

Magnetismo

Eugenio Animalì

February 2, 2023

Equazioni importanti

$$\begin{cases} F = I \vec{L} \times \vec{B} \\ F = q \vec{v} \times \vec{B} \end{cases} \quad (1)$$

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

Sappiamo già

Le linee di campo vanno da N a S e sono tutte ininterrotte.

Forza di coulomb

La forza di coulomb é la forza che subisce una particella carica in un campo elettrico

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

Forza di lorentz

La forza di lorentz é la forza che subisce una particella carica in un campo magnetico.

Una carica é sottoposta ad un campo magnetico solo quando é in movimento.

Per B = Campo magnetico, q = carica della particella, e \vec{v} = velocità della particella.

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

di cui il valore é:

$$F = |q|vB \sin \alpha$$

$$B = \frac{F}{|q|v \sin \alpha}$$

misurato in Tesla: $T = \frac{N}{C \frac{m}{s}} = \frac{N}{Am}$

Questa forza non fa lavoro perché agisce perpendicolarmente allo spostamento.

Vera Forza di Lorentz:

Forza applicata su un filo elettrico in un campo magnetico.

$$\vec{F}_L = I \vec{L} \times \vec{B}$$

perché $I = \frac{q}{s}$ e $\vec{L} = v \cdot s$

Notazioni

Un vettore che viene verso di noi è disegnato come cerchio con un punto al centro; un vettore che si allontana è disegnato come un cerchio con una x.

La regola della mano destra:

Pollice: velocità particella

Indice: campo magnetico

Possibili traiettorie di una carica in un campo magnetico

1. $\vec{v} \parallel \vec{B}$ Moto Rettilineo Uniforme
2. $\vec{v} \perp \vec{B}$ Moto circolare uniforme

$$\begin{aligned}\vec{F} &= q\vec{v} \times \vec{B} \\ \vec{a}_{centripeta} &= \frac{\vec{F}}{m} \\ \vec{a}_{centripeta} &= \frac{v^2}{r} \\ qvB &= m \frac{v^2}{r} \\ qB &= m \frac{v}{r}\end{aligned}$$

3. Una combinazione di 1 e 2: Moto elicoidale- ha un moto circolare nella componente perpendicolare, mentre si sposta in moto rettilineo uniforme sull'asse di \vec{B}

Come misurare la massa

Mass spectrometer, possibilmente di Thompson?

1. Selettore di Velocità

Sparo un elettrone in uno spazio con campo Magnetico (creato da magnete a ferro di cavallo) e un campo elettrico (creato da un condensatore) perpendicolari. Quando passa l'elettrone, sarà spinto da due forze parallele e opposte. Cambiando le forze, posso raggiungere un equilibrio, per cui l'elettrone va dritto, allorquando so che sono uguali le due forze.

$$F_e = F_m$$

$$qE = qvB$$

$$E = vB$$

2. Spettrometro di Massa

L'elettrone entra in un foro; agisce su di esso un campo magnetico che lo fa girare di 180deg, e si schianta su uno schermo fotosensibile. Misurando la distanza dal punto illuminato sullo schermo al foro, si trova il raggio del moto circolare uniforme.

Ciclotrone

Condensatore permeabile con campo elettrico orizzontale in un campo magnetico verticale. L'elettrone si schianta su una parete del condensatore, entra, ruota subendo solo la forza di lorentz, quando l'elettrone ripermea l'armatura, il condensatore cambia polarità e l'elettrone accelera verso l'altra armatura del condensatore. Così ripete per accelerare l'elettrone a velocità altissime.

Motore Elettrico

Poniamo un circuito rettangolare in un campo magnetico. Il momento di ciascun braccio \perp del circuito rispetto al campo, è $\vec{F} \cdot \vec{s}$. Sappiamo che $F = I\vec{L} \times \vec{B}$. Quindi il momento di ciascun braccio, per b = la distanza tra le due braccia, è $M = \frac{1}{2}b \cdot F_1$. Essendo uguali le braccia, il momento totale è $M = b \cdot F = bIhB = AIB$ per A = l'area del circuito. Posso amplificare l'effetto facendo più giri del filo per aumentare il numero di avvolgimenti, N : $M = NIAB$. Questa forza agisce perpendicolarmente al campo, quindi ad un certo punto inizierà a frenare il moto del circuito, dopo mezzo giro. Allora per cambiare il verso della forza dobbiamo cambiare il verso della corrente. La spira ruota, e le spazzole cambiano il contatto e scambiano anello, cambiando il verso della corrente nella spira.

