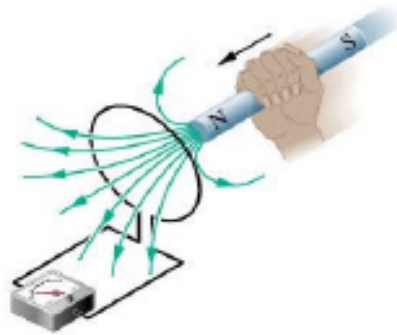


# LEGGE DI FARADAY LENTZ



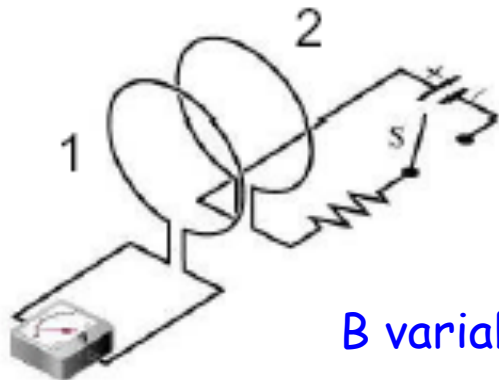
# Esperimenti di Faraday



Moto relativo tra circuito e  
magnete ( $B$  costante)

**Primo esperimento:** avvicinando o allontanando un magnete ad una spira (o la spira al magnete) si ha un passaggio di corrente nella spira.

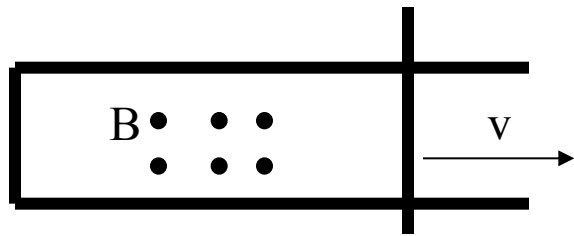
- Più velocemente si muove maggiore è la corrente
- Invertendo il moto o i poli del magnete il verso della corrente si inverte
- Stesso fenomeno sostituendo il magnete con una spira percorsa da corrente



$B$  variabile

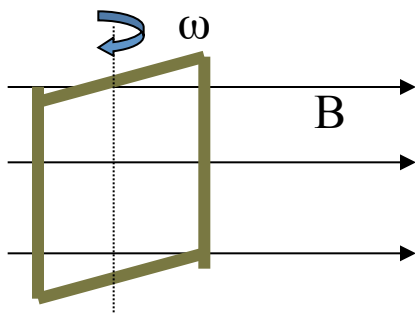
**Secondo esperimento:** chiudendo (o aprendo) il circuito 2, cui è collegata una batteria, si osserva un passaggio di corrente nel circuito 1, per poi tornare a zero.

# Esperimenti di Faraday



Circuito deformato ( $B$  costante)

**Terzo esperimento:**  $B$  uniforme e costante perpendicolare al piano di una spira; quando la sbarra si muove di osserva passaggio di corrente.



**Quarto esperimento:**  $B$  uniforme e costante orizzontale; quando la spira ruota, si osserva un passaggio di corrente

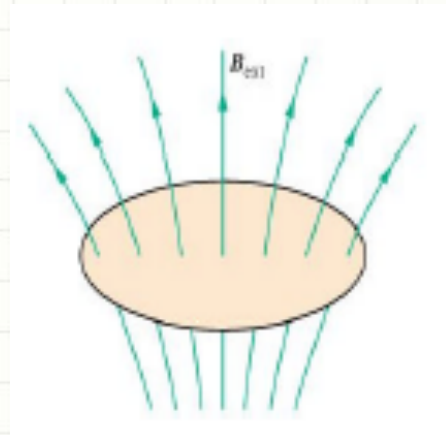
Cambia l'orientazione tra circuito (rigido) e ( $B$  uniforme o meno)

# Legge di Faraday Lenz

Faraday dedusse che: ogni qual volta il flusso del campo magnetico  $\Phi(B)$  concatenato con il circuito varia nel tempo si ha nel circuito un **forza elettromotrice indotta** pari a :

Dove

$$\mathcal{E}_i = - \frac{d\Phi(B)}{dt}$$



$$\Phi(B) = \int_S \vec{B} \cdot \vec{n} dS$$

B vs t

Varia l'intensità di B  
che attraversa la spira

Varia  $\theta$

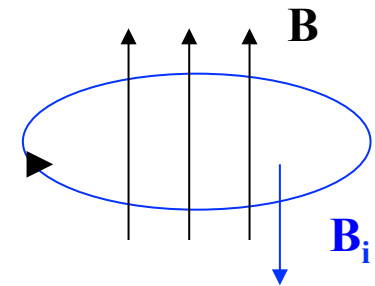
Varia la  
superficie dS

# Legge di Faraday Lenz

**Legge di Lenz:** l'effetto della f.e.m. indotta è sempre tale da opporsi alla variazione di flusso che l'ha generata.

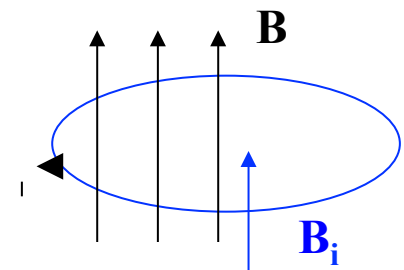
$$\rightarrow \frac{d\Phi(B)}{dt} > 0 \Rightarrow \varepsilon_i < 0 \Rightarrow i_i < 0$$

