v_x = v_0 \cos \theta \rightarrow x = v_0 \cos \theta t$$

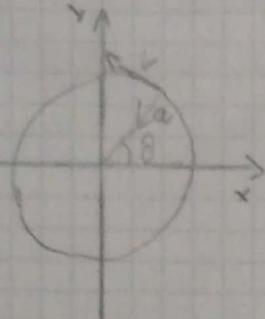
La traiettoria si calcola allo stesso modo mostrato precedentemente.

È anche possibile determinare la cosiddetta gittata, basta porre $y=0$ nell'equazione della traiettoria e si ottengono due soluzioni:

- $x=0$, il punto di lancio;
- $x = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta$;

Moto circolare

moto circolare è quel tipo di moto in cui un oggetto percorre una circonferenza di raggio R . L'angolo θ tra il raggio del vettore e l'asse x è una funzione del tempo, la sua derivata è detta velocità angolare.



$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

La velocità angolare è anch'essa una funzione del tempo e ci permette di calcolare l'accelerazione angolare.

se ω è costante, il moto circolare è detto uniforme. La velocità lineare è un vettore tangente alla circonferenza.

$$v = R\omega$$

L'accelerazione è un componente diretta verso il centro del cerchio, poiché quella tangenziale è nulla.

NOTA: nonostante sia un moto uniforme, la velocità non è costante e l'accelerazione non è nulla, dato che si tratta di un vettore la cui direzione varia punto a punto. L'accelerazione, essendo centripeta, varia la direzione ma non il modulo del vettore.

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

Quando il moto circolare è uniforme, ω è costante e poi:

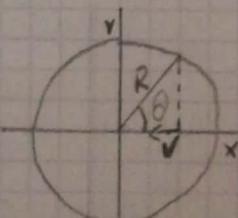
$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ rad/s}$$

T è il periodo ovvero il tempo necessario per compiere un giro. La frequenza, l'opposto del periodo, è il numero di giri completi in un secondo.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \text{ Hz}$$

MOTO ARMONICO

Il moto armonico è la proiezione di un punto che si muove in modo uniforme nel moto circolare



ad ogni istante, la posizione del punto è:

$$x = R \cos \theta = R \cos(\omega t)$$

l'elongazione è il movimento fatto dal punto dall'origine ed è pari, in valore assoluto, ad R .

La velocità si ricava nel seguente modo:

$$v = -R\omega \sin(\omega t)$$

NOTA: la velocità è diretta con la posizione: quando una delle due è minima, l'altra è nulla. L'accelerazione, invece, è:

$$a = -R\omega^2 \cos(\omega t) = -\omega^2 x$$

l'accelerazione è direttamente proporzionale allo spostamento: si può dimostrare che il moto ha sempre accelerazione proporzionale allo spostamento tramite integrazione diretta.

Dinamica

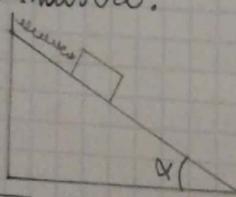
La dinamica è lo studio dei moti in relazione alle cause che lo determinano. Le cause che determinano il moto sono dette forze, degli "spari" che, applicati ad un corpo, ne permettono il movimento o la deformazione. Per fare un esempio, quando tiriamo una molla, essa si deforma, oppure quando una palla colpisce dei bordi, essi si muovono. Una forza è maggiore rispetto alle altre quando provoca una deformazione/movimento maggiore.

PRINCIPI DELLA DINAMICA

PRIMO PRINCIPIO (INERZIA)

Un corpo è in stato di quiete o in moto rettilineo uniforme finché non agiscono cause esterne.

Per determinare l'effetto di una forza su un corpo, si considera una forza costante, la forza peso, e un piano inclinato di angolo α dove il corpo non può muoversi.



In questo caso si attacca una molla tenuta al corpo e si lascia

Cedere sul piano di moto uniformemente accelerato, dopo di che si misura l'accelerazione.

Vedendo l'angolo α del piano inclinato, concludiamo che il modulo della forza peso è quindi:

$$F = F_p \sin \alpha$$

Se rapportiamo la forza con la rispettiva accelerazione, scopriamo che il rapporto è costante:

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = \frac{F_m}{a_m} = K$$

La costante K non dipende dalle condizioni del moto ma dal corpo.

Era agisce sul corpo e la sua accelerazione è detta massa inversa ed è una caratteristica di ciascun corpo che muta le proprie condizioni di moto.

Questa relazione si può sintetizzare con la seguente formula:

$$F = m \cdot a$$

La massa è una grandezza derivata e si misura in Newton (N).

SECONDO PRINCIPIO

Quando una forza agisce su un corpo, esso produce un'accelerazione con verso e direzione della forza e con intensità pari al rapporto tra il modulo della forza e la massa del corpo.

$$\bar{F} = m \cdot \bar{a}$$

Questa relazione spiega che le forze agiscono sull'accelerazione del corpo cui è applicata.

TERZO PRINCIPIO (AZIONE - REAZIONE)

Quando due corpi interagiscono, la forza del primo sul secondo è uguale e contraria alla forza del secondo sul primo.

Un sistema è isolato quando su un corpo non agisce alcuna forza (non vengono considerate le forze reciproche interne al sistema perché sono uguali e contrarie a due a due).

Le leggi di forze

FORZA COSTANTE

Quando la forza è costante, anche l'accelerazione lo è.

