

Induzione elettromagnetica

- Una corrente elettrica produce un campo magnetico
- Un campo magnetico esercita una forza sui circuiti percorsi da corrente
- È possibile generare correnti per mezzo di campi magnetici?
- Questo effetto è stato studiato soprattutto da Faraday



f.e.m. indotta

- Faraday provò a indurre una corrente elettrica con campi magnetici molto intensi
- Gli esperimenti non dettero alcun risultato
- Solo nel momento in cui si accendeva o spegneva il campo magnetico si aveva passaggio di corrente
- Faraday concluse che la corrente è indotta da una *variazione* del campo magnetico (*induzione elettromagnetica*)

Legge di Faraday

- La corrente è tanto maggiore quanto più velocemente cambia il campo magnetico
- Più esattamente, la corrente è proporzionale alla variazione del flusso Φ del campo magnetico attraverso il circuito
- Se \mathbf{n} è la normale al piano in cui giace il circuito, \mathbf{B} il campo magnetico e A l'area del circuito trovo che la corrente è proporzionale alla variazione di

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{n} A$$

Flusso del campo magnetico

- Dalla definizione si trova che per B uniforme
 - Se B è parallelo al piano del circuito, il flusso è nullo
 - Se B è perpendicolare al piano del circuito, il flusso è massimo e vale $B \cdot A$
 - In generale $\Phi = B \cdot A \cdot \cos(\theta)$
- In caso contrario occorre dividere A in parti in cui B sia uniforme, calcolare il flusso e sommare
- L'unità di misura del flusso è il Weber
 $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot 1 \text{ m}^2$

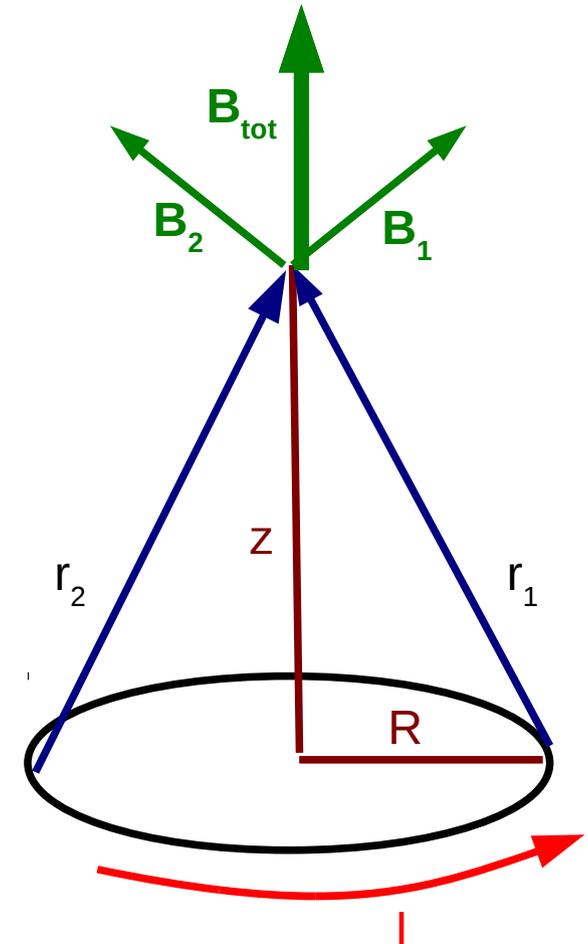
Legge di Lenz

- Come determino il verso della corrente?
- Sperimentalmente, il circuito si “oppone” alle variazioni del flusso, generando correnti che cercano di ripristinarlo
- Questa “opposizione” si esprime con un segno meno (legge di Lenz) nella legge di Faraday

$$V = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Campo magnetico generato da una spira circolare

