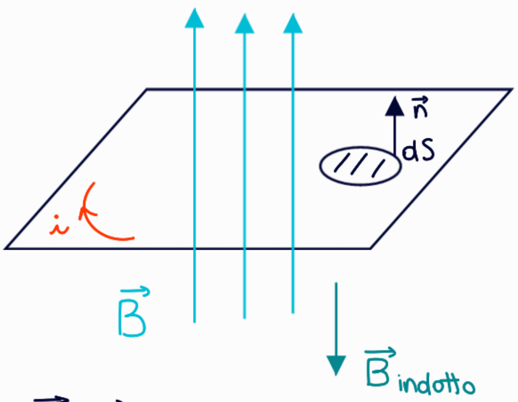
Legge di Faraday-Lenz

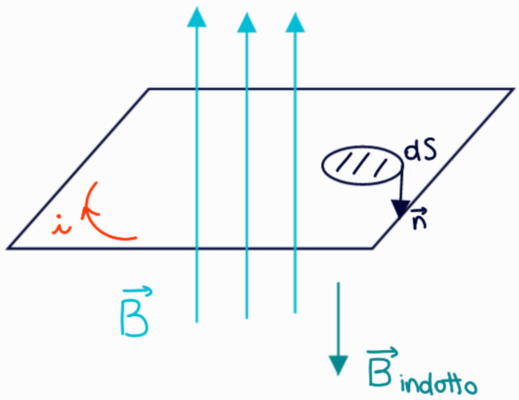
$$\boxed{\mathcal{E}_i = \frac{d\Phi_{\vec{B}}}{dt}}$$

Quando abbiamo un magnete e una spira si manifesta una **forza elettromotrice indotta** uguale alla variazione nel tempo del flusso del campo magnetico cambiata di segno.

Osservazione: il verso della corrente indotta non dipende dalla scelta del verso di $\vec{n}$

Supponiamo di avere un campo magnetico in aumento:





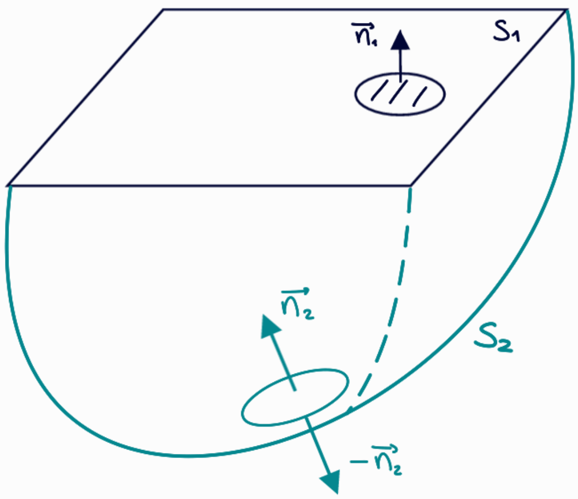
$\vec{B}\cdot\vec{n} > 0$

Se B aumenta: $\frac{d\Phi_{\vec{B}}}{dt} > 0$

$\vec{B}\cdot\vec{n} < 0$

Se B aumenta: $\frac{d\Phi_{\vec{B}}}{dt} < 0$

Osservazione: il valore del flusso del campo magnetico non dipende dalla scelta di S (purché sia definita dallo stesso "bordo")



$$\Phi_{\vec{B}} = \int_{S_1} \vec{B}\cdot\vec{n}_1\, dS \overset{?}{=} \int_{S_2} \vec{B}\cdot\vec{n}_2\, dS$$

Aggiungo e sottraggo le stesse quantità:

$$-\int_{S_2} \vec{B}\cdot\vec{n}_2\, dS + \int_{S_2} \vec{B}\cdot\vec{n}_2\, dS$$