Il corpo si muove in modo uniformemente accelerato, nel corso della forza però, verso il basso, quindi:

$$\bar{F} = m\bar{g} = mg \bar{J} = m \frac{d^2y}{dt^2}$$

Per ricavare lo spazio y si integra due volte:

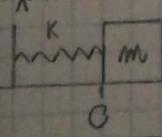
$$y = \frac{1}{2}gt^2 + v_0 t + y_0$$

FORZA ELASTICA

L'intensità di una forza è proporzionale alla deformazione di un corpo, alla fine i corpi riacquittano la loro forma originaria, essi sono detti elasticci e seguono la legge di Hooke: la forza necessaria a deformare un corpo è proporzionale all'intensità della deformazione.

$$F = -kx$$

Quando la deformazione è molto, i materiali reali non riacquittano completamente la forma originaria una volta cessa la forza. Per questo la legge di Hooke vale solo per le piccole deformazioni nei materiali reali.



$F = -kx = -m\omega^2 x$ → l'accelerazione è proporzionale allo spostamento secondo una costante negativa. Questo

$$\ddot{x} = -\omega^2 x$$

è caratteristico del moto armonico, infatti m oscillerà intorno

alla posizione d'equilibrio: $x = A \cos(\omega t + \phi)$

FORZA DIPENDENTE DALLA VELOCITÀ

La forza dipende dalla velocità quando un corpo si muove in un mezzo viscoso: il mezzo oppone un'attrito proporzionale alla velocità:

$$F = mg - kv$$

k è una costante di proporzionalità e si misura in Kg/s .

Per garantire che k abbia le corrette dimensioni, l'equazione fondamentale stabilisce che:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{k}{m} \frac{dy}{dt} - g = 0$$

È dimostrabile che la soluzione dell'equazione è del tipo:

$$y = A + Bt + C e^{-Dt}$$

L'equazione del moto è la seguente:

$$y = A + \frac{mg}{k} t + C e^{-\frac{k}{m}t}$$

$\frac{mg}{k}$ ha le dimensioni di una velocità v , se moltiplicato per t , si ottiene la lunghezza.

$\frac{k}{m}$ ha le dimensioni dell'inverso del tempo τ , se moltiplicato per il tempo, si ottiene una numero pura.

Il moto è quindi composto da un moto rettilineo uniforme e un moto che si annulla esponenzialmente.

$$t \approx 0 \rightarrow y \approx a + bt + ct^2$$

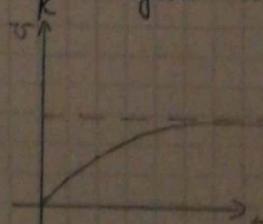
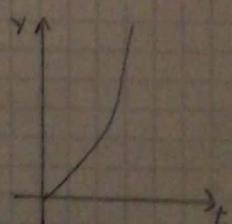
$$t \approx \infty \rightarrow y = a + bt$$

Al crescere della velocità, cresce anche la forza fino a compensare la forza peso, quindi:

$$v = \frac{mg}{k} - C \frac{k}{m} e^{-\frac{k}{m}t}$$

VELOCITÀ
LIMITE

La velocità limite, a piccoli istanti, cresce linearmente ($v \approx a + bt$) mentre $v \approx \frac{mg}{k}$ a grandi istanti.



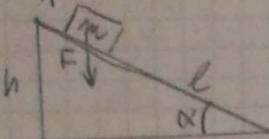
Lavoro

Il lavoro è la forza che agisce lungo un tratto s :

$$L = F \cdot s \rightarrow L = F \cdot s \cos \alpha \quad \begin{matrix} \text{caso in cui la forza} \\ \text{non è parallela allo spostamento} \end{matrix}$$

Il lavoro è una grandezza derivata e si misura in Joule (J).

Se si considera un corpo che compie un lavoro scivolando su un piano inclinato di angolo α , la formula sarà la seguente:



$$L = F l \sin \alpha = m g l \sin \alpha = mgh$$

$$L = \int F ds$$

Quando il lavoro è positivo, esso è detto lavoro motore, altrimenti è detto lavoro resistente.

Potenza

La potenza è il lavoro compiuto in un certo intervallo di tempo e si calcola con la seguente formula:

$$W_m = \frac{L}{\Delta t}$$

La potenza istantanea non è altro che la derivata del lavoro rispetto al tempo:

$$w_i = \frac{dL}{dt} \quad \begin{matrix} \text{la potenza è anch'essa una} \\ \text{grandezza derivata e} \\ \text{si misura in Watt (W).} \end{matrix}$$

Potenziale

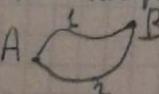
Una forza si dice conservativa quando il lavoro non dipende dallo spostamento.

$$L = \int_A^B F ds = U(B) - U(A) = V(A) - V(B)$$

Vi è l'energia potenziale della forza conservativa F . La somma delle energie cinetica e potenziale si mantiene sempre costante.

$$E = K + V \quad E \text{ è l'energia meccanica, quindi si può dire che quando } F \text{ è conservativa, l'energia meccanica si conserva.}$$

Quando F è conservativa, il lavoro del primo spostamento è uguale a quello del secondo.



L'energia cinetica è il lavoro compiuto da una forza su un corpo di massa m , si calcola con la seguente formula:

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

Quando L è un lavoro motore, la velocità del corpo aumenta, altrimenti diminuisce. L'energia può essere quindi vista come la capacità di un lavoro da compiere.

Infatti, quando una forza agisce su un corpo in quiete di massa m portandolo a velocità v , esso si guadagna di energia K . Se successivamente il corpo subisce una forza contraria fino a fermarsi, esso ha però energia compiendo un lavoro L pari a K . Se invece di fermarsi, passa ad una velocità minore, il corpo ha perduto solo parte dell'energia cinetica e la restante verrà utilizzata per un ulteriore lavoro.

