

Elettromagnetismo (cenni)

Noto fin dall'antichità che alcuni materiali (magnetite) hanno la proprietà di attrarre il ferro e che una barretta di questo materiale si orienta nel campo magnetico terrestre.

Diversi esperimenti mostrarono che un ago si orienta sulla superficie di un magnete naturale sferico seguendo delle linee che circondano la sfera e passano attraverso due punti opposti chiamati poli (N e S), in analogia con i poli magnetici della terra. Se sospendiamo una barretta magnetica al suo centro, essa ruoterà allineandosi con il suo polo Nord verso il polo Nord geografico della terra (che corrisponde al polo Sud magnetico).

Ogni magnete indipendentemente dalla sua forma ha due poli che esercitano forze reciproche repulsive o attrattive (similmente alle cariche): poli uguali N-N o S-S si respingono, mentre poli opposti si attraggono.

Diversamente dalla carica elettrica, non esiste il monopolo magnetico.

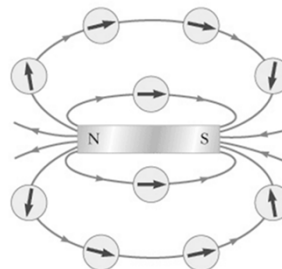


FIGURA 22.1 Si può usare una piccola bussola per tracciare le linee del campo magnetico prodotto da una sbarretta magnetica.



Elettromagnetismo

Vari esperimenti permisero di capire che i fenomeni magnetici sono legati a cariche elettriche in movimento.

Osservazione sperimentale: due qualunque circuiti percorsi da corrente elettrica esercitano vicendevolmente delle forze. I circuiti non sono elettricamente carichi, quindi non può trattarsi di forze elettrostatiche.

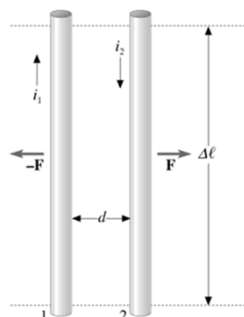


Figura 14.1
Forza che si esercita tra due fili rettilinei paralleli percorsi da corrente elettrica.

Consideriamo due fili percorsi da corrente, distanti d . Consideriamo un tratto di filo; si vede sperimentalmente che il tratto Δl è soggetto ad una forza di intensità:

$$F = \frac{\mu}{2\pi} \frac{i_1 i_2 \Delta l}{d}$$

La costante μ è detta permeabilità magnetica del mezzo.

La forza è attrattiva se le correnti sono concordi, repulsiva se sono discordi.



Elettromagnetismo

Definizione di A:

La corrente di 1 A è quella corrente elettrica continua che mantenuta in due conduttori paralleli rettilinei di lunghezza infinita e sezione circolare trascurabile, posti alla distanza di 1 m l'uno dall'altro, produce fra questi conduttori una forza di $2 \cdot 10^{-7}$ N su ogni m di lunghezza, nel vuoto.

$$F = \frac{\mu}{2\pi} \frac{i_1 i_2 \Delta \ell}{d}$$

Valore numerico di della permeabilità magnetica μ , nel vuoto: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$

Unità di misura: $[\mu] = [N]/[A^2] = (\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2) \cdot (\text{s}^2/\text{C}^2) = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{C}^{-2}$



Elettromagnetismo

Esprimiamo questi concetti utilizzando il concetto di campo magnetico B: il filo 1 crea nella zona circostante un campo magnetico B e il filo 2 posto in questo campo magnetico è sollecitato da una forza:

$$F = B i_2 \Delta \ell$$

Modulo del vettore B dato dalla legge di Biot e Savat:

$$B = \frac{\mu}{2\pi} \frac{i_1}{d}$$

Esperimenti dimostrano che se ruotiamo il filo 2 rispetto al piano la forza varia e se il filo 2 è perpendicolare rispetto al piano la forza è nulla.

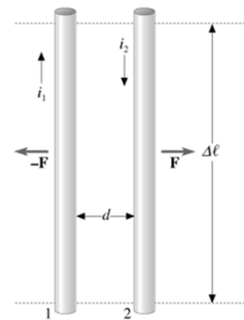


Figura 14.1

Forza che si esercita tra due fili rettilinei paralleli percorsi da corrente elettrica.



Elettromagnetismo

Questa osservazione ed altri esperimenti permettono di scrivere la forza in modo vettoriale:

$$F = A \ell \vec{i} \wedge \vec{B}$$

Con modulo di B espresso dalla legge di Biot e Savat ediretto come mostrato in figura.

