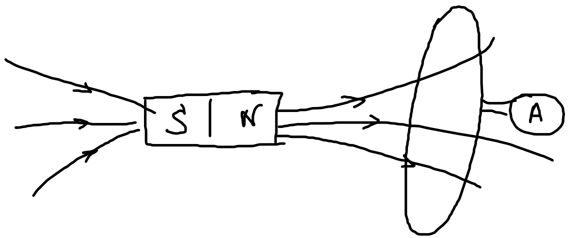
Legge di Faraday - Newmann - Lenz



Se Magnete é fisso: $I_{spira} = 0$

Se Magnete é in movimento
(si avvicina o si allontana dalla spira)

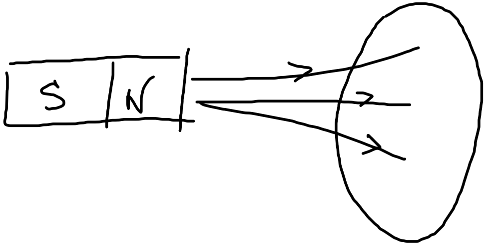
$I_{spira} \neq 0$

Verso della corrente cambia se si avvicina o allontana il magnete

$$f.e.m. = -\frac{d\Phi_S(\underline{B})}{dt}$$

$\Phi_S(\underline{B})$: flusso del campo magn. attraverso la spira

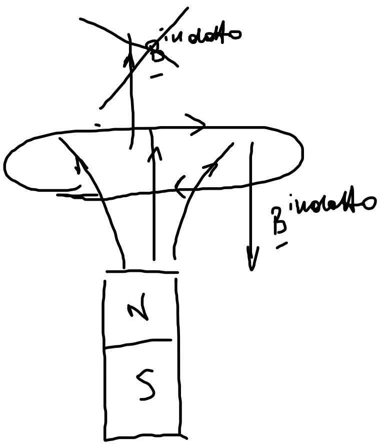
↳ f.e.m. detta "indotta"



I_{spira} → verso orario ?

→ verso antiorario ?

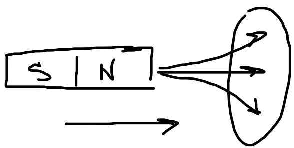
I indotta scorre in modo da opporsi alla variazione che la induce

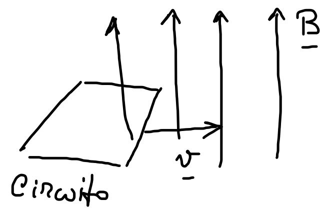


I indotto in senso orario

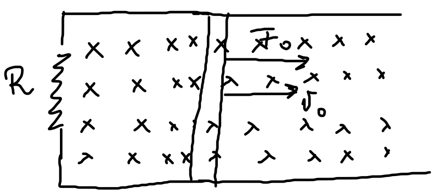
Flusso tagliato $\longrightarrow$ il circuito, muovendosi, taglia un diverso numero di linee di campo magnetico

" concatenato
$\downarrow$
tutti gli altri casi





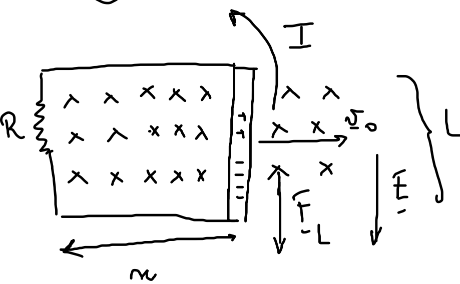
Esempio



Applico una forza costante F_0 alla sbarretta
Osservo che sb. si muove con
$v_0 = cost$

Gli elettroni della sb. si muovono verso DX
con vel. v_0

Sugli elettroni deve agire la $\underline{F}_L = -e\,(\underline{v}_0 \times \underline{B})$



$I_{indotto}$

Elettroni si muovono verso il basso

antioraria

Forze sugli elettroni

$$-e\,(\underline{v}_0 \times \underline{B}) - e\,\underline{E} = \underline{0} \Rightarrow \underline{E} = -(\underline{v}_0 \times \underline{B})$$

$$fem = -\int_A^B \underline{E}\cdot d\underline{l} = E \cdot L = v_0 B L$$

E uniforme

Applico legge di Faraday-Neumann-Lenz

$$f.e.m. = -\frac{d\Phi}{dt} \qquad \Phi(\underline{B}) = \int_{circuito} \underline{B}\cdot d\underline{S}$$

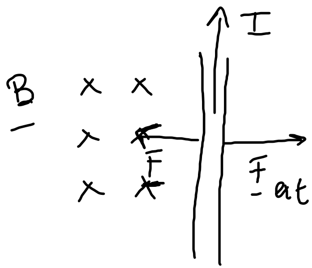
$$= \underbrace{\int B\, dS}_{\underline{B} \parallel d\underline{S}} = B\int dS = B L x$$

$$\Phi(B) = B L x$$

$$f.e.m. = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d}{dt}\left(BLx\right) = BL\frac{dx}{dt} = B \cdot L \cdot v_0$$

$\underline{I}$ deve essere antioraria per generare un $\underline{B}$ uscente (che contrasta il $\underline{B}$ inducente, che è entrante).