La variazione di energia cinetica si calcola nel seguente modo:

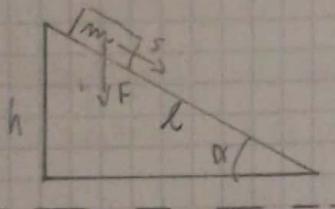
$$\Delta K = K_2 - K_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = mgh$$

In poche parole, la variazione ΔK è pari al lavoro della forza $pera$.

Caso della forza peso

Si lascia cadere un corpo da un'altezza y_1 , quando arriva ad un'altezza y_2 il lavoro della forza peso sarà: $L = F_s = mg(y_1 - y_2) = mgh$
L'energia potenziale è $V = mgy$

Dato che il moto è rettilineo uniforme, la velocità che il corpo assume è $v = \sqrt{2gh}$, quindi: $K = \frac{1}{2}mv^2 = mgh$



Nel corso di loschi colpire un corpo su un piano inclinato, bisogna tener conto della lunghezza e dell'inclinazione del piano. Tuttavia, le formule rimangono le stesse.

POTENZIALE ELASTICO

Si considera una forza elastica F , è possibile che si opponga al moto e non costante dalla dimostrare che anch'essa è conservativa e ammette potenziale. Il lavoro sarà:

$$\text{intervento } m \rightarrow L = \frac{1}{2}K(x_1^2 - x_2^2)$$

Quando il lavoro è positivo, la molla si porta in posizione d'equilibrio e compie lavoro, altrimenti si allunga a causa del lavoro contro la forza elastica. La forza elastica ammette potenziale perché il lavoro dipende dall'allungamento della molla. $V = \frac{1}{2}Kx^2$

Il moto è oscillatorio armonico, se la molla viene spostata nella posizione x_{\max} e poi lasciata libera, l'energia meccanica sarà:

$$E = K + V = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Kx^2$$

ATTRITO

L'attrito è un tipo di forza non conservativa. Vi sono due tipi d'attrito:

- Statico: si manifesta quando un corpo appoggiato su una superficie inizia a muoversi; essa è proporzionale al peso del corpo ma non alla superficie di contatto. $F_s = K_s m g n$

- Dinamico: si manifesta quando il corpo è già in moto e come per quello statico, l'attrito è proporzionale al peso del corpo ma non alla superficie di contatto. $F_d = K_d m g n$

L'attrito è un tipo di forza dissipativa che non ammette potenziale e si oppone al moto diminuendo l'energia cinetica, il lavoro dell'attrito lungo un cammino rettilineo è:

$$L = -K_d m g l$$

Lungo una semicirconferenza è nel seguente modo:

$$L = -K_d m g \frac{\pi}{2} l$$

Impulso e quantità di moto

L'impulso elementare è la differenza di potenziale delle quantità di moto.

$$I = m_1 v_2 - m_1 v_1 = q_2 - q_1 = \Delta q$$

$$q = mv$$

$$I = \Delta q$$

Quando una forza agisce in un certo intervallo, l'impulso è pari alla variazione di quantità di moto.

In un sistema isolato non agiscono forze esterne, quindi:

$$F = 0 \rightarrow \Delta q = 0 \rightarrow q_2 = q_1$$

In buone parole, in un sistema isolato la forza non si conserva.

URTO PERIFERICO

Un urto è periferico quando i barycentri dei corpi non sono allineati. In tal caso, bisogna tenere conto del carattere vettoriale della quantità di moto e l'angolo α con cui si allontano uno dei due corpi. L'angolo α è legato al "parametro d'urto", ovvero la distanza dei barycentri dei corpi.

SISTEMI A MOLTI CORPI

Considerando un sistema a molti corpi puntiformi, è possibile calcolarne il centro di massa, ovvero avendo la media pesata delle posizioni secondo la massa:

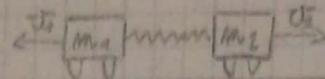
$$r_{cm} = \frac{\sum m_i r_i}{\sum m_i}$$

$$\sum m_i = M$$

Se il corpo è esteso, bisogna considerare la seguente formula:

$$r_{cm} = \frac{r \int dm}{\int dm}$$

Urto elastici e anelastici



Consideriamo due correlli attaccati con una molla, come nell'esempio, appena essa viene liberata, i correlli vanno in direzioni opposte ma con velocità inversamente proporzionali alle masse.

$$m_1 v_1 = -m_2 v_2$$

La formula sopra non basta per calcolare la velocità, quindi si deve aggiungere la conservazione dell'energia:

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 - \frac{1}{2} K x^2 = 0$$

Svolgendo contemporaneamente entrambe le formule, si può trovare le velocità dei due correlli.

URTO PERFETTAMENTE ELASTICO

Un urto è perfettamente elastico quando, oltre alla quantità di moto, si conserva l'energia totale.

$$v_f = \frac{m_1 + m_2}{m_1 - m_2} v_0 \quad \Rightarrow \quad v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_0$$

$$v_2 = \frac{2 \cdot m_1}{m_1 + m_2} v_0$$

URTO COMPLETAMENTE ANELASTICO

Un urto è detto anelastico quando alla fine i corpi proseguono attaccati.

$$v_f = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_0$$

In un sistema di particelle la risultante della forza peso è uguale alla forza Mg in un punto detto centro di gravità. La densità è il rapporto tra la massa ed il volume di un corpo (o un insieme di corpi)

$$\rho = \frac{M}{V}$$

OTTO DI SISTEMI A MOLTI CORPI

Velocità del centro di massa è:

$$v_{cm} = \frac{\sum m_i v_i}{M} \quad \text{dove } \sum m_i v_i = M v_{cm}$$

Questo interessa solo il moto collettivo della componente, si può limitare lo studio solo al centro di massa. L'accelerazione del centro di massa è: $a_{cm} = \frac{\sum m_i a_i}{M}$

$$\text{dove } \sum m_i a_i = \sum F_i = \sum F_{i,\text{int}} + \sum F_{i,\text{ext}}$$

La forza interna è quella dovuta alle particelle del sistema mentre quella esterna riguarda le cause esterne al sistema.