Importante: Le linee di forza di B sono chiuse.

$$[B] = \frac{N}{A \cdot m} = \frac{N \cdot s}{C \cdot m} = \frac{V \cdot s}{m^2} = \text{tesla (T)}$$

$$1 \text{ T} = 10000 \text{ Gauss}$$

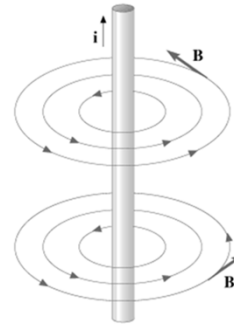


Figura 14.2

Le linee di forza del campo magnetico, generato da un filo percorso da corrente, sono circonferenze concentriche normali al filo.



Scannicchio
Fisica Biomedica
EdiSES



Elettromagnetismo

Considerazioni sulla permeabilità magnetica.

Analogamente alla costante dielettrica la permeabilità magnetica di un mezzo viene scomposta come:

$$\mu = \mu_0 \mu_r$$

$$\text{Con } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$$

- $\mu_r < 1$ sostanze diamagnetiche
- $\mu_r > 1$ sostanze paramagnetiche
- $\mu_r \gg 1$ sostanze ferromagnetiche.



Elettromagnetismo

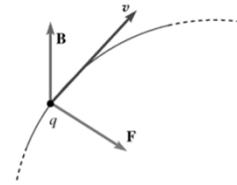
Forza magnetica su una carica in moto: la forza di Lorentz

Una carica elettrica che si muove con velocità v equivale ad una microscopica corrente elettrica; se entra in un campo magnetico B subisce una forza detta forza di Lorentz che vale:

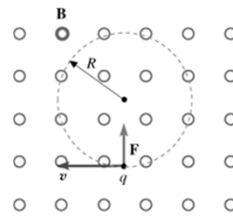
$$\vec{F} = q \vec{v} \wedge \vec{B}$$

La forza è sempre perpendicolare a v e a B .

Sarebbe nulla se $v \parallel B$.



a)



b)

EdiSES

Elettromagnetismo

Supponiamo per semplicità che v sia perpendicolare a B . La forza è sempre perpendicolare a v , quindi non abbiamo componente tangenziale, ma solo normale (moto circolare uniforme).

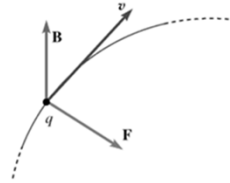
$$F_T = 0$$

$$F_N = m a = m \frac{v^2}{R} = q v B$$

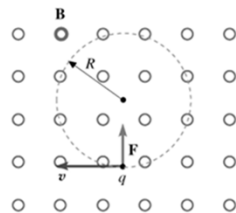
$$R = \frac{m v}{q B}$$

Moto circolare uniforme con velocità angolare

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{q B R}{m R} = \frac{q}{m} B$$



a)



b)

EdiSES

Elettromagnetismo

La forza magnetica è sempre perpendicolare alla velocità (per cui non fa mai aumentare il suo modulo), cioè non aumenta l'energia cinetica della particella (cioè non compie lavoro).

La velocità angolare non dipende dalla velocità e dal raggio dell'orbita: dipende dal rapporto carica massa della particella

Se la velocità non è completamente perpendicolare a \mathbf{B} , ma ha una componente lungo \mathbf{B} , la traiettoria è elicoidale.

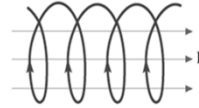


Figura 14.4

Traiettoria di una particella carica che si muove in un campo magnetico uniforme \mathbf{B} con una componente di velocità diretta lungo la direzione di \mathbf{B} .

In presenza di un campo elettrico:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \wedge \vec{B}$$



Elettromagnetismo

Applicazioni

$$qE = qvB$$

$$v = \frac{E}{B}$$

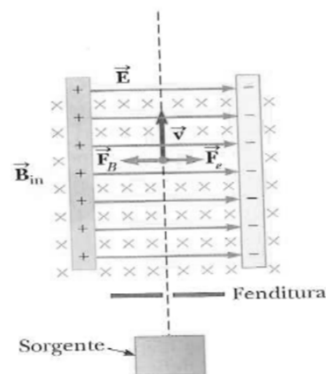


Figura 29.12 Un selettore di velocità. Una particella con carica positiva che si muove con velocità \vec{v} in un campo magnetico entrante nella pagina e in un campo elettrico che punta verso destra risente di una forza elettrica $q\vec{E}$ verso destra e di una forza magnetica $q\vec{v} \times \vec{B}$ verso sinistra.