Sulla sbarretta deve agire la forza $\underline{F} = I\,\underline{L} \times \underline{B}$: verso sx
è una forza **frenante**



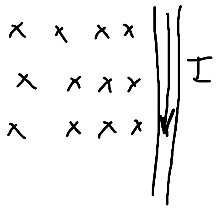
Per mantenere la sb. in moto a $v_0 = \text{cost}$ va applicata una $\underline{F}_{ext}$ uguale e contraria a $\underline{F} = I\,\underline{L} \times \underline{B}$

Potenza associata a F_{ext}?

$$P = F \cdot v_0 = I L B v_0 = \frac{\overbrace{f_{em}}^{BLv_0}}{R} L B v_0 = \frac{B^2 L^2 v_0^2}{R}$$

$$P_{joule} = R I^2 = \cancel{R}\left(\frac{f_{em}}{R^{\cancel{2}}}\right)^2 = \frac{B^2 L^2 v_0^2}{R} = P_{F_{ext}}$$

Se I_{sb} scorresse in verso opposto?



$\underline{F} = I \, \underline{L} \times \underline{B}$ verso DX

$\Rightarrow$ sb. è accelerata

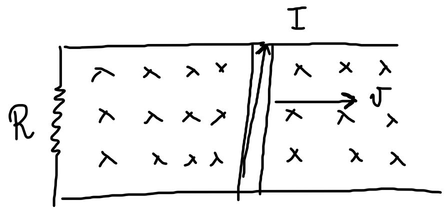
$f_{em} \propto \underline{v}$ $\Rightarrow$ I aumenta $\Rightarrow P_{joule}$ aumenta

$I = \frac{f_{em}}{R}$ $\Downarrow$

F aumenta

$I \underline{L} \times \underline{B}$

Freno elettromagnetico



Sb. ha velocità iniziale v_0

Non applico F_{ext}

Come diminuisce nel tempo $v(t)$?

$$f_{em} = B \cdot L \cdot \frac{dx}{dt} = B L v$$

$$I = \frac{f_{em}}{R} = \frac{BLv}{R}$$

$$\underline{F} = \underbrace{I \, \underline{L} \times \underline{B}}_{\text{forza frenante}}$$

$$F = - \frac{BLv}{R} L B = - \underbrace{\frac{B^2 L^2}{R}}_{\gamma} v$$

$$F = -\gamma v$$

(vd. forze di attrito viscoso)

massa sbarretta

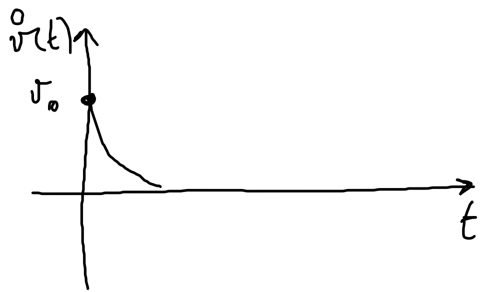
$$m \frac{dv}{dt} = -\gamma v$$

eq. diff. con incognita $v(t)$

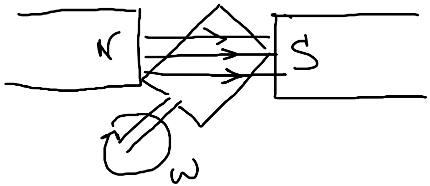
Per separazione di variabili

$$m\frac{dv}{dt} = -\gamma v \;; \qquad \frac{dv}{v} = -\gamma\frac{dt}{m} = -\frac{dt}{\tau} \qquad \tau \overset{def}{=} \frac{m}{\gamma} = \frac{mR}{B^2L^2}$$

$$\int_{v_0}^{v(t)}\frac{dv}{v} = -\int_0^t\frac{dt}{\tau} \;; \quad \ln\frac{v(t)}{v_0} = -\frac{t}{\tau} \;; \quad \boxed{v(t) = v_0\, e^{-t/\tau}}$$

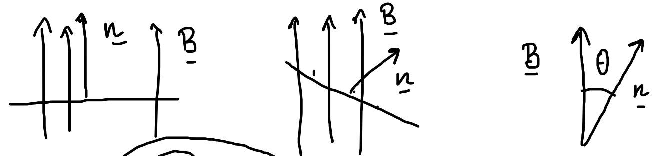


Modello del generatore di tensione alternata



Spira mantenuta in rotazione a $\omega = \text{const}$ in una regione con $\underline{B} \neq \underline{0}$

$\exists\ \Phi(\underline{B})$ variabile nel tempo



$\underline{n}$: normale della spira

area spira

$$\Phi(\underline{B}) = \int \underline{B} \cdot d\underline{S} = \int_{\text{spira}} B\, dS \cos\theta = B\cos\theta \int_{\text{spira}} dS = BA\cos(\omega t)$$

$\theta = \omega t$

↑ rot. uniforme

$$f_{em} = -\frac{d\Phi}{dt} = -BA\omega\left(-\text{sen}(\omega t)\right) = \boxed{BA\omega\,\text{sen}(\omega t)}$$

$$\mathcal{f}em = BA\omega \, sen(\omega t)$$

$$\mathcal{f}em_{max} \stackrel{def}{=} \Gamma_0 = BA\omega$$

$\nu = 50 \text{ Hz}$ EU

$\nu = 60 \text{ Hz}$ US