

Dispense del Modulo di Fisica delle Radiazioni “Le basi dell’Elettromagnetismo”

Prof. A. Taibi

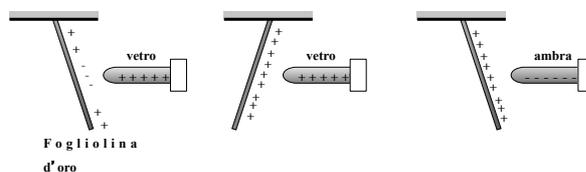


A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

Cariche elettriche - 1

C. F. Du Fay descrisse un esperimento in cui una fogliolina d’oro era attratta da una bacchetta di vetro precedentemente strofinata. Quando la foglia veniva a contatto col vetro, acquistava la “virtù elettrica” e quindi respingeva il vetro. A questo punto la fogliolina veniva attratta da una bacchetta elettrizzata di ambra.



**IN NATURA ESISTONO
DUE TIPI DI CARICHE:
positive + e negative -**



**LA CARICA ELETTRICA
SI CONSERVA**

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

Cariche elettriche - 2

Nel 1897 J.J. Thompson mostrò che tutte le sostanze contengono particelle che sembrano identiche in quanto hanno lo stesso rapporto massa/carica

Nel 1909 R. Millikan scoprì che la carica elettrica si presenta sempre in quantità multiple di un'unità fondamentale. Una carica qualsiasi si può scrivere come $q = Ne$ dove N è un numero intero ed e è il valore dell'unità fondamentale di carica elettrica (che vale 1.6×10^{-19} Coulomb)



LA CARICA ELETTRICA E' QUANTIZZATA

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

La Legge di Coulomb

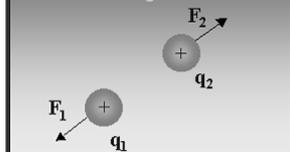
La forza esercitata tra due cariche puntiformi q_1 e q_2 è diretta lungo la retta che congiunge le cariche ed è inversamente proporzionale al quadrato della distanza r che separa le cariche e direttamente proporzionale al prodotto delle cariche

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

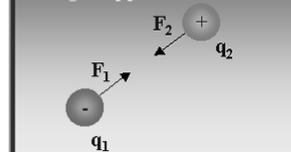
Nel S.I la Forza si misura in Newton (N).

$\epsilon_0 = 8.8542 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-1}$ costante dielettrica nel vuoto

Forza repulsiva tra cariche dello stesso segno



Forza attrattiva tra cariche di segno opposto



A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

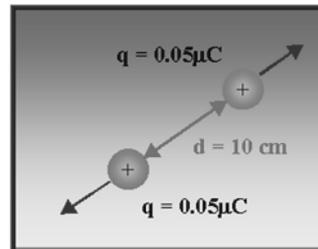
Esempio 1 – La legge di Coulomb

Due cariche puntiformi, ciascuna di $0,05 \mu\text{C}$, sono distanti 10 cm l'una dall'altra. Si trovi la forza esercitata da una carica sull'altra e il numero di unità di cariche fondamentali contenute in ciascuna di esse.

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} = 2.25 \times 10^{-3} \text{ N}$$

Il numero di elettroni che deve essere trasferito per produrre una carica di $0.05 \mu\text{C}$ si trova con la relazione:

$$N = \frac{q}{e} = \frac{0.05 \times 10^{-6} \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 3.31 \times 10^{11}$$



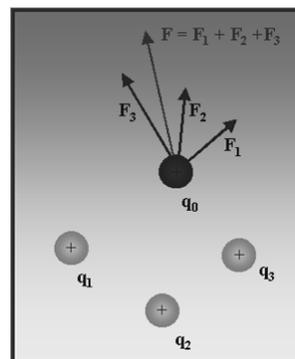
A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

Il campo elettrico

Consideriamo un insieme di cariche puntiformi q_1, q_2, q_3 disposte arbitrariamente nello spazio. Se poniamo una piccola carica "esploratrice" q_0 in qualche punto vicino a questo sistema di cariche, allora le altre cariche in accordo con la legge di Coulomb eserciteranno su di essa una forza. Definiamo l'intensità del campo elettrico o, semplicemente, il campo elettrico E come il rapporto tra la forza risultante F che agisce sulla carica esploratrice e la carica esploratrice q_0 stessa.

