

# Riepilogo legge di Faraday - 1

Validita' generale:

$$\oint_c \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d\Phi_s}{dt} \quad \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

1) *Interpretazione in termini di forza di Lorentz/c.eletttrico equilibrante*

Tutte le volte che c'e' moto relativo fra conduttore e campo magnetico

(NB: se nel sistema di riferimento usato il conduttore e' fermo occorre invocare leggi di trasformazione fra diversi sistemi che mescolino le componenti di E e B)

2) *Difficolta' di interpretazione per conduttori a circuito chiuso:*

$$\oint_c \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} \neq 0$$

non giustificabile per c.elettrostatico

## Riepilogo legge di Faraday - 2

3) *Interpretazione piu' generale: generazione di un c.elettrico di nuovo tipo ogni volta che c'e' un c.magnetico variabile*

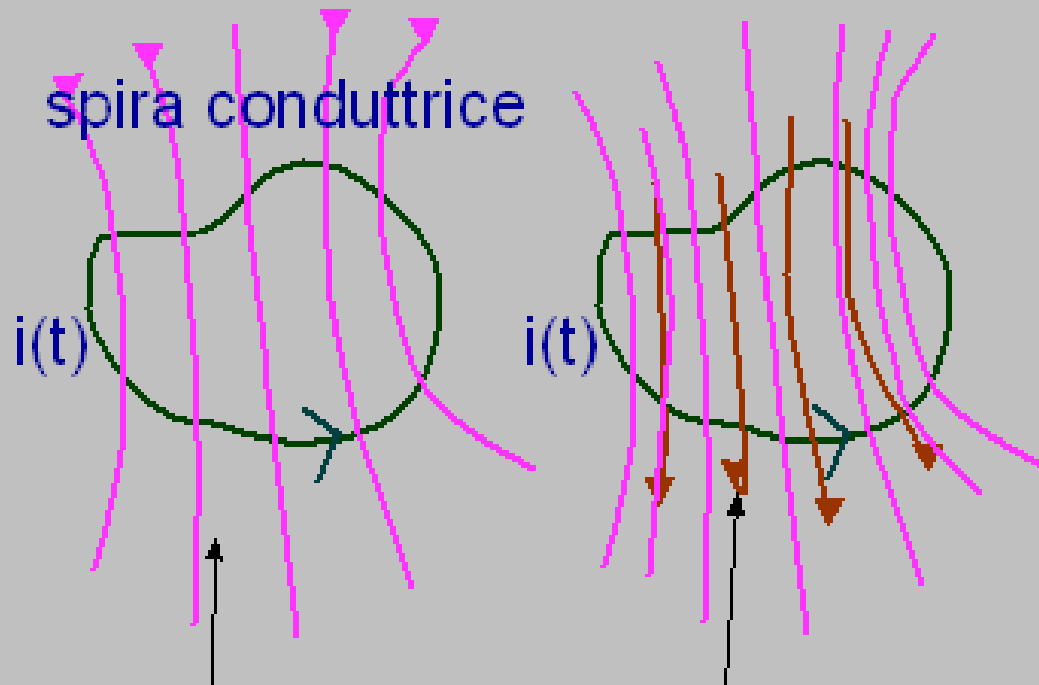
Interpretazione necessaria quando la variazione di flusso e' dovuta a c.magnetico variabile, in assenza di moto relativo fra campo e circuito (se  $v=0$  non c'e' forza di Lorentz).

Il c.elettrico viene generato nello spazio vuoto, anche in assenza di circuiti in cui circoli corrente.

Il campo e' di nuovo tipo perche' la sua circuitazione non e' in generale nulla, diversamente da un c. statico

## Interpretazione della legge di Lenz

Presenza di un segno meno davanti alla derivata del flusso: ??

