

## DEFINIZIONI

Forza elettrica: quando due cariche a una certa distanza interagiscono tra di loro, subiscono una forza di attrazione o repulsione proporzionale al prodotto delle cariche e inversamente proporzionale al quadrato della distanza.

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

In un sistema di cariche puntiformi, la forza è:

$$\vec{F}_i = \sum_{\substack{k \\ k \neq i}} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i q_k}{r_{ik}^2} \frac{\vec{r}_i - \vec{r}_k}{|\vec{r}_i - \vec{r}_k|}$$

Enunciato legge di Gauss: il flusso di un campo elettrico attraverso una superficie è pari al rapporto:

$$\phi = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$$

Definizione di dipolo elettrico ed esempio: Quando due cariche uguali e di segno opposto sono poste a una distanza  $d$ , esse formano un dipolo. Nonostante le cariche siano uguali ed opposte, e la carica totale è nulla, sono poste a una distanza sufficiente da causare un campo elettrico non trascurabile. Un esempio di dipolo elettrico è una molecola d'acqua.

Cosa accade in un campo elettrico uniforme ad una carica isolata e ad una coppia di cariche formanti un dipolo elettrico: una carica posta in un campo elettrico uniforme risente di una forza proporzionale al campo:  $F = qE$ , il cui verso dipende dal valore della carica. Un dipolo elettrico posto in un campo elettrico uniforme è sottoposto a un momento torcente pari a  $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$ .

Lavoro di una forza elettrica su una carica di prova: siano due punti interni al campo; per spostare una carica immersa in un campo elettrico uniforme subisce una forza elettrostatica di modulo  $q_0 E$  che compie un lavoro per spostare la carica stessa da un punto a a un punto b. Se il potenziale diminuisce, si fa un lavoro concorde a  $E$ , mentre se il potenziale aumenta, si sta compiendo uno spostamento opposto al verso del campo elettrico.

Descrivere il concetto di energia immagazzinata dal campo elettrico e come viene quantificata: per spostare una carica positiva unitaria da un punto a a un punto b viene compiuto un lavoro dal campo elettrico. La differenza di potenziale di a rispetto a b è uguale all'opposto del lavoro del campo che deve essere compiuto contro la forza elettrostatica.

$$dL = qdV$$

Da cosa è costituito un condensatore: un condensatore è costituito da due lamine conduttrici, dette "piastre", poste a una distanza  $d$ .

Capacità di un condensatore: quando si carica un conduttore, questo si porta a un certo potenziale; variando la carica, varia il potenziale ma il rapporto  $q/V$  diventa una proprietà intrinseca del conduttore detta capacità. La capacità dipende dalle caratteristiche geometriche del condensatore e dalle costanti dell'universo. In un condensatore, tra le piastre, si crea una ddp pari a  $V = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d$ , ma  $\sigma = \frac{Q}{A}$  e quindi

$$\frac{q}{V} = \frac{Aq}{\frac{q}{\epsilon_0} d} = \frac{A\epsilon_0}{d} = C$$

Descrivere se l'induzione è parziale o totale in un condensatore: caricando un condensatore, si ottiene un'induzione completa perché la prima armatura si carica positivamente, la seconda si carica con carica opposta; quindi, si crea un'induzione in cui si crea una carica pari a quella del corpo che induce. È completa perché la carica che si separa nel corpo indotto è pari a quella del corpo inducente.

Energia elettrostatica di un condensatore: quando si carica un condensatore l'energia all'interno di un condensatore è proporzionale al quadrato del campo elettrico e al volume del condensatore secondo la relazione:

$$U = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 V$$

A parità di campo elettrico l'energia aumenta se tra le piastre è interposto un dielettrico. Il campo rimane lo stesso se tra le piastre viene mantenuta la stessa differenza di potenziale.

Origine resistività e legame con la resistenza: Il reticolo cristallino a temperatura ambiente non è mai perfetto e statico e provoca un'azione di disturbo al moto degli elettroni che si muovono con una velocità limite detta "di deriva". La resistività è una caratteristica intrinseca dei materiali definita come:

$$\rho = \frac{V}{J} = \frac{VA}{I}$$

Applicando una ddp ai capi di un conduttore, si genera una corrente: un moto di deriva si sovrappone al moto casuale degli elettroni. Variando il potenziale, varia la corrente. Il rapporto tra ddp e corrente rimane costante. Conviene definirle la resistenza anche in

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

Definizione resistenza elettrica: la resistenza elettrica è una proprietà che dipende dalle caratteristiche geometriche del materiale. È direttamente proporzionale alla lunghezza e alla resistività del conduttore e inversamente proporzionale alla superficie. Essa è pari al rapporto tra tensione e corrente:

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

Descrivere l'effetto Joule in un resistore: In un conduttore percorso da corrente, a causa dell'interazione fra elettroni e ioni positivi del reticolo cristallini, l'energia degli ioni è trasferita al reticolo aumentandone l'energia vibrazionale. Ciò conduce ad un aumento dell'energia, dovuta da una potenza dissipata  $P = RI^2$ ; pari a:

$$Q = RI^2 \Delta t$$

Effetto del campo magnetico sul moto di una particella carica e variazione di energia cinetica: una particella carica in moto su un campo magnetico, risente di una forza perpendicolare al campo e alla velocità pari a:

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

E quindi l'energia cinetica rimane costante. Le linee di campo magnetico non sono linee di forza perché la forza è sempre perpendicolare.