$$E = \frac{F}{q_0} \quad \text{L'unità di misura nel S.I è il N/C}$$



In generale il modulo del campo elettrico dovuto ad una carica q in un punto a distanza r è dato da:

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

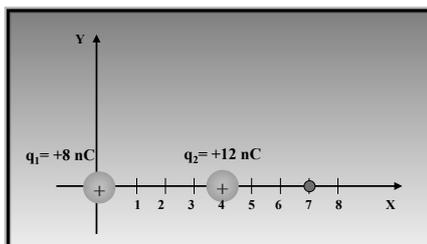
A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

Esempio 2 - Il campo elettrico

Una carica positiva $q_1 = +8 \text{ nC}$ è nell'origine e una seconda carica positiva $q_2 = +12 \text{ nC}$ è sull'asse x nel punto $x = 4$. Si trovi il campo elettrico nel punto P1 sull'asse delle x in $x = 7$.

Il campo elettrico dovuto a ciascuna carica è nella direzione positiva dell'asse x ; quindi il campo elettrico risultante ha solo la componente x



$$E_{1x} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r_1^2} = 1.47 \text{ N/C}$$

$$E_{2x} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r_2^2} = 12 \text{ N/C}$$



$$E_x = E_{1x} + E_{2x} = 13.47 \text{ N/C}$$

A. A. 2017-2018

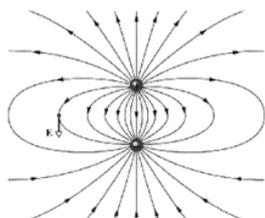
Prof. A. Taïbi

Linee di forza del campo elettrico

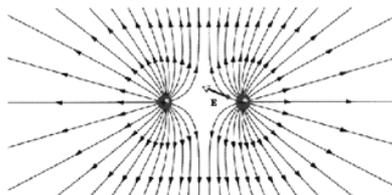
Attraverso le linee di forza si può rappresentare in modo efficace il campo elettrico.

Si definiscono linee di forza quelle linee la cui tangente in ogni punto rappresenta la direzione del campo elettrico in quel punto.

- ⇒ Il numero di linee che escono da una carica positiva o entrano in una carica negativa è direttamente proporzionale alla carica.
- ⇒ Le linee che escono o entrano in una carica puntiforme sono tracciate simmetricamente.
- ⇒ Le linee si originano da cariche positive e terminano su cariche negative.
- ⇒ La densità delle linee è direttamente proporzionale all'intensità del campo elettrico



A. A. 2017-2018



Prof. A. Taïbi

Energia potenziale e differenza di potenziale

Se una carica esploratrice positiva viene portata da una grande distanza in prossimità di una carica positiva, bisogna compiere un lavoro contro la repulsione elettrostatica.

Il lavoro è dato dal prodotto scalare $F \cdot s$ fra la forza e lo spostamento subito dalla carica.

Scomponendo lo spostamento in tanti piccoli tratti ds , il lavoro totale risulta dalla somma dei lavori nei singoli tratti $W = \sum dL = \int F ds$. In particolare se lo spostamento della carica ha inizio in un punto a distanza r_1 e termina in un punto a distanza r_2 .

$$W_{12} = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Energia potenziale relativa allo spostamento tra due punti r_1 ed r_2

Per essere indipendente dalla carica di prova, si considera il rapporto tra il lavoro e la carica esploratrice stessa.

$$\Delta U = \frac{W_{12}}{q} = \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

Differenza di potenziale tra i punti 1 e 2

Nel caso di campo generato da una singola carica puntiforme, si attribuisce ad una carica posta all' ∞ , un'energia potenziale pari a 0.

