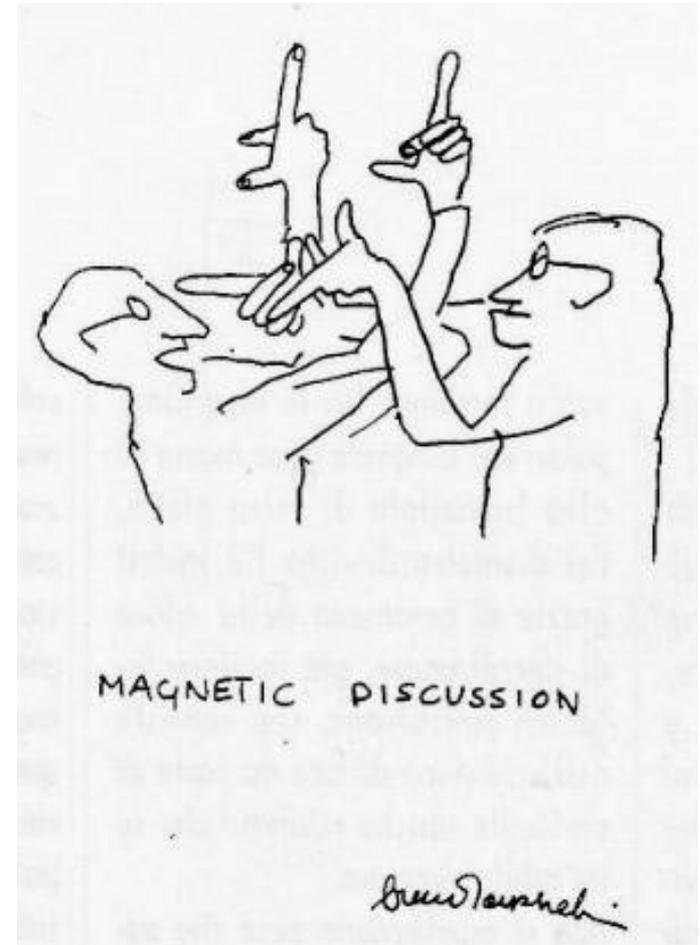
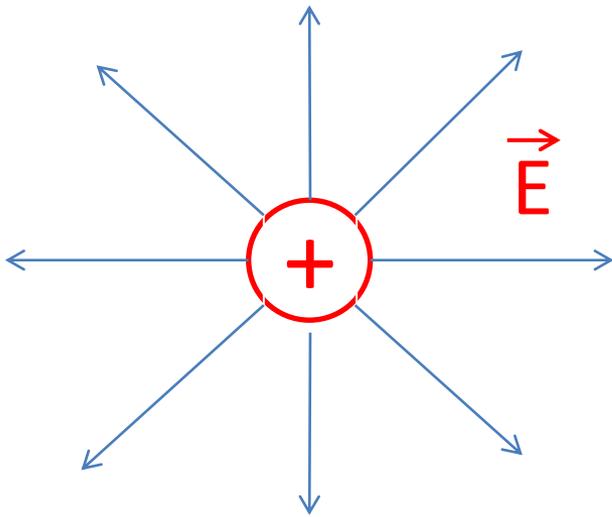


Il fenomeno dell'induzione elettromagnetica: la legge di Faraday-Neumann-Lenz.

Cercherò di farvi capire il fenomeno dell'induzione elettromagnetica sfruttando semplici prove sperimentali. Una trattazione più estesa e completa è affidata alle lezioni dei vostri Docenti.

Cercheremo di evitare complicate discussioni con intrecci di dita come quella che vedete a lato nel famoso disegno di Bruno Touschek