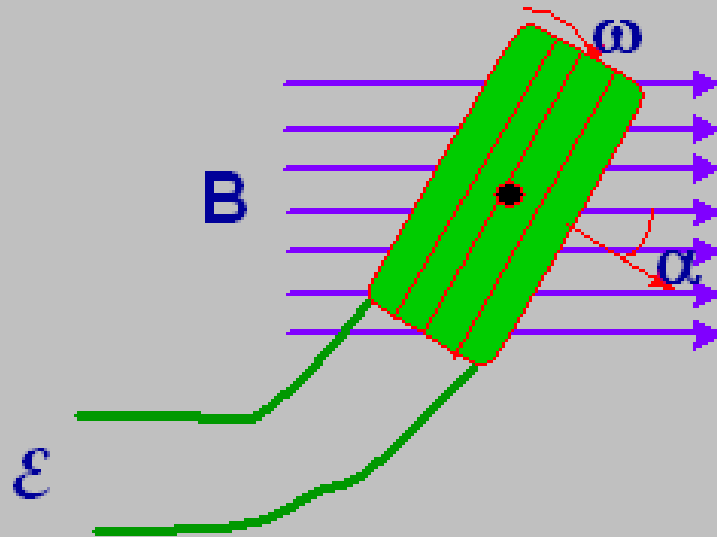


C.magnetico aumenta  $\Rightarrow$  c.elettrico  
indotto  $\Rightarrow$  f.e.m. indotta  $\Rightarrow$  corrente  
indotta  $\Rightarrow$  c.magnetico auto-indotto

Se fosse concorde con il c.magnetico originale, il sistema sarebbe instabile (variazione piccola a piacere darebbe c.magnetico crescente senza limiti...)

## Alternatore

N spire (avvolgimento) in rotazione in c.magnetico



Flusso attraverso avvolgimento:

$$\Phi_s(B) = N\mathbf{B} \cdot \mathbf{A} = BAN \cos \alpha$$

$$\alpha = \omega t$$

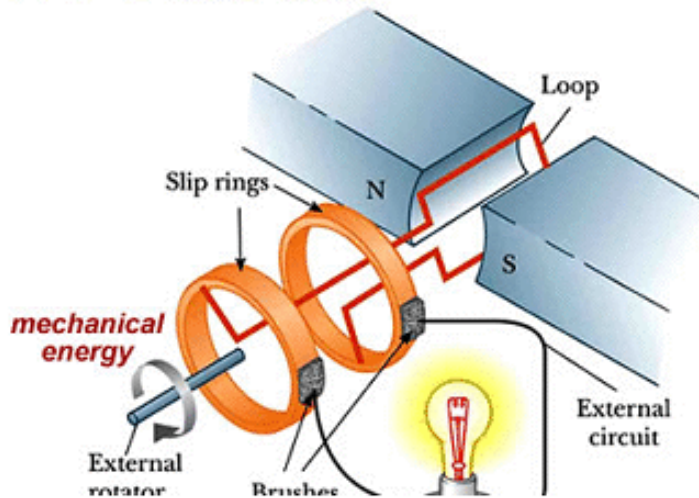
$$\rightarrow \Phi_s(B) = BAN \cos \omega t$$

$$\rightarrow \mathcal{E} = -BAN\omega \sin \omega t$$

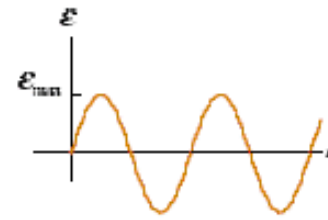
f.e.m. indotta, alternata: trasformazione di energia meccanica in energia elettrica