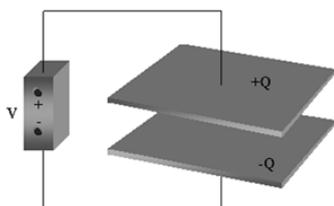
$$\Delta U = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Potenziale di un punto a distanza r dalla carica puntiforme risulta

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

Condensatori e capacità



Un condensatore tipico, chiamato condensatore piano, è costituito da due estese lamine conduttrici piane e parallele chiamate armature isolate l'una dall'altra e separate da una piccola distanza. Se si collegano le armature a un dispositivo che le carichi, ad esempio a una pila, si trasferisce carica da un'armatura all'altra finché la differenza di potenziale tra le due armature,

dovuta alle cariche uguali e opposte, non eguaglia la differenza di potenziale tra i poli della pila. Se la distanza fra le piastre è piccola rispetto alle dimensioni delle piastre, si possono trascurare le linee curve all'estremità e considerare pertanto le linee di forza tutte parallele fra loro.

La quantità di carica trasferita dipende dalla differenza di potenziale e dalla geometria del condensatore. Sia Q il valore assoluto della carica che si trova su ciascuna armatura e sia V la differenza di potenziale tra le armature. Il rapporto fra queste due grandezze è chiamata capacità e si misura in Farad.

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

La capacità è una misura dell'attitudine a immagazzinare carica per una data differenza di potenziale

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

Esempio 3 -Capacità

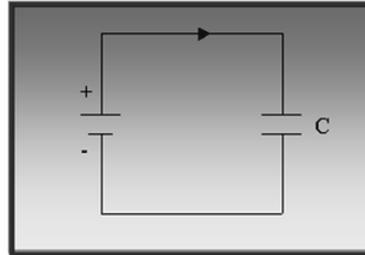
Un condensatore di 90 pF è collegato a una pila di 12 V e caricato a 12 V. Quanti elettroni vengono trasferiti da un'armatura all'altra?

Dalla definizione di capacità la carica trasferita è

$$Q = CV = 1.1 \times 10^{-9} C$$

Questo è il valore assoluto della carica presente su ciascuna armatura. Il numero di elettroni in una carica di $1.1 \times 10^{-9} C$ è

$$N = \frac{Q}{e} = 6.9 \times 10^9 \text{ elettroni}$$



A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

Capacità di un condensatore piano

La capacità di un condensatore a piastre dipende dalle sue dimensioni. Consideriamo un condensatore in cui le piastre sono inizialmente a distanza d e portiamole a una distanza $d' > d$. In questo modo non si modifica l'intensità del campo elettrico (numero di linee di forza per m^2) all'interno, ma per effetto della maggiore distanza la differenza di potenziale $V = Ed'$ aumenta. Ciò significa che la capacità diminuisce.



La capacità è inversamente proporzionale alla distanza

Se d'altra parte aumentiamo la superficie delle piastre mantenendo uguale la carica Q , la densità delle linee di forza e cioè il campo elettrico E è minore.

Dalla definizione $V=Ed$ anche la differenza di potenziale risulterà minore con conseguente aumento della capacità



La capacità è direttamente proporzionale alla superficie

Riassumendo i risultati si può esprimere la capacità di un condensatore piano con:

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

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

Accumulo di energia in un condensatore

Il processo di carica di un condensatore avviene sempre applicando un lavoro.

All'inizio del processo di carica nessuna delle armature è carica; non c'è campo elettrico e entrambe le armature sono allo stesso potenziale. Dopo il processo di carica, una carica Q è trasferita da un'armatura all'altra e la d.d.p è $V = Q/C$. Il lavoro necessario per caricare il condensatore dalla carica iniziale nulla alla carica finale Q è dato da:

$$W = \frac{1}{2} QV$$

Da cui l'energia immagazzinata in un condensatore carico è

$$U = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

A. A. 2017-2018

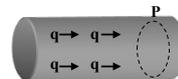
Prof. A. Taïbi

Corrente elettrica

Se le piastre di un condensatore carico vengono collegate mediante un conduttore, in breve tempo si attua una compensazione di carica: i portatori di carica scorrono verso la piastra opposta, e la d.d.p diminuisce fino ad azzerarsi.

La rapidità con cui fluiscono i portatori di carica è detta intensità di corrente elettrica o, più semplicemente, corrente elettrica.

Se consideriamo un segmento di un filo nel quale passano i portatori di carica, definiamo la corrente in un punto P come la quantità di carica che passa nell'unità di tempo. Se ΔQ è la carica che passa nel tempo Δt , la corrente è



$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

L'unità di corrente elettrica, il Coulomb/secondo è chiamata ampere (A)

Come verso convenzionale della corrente si prende il verso del movimento delle cariche positive.