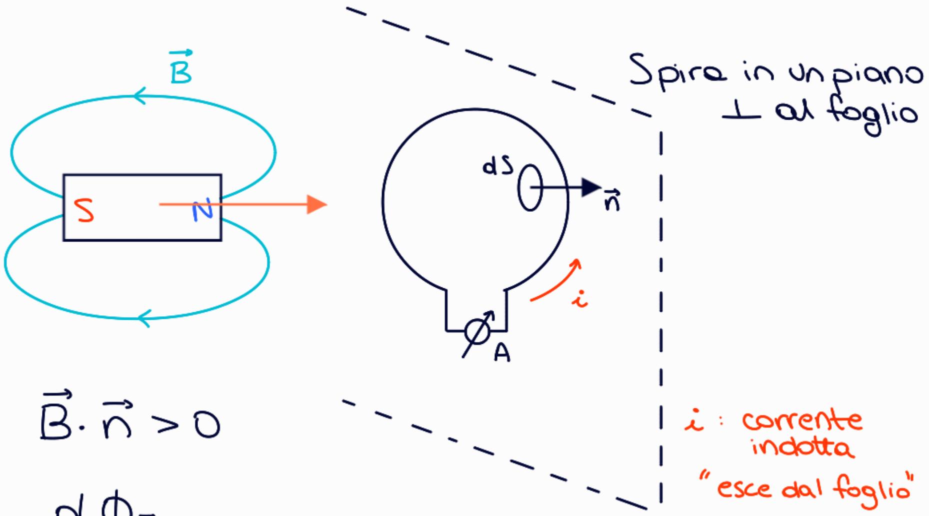
$$= \underbrace{\int_{S_1} \vec{B}\cdot\vec{n}_1\, dS + \int_{S_2} \vec{B}\cdot\vec{n}_2\, dS}_{\Phi_{\vec{B}} = \int_{S} \vec{B}\cdot\vec{n}\, dS \,=\, 0} + \int_{S_2} \vec{B}\cdot\vec{n}_2\, dS$$

$S = S_1 + S_2$

è una superf. chiusa

Osservazione: segno negativo e conservazione dell'energia

Prendiamo un magnete che si avvicina ad una spira:



$$\vec{B} \cdot \vec{n} > 0$$

$$\frac{d\Phi_{\vec{B}}}{dt} > 0$$

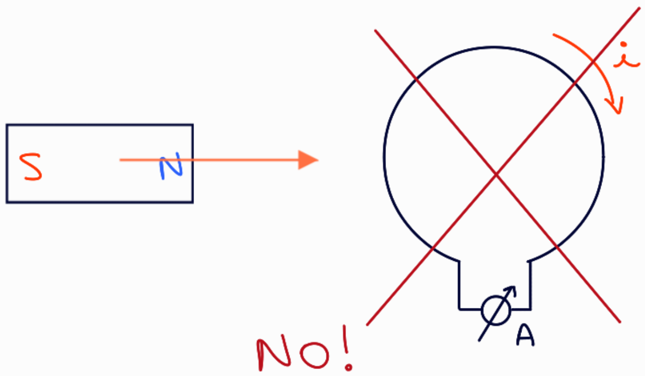
i : corrente indotta

"esce dal foglio" in basso

"entra nel foglio" in alto

Configurazione equivalente :

I magneti si respingono



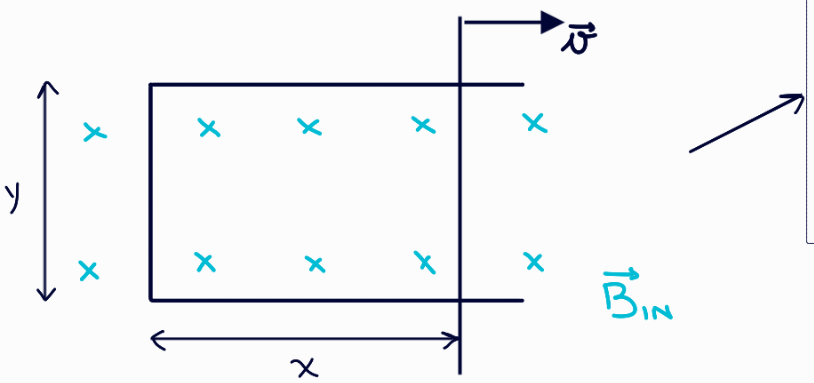
No!
Viola la conservazione dell' energia