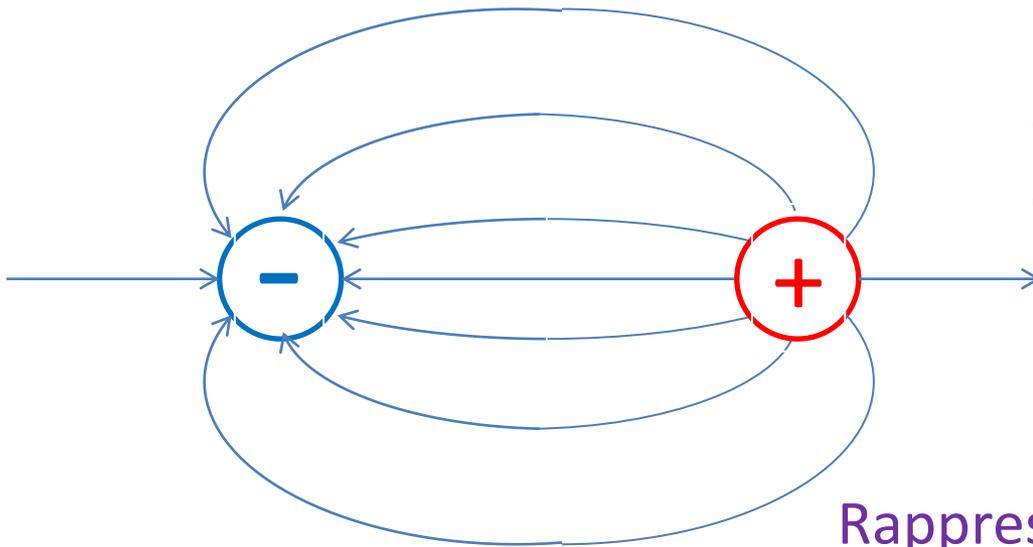




Cariche elettriche: positive e negative

Campo Elettrico \vec{E}

Linee di forza del campo elettrico



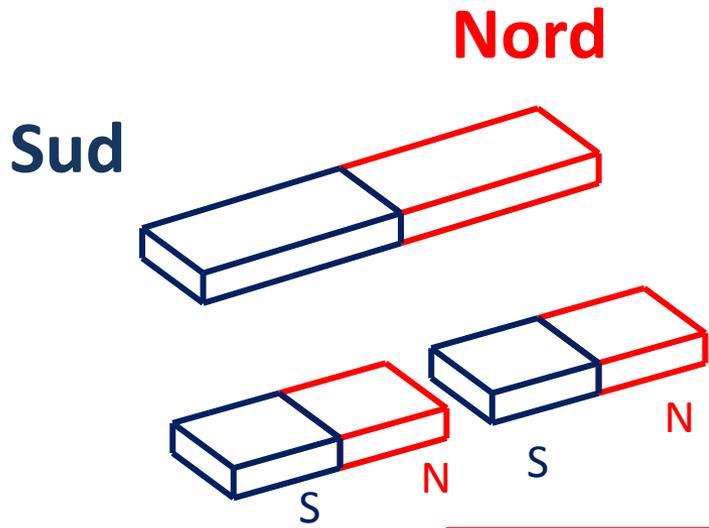
Forze tra cariche elettriche
di segno opposto: attrattive
di stesso segno: repulsive

Rappresentazione del campo elettrico
con le linee di forza:

Rappresentazione di Faraday

Michael Faraday (1791-1867)

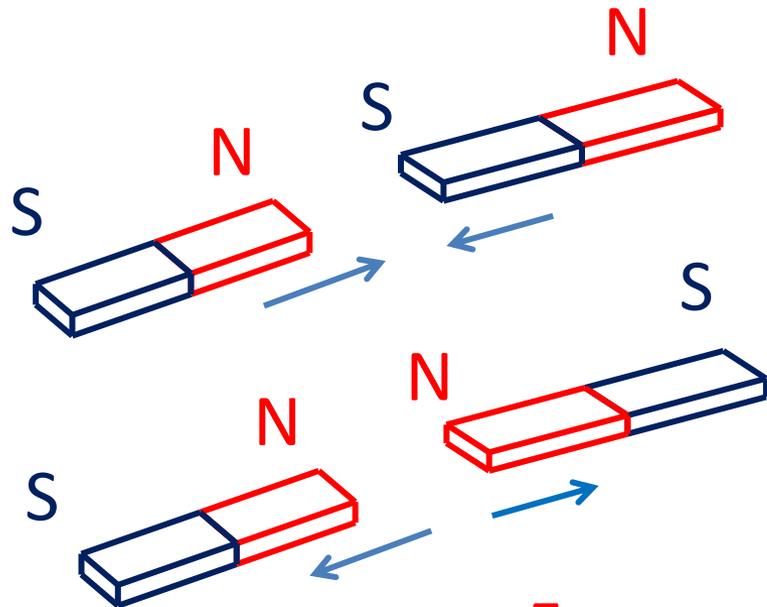
Magnete



calamita, come quello a ferro di cavallo che i ragazzini hanno in tasca (una volta)

Ci sono sempre due POLI: Nord e Sud (anche se lo spezzate avete due calamite ognuna con il suo polo Nord e polo Sud)

I poli magnetici sono quasi come le cariche elettriche: di due segni diversi! Ma i due poli non si possono separare!!