Dato che $\sum F_{i,\text{int}} = 0$ (TERZO PRINCIPIO DINAMICA) si ha che: $M a_{cm} = \sum F_{i,\text{ext}}$

Un sistema è detto isolato quando $\sum F_{i,\text{ext}} = 0$ e quindi $M \cdot a_{cm} = 0$. Si può dire anche che, in un sistema isolato, la quantità di moto totale è costante. L'energia cinetica totale è quindi:

$$K_{tot} = \frac{1}{2} M v_{cm}^2 + \sum \frac{1}{2} m_i v_i^2$$

Un corpo è definito rigido quando la distanza fra i punti rimane costante durante tutto il moto. In tal caso:

$$K_{tot} = \frac{1}{2} M v_{cm}^2$$

MONIMENTO DELLA QUANTITÀ DI MOTO IN UN SISTEMA

Il momento della quantità di moto al baricentro di un sistema ha risultati interessanti, infatti:

$$M_{cm} = r \wedge q_{cm} = M v_{cm}$$

Nel caso il sistema sia isolato, la quantità di moto al baricentro si conserva, quindi: $M_{cm} = \text{costante}$

DINAMICA ROTAZIONALE

MONIMENTO D'INERZIA

Consideriamo una massa m in moto circolare uniforme distante r dal punto O , l'energia cinetica è

$$K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m r^2 \omega^2$$

Il momento d'inerzia è il prodotto tra la massa ed il quadrato del raggio, quindi:

$$I = m r^2 \rightarrow K = \frac{1}{2} I \omega^2$$

DINAMICA ROTAZIONALE DEL PUNTO

Quando una forza provoca la rotazione di un corpo, l'effetto non dipende solo dall'intensità ma anche dal punto d'applicazione. Data una forza F ed un punto O , il momento della forza in quel punto è il prodotto esterno della forza per la distanza da O al punto d'applicazione.

$$\tau = r \wedge F = I \ddot{\alpha}$$

In maniera analoga è possibile calcolare il momento angolare rispetto al punto O .

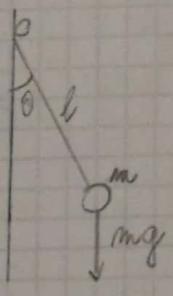
$$M = r \wedge q = I \ddot{\omega}$$

PENDOLO

SEMPLICE

Consideriamo l'esempio a sinistra, l'equazione fondamentale è:

$$\tau = I \ddot{\alpha} = -mgh \sin \theta$$



se l'angolo θ è piccolo, si può approssimare $\sin \theta$ a θ che rappresenta

il moto armonico
il cui periodo è:

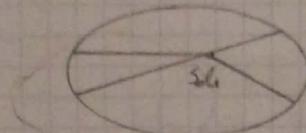
$$\theta = \theta_0 \sin(\omega t + \phi)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{l/g}$$

Introduzione gravitazionale

LEGGI DI KEPLERO

- 1) ogni pianeta compie un'orbita ellittica in cui il Sole occupa uno dei due fuochi.
- 2) Il vettore che congiunge il pianeta al Sole sottra area uguali in tempi uguali.



- 3) Il rapporto tra il quadrato del tempo di rivoluzione T e il cubo del semiasse maggiore dell'orbita è uguale per tutti i pianeti

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

CAMPO E POTENZIALE GRAVITAZIONALE

Il campo gravitazionale è dato dalla forza per l'unità di massa:

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

È possibile dimostrare che la forza è conservativa e l'espressione è riunendo spostando una massa da un punto A a un punto B calcolandone il lavoro

$$V = -G \frac{m \cdot m_0}{r}$$

Il potenziale del campo gravitazionale è:

$$U = -G \frac{m}{r}$$

l'energia meccanica di una massa m che si muove nel campo gravitazionale è:

$$E = K + V = \frac{1}{2} m v^2 - G \frac{m M}{r}$$

$$\text{Se } E < 0 \rightarrow E = \frac{1}{2} m v^2$$

la velocità di fuga è la velocità di una massa m necessaria a liberarsi dalla gravità terrestre. Siccome l'energia si conserva, si ha che:

$$v_f = \sqrt{\frac{2G M_T}{R_T}}$$

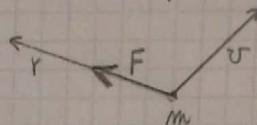
LEGGE DI NEWTON (gravitazione universale)

Date due masse puntiformi, esse si attraggono con direzione la congiungente i due corpi e verso attativo. Il modulo è proporzionale alle masse e inversamente proporzionale al quadrato della distanza.

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

G è la costante di gravitazione universale e vale $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$

È possibile dimostrare che il moto guidato da una forza centrale giace su un piano con direzione sempre rivolta verso il punto fino.