Il  $B_i$  genera un auto-flusso attraverso la spira che si oppone all'aumento di  $\Phi(B) \rightarrow$  il flusso complessivo aumenta più lentamente



$$\rightarrow \frac{d\Phi(B)}{dt} < 0 \Rightarrow \varepsilon_i > 0 \Rightarrow i_i > 0$$

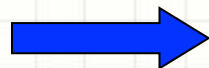
il flusso complessivo diminuisce più lentamente



# Campo Elettrico indotto

Se il circuito ha resistenza ohmica  $R$ , **la corrente indotta**:

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi(B)}{dt}$$



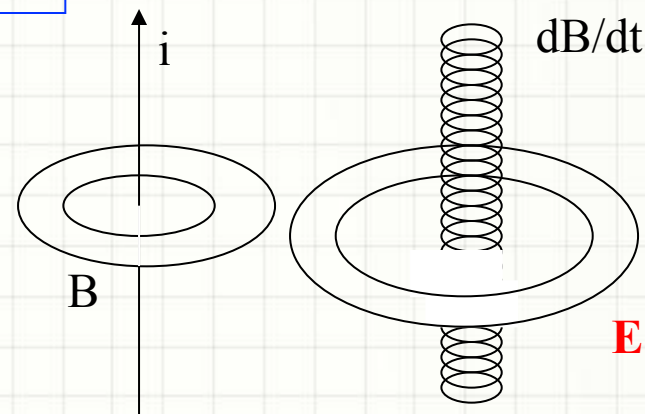
$$i = \frac{\varepsilon_i}{R} = - \frac{1}{R} \frac{d\Phi(B)}{dt}$$



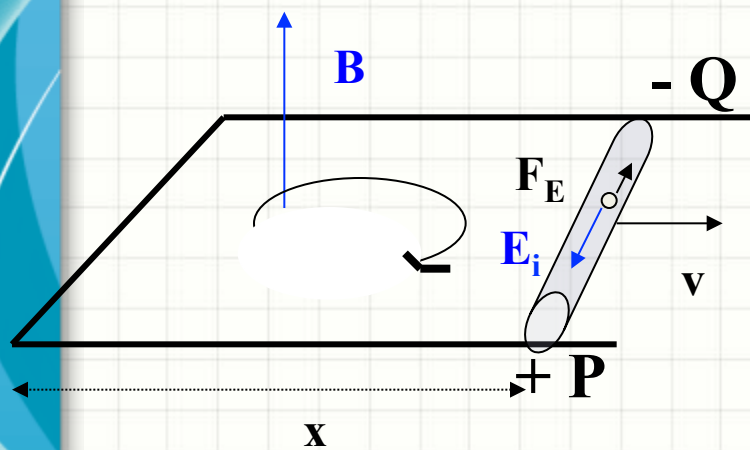
$$\varepsilon_i = \oint \vec{E}_i \cdot d\vec{l} = - \frac{d\Phi(B)}{dt} = - \frac{d}{dt} \int_{\Sigma} \vec{B} \cdot \vec{u}_n dS$$

La variazione del flusso magnetico con una linea chiusa dà origine ad un **campo elettrico indotto**:

- non conservativo
- solenoidale (non è prodotto da cariche libere)



# Origine della F.e.m. indotta



Una spira conduttrice si muove di moto traslatorio con  $\mathbf{v}$  in una regione in cui ci sia  $\mathbf{B}$  costante.

→ Gli elettroni di conduzione sono in moto

→ su di essi agisce la forza di Lorentz

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

Si può definire un **campo elettromotore**

$$E_i = \frac{\vec{F}_E}{-e} = \vec{v} \times \vec{B}$$

- Le cariche si mettono in moto lungo la spira
- danno origine ad una **corrente indotta** (che scorre in verso opposto a quello degli e-)
- Il tratto di conduttore  $\leftarrow \rightarrow$  un generatore di f.e.m con il morsetto + in P e – in Q.