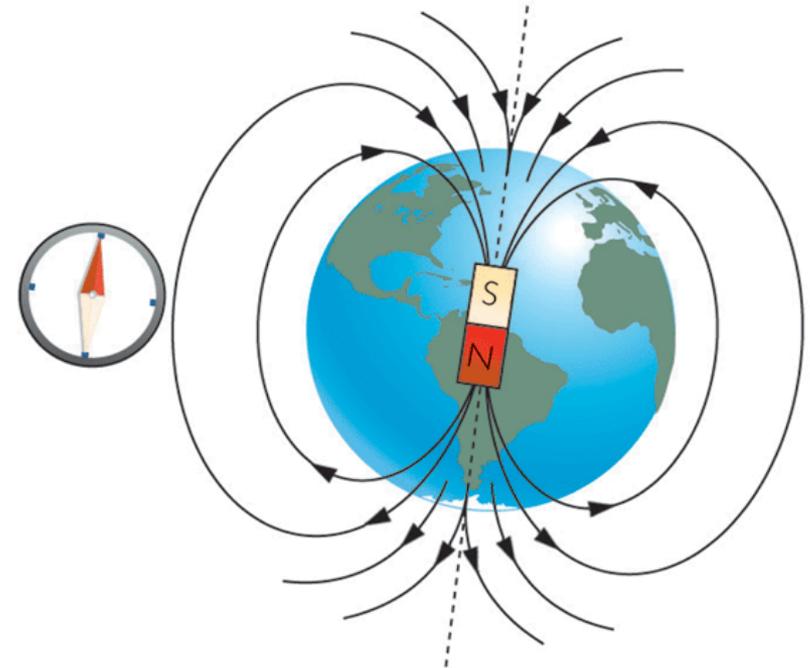
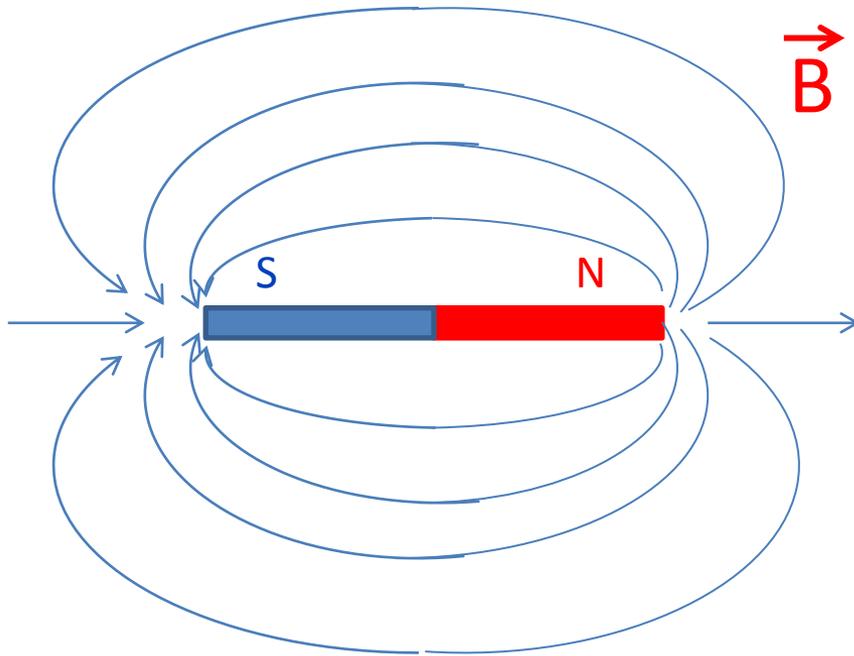
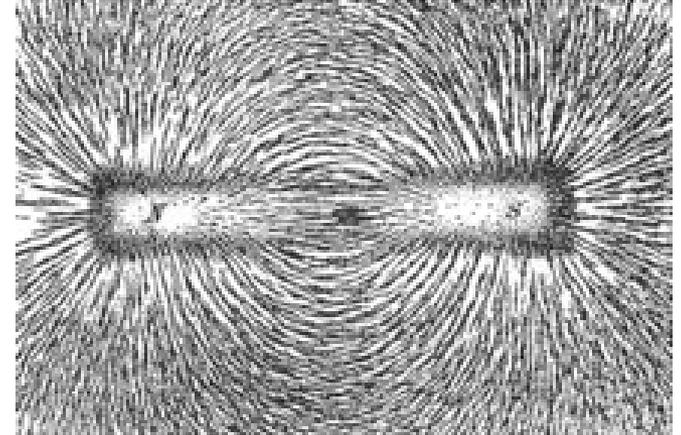
Poli opposti (N-S) si attraggono