# Generatori

## AC Generator

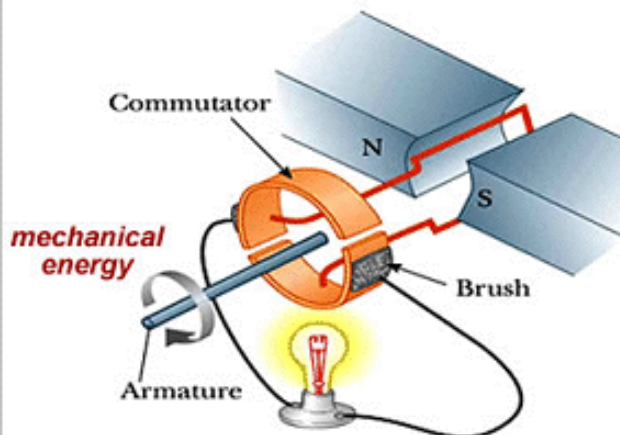


Alternatore

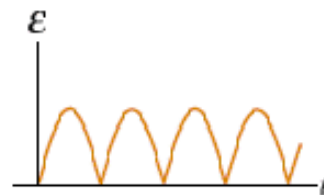


$$\varepsilon = NAB\omega$$

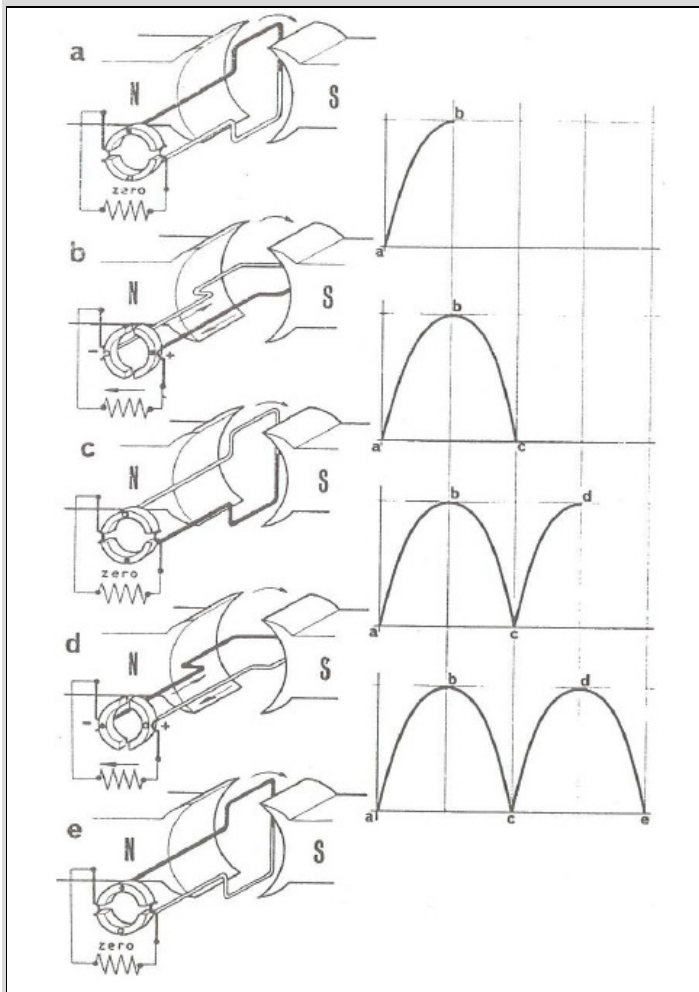
## DC Generator



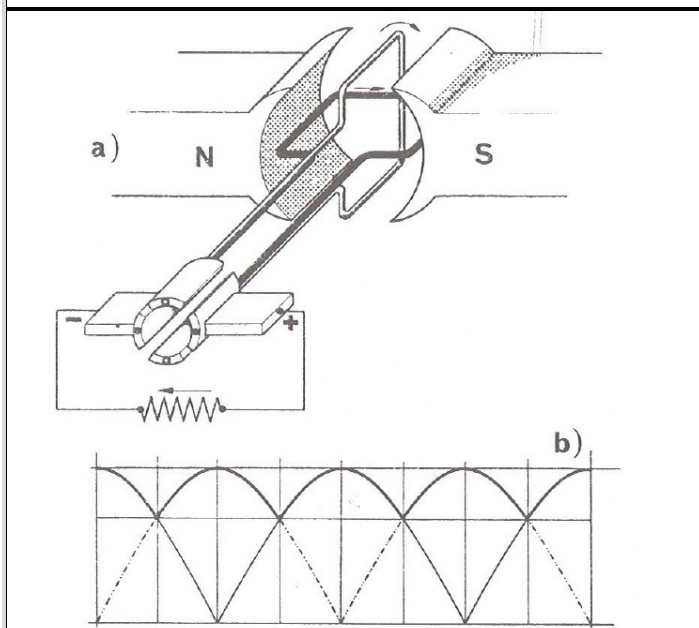
Dinamo



# Dinamo

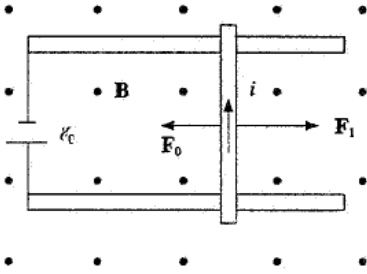


Un avvolgimento



Due avvolgimenti

# Motori elettrici



$$E_0 + E_i = Ri$$

$$\rightarrow i = \frac{E_0 - vBb}{R}$$

$$\rightarrow F_1 - F_0 = iBb - F_0 = m \frac{dv}{dt}, \quad F_0 \text{ forza esercitata sull'esterno (es peso sollevato)}$$

$$\rightarrow \frac{dv}{dt} = \frac{(E_0 - vBb)Bb}{mR} - \frac{F_0}{m} = \frac{E_0Bb}{mR} - \frac{F_0}{m} - \frac{vB^2b^2}{mR}$$