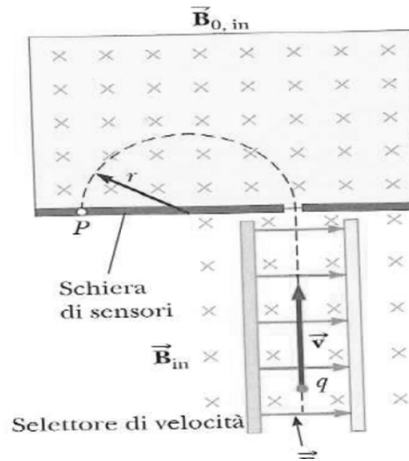
Elettromagnetismo

Spettrometro di massa

Costituito da un selettore di velocità (mi seleziona una certa v), poi una regione in cui abbiamo solo campo magnetico (mi incurva la traiettoria).

Misurando la posizione del punto P (cioè R) determino m/q (rapporto carica massa).

$$R = \frac{mv}{qB}$$



Elettromagnetismo

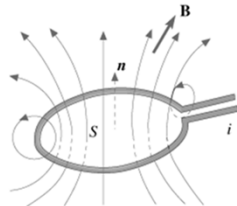


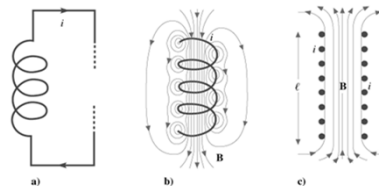
Figura 14.6
Linee di forza del campo magnetico generato da una spira circolare.



Una spira circolare in cui circola corrente genera un campo magnetico. Si definisce momento magnetico della spira il vettore di modulo: iS . Una spira percorsa da corrente è soggetta a forze e si orienta in un campo magnetico:

Un solenoide con N spire, di lunghezza L e percorso da corrente I , genera al suo interno un campo magnetico approssimativamente uniforme. Che vale $B = \mu_0 IN/L$

Figura 14.7
(a) Schema di un solenoide. (b) Linee di forza del campo magnetico generato da un solenoide. All'esterno del solenoide le linee di campo, che sono sempre chiuse, sono molto rare. Ciò significa che ivi il campo magnetico è molto poco intenso, al limite trascurabile. (c) All'interno il campo magnetico è praticamente uniforme quando le spire sono molto addensate.



Elettromagnetismo

Legge di Ampere per il campo magnetico

Supponiamo di avere un campo magnetico generato da una corrente rettilinea:

Circuitazione di B
$$\sum_{i=1}^n \mathbf{B}_i \cdot \Delta \mathbf{s}_i = \mu i,$$

Per qualunque linea chiusa che circonda la corrente e anche per un conduttore non rettilineo.

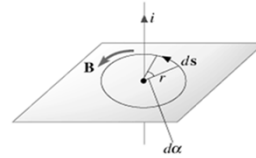


Figura 14.10

Schema che facilita la comprensione del procedimento per calcolare la circuitazione del vettore campo magnetico lungo una linea chiusa che racchiude un filo percorso da corrente.

Scannicchio
EdiSES Fisica Biomedica
EdiSES

EdiSES

Elettromagnetismo

Legge di Faraday Newmann

Consideriamo una spira immersa in un campo magnetico. Ipotizziamo B costante. Calcoliamo il flusso di B attraverso la spira:

$$\Phi(\mathbf{B}) = \int \mathbf{B} \cdot \mathbf{n} = B S \cos \alpha,$$

$$V_i = - \frac{\Delta[\Phi(\mathbf{B})]}{\Delta t},$$

La fem indotta nella spira uguale alla variazione del flusso del campo magnetico cambiato di segno.

La corrente indotta è tale da opporsi alla variazione del flusso che l'ha generata.

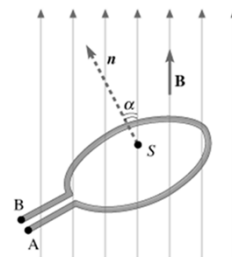


Figura 14.12

Schema per calcolare il flusso di B concatenato ad un circuito.

Scannicchio
EdiSES Fisica Biomedica
EdiSES

EdiSES