Poli stesso segno (N-N o S-S) si respingono

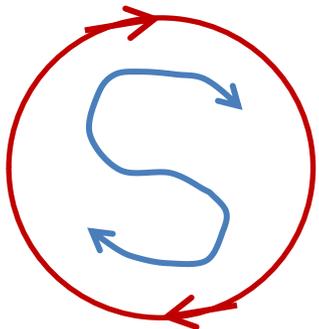
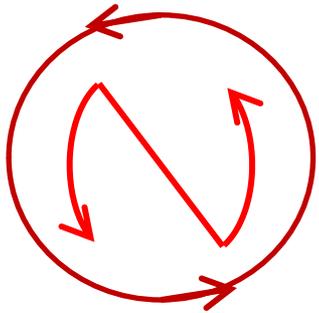
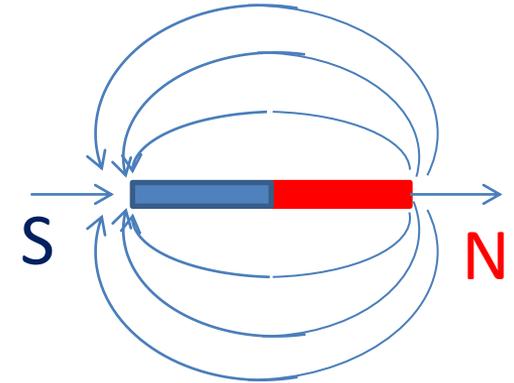
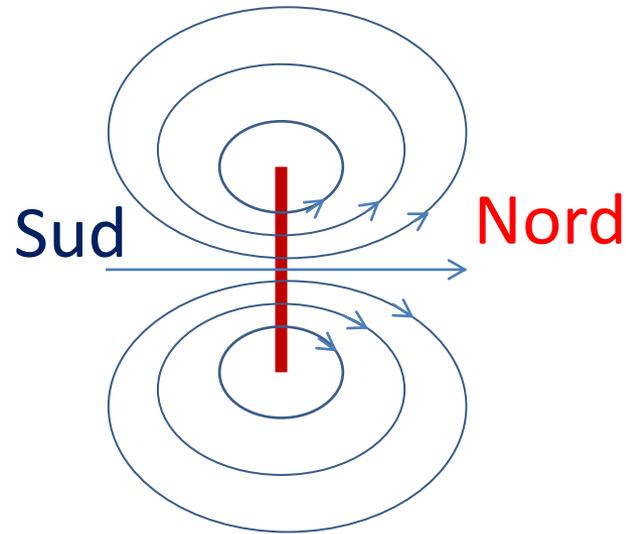
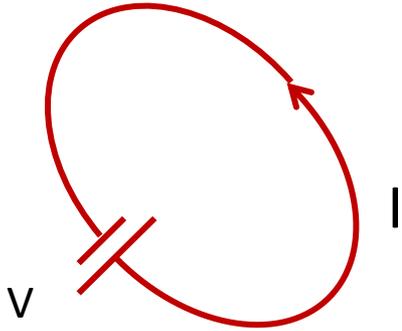
Forze magnetiche -> Campo Magnetico **B**

Se ci sono delle forze magnetiche possiamo introdurre un campo magnetico \vec{B} e le sue linee di forza.

Rappresentiamo \vec{B} con delle linee di forza che escono dal polo Nord e vanno al polo Sud.



Una spira percorsa da corrente equivale a un magnete. (Teorema di equivalenza di Ampere.)