$$\rightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{B^2b^2}{mR}v = \frac{E_0Bb}{mR} - \frac{F_0}{m} \quad \text{eq. diff. del I ordine, lineare, non omog.}$$

Omogenea associata:

$$\frac{dv}{dt} + \frac{B^2b^2}{mR}v = 0$$

$$\rightarrow v(t) = Ae^{-\frac{B^2b^2}{mR}t}$$

Sol. particolare non omogenea:

$$v(t) = \frac{mR}{B^2b^2} \left( \frac{E_0Bb}{mR} - \frac{F_0}{m} \right) = \frac{E_0}{Bb} - \frac{F_0R}{B^2b^2}$$

$$v(0) = 0 \rightarrow A + \frac{E_0}{Bb} - \frac{F_0R}{B^2b^2} = 0 \rightarrow A = \frac{F_0R}{B^2b^2} - \frac{E_0}{Bb}$$

$$\rightarrow v(t) = \left( \frac{E_0}{Bb} - \frac{F_0R}{B^2b^2} \right) \left( 1 - e^{-\frac{B^2b^2}{mR}t} \right)$$

$$v_{\text{lim}} = \frac{E_0}{Bb} - \frac{F_0R}{B^2b^2} \xrightarrow{F_0 \rightarrow 0} \frac{E_0}{Bb}$$