Forza magnetica sentita da una carica e una corrente in un campo magnetico: una carica in movimento all'interno di un campo magnetico risente di una forza perpendicolare al campo e alla velocità, il cui verso è definito dalla regola della mano destra.

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

Un filo percorso da corrente risente di una forza magnetica pari a:

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

Forza magnetica tra due fili paralleli percorsi da corrente: due fili paralleli posti a una distanza  $r$  percorsi da corrente che scorrono nello stesso verso si attraggono. Se una delle due correnti cambia verso, anche la forza cambia verso: conduttori paralleli percorsi da correnti che scorrono nel verso opposto si respingono.

$$F = \frac{\mu_0 I I' L}{2\pi r}$$

Descrivere l'esperienza di Thompson: In un contenitore di vetro in cui è stato fatto il vuoto, un fascio di elettroni viene accelerato mediante una ddp tra gli anodi ed eiettato da un catodo. L'energia cinetica eguaglia la differenza di energia potenziale elettrica

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

Gli elettroni poi passano senza deflessione dentro due lamine in cui sono presenti un campo elettrico e magnetico e colpiscono uno schermo; ecco che:

$$\frac{E}{B} = \sqrt{\frac{2eV}{m}} \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{E^2}{2VB^2}$$

Si è trovato un unico valore non influenzato dalle condizioni sperimentali.

Campo magnetico generato da una carica in moto: Una carica in moto genera un campo magnetico proporzionale al modulo della carica e inversamente proporzionale al quadrato della distanza.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q \vec{v} \times \hat{r}}{r^2}$$

Enunciato legge di Biot-Savart: il campo magnetico di un conduttore rettilineo percorso da corrente è inversamente proporzionale al quadrato della distanza  $r$ ; e le linee di forza sono cerchi concentrici con la corrente e perpendicolari ad essa. La regola della mano destra determina la direzione del campo magnetico

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

Enunciare la legge per la forza che agisce su una particella carica in presenza di campi elettrici e magnetici: una particella carica in un campo elettrico e magnetico subisce una forza

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

In che ipotesi si sono derivate le onde em piane? Quando si è in una regione molto lontana dalle sorgenti che originano l'onda. Le onde piane sono le soluzioni delle equazioni di Maxwell nel vuoto.

Enunciato leggi di Maxwell e caso del vuoto: Le leggi di Maxwell sono:

1.  $\int \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$  (legge di Gauss);
2.  $\int \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$  (legge di Gauss per il campo magnetico)
3.  $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left( i_c + \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} \right)_{int}$  (legge di Ampere)
4.  $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\phi_B}{dt}$  (legge di Faraday)

Nel vuoto, le prime due equazioni hanno la stessa forma. L'assenza di cariche non genera corrente di conduzione  $i_c$ , usando la definizione di flusso elettrico e magnetico, si possono riscrivere le ultime due equazioni:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Differenza legge di Gauss per campo elettrico e magnetico: la legge di Gauss per il campo elettrico dice che il flusso attraverso una superficie chiusa è pari a  $\phi = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$ , mentre per il campo magnetico il flusso è nullo. Da ciò si conclude la non esistenza di monopoli magnetici.

Enunciato della legge di Ampere-Maxwell e significato dei termini a secondo membro: La legge di Ampere-Maxwell dice che la circuitazione del campo magnetico è pari a:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left( i_c + \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} \right)_{int}$$

Dove  $i_c$  rappresenta la corrente di conduzione attraverso un conduttore e  $\varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} = i_s$  la corrente di spostamento: una corrente "fittizia" introdotta per giustificare la legge di Ampere tra le piastre di un condensatore. La corrente di spostamento generalizza anche la legge dei nodi di Kirchhoff.

Legge di Faraday e applicazioni: la forza elettromotrice indotta in un circuito chiuso è uguale e opposta alla derivata rispetto al tempo del flusso del campo magnetico attraverso l'area delimitata dal circuito.

$$\varepsilon = - \frac{d\phi_B}{dt}$$

Applicazioni:

1. *Correnti di Foucault:* sono correnti indotte nei conduttori solidi la cui interazione col campo genera una forza, ad esempio, in un disco che ruota, tale forza si oppone al movimento rallentandolo.

Legge di Lenz: il verso e l'intensità di ogni effetto di induzione sono tali da opporsi alla causa che lo ha generato. Per questo la fem generata per induzione nella legge di Faraday ha un segno "-".

Corrente di spostamento di Maxwell ed esempio in cui viene applicata: una grandezza fisica in cui non corrisponde nessun spostamento di carica, ma avente le stesse unità di misura della corrente elettrica, introdotta per descrivere la formazione di un campo magnetico in presenza di un campo elettrico variabile nel tempo. Tale grandezza esprime il fatto che i campi elettrici variabili nel tempo generano campi magnetico. È stata introdotta in seguito al paradosso di Ampere per giustificare il fatto che ai bordi del condensatore durante il processo di carica/scarica si osserva un campo magnetico. Tale campo magnetico non può che essere generato dalle variazioni di flusso del campo elettrico all'interno del condensatore. L'aggiunta del termine alla legge di Ampere completa le equazioni di Maxwell che descrivono completamente il campo em (almeno nel vuoto).

Proprietà delle onde dedotta dall'applicazione della legge di Gauss: dalla legge di Gauss si deduce che *l'onda piana deve essere trasversale* perché, se il campo elettrico e magnetico non fossero perpendicolari tra loro, ma avessero una componente lungo il terzo asse, il flusso non sarebbe nullo.