Tra due spire percorse da corrente si esercitano delle forze attrattive o repulsive come per due magneti.

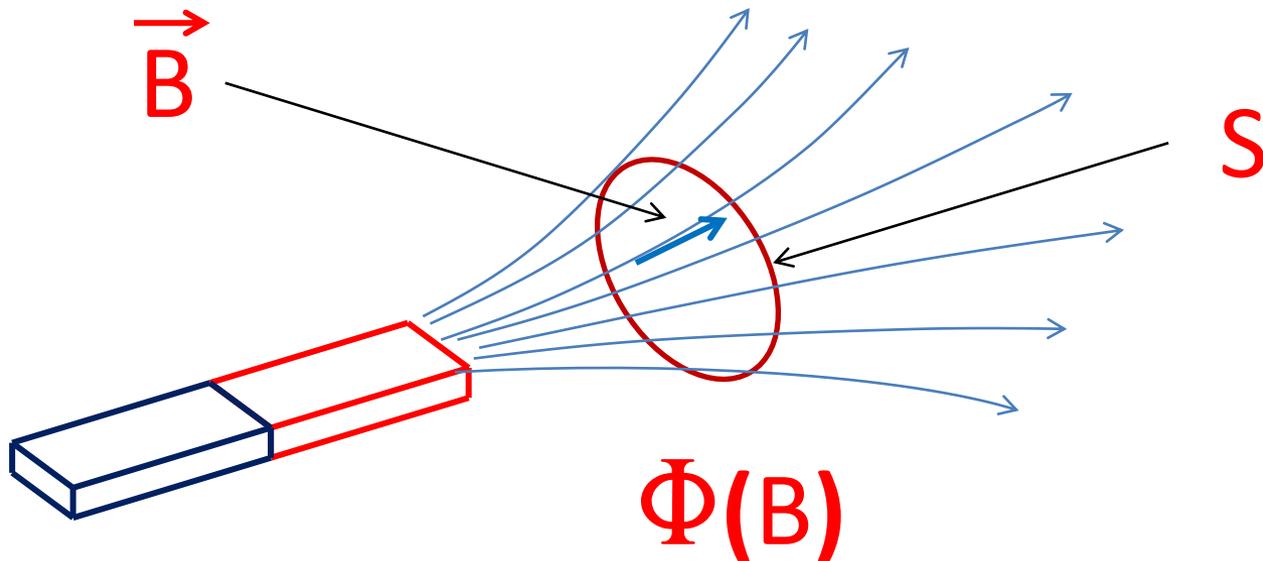
$\Phi(B)$ Flusso del campo attraverso una spira

$$\Phi(B) = B \cdot S$$

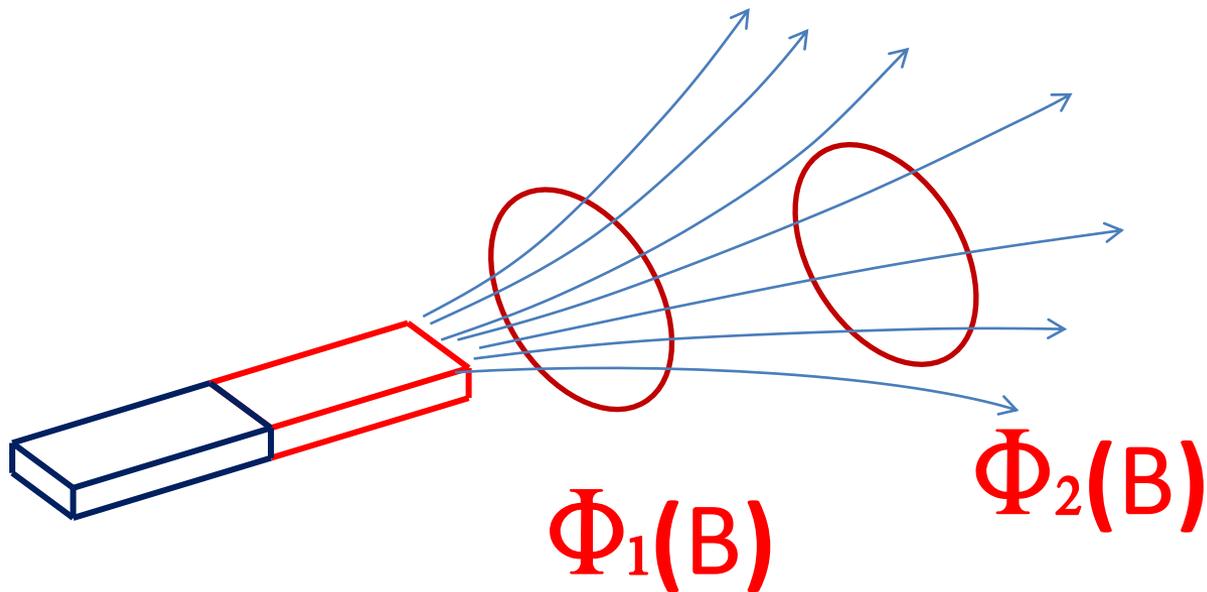
Flusso del campo magnetico che passa attraverso una superficie che ha come contorno la spira.