1 Circuitazione

La circuitazione è la somma dei prodotti scalari tra una lunghezza e il campo elettrico in quel punto. $\Gamma_c = \sum \vec{E} \cdot \vec{\Delta}l$. In un campo elettrico uniforme, questa somma è uguale 0.

Oersted scopre che un filo percorso da corrente genera un campo magnetico.

Ampere studia i campi magnetici e studia questa relazione tra circuitazione e correnti con-

catenate:

$$\Gamma_c(\vec{B}) = \mu_0 \Sigma I_{conc}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Tm}{A} \text{ Permeabilit  Magnetica nel vuoto}$$

$$I_{conc} = \Sigma I \text{ interne alla concatenazione}$$

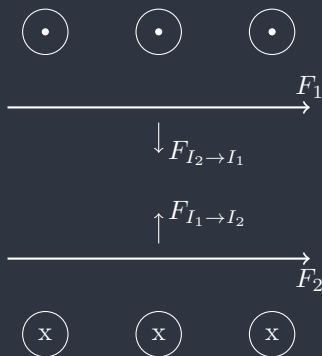
Positive quelle che obbediscono alla regola della mano destra.

Legge di Biot-Savart Equazione per trovare campo magnetico causato da un filo.

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

Biot-Savart

2 Fili paralleli



Due fili paralleli percorsi da corrente nello stesso verso si attirano.

Campo Magnetico di una spira di corrente

Come un magnete – ecco l'elettromagnete!

2 Campi Magnetici generati da corrente

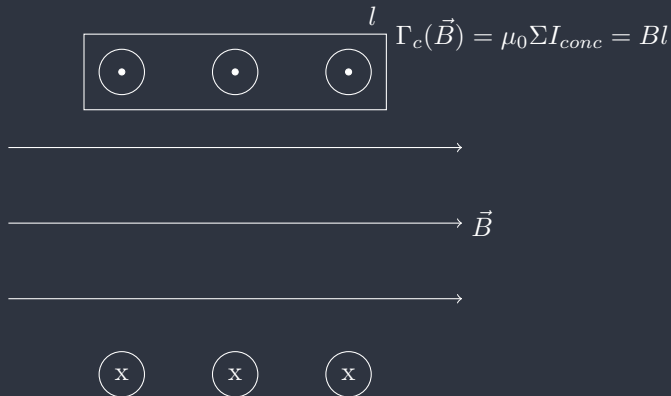
1. Filo rettilineo

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

2. spira circolare

$$B_0 = \frac{\mu_0}{2} \frac{I}{r}$$

3. solenoide



3 Permeabilità magnetica di un materiale

$$\frac{B}{B_0} = \mu_r$$

1. se $\mu_r \gg 1$: (es. 100000) Ferromagnetico
2. se $\mu_r > 1$: (es. 1,0004) Paramagnetico
3. se $\mu_r < 1$: (es. 9,9993) Diamagnetico

4 Induzione Elettromagnetica

4.1 storia

Faraday prende una sbarra di ferro e ci avvolge due circuiti sulle due estremità. Il primo ha un generatore e il secondo ha un amperometro ma non c'è un generatore. al momento dell'accensione del generatore, si vede passare corrente nell'amperometro, che poi si riduce subito a nulla.

Se faccio passare un magnete dentro alla spira con l'amperometro, passa corrente.

4.2 Flusso del Campo Magnetico

$$\Phi(\vec{B}) = \vec{B} \times \vec{S} = BS \cos \theta$$

$$\Phi_{\perp}(\vec{B}) = BS$$

$$\Phi_{\parallel}(\vec{B}) = 0$$

4.3 Legge di Faraday-Neumann-Lenz

$$fem_i = -N \frac{\Delta \Phi(\vec{B})}{\Delta t}$$

Per fare corrente serve un $\Delta \Phi(\vec{B})$, che può essere causato da un Δ nel Campo, la superficie interna alla spira, o la direzione del filo.

La N rappresenta il numero di spire.

Il verso é negativo perché l'elettricità generata deve creare un campo che oppone quello che la ha generata.