Il moto degli elettroni si svolge nel verso opposto a quello della corrente: una carica negativa che si muove verso sinistra è equivalente ad un trasporto di carica positiva verso destra.

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taïbi

Circuiti elettrici

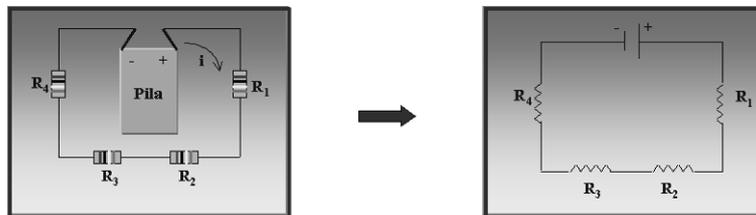
Collegando un filo metallico ai morsetti di un generatore di corrente, si ottiene un semplice esempio di circuito elettrico.

Un così semplice circuito, come altri molto più complessi, è caratterizzato da tre grandezze fondamentali:

•La differenza di potenziale applicata

•L' intensità di corrente

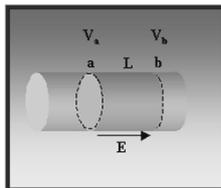
•La resistenza elettrica



A. A. 2017-2018

Prof. A. Taïbi

La Legge di Ohm



Se all'interno di un conduttore c'è una corrente elettrica, allora al suo interno ci sarà un campo elettrico che la produce. Consideriamo un segmento di filo di lunghezza L e area A nel quale passa una corrente I . Poiché nel filo c'è un campo elettrico, il potenziale nel punto a è maggiore che nel punto b .

La d.d.p tra i punti a e b è: $V = V_a - V_b = EL$.

Per molti materiali conduttori, come i fili metallici ad esempio, la corrente è direttamente proporzionale alla differenza di potenziale. La costante di proporzionalità si indica con $1/R$ dove R è detta resistenza:

$$I = \frac{V}{R}$$

Legge di Ohm

L' unità di resistenza elettrica, il Volt/Ampere è chiamata ohm (Ω)

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taïbi

Resistenza elettrica e resistività

La resistenza di un filo conduttore dipende dalla lunghezza del filo, dall'area della sua sezione, dal tipo di materiale e dalla temperatura, ma per i materiali che obbediscono alla legge di Ohm non dipende dalla corrente I . Tali materiali, che includono la maggior parte dei metalli, sono chiamati materiali *ohmici*.

La resistenza tra due punti in un materiale è definito dalla relazione:

$$R = \frac{V}{I}$$

Sperimentalmente si trova che la resistenza di un filo conduttore è direttamente proporzionale alla lunghezza del filo e inversamente proporzionale all'area della sua sezione:

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

Dove ρ è una costante di proporzionalità chiamata resistività elettrica del materiale conduttore

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

Esempio 4 - Resistenza

Un filo di nichelcromo ($\rho = 10^{-6} \Omega\text{m}$) ha il raggio di 0.65 mm. Che lunghezza di filo è necessaria per realizzare la resistenza di 2.0 Ω ?

L'area della sezione di questo filo è $A = \pi r^2 = (3.14)(6.5 \times 10^{-4}\text{m})^2 = 1.33 \times 10^{-6} \text{m}^2$.

Invertendo la relazione precedente si ha:

$$L = \frac{RA}{\rho} = 2.66\text{m}$$

Qual è il campo elettrico in un filo di rame di 1 mm di diametro percorso da una corrente $I = 1\text{A}$?

$$R = \rho \frac{L}{A} = 2.18 \times 10^{-2} \Omega$$

Resistenza di un tratto di 1 m di filo

$$V = RI = 2.18 \times 10^{-2} \text{V}$$

Caduta di potenziale ai capi del filo



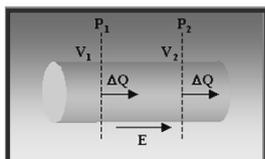
$$E = \frac{V}{L} = 2.18 \times 10^{-2} \text{V/m}$$