I vettori r e v identificano un piano in un certo istante in cui:

$$\vec{s} = q \vec{r}$$

$$M = F \wedge r$$

Il momento è nullo poiché F e r sono paralleli, rendendolo costante nel tempo. Newton, utilizzando la legge di Keplero, determinò il modulo della forza:

$$F = K \frac{m}{r^2}$$

GRAVITÀ TERRESTRE

la forza con cui la Terra attira una massa m è

$$F_T = G \frac{m M_T}{R_T^2}$$

R_T è la distanza tra i due corpi.

la forza per la quale è sollecitata la massa m è:

$$F_p = m g$$

Quindi:

$$g = G \frac{M_T}{R_T^2}$$

$$M_T = \frac{g}{G} R_T^2$$

- Fluidi sono corpi la cui forma non è costante e si possono distinguere in:*
- Liquidi: hanno volume costante e prendono la forma del contenitore;
 - Gas: non hanno volume costante e occupano tutta il volume disponibile.

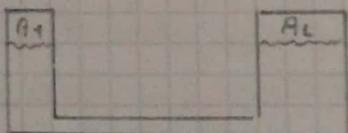
I fluidi si distinguono anche in fluidi reali e ideali: i primi hanno attriti interni e non sono perfettamente elastici, il discorso è inverso per i secondi. In più, i liquidi ideali sono incompressibili e instillabili.

PRESSIONE

La pressione è la forza applicata su una determinata superficie:

$$p = F/S$$

PRINCIPIO DI PASCAL



Il principio di Pascal afferma che una variazione della pressione in un punto del fluido si trasmette in tutti gli altri punti. quindi:

$$\text{se } p = F/A_1 \quad \text{e} \quad F' = pA_2$$

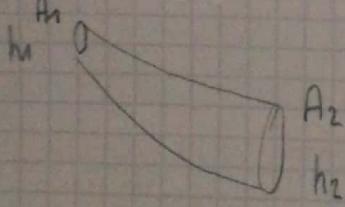
$$\text{allora } F' = F A_2/A_1 >> 0$$

In questo modo si riusce a "moltiplicare" la forza.

L'unità di misura della pressione (grandezza derivata) è il Pascal (Pa) cioè 1 N/m^2 .

TEOREMA DI BERNOULLI

Il moto stazionario è caratterizzato dal fatto che le particelle si muovono in modo parallelo in traiettorie che non si intersecano detta linea di flusso.

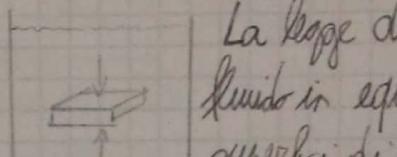


Si ha quindi che:

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + p + \rho g h = \text{costante}$$

da cui se $v=0 \rightarrow p + \rho g h = \text{costante}$
e se $h=\text{costante}$

$$\rightarrow \frac{1}{2} \rho v^2 + p = \text{costante}$$



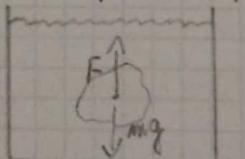
Ci ha quindi che:

• Nei liquidi $p = pgh + p_0$;

• Nei gas $p = p_0 e^{-KgY}$;

SPINTA IDROSTATICA

Un corpo immerso in un liquido riceve una spinta verso l'alto il cui modulo è pari al peso del volume del liquido sputato.



$$F_{\text{sp}} = m g$$

TEOREMA DI TORRICELLI

Il teorema di Torricelli indica che la velocità v di un liquido che fuoriesce da un contenitore dipende dalla pressione atmosferica.

$$\frac{1}{2} \rho v^2 = \frac{1}{2} \rho v_0^2 + \rho g h$$

$$\text{e quindi } v = \sqrt{2gh}$$

TURBOLENZA

I moti turbolenti sono tipi di moto che si manifestano quando la velocità del fluido è troppo alta, con conseguente dispersione d'energia senza aumenti di velocità.

Il tipo di moto è predetto da numero di Reynolds: quando un fluido denso ρ e viscoso η attraversa a velocità v un condotto di diametro d , il numero è:

$$R = \frac{vd\rho}{\eta}$$

Quando $R < 2000$, il moto è laminare, altrimenti se $R > 5000$, il moto è turbolento. Nei valori intermedi il moto può passare da laminare a turbolento a seconda delle condizioni esterne.

PORTATA E LEGGE DI LEONARDO

La portata è la quantità di fluido che attraversa un condotto in un certo intervallo di tempo.

$$Q = \rho \cdot S \cdot v$$

La legge di Leonardo indica che $Q = \text{costante}$, nel caso di un liquido allora $Q = S \cdot v = \text{costante}$.

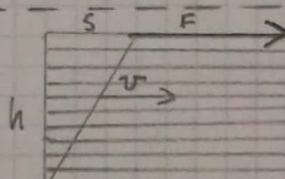
ATTRITO E VISCOSITÀ

In ogni fluido è presente l'attrito e non si può eliminare, quindi il teorema di Bernoulli diventa:

$$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + p_1 + \rho g h_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + p_2 + \rho g h_2 + L_{dt}$$

Bisogna anche stabilire una differenza di pressione per mantenere in moto il fluido, dato che un fluido reale perde velocità quando non vi sono differenze di pressione. La potenza delle forze di attrito è:

$$\text{Watt} = Q \Delta p$$



Imaginiamo di dividere il fluido in strati che scorrono a velocità differenti, la superficie S esercita attrito alla velocità diversa

$$F = \eta S \frac{\partial v}{\partial h}$$

η è il coefficiente d'attrito intero e viscosità, era diminuita all'aumentare della temperatura e aumenta all'aumentare della pressione.