Flusso delle linee del campo magnetico concatenato con la spira



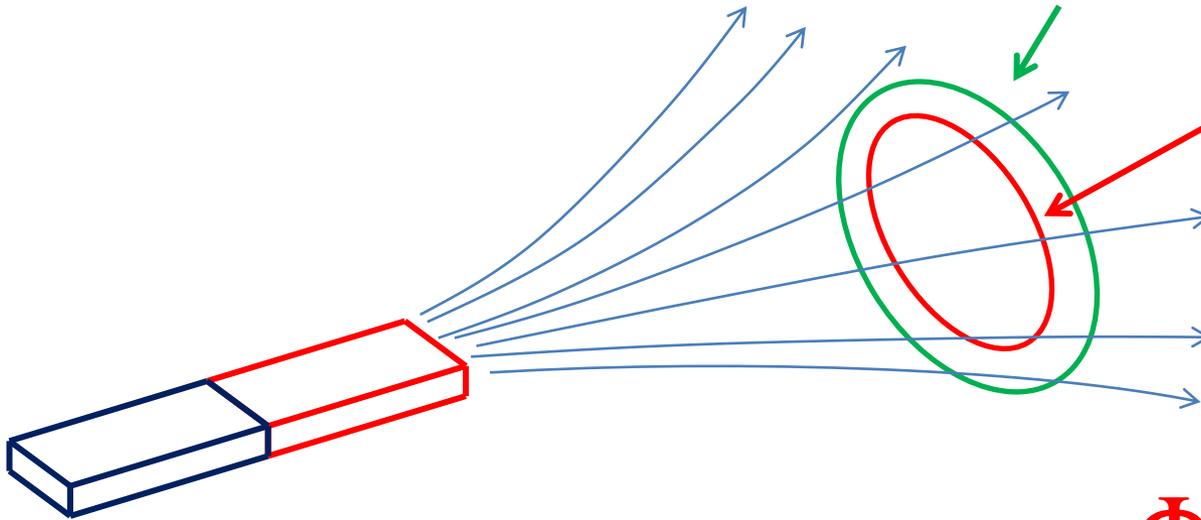
Variazione del flusso $\Phi(B)$



Stessa S ma $\Phi(B)$ aumenta se B più grande:

$$\Phi_1(B) > \Phi_2(B)$$

Stesso B ma S più grande $\rightarrow \Phi_1(B) > \Phi_2(B)$



$$\Phi(B) = B \cdot S$$

Se spostiamo il circuito e cambia B oppure se se lo deformiamo e cambia S abbiamo una variazione del flusso di B :

$$\Delta\Phi(B)$$

Fenomeno dell'induzione elettromagnetica.