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

La potenza elettrica

Quando una carica positiva scorre in un conduttore, essa si muove da zone a potenziale alto a potenziale basso, nella direzione orientata del campo elettrico. Quindi la carica perde energia potenziale. L'energia potenziale perduta viene trasferita al materiale conduttore mediante urti trasformandosi in energia termica del conduttore. Consideriamo la carica ΔQ che passa attraverso



il punto P_1 nell'intervallo di tempo Δt .

$$\Delta U = \Delta Q V_1 \quad \text{Energia potenziale della carica in } P_1.$$

Durante lo stesso intervallo di tempo la stessa quantità di carica passa attraverso il punto P_2

$$\Delta U = \Delta Q V_2 \quad \text{Energia potenziale della carica in } P_2.$$

La variazione di energia potenziale della carica è: $\Delta U = \Delta Q(V_2 - V_1) = \Delta Q(-V)$.

L'energia perduta dalla carica quando attraversa questo segmento di conduttore è quindi:

$$-\Delta U = \Delta Q V$$

e la rapidità con cui perde energia è:

$$\frac{-\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} V$$

L'energia perduta nell'unità di tempo è la potenza dissipata nel conduttore:

$$P = IV$$

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

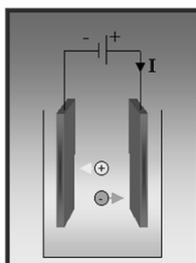
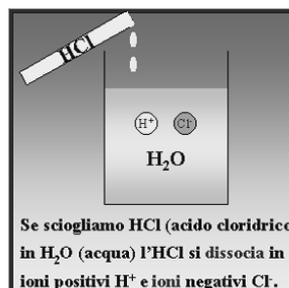
Corrente elettrica nei liquidi

La conduttività di un materiale dipende dalla presenza o meno di cariche libere di muoversi. Molti acidi, soluzioni saline e alcaline hanno elevata conduttività.

Elettrolita Si intende una soluzione conduttrice

Ioni Cariche positive e negative libere di muoversi

Dissociazione Nelle soluzioni elettrolitiche i composti chimici presenti in soluzione si dissociano in ioni



Se si immergono due pezzi di metallo, generalmente lamierino o filo metallico (chiamati elettrodi) in un elettrolita e li si collega ad un generatore di tensione, gli ioni positivi vanno verso il polo negativo (catodo) e gli ioni negativi verso il polo positivo (anodo). Tanto maggiore è l'intensità di corrente tanto più velocemente si muoveranno gli ioni.

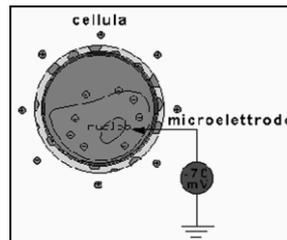
A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

Elettricità nei sistemi biologici: potenziale di riposo

La conoscenza dei fenomeni elettrici inerenti il corpo umano e degli effetti della corrente elettrica esterna introdotta su di essi, sono ampiamente studiati in una disciplina scientifica denominata *elettrofisiologia*. Le variazioni di potenziale prodotte dall'attività biologica, all'interno del corpo umano sono indicative del funzionamento normale o anormale di alcuni organi: cuore (elettrocardiogramma), cervello (elettroencefalogramma), muscoli (elettromiogramma), occhio (retinogramma).

Il corpo umano, in gran parte composto di una soluzione salina conduttrice, contenente ioni K^+ , Na^+ , Cl^- , ecc., che si muovono verso zone di minor concentrazione e che sono soggetti al campo elettrico generato dall'insieme degli altri ioni. Poiché la cellula ha verso gli ioni un comportamento di tipo selettivo, gli ioni non si diffondono allo stesso modo dentro e fuori la cellula. Lo ione K^+ viene trasportato all'interno della cellula mentre lo ione Na^+ viene espulso con la tipica azione di pompaggio biochimico a spese dell'organismo (pompa metabolica). La cellula viene quindi a possedere un potenziale negativo all'interno rispetto all'esterno (potenziale di riposo).