La legge di Hagen - Poiseuille indica la quantità di fluido V che scorre nel tempo t in un condotto di raggio R e lungo L .

$$V = \frac{\pi R^4}{8\eta} \left(\frac{\Delta P}{L} + \rho g \sin \alpha \right) t$$

Calore e Temperatura

In un sistema termodinamico è una porzione di materia in cui operano le variabili termodinamiche, ovvero la pressione, il volume e la temperatura.

Quando questi valori sono costanti, il sistema è in equilibrio.

Gas Perfetti

Un gas è perfetto quando non vi sono attriti, le molecole sono puntiformi e rimane allo stato gassoso se compreso.

LEGGE DI AVOGADRO

Una mole di gas perfetto alla pressione di 1 atmosfera e alla temperatura di 0°C occupa sempre un volume di 22,4 dm³.

Una mole è la quantità di materia che indica il peso atomico espresso in grammi.

Il numero di Avogadro è il numero di particelle contenute in una mole. $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$

LEGGE DI BOYLE - MARIOTTE

Quando la temperatura è costante, il prodotto tra pressione e volume è costante. Si può concludere che pressione e volume sono inversamente proporzionali.

$$T = \text{costante} \rightarrow pV = \text{costante}$$

LEGGE DI GAY-LUSSAC

Quando il volume è costante, la pressione varia (trasformazione isocora). Quando la pressione è costante, il volume varia (trasformazione isobara).

$$V = \text{costante} \rightarrow p = p_0 \propto T$$

$$p = \text{costante} \rightarrow V = V_0 \propto T$$

\propto è una costante e misura $\frac{1}{273,15}$

EQUAZIONE DI STATO DEI GAS PERFETTI

$$pV = nRT$$

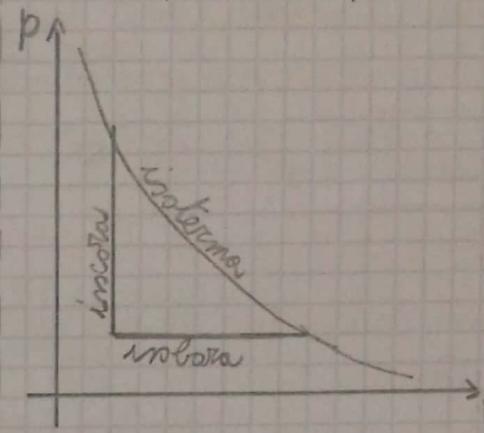
$$R = 8,31 \text{ J/mol K}$$

TRASFORMAZIONI

isotermia : Temperatura costante

isobara : Pressione costante

isocora : Volume costante



TEMPERATURA

La temperatura è una grandezza fondamentale del sistema internazionale misurabile tramite il termometro. Può essere espressa con tre unità di misura: il Kelvin (SI), il Celsius e il Fahrenheit. Nonostante non siano uguali, esse utilizzano la stessa scala.

$$0K = -273^{\circ}C$$

CALORE

Il calore è una grandezza non misurabile, visto che viene misurato è lo scambio di calore, che si misura in calorie (cal). Lo scambio di calore può avvenire in tre modi:

- CONDUZIONE: scambio di calore tra solidi, non vi sono movimenti macroscopici;
- CONVEZIONE: scambio di calore tra liquidi e gas, vi sono movimenti macroscopici;
- IRRAGGIAMENTO: scambio di calore in assenza di materia.

CAPACITÀ TERMICA

La capacità termica è il rapporto tra lo scambio di calore e la variazione di temperatura.

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

Il colore specifico è la capacità termica per unità di massa

$$c = \frac{C}{m}$$

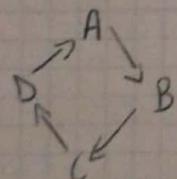
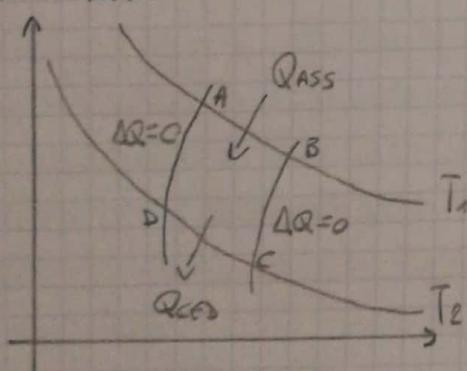
Una trasformazione è adiabatica quando non vi sono scambi di calore.

$$\Delta Q = 0 \rightarrow pV^\gamma = \text{costante}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} > 1$$

MACHINIA DI CARNOT

La macchina di Carnot è una macchina a 4 stadi.



TRASFORMAZIONI

A → B & C → D isotermica
B → C & D → A adiabatica

I° PRINCIPIO TERMODINAMICO

Il lavoro, nella trasformazione ciclica, è uguale allo scambio di calore

$$L = \Delta Q = Q_{ASS} - Q_{CSD}$$

Una macchina termica è una macchina ciclica che produce lavoro scambiando calore con serbatoi di calore (scambio calore senza variazione temperatura).

$$\Delta Q = C \Delta T$$

Il rendimento di una macchina è il rapporto tra il lavoro e il calore assorbito

$$\eta = \frac{L}{Q_{ASS}} = 1 - \frac{Q_{CSD}}{Q_{ASS}}$$

II° PRINCIPIO TERMODINAMICO

CLAUSUS: è impossibile trasferire calore da un corpo più freddo a uno più caldo.

KELVIN: è impossibile realizzare una macchina ciclica che scambia calore con una sola sorgente.