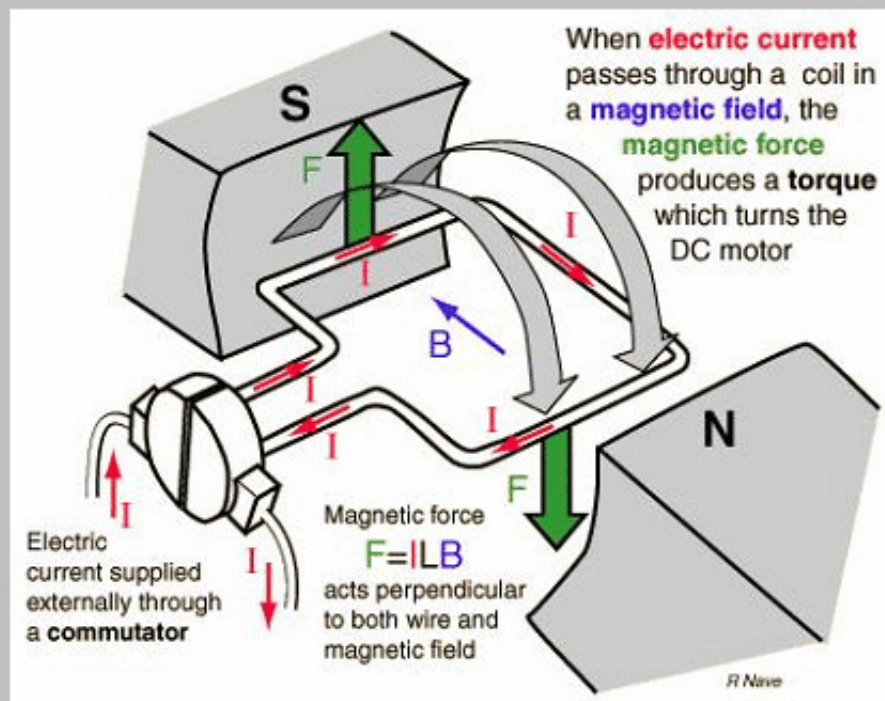
$$i_{\text{lim}} = \frac{E_0 - v_{\text{lim}}Bb}{R} = \frac{F_0}{Bb} \xrightarrow{F_0 \rightarrow 0} 0$$

$$P_{\text{lim}} = i_{\text{lim}}^2 R = \frac{F_0^2}{B^2b^2} R \xrightarrow{F_0 \rightarrow 0} 0 \quad \text{! Moto asintotico inerziale se } F_0 \rightarrow 0$$

# Motori elettrici - 1

Essenzialmente:  
Generatori funzionanti al contrario

Motore in c.c.