Nei mammiferi le cellule del sistema nervoso centrale presentano un potenziale di riposo di 70 mV: una differenza di potenziale notevole se si considerano le piccole dimensioni della cellula. E' possibile misurare il potenziale che presenta la cellula, negativo all'interno rispetto all'esterno, tramite un millivoltmetro

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

Il magnetismo

Le proprietà magnetiche di alcuni materiali erano già note agli antichi greci, ai romani e ai cinesi: presso questi popoli infatti era conosciuta la capacità dell'ossido di ferro chiamato magnetite di attrarre limatura di ferro. Essi inoltre osservarono che una sbarretta di ferro a contatto con frammenti di magnetite si magnetizza, cioè diventa un magnete naturale: alle estremità si producono un polo nord e un polo sud magnetici. Poli simili si respingono, mentre poli diversi si attraggono.

IN NATURA ESISTONO dipoli magnetici

Nel 1600 il fisico William Gilbert, utilizzando un ago magnetico e una calamita di forma sferica, osservò che la Terra stessa si comporta come un'enorme calamita e, attraverso una serie di esperimenti condotti con metodo scientifico, riuscì a sconfiggere le nozioni scorrette sul magnetismo fino ad allora ritenute valide.

La Terra è un magnete permanente

Nel 1750, il geologo John Michell inventò una bilancia con la quale mostrò che l'intensità della forza attrattiva o repulsiva tra due poli magnetici è inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza.

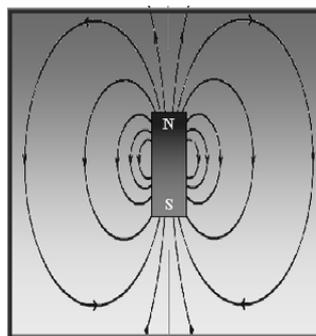
La forza tra 2 poli magnetici è analoga alla forza tra 2 cariche elettriche

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

Il campo magnetico

Oggetti magnetizzati o fili percorsi da correnti elettriche interagiscono con forze di natura magnetica. Queste forze possono essere descritte mediante il concetto di campo magnetico e rappresentate graficamente con un insieme di linee di forza. L'andamento delle linee di forza di un campo magnetico dipende dalla forma geometrica e dalle caratteristiche del magnete; nel caso di un magnete a sbarra, ad esempio, esse emergono da una delle estremità, e poi si incurvano nello spazio circostante fino a raggiungere l'altra estremità e chiudersi all'interno della barra, dove sono vicine parallele. Alle estremità del magnete le linee di forza sono più fitte, il che corrisponde a una maggiore intensità del campo; sui lati invece il campo è più debole e quindi le linee sono più distanziate.



È possibile evidenziare la direzione e il verso delle linee di forza per mezzo di un aghetto magnetico o di un po' di limatura di ferro. Infatti sparpagliando della limatura di ferro su un foglio di carta tenuto sopra un oggetto magnetizzato, questa tende a distribuirsi sul foglio in corrispondenza delle linee di forza del campo.

Il campo magnetico viene espresso attraverso:

 Intensità del campo magnetico \vec{H}
 Vettore induzione magnetica \vec{B}

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

Campi magnetici dovuti a conduttori elettrici percorsi da corrente

Un filo rettilineo percorso da una corrente elettrica I crea un campo magnetico.

Le linee di forza sono cerchi concentrici posti su un piano perpendicolarmente al filo. Si può stabilire la direzione delle linee di forza con la regola della mano destra; se il pollice indica la direzione della corrente e se con le dita si afferra il conduttore, la direzione delle dita è quella del campo magnetico.

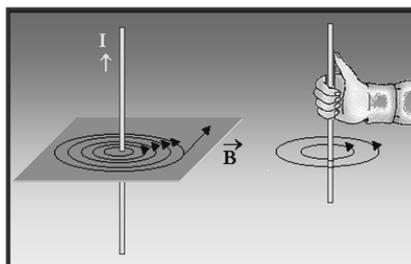
L'intensità del campo magnetico diminuisce con l'aumentare della distanza dal filo.