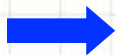
# Origine della F.e.m. indotta

$$\varepsilon = \oint \vec{E}_i \cdot d\vec{l} = \int_P^Q \vec{E}_i \cdot d\vec{l} = \int_P^Q \vec{v} \times \vec{B} \cdot d\vec{l} = -vBb$$

$\vec{E}_i$  e PQ hanno  
direzione opposta

Legge di Faraday

$$\Phi(B) = \int_S \vec{B} \cdot \vec{n} dS = \int_S \vec{B} \cdot \vec{n} b dx = Bbx$$



$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi(B)}{dt} = -Bb \frac{dx}{dt} = -Bbv$$

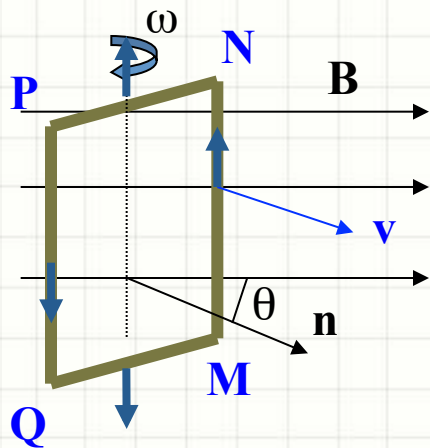
✓ Il fenomeno di induzione elettromagnetica è stato ricondotto alla forza di Lorentz





# Applicazione della legge di Faray Lentz

## Generatore di corrente sinusoidale



Una spira rettangolare **ruota** con velocità angolare  $\omega$  costante attorno ad un asse verticale, in un campo magnetico  $\mathbf{B}$  uniforme e costante orizzontale, perpendicolare all'asse di rotazione.

$$\Phi(B) = \int_S \vec{B} \cdot \vec{n} dS = BS \cos \theta$$



$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} = \omega BS \sin \omega t$$

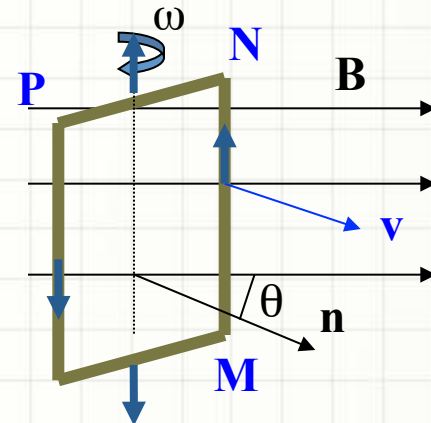
# Applicazione della legge di Faray Lentz

f.e.m. varia sinusoidalmente nel tempo, con valore max

$$\varepsilon_{\max} = \omega BS$$

Se la spira è collegata ad una R

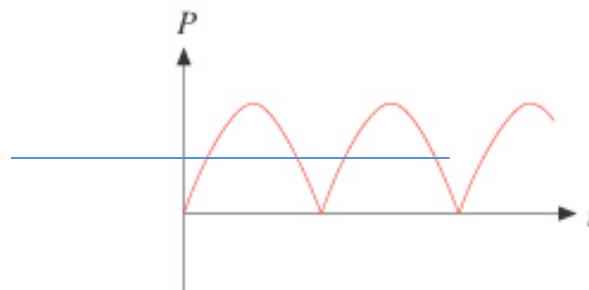
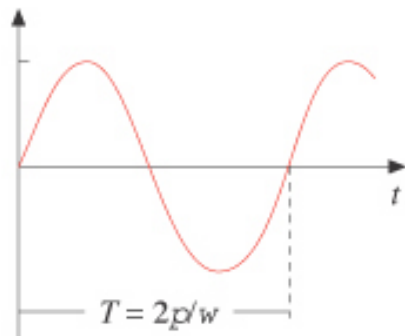
$$i = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{\omega BS \sin(\omega t)}{R}$$



Viene spesa **una potenza elettrica:**

$$P = \varepsilon_i i = \frac{\varepsilon_{\max}^2 \sin^2 \omega t}{R} =$$

Per mantenere in rotazione la spira contro il mom.meccanico delle forza magnetica (che tende ad orientare il  $\mathbf{m} // \mathbf{B}$  occorre fornire una potenza mecc. P)





# Legge di Felici

Quando una spira di resistenza  $R$  si muove in un  $B$ , in essa viene indotta una corrente:

$$i = -\frac{1}{R} \frac{d\Phi}{dt}$$

Nell'intervallo  $t_1, t_2$  nella spira fluisce una carica  $q$

$$q = \int_{t_1}^{t_2} i(t) dt = -\frac{1}{R} \int_{\Phi_1}^{\Phi_2} d\Phi = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{R}$$

**Legge di felici**

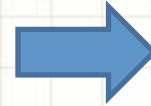
Non dipende dalla legge temporale con cui varia il flusso ma solo dalla sua variazione. Fornisce un metodo semplice di misura **dell'intensità del campo B.**



# Misure di campo magnetico

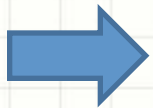
Preso una bobina piatta composta da  $N$  spire, la disponiamo ortogonalmente alle linee del campo  $B$

$$\Phi_1 = NBS$$



Spostando la bobina in una zona in cui il  $B = 0$

$$\Phi_2 = 0$$



$$q = \frac{\Phi_1}{R} = \frac{NBS}{R} \Rightarrow B = \frac{qR}{NS}$$