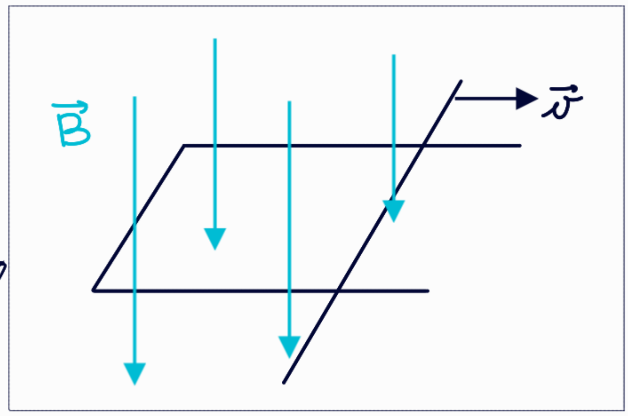
Configurazione equivalente :

I magneti si attraggono

$$\boxed{\mathcal{E}_i = \frac{d\Phi_{\vec{B}}}{dt}}$$

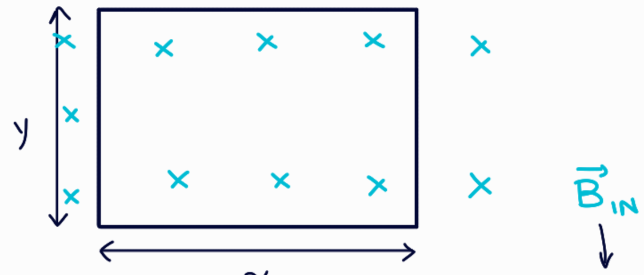
$$\Phi_{\vec{B}} = \int_S \vec{B} \cdot \vec{n} \, dS$$



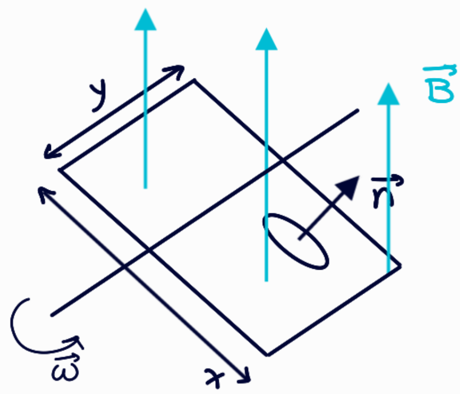


vista di lato

S variabile

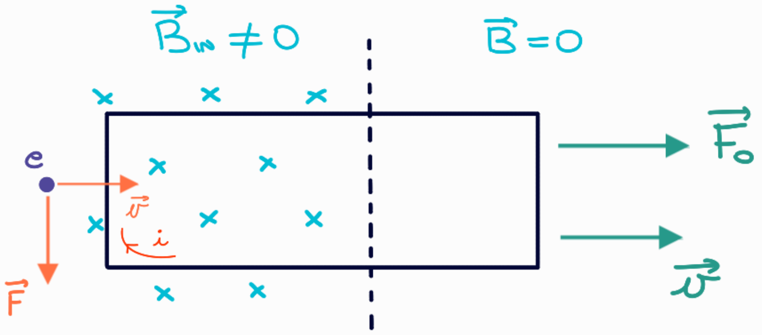


↓
variabile
$B = B(t)$



angolo tra $\vec{B}$ e $\vec{n}$ variabile
(spira che ruota)