Sperimentalmente si è trovato che:

$$\vec{B}(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad \text{Dove } \mu_0 \text{ è la permeabilità magnetica del vuoto}$$

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi



L'induzione magnetica è direttamente proporzionale alla corrente e inversamente proporzionale alla distanza

La Forza di Lorentz

Se nel filo conduttore di lunghezza l posto in un campo magnetico, si trovano N cariche che si muovono con velocità v , queste percorreranno il tratto l in un tempo $\Delta t = l/v$. Le N cariche avranno carica totale $Q = Ne$ e quindi la corrente sarà

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{Ne}{l/v} = \frac{Nev}{l}$$

Siccome la forza che agisce sul filo conduttore di lunghezza l è $F = I \times Bl$, la forza che agisce su una singola carica sarà:

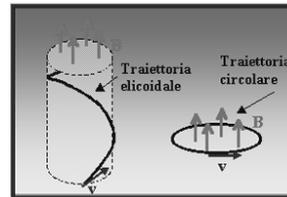
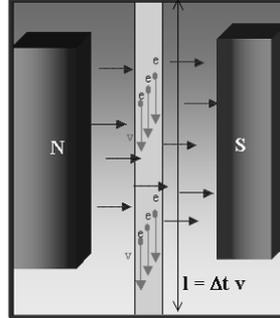
$$F = e\vec{v} \times \vec{B}$$

FORZA DI LORENTZ: la forza che agisce su una particella è \perp al vettore velocità e al vettore induzione magnetica

Una particella carica all'interno di un campo magnetico:
 Se la velocità è perpendicolare al campo \Rightarrow traiettoria circolare
 Se la velocità è obliqua rispetto al campo \Rightarrow traiettoria elicoidale

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi



Forza su un filo percorso da corrente in un campo magnetico

Se un filo percorso da corrente è immerso in una zona sede di un campo magnetico, esso risentirà di una forza.

Se il filo è percorso da una corrente I e ha lunghezza l , allora:

$$\vec{F} = \vec{I} \times \vec{B}l$$

La direzione è quella perpendicolare sia alla direzione della corrente, sia al vettore induzione magnetica e può essere facilmente ricavata con la regola della mano destra.

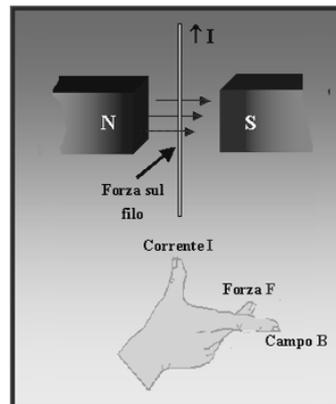
Da questa relazione si può ricavare il modulo dell'induzione magnetica B :

$$B = \frac{F}{Il}$$

L'induzione magnetica nel SI si misura in Tesla ($1T = N A^{-1}m^{-1}$)

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

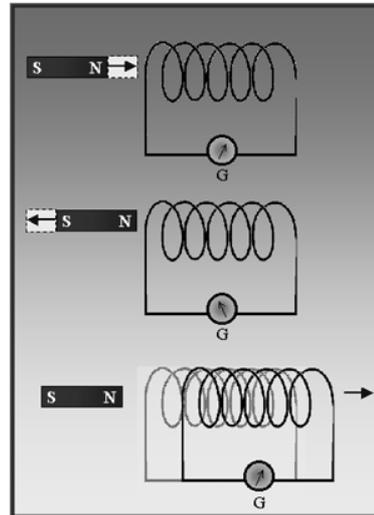


L'induzione elettromagnetica

Poniamo un magnete nelle vicinanze di un circuito elettrico.

Se muoviamo il magnete il galvanometro inserito nel circuito elettrico registra un passaggio di corrente.

La stessa cosa si osserva se mantenendo fermo il magnete si muove il circuito nelle sue vicinanze.



Ogni qualvolta sussiste un moto relativo tra circuito elettrico e magnete si genera nel circuito una CORRENTE INDOTTA

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

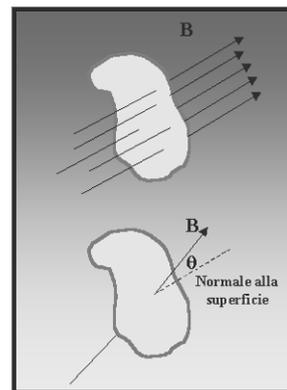
Flusso magnetico e legge di Faraday

Il Flusso magnetico è legato al numero di linee di campo che attraversano una data area. In figura il campo magnetico è perpendicolare all'area delimitata da un semplice circuito costituito da una spira. In questo caso il flusso magnetico è definito come il prodotto del campo magnetico B per l'area A delimitata dal circuito. Nel caso più generale, quando B non è perpendicolare all'area, il flusso magnetico è definito come:

$$\Phi_m = B A \cos \vartheta$$

Gli esperimenti di Faraday hanno mostrato che:

$$U = - \frac{d\Phi_m}{dt}$$



LEGGE DI FARADAY: ogni volta che il flusso del campo magnetico concatenato con un circuito varia nel tempo (per moto relativo o per variazione temporale del campo o ancora per entrambi i fattori) si ha la comparsa nel circuito di una tensione indotta data dall'opposto della variazione di tale flusso nel tempo