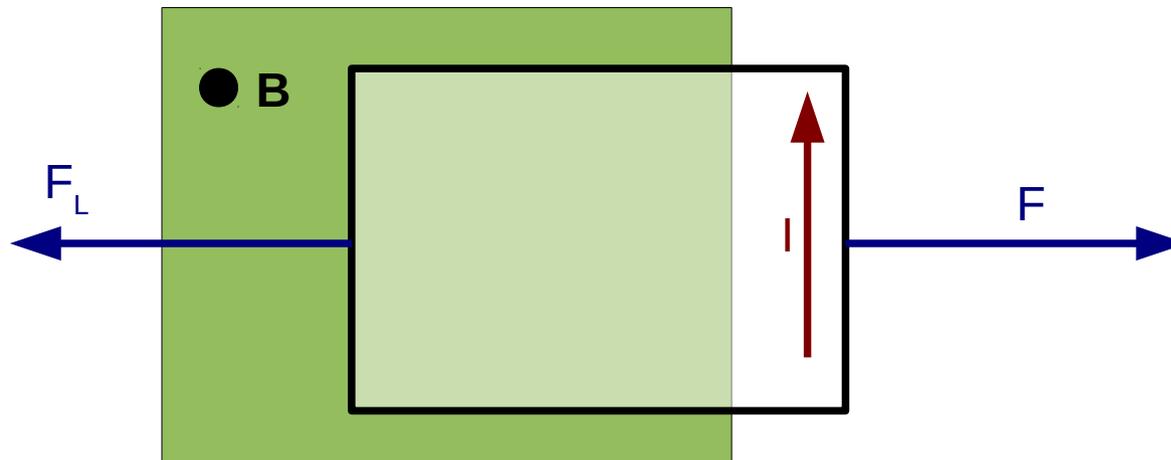
- Il campo magnetico di una spira circolare può essere ricavato da quello di un segmento di filo rettilineo
- Ogni trattino contribuisce un pezzo di \mathbf{B}
- La somma di tutti i pezzi è diretta lungo l'asse (regola della mano destra)
- Si trova che il campo è simile a quello di un dipolo: quindi c'è un parallelo "attivo" tra spire percorse da corrente e aghi magnetici



Esempi

Estrazione di una spira quadrata da un campo magnetico

- Che forza ci vuole per fare muovere la spira con velocità v ?
- La spira esce e quindi il flusso decresce
- Nella spira circola una corrente che cerca di ripristinare il flusso
- C'è quindi una forza di Lorentz che si oppone alla forza che trascina



Spira quadrata -2-

- Il flusso è $B L (L-x)$ con L lato e x tratto fuori dal campo magnetico
- La *f.e.m.* è quindi $B L \Delta x / \Delta t = Blv$
- La corrente passa in senso orario
- Il campo magnetico generato è uscente dal disegno
- La forza di Lorentz dovuta ai lati orizzontali tende a deformare la spira, quella dovuta al lato verticale a frenarla
- $F_L = I L B = f.e.m / R L B = B^2 L^2 v / R$
- R è la resistenza del circuito

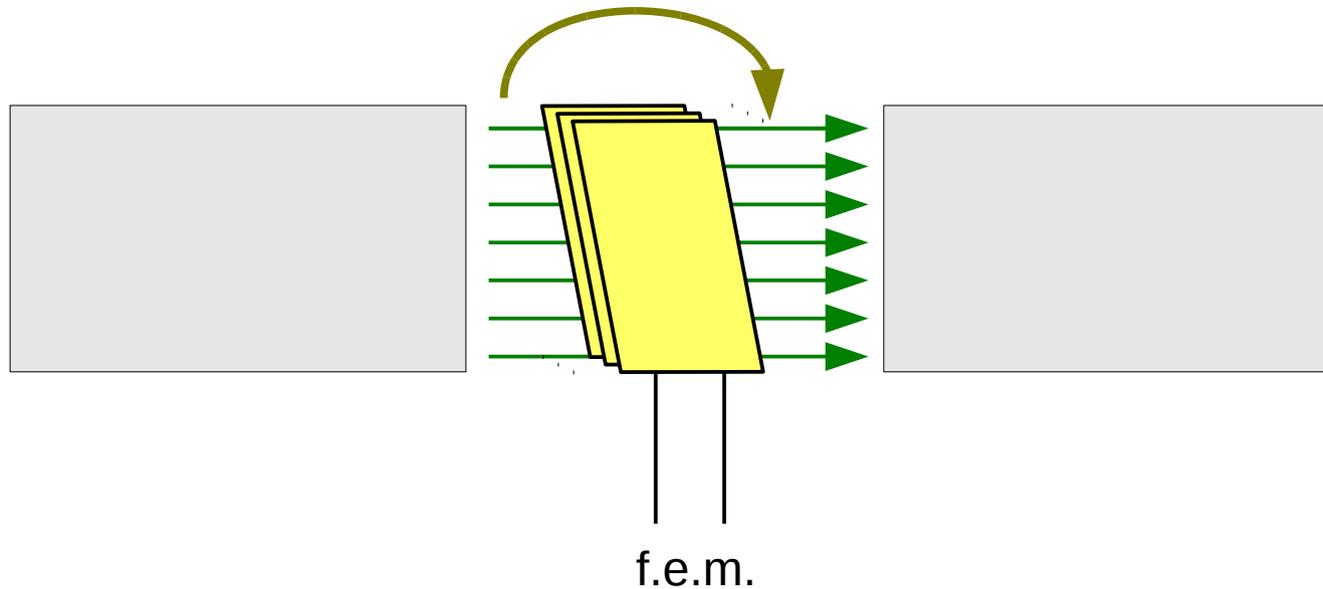
Campo elettrico generato da una variazione del campo magnetico