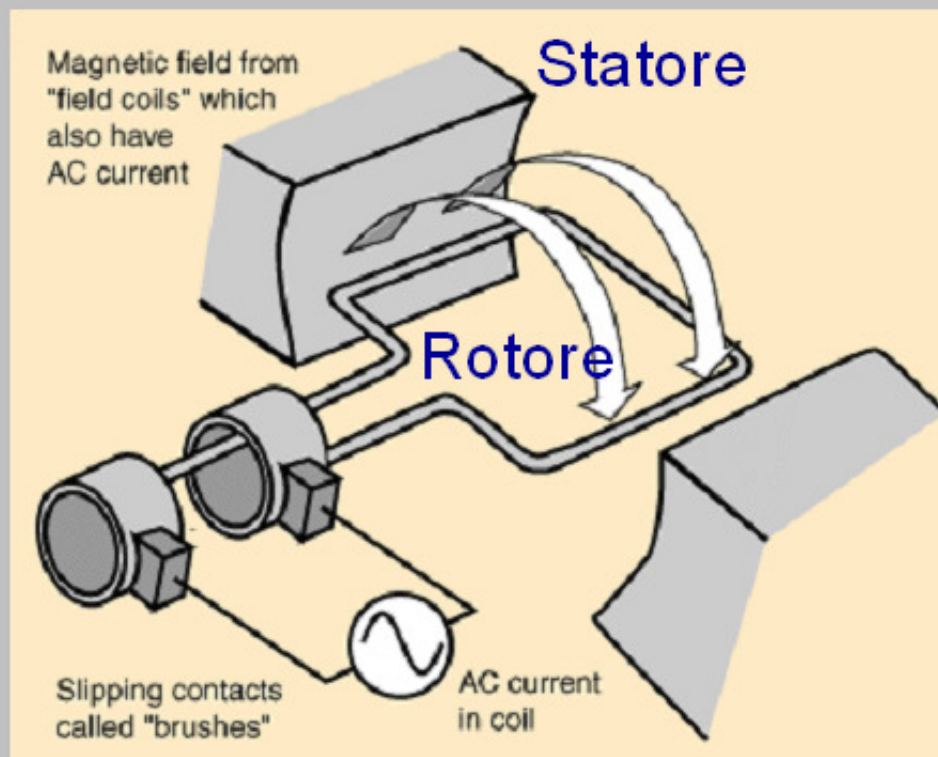


Commutatore: serve a invertire il  
senso della corrente ogni mezzo giro



# Motori elettrici - 2

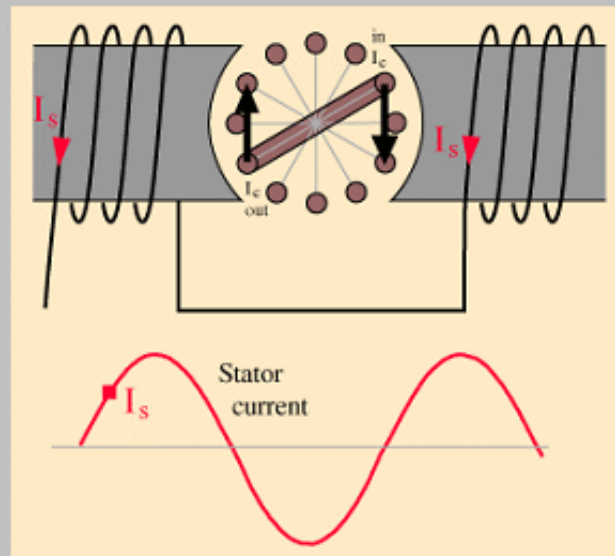
## Motore in c.a.



Poco usato: corrente elevata, consumo spazzole, guasti, ...

# Motori elettrici - 3

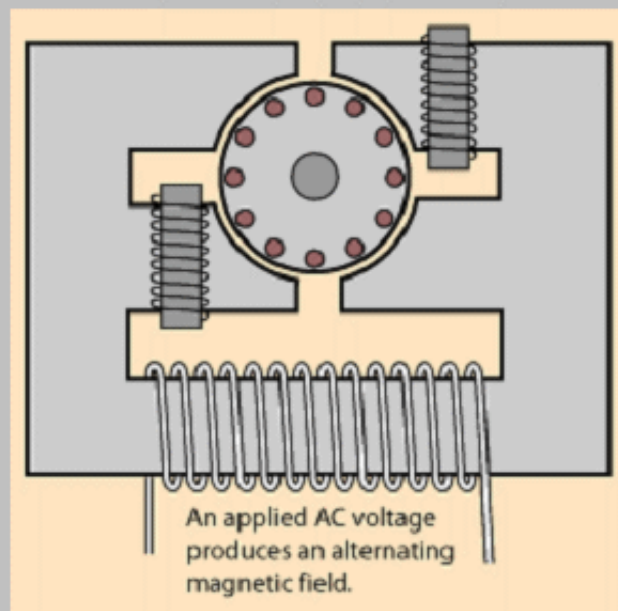
## Motore a induzione



Principio di funzionamento:

Corrente nel rotore indotta da  $d\Phi(\mathbf{B}_{statore})/dt$

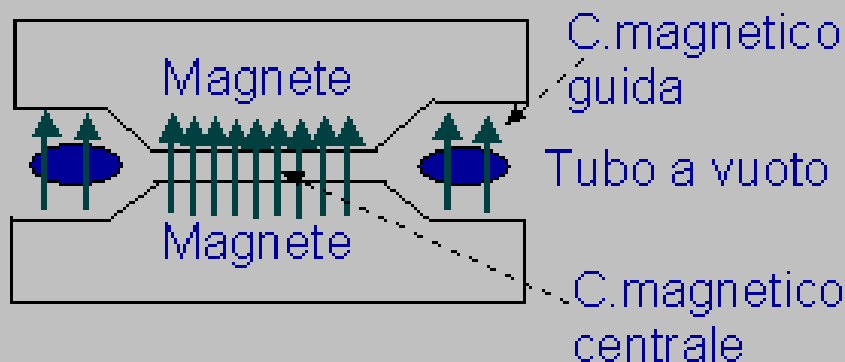
Schema piu' realistico:



# Betatrone

Acceleratore di elettroni basato  
sull'induzione elettromagnetica

Elettroni iniettati tangenzialmente nel tubo  
vuoto all'inizio di ogni ciclo di variazione di B



C. magnetico alternato: c. elettrico indotto  
Quindi: accelerazione

$$2\pi R_{orbita} E = - \frac{d\Phi(\mathbf{B}_{centrale})}{dt} = -\pi R_{orb}^2 \frac{dB_{centr}}{dt}$$
$$\rightarrow E = - \frac{R_{orb}}{2} \frac{dB_{centr}}{dt}$$

Azione del c. guida: forza di Lorentz

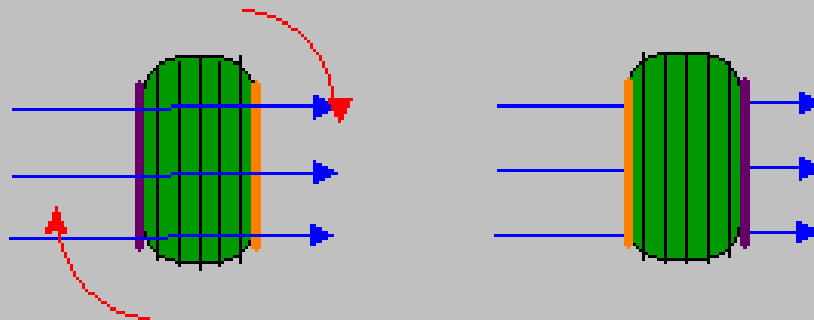
$$evB_{guida} = m \frac{v^2}{R} \rightarrow eB_g = \frac{p}{R_{orb}}$$

$$\frac{dp}{dt} = eE = e \frac{R_{orb}}{2} \frac{dB_{centr}}{dt} = eR_{orb} \frac{dB_g}{dt}$$

$$\rightarrow B_{centr} = 2B_g \text{ eq. del betatrone}$$

# Flussometro

Avvolgimento (bobina), collegato a "integratore", immerso nel campo magnetico da misurare. Rotazione della bobina di  $180^\circ$ :



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

$$\rightarrow \int_0^{\infty} - \frac{d\Phi(\mathbf{B})}{dt} dt = \Delta\Phi(\mathbf{B})$$

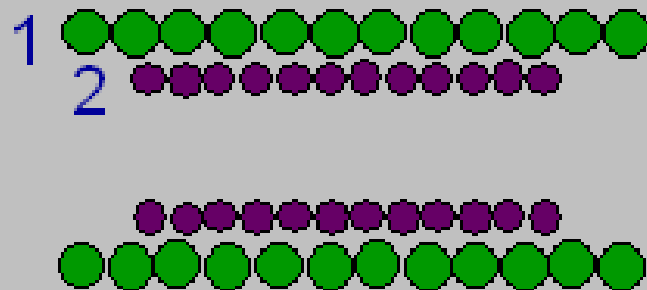
$$\rightarrow \int_0^{\infty} \mathcal{E} dt = \Delta B N_{spire} A \rightarrow \Delta B = \frac{\int_0^{\infty} \mathcal{E} dt}{N_{spire} A}$$

$\Delta B = 2B_{avv}$ , componente di  $\mathbf{B}$  attraverso la bobina

Si ottiene così una misura della componente di  $\mathbf{B}$  perpendicolare alla bobina

# Trasformatore

Avvolgimenti accoppiati, con raggi molto simili:



Se  $\phi$  e' il flusso attraverso una spira, circa uguale per 1 e 2:

f.e.m. autoindotte:

$$\mathcal{E}_1 = -\frac{\partial \Phi_1}{\partial t} = -N_1 \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

$$\mathcal{E}_2 = -\frac{\partial \Phi_2}{\partial t} = -N_2 \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

$$\rightarrow \mathcal{E}_1 = \frac{N_1}{N_2} \mathcal{E}_2$$

Relazione fra le f.e.m. ai capi dei 2