FUNZIONAMENTO

da A a B assorbe calore e mantiene la temperatura;
da B a C non cede calore e si raffredda;
da C a D cede calore e mantiene la temperatura;
da D a A non cede calore e aumenta la temperatura.

CICLO SEMPLICE DI CARNOT

$$Q_{ASS} = Q_1 \quad \& \quad Q_{CSD} = -Q_2$$

$$1 + \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \rightarrow \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0$$

$$\sum \frac{Q_n}{T_n} = 0$$

$\int \frac{dQ}{T} = dS \rightarrow$ entropia, il rapporto tra la quantità infinitesima di calore e la temperatura.
Nella macchina reale, l'entropia è costante.
L'entropia è l'unità di misura del rumore

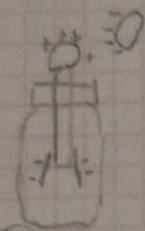
Elettostatica

L'elettostatica è lo studio dei fenomeni delle cariche elettriche di un certo tipo. Le cariche elettriche possono essere positive o negative e si respingono quando dello stesso segno, altrimenti si attraggono.

I materiali su cui sono trovate le cariche elettriche sono essere:

- Isolenti: le cariche rimangono ferme;
- Conduttori: le cariche sono libere di muoversi.

Una carica elettrica si misura con uno strumento chiamato elettroskopio:



Per misura la distanza delle due foglie separando le cariche positive da quelle negative.

LEGGI DI COULOMB

La legge di Coulomb indica che la forza attrattiva/repulsiva di due cariche elettriche è proporzionale al loro prodotto e inversamente proporzionale al quadrato della distanza.

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2} K$$

$$K = \frac{1}{2\pi\epsilon_0}$$

ϵ_0 è la costante dielettrica nel vuoto e vale $8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$

MILLIKAN

Millikan creò un campo magnetico tra due armature e ci spruzzò dentro microparticelle, egli scopri la quantità di carica minima misurabile

$$q_m = 1,6 \cdot 10^{-19} C$$

$$qE = mq \rightarrow q = \frac{mq}{E}$$

L'unità di misura della carica elettrica è il Coulomb (C), ovvero

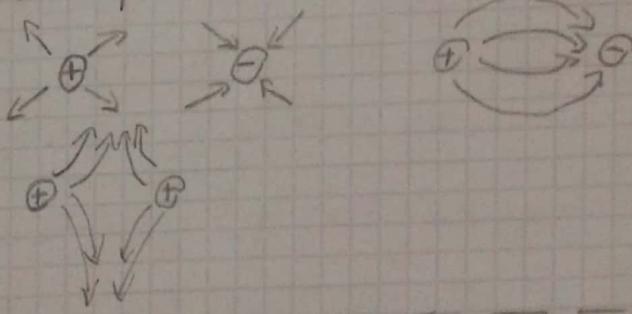
CAMPO ELETTRICO

Il campo elettrico è la modifica dello spazio attorno a una carica elettrica sorgente

$$E = \frac{F}{q} = \frac{Q}{r^2} K$$

LINEE DEL CAMPO ELETTRICO

Le linee del campo elettrico sono linee tangenti al campo elettrico e ne indicano il verso, esse "partono" dalle cariche positive e "arrivano" in quelle negative.



FLUSSO MAGNETICO

Il flusso magnetico è la quantità di campo elettrico su una determinata superficie

$$\Phi = ES \quad \text{superficie ortogonali al campo}$$

$$\Phi = ES \cos \alpha \quad \text{superficie non ortogonali al campo}$$

LEGGE DI GAUSS

La legge di Gauss indica che il flusso magnetico è pari al rapporto tra la carica Q e ϵ_0

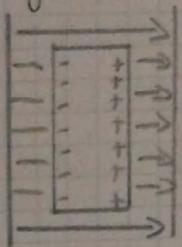
$$\Phi = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$\Phi = \frac{\sum Q_i}{\epsilon_0}$$

CONDUTTORI / ISOLANTI NEL CAMPO ELETTRICO

Quando cariciamo un conduttore con una carica Q , essa si distribuisce fino a raggiungere il cosiddetto equilibrio elettostatico.

Un conduttore immerso in un campo magnetico si carica e crea un campo magnetico che annulla quello esterno (Schermatore).



Se invece un isolante è immerso in un campo elettrico, le molecole si orientano e si forma un campo elettrico che annulla quello esterno.

Il rapporto tra il campo magnetico esterno e interno è la costante dielettrica relativa

$$\epsilon_r = \frac{E_{\text{EST}}}{E_{\text{INT}}} \rightarrow E_{\text{TOT}} = \frac{\kappa}{\epsilon_r} \frac{Q}{r^2}$$

ENERGIA POTENZIALE E POTENZIALE ELETROSTATICO

Il campo elettrico è conservativo, quindi ammette potenziale. La differenza di energia potenziale da un punto A a un punto B è il lavoro compiuto dalla forza tra questi punti composta di regra.

$$\Delta U = -L_{AB}$$

La differenza di potenziale è il rapporto tra la differenza d'energia potenziale per la carica e si misura in Volt (V), ovvero J/C

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \rightarrow \Delta V = kQ \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right) \rightarrow V = k \frac{Q}{r}$$

CAPACITÀ ELETTRICA

La capacità elettrica è il rapporto tra la carica e la differenza di potenziale e si misura in Farad (F)

$$C = \frac{Q}{V}$$

Un condensatore è un componente elettrico formato da due armature di una determinata superficie poste ad una certa distanza, tra le quali nasce un campo elettrico. Si può quindi concludere che:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

CONDENSATORI IN SERIE

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

CONDENSATORI IN PARALLELO

$$C = C_1 + C_2$$

Elettrostatica

La corrente elettrica è la quantità di cariche portanti per un conduttore in un determinato intervallo di tempo e si misura con l'Ampere (A).