- Se B genera una f.e.m., allora genera anche un campo elettrico
- Per una particella carica, il modulo della forza è $q \cdot v \cdot B$
- Se mi metto nel riferimento in cui la particella è ferma, questa stessa forza vale $q \cdot E$
- Ne concludo che $E = v \cdot B$

Generatori elettrici

- Sono delle dinamo
- Si basano sulla rotazione di un avvolgimento in un campo magnetico, o sulla rotazione del campo magnetico
- Sono alla base di quasi tutta la produzione di energia
- Le centrali idroelettriche producono la rotazione della bobina sfruttando la caduta dell'acqua
- Le centrali termoelettriche usano il calore per azionare una turbina

Produzione di corrente



- La f.e.m. può essere raddrizzata scambiando elettrodi ogni mezzo giro e resa continua usando molte bobine
- Se la spira ruota con velocità angolare costante, la corrente generata è alternata

$$I = I_0 \sin(\omega t)$$

Trasformatore

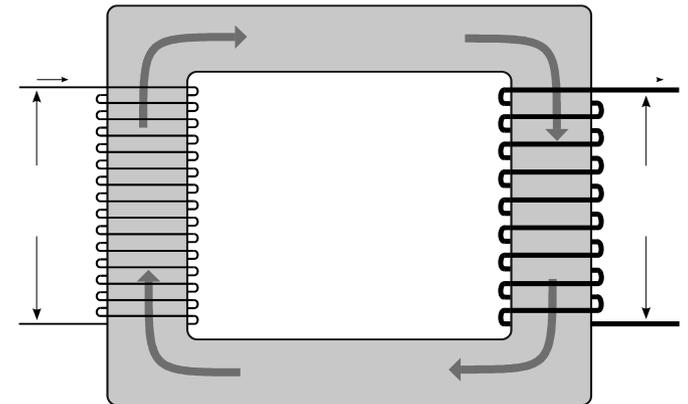
- Serve a cambiare la ddp
- Nel primario c'è un flusso Φ tale che

$$V_p = N_p \Delta\Phi / \Delta t$$

- Il flusso attraverso il secondario è lo stesso per cui

$$V_s = N_s \Delta\Phi / \Delta t$$

- Quindi $V_s / V_p = N_s / N_p$
- La potenza deve essere la stessa, quindi $V_p I_p = V_s I_s$



Esercizi

- Il flusso di B attraverso un avvolgimento di due spire varia da -50 Wb a $+34 \text{ Wb}$ in 0.42 s . Quanto vale la f.e.m. Indotta?
- Una spira circolare di diametro 9.6 cm è esposta a un campo magnetico di intensità 1.10 T . La spira viene estratta dal campo in 0.15 s . Quanto vale la f.e.m. media indotta?
- Un trasformatore ha un primario di 330 spire e un secondario di 1340 spire. La tensione d'ingresso vale 120 V e la corrente d'uscita 15.0 A . Calcolare la corrente d'ingresso e la tensione d'uscita