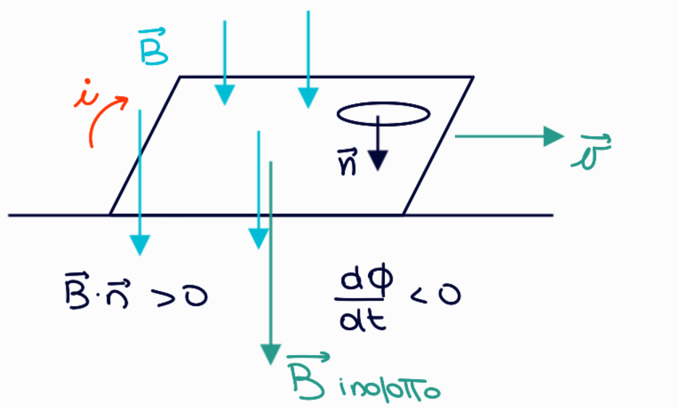
Esempio: Spira rettangolare estratta da un campo magnetico non uniforme



Spira rettangolare:

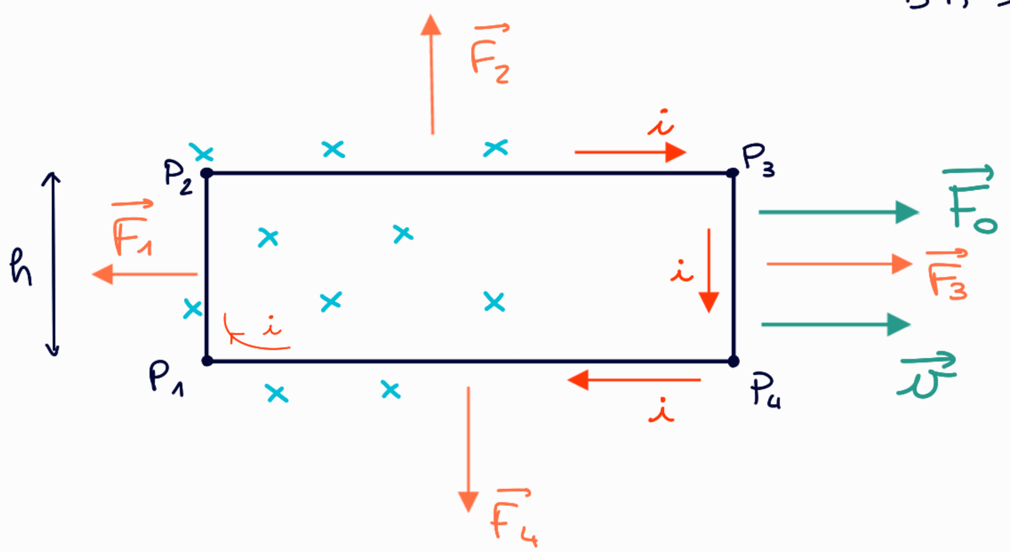
- massa m
- resistenza R

Estrazione a $\vec{v}$ costante



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

elettrone: $q<0$



$$\vec{F} = L\, i\, \vec{\mu} \times \vec{B}$$

$P_1 P_2$	hiB	verso sx	$\vec{F}_1 \neq 0$	$F_1 = hiB$
$P_3 P_4$	0	perché $B=0$	$\vec{F}_3 = 0$	
$P_2 P_3$		verso l'alto	$\vec{F}_2 + \vec{F}_4 = 0$	
$P_4 P_1$		verso il basso		

- Lavoro fatto dalla forza che estrae la spira:

$$L = F_0 v \Delta t = h i B v \Delta t$$

$$\frac{L}{\Delta t} = h i B v = \frac{(h B v)^2}{R} \qquad (1)$$

- Potenza dissipata nella spira per effetto Joule:

$$P = i^2 R = \left(\frac{\mathcal{E}_i}{R}\right)^2 R \qquad (2)$$

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Phi(t+\Delta t) - \Phi(t)}{\Delta t} = + B \frac{h v \Delta t}{\Delta t} = h v B$$

$$P = \frac{(h v B)^2}{R}$$

Il lavoro fatto dalla forza $\vec{F}_0$ che estrae la spira a velocità costante $\vec{v}$ viene dissipato nella spira sotto forma di calore.