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

Macchine elettriche: il generatore di corrente alternata

Consideriamo una spira di area A che ruota all'interno di un campo magnetico.

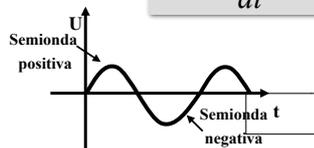
$\Phi_m = BA \cos \varphi$ Flusso di B attraverso la superficie A

Ruotando la spira con velocità angolare ω , l'angolo di rotazione sarà $\varphi = \omega t$

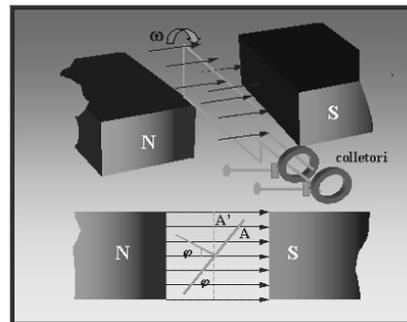
$\Phi_m(t) = BA \cos \omega t$

La tensione indotta alle estremità della spira sarà:

$$U = \frac{d\Phi_m(t)}{dt} = BA\omega \sin \omega t$$



A. A. 2017-2018



Per prelevare la tensione si utilizzano degli anelli collettori collegati ciascuno ad un'estremità della spira. Su questo anello rotante striscia una spazzola che permette un buon contatto con poco attrito sugli anelli

Prof. A. Taibi

Effetti della corrente elettrica sugli esseri viventi -1

Gli effetti negativi della corrente elettrica sul corpo umano possono riassumersi in: interferenza con i segnali elettrobiologici delle fibre nervose e muscolari:

tetanizzazione	contrazione spasmodica dei muscoli
alterazioni della funzione respiratoria	lesioni degli organi di senso (vertigini, etc.)
lesioni neurologiche del midollo spinale	paralisi temporanee, etc
fibrillazione	contrazione scoordinata del muscolo cardiaco
ustioni	sviluppo di calore per effetto Joule
traumi per urti e cadute conseguenti all'elettrocuzione	

I parametri che determinano la gravità degli effetti sono:

l'intensità della corrente

il percorso della corrente nel corpo umano

la frequenza della corrente

la durata del contatto

A. A. 2017-2018

Prof. A. Taibi

Effetti della corrente elettrica sugli esseri viventi -2

A parità di tensione applicata, l'intensità di corrente dipende dal percorso e dalla resistenza di contatto. I percorsi più pericolosi sono quelli che interessano direttamente la regione cardiaca o la regione cerebrale (ad es. da una mano al piede opposto). La durata prolungata favorisce l'effetto della fibrillazione cardiaca, con conseguente arresto circolatorio.

Gli effetti più dannosi si hanno nell'intervallo di frequenze tra 10 e 1000 Hz, per le quali la successione di impulsi elettrici provoca la contrazione prolungata dei muscoli (tetanizzazione). A parità di condizioni oggettive, gli effetti dipendono dal singolo soggetto (età, sesso, condizioni di salute, condizioni psicologiche); si può quindi riferirsi solo a valori medi.

In relazione agli effetti dell'intensità della corrente, si definiscono:

- corrente di soglia = valore minimo percepito
- corrente di rilascio = massima corrente che consente di interrompere il contatto

Valori tipici medi delle correnti di soglia e di rilascio e della corrente che provoca fibrillazione cardiaca

c.c.	c.a. 50 Hz
Corrente di soglia (sulle mani)	
5.2 mA	1.1 mA
Corrente di rilascio: uomo	
76 mA	16 mA
Corrente di rilascio: donna	
51 mA	10 mA
Fibrillazione cardiaca	
100 - 300 mA	