5 Fem indotta in Generatore

Da imparare a memoria

$$\begin{aligned}\alpha &= \omega t \\ \Phi &= BS \cos \alpha \\ \Phi &= BS \cos \omega t \\ f_{em} &= -N \frac{d\Phi}{dt} = +NBS\omega \sin(\omega t)\end{aligned}$$

5.1 Circuito Autoinducente, Circuito RL in CC

solenoido in circuito. quando si chiude il circuito, varia campo magnetico $B = \mu_0 \frac{N}{l} I$ che fa variare il flusso. Per la legge di Lenz si deve creare una forza opposta, che rallenta la corrente, rendendo più lento il processo di raggiungere l'equilibrio.

$$I = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

5.2 L di Henry

L é l'induttanza

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

6

pg.49

$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

7 Trasformatori

Due circuiti avvolti attorno a due lati di un toro. Uno fornisce la tensione, l'altro la induce attraverso il toro.

$$\begin{aligned}
\mathcal{E}_1 &= N_1 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \\
\mathcal{E}_2 &= N_2 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \\
\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} &= \frac{N_1}{N_2} \\
P &= IV \\
\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} &= \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}
\end{aligned}$$

8 Circuiti in Corrente Alternata

$$\begin{aligned}
V(t) &= V_{max} \sin(\omega t) \\
V(t) &= RI(t) \\
I(t) &= I_{max} \sin(\omega t) \\
V_{max} &= I_{max}
\end{aligned}$$

8.1 Piano dei Fasori

Si può immaginare i vettori I_{max} e V_{max} che ruotano attorno all'origine del piano cartesiano, e I e V valgono il seno di queste, o la loro proiezione su qualsiasi retta passante per l'origine. Non mi importa il valore in tempo t ma il relativo valore tra I e V .

8.2 Media quadratica

$$\sqrt{\frac{I_{max}^2}{2}} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

9 Circuito puramente resistivo R in CA

$$\begin{aligned}
I(t) &= I_{max} \sin \omega t \\
V(t) &= V_{max} \sin \omega t \\
P(t) &= V(t) \cdot I(t) = V_m I_m \sin^2 \omega t \\
\bar{P} &= \frac{V_m I_m}{2} = V_{eff} \cdot I_{eff}
\end{aligned}$$

10 Circuito C in CA

$$\begin{aligned}V(t) &= V_m \sin \omega t \\Q &= CV \\Q(t) &= CV_m \sin \omega t \\I(t) &= \frac{dQ}{dt} \\I(t) &= \omega \cdot CV_m \cos \omega t \\I(t) &= \underbrace{\omega CV_m}_{I_m} \cos \omega t \\P &= VI = \\V_m I_m \sin \omega t \cos \omega t &= \\\frac{1}{2} V_m I_m \sin(2\omega t)\end{aligned}$$

11 Circuito L in CA

12 4 regole di maxwell

1. Flusso di \vec{E} (Legge di Gauss)

$$\Phi_c(\vec{E}) = \frac{\sum Q_{int}}{\epsilon}$$

2. Flusso di \vec{B}

$$\Phi_c(\vec{B}) = 0$$

3. Circuitazione di \vec{E} (Legge di Faraday-Neumann-Lenz)

$$\begin{aligned}\Gamma_c(\vec{E}) &= \sum \vec{E}_i \Delta \vec{l}_i \\\Gamma_c(\vec{E}) &= -\frac{d\Phi(\vec{B})}{dt}\end{aligned}$$

4. Circuitazione di \vec{B} (Legge di Ampere-Maxwell)

$$\Gamma_c(\vec{B}) = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi(\vec{E})}{dt}$$

13 Corrente di Spostamento

In un condensatore, non passano cariche, ma c'è una certa quantità di campo magnetico là in mezzo. Quindi passa qualcosa che non è propriamente una corrente ma ha le stesse unità di misura. si chiama corrente di spostamento.

$$I_s = \epsilon_0 \frac{d\Phi(\vec{E})}{dt}$$

equazione dell'onda

$$\vec{E} = E_{max} \cos[\omega t - kx] \hat{j}$$

$$\vec{B} = B_{max} \cos[\omega t - kx] \hat{k}$$

$$k = \text{numero d'onda} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

14 Vettore di Poynting

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$$