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \text{Quando il rapporto è costante, la corrente è continua.}$$

LEGGE DI OHM

La legge di Ohm è la relazione che lega corrente e tensione, proporzionali tra loro, la resistenza è il rapporto tra queste due grandezze e si misura in Ohm (Ω).

I^a LEGGE

la prima legge di Ohm calcola la resistenza attraverso corrente e tensione.

$$R = V/I$$

$$I = V/R$$

$$V = RI$$

II^a LEGGE

la seconda legge di Ohm calcola la resistenza attraverso il materiale del conduttore, la lunghezza e la sezione intercorrente.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

RESISTENZE IN SERIE

$$\text{--- M ---} \quad R = R_1 + R_2$$

RESISTENZE IN PARALLELO

$$\text{--- M ---} \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Elettromagnetismo

CAMPO MAGNETICO

Un campo magnetico è un tipo di campo generato da un magnete/elettromagnete, i cui effetti non misurabili ola un secondo magnete detto sonda.

TEOREMA DI LAPLACE

Il teorema di Laplace indica che in un filo di lunghezza l in cui circola una corrente I , se immerso in un campo magnetico B , viene esercitata una forza proporzionale a esse.

$$\bar{F} = I \bar{l} \wedge \bar{B}$$

$$F = ILB$$

LEGGE DI BIOT-SAVART

La legge di Biot-Savart indica che l'intensità del campo magnetico è proporzionale alla corrente e inversamente proporzionale alla distanza, si misura in Tesla (T).

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{d}$$

μ_0 è la costante di permeabilità magnetica e vale $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T A}^{-1}$.

LEGGE DI LORENZ

La legge di Lorenz indica che la forza è proporzionale all'carica es. e il prodotto stessa tra la velocità di quest'ultima e il campo magnetico.

$$\bar{F} = q \bar{v} \wedge \bar{B}$$

$$F = q v B \sin \alpha$$

INDUZIONE MAGNETICA

Il flusso del campo magnetico è la quantità di campo magnetico su una determinata superficie

$$\Phi = BS \quad \text{superficie ortogonali al campo}$$

$$\Phi = BS \cos\alpha \quad \text{superficie non ortogonali al campo}$$

CASO SUPERFICI CHIUSE

Il flusso magnetico attraverso una superficie chiusa è uguale a 0.

LEGGE DI FARADAY - LENZ

La legge di Faraday-Lenz indica che la variazione del flusso del campo magnetico genera una tensione la cui corrente si oppone alla variazione del flusso.

$$V_{in} = -BLV$$

La potenza della forza esterna è uguale alla potenza dissipata per effetto Joule

$$P_{ext} = Fv = IlBv \Rightarrow P_{ext} = P_J$$

$$P_J = IV = IlBv$$

GENERATORE DI CORRENTE

una spira di area S immersa in un campo magnetico B genera corrente risultante

$$\text{Il flusso magnetico è } \Phi = BS \cos\alpha$$

$$\text{La tensione indotta sarà } V_{in} = NBS \omega \sin\alpha$$

N è il numero totale di spire.

MOTTI DI CARICHE NEL CAMPO MAGNETICO

Se una carica q entra perpendicolarmente al campo magnetico B a velocità v allora la forza della carica è perpendicolare a quest'ultime.

$$\text{Il raggio } r \text{ della circonferenza percorsa è} \\ r = \frac{mv}{qB}$$

Dato che $\omega = v/r = qB/m$, si può ricavare il periodo T

$$T = 2\pi \frac{m}{qB}$$

CONDUTTORI PARALLELI

Due fili distanti r in cui scorre corrente generano una forza reciproca in cui una corrente interagisce col campo magnetico dell'altro filo.

$$B_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_2}{r}$$

$$F_{12} = I_1 l B_2$$

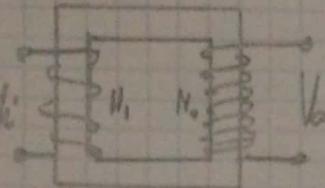
$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{r}$$

LEGGE DI AMPÈRE

La legge di Ampère indica che in un filo in cui scorre una corrente I si forma un campo magnetico B di raggio r

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{r}$$

MUTUA INDUZIONE



La mutua induzione è una tecnica in cui si amplifica la tensione d'ingresso utilizzando il campo magnetico.

$$V_1 : N_1 = V_2 : N_2$$

$$V_1 = \frac{N_1 V_2}{N_2}$$

$$V_2 = \frac{N_2 V_1}{N_1}$$

$$N_1 = \frac{V_1 N_2}{V_2}$$

$$N_2 = \frac{V_2 N_1}{V_1}$$

La Potenza rimane uguale in entrambi i lati:

$$P = V_1 I_1 = V_2 I_2$$

AUTOINDUZIONE

L'autoiduzione è un caso particolare della mutua induzione in cui un circuito induce tensione su se stesso.

$\Phi_B = L I$ L è il coefficiente d'autoiduzione e dipende dalle caratteristiche geometriche del circuito. L'unità di misura è l'Henry (L)

$$\text{Il campo magnetico generato da un induttore è } B = \mu_0 \frac{N}{l} I$$

Il valore dell'induttore si calcola nel seguente modo:

$$L = \mu_0 \frac{N^2}{l} S$$