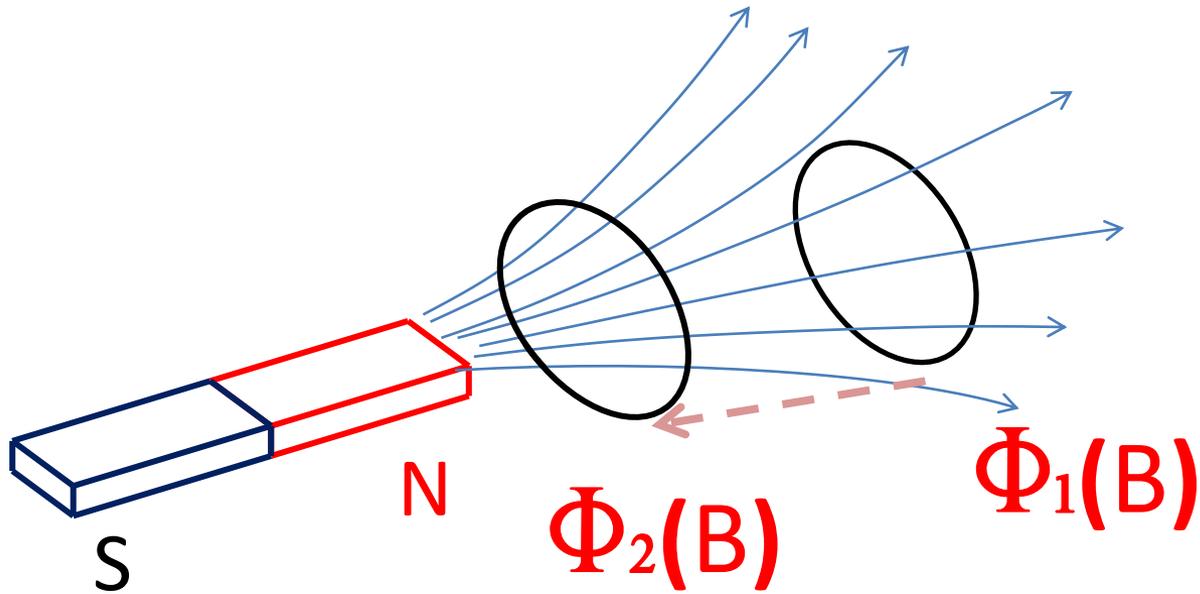
Legge di Faraday-Neumann-Lenz

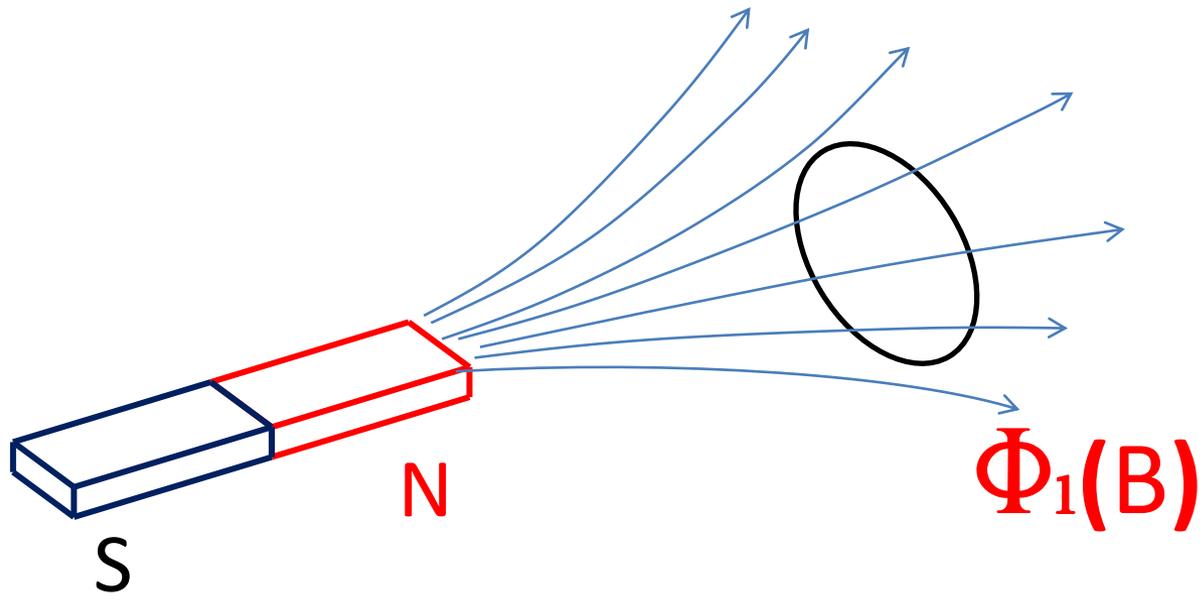
“Se in un intervallo di tempo Δt si ha una variazione $\Delta\Phi(B)$ del flusso di campo magnetico B concatenato con un circuito, nel circuito è indotta una forza elettromotrice f (un voltaggio) che genera una corrente I che si oppone alla variazione di flusso che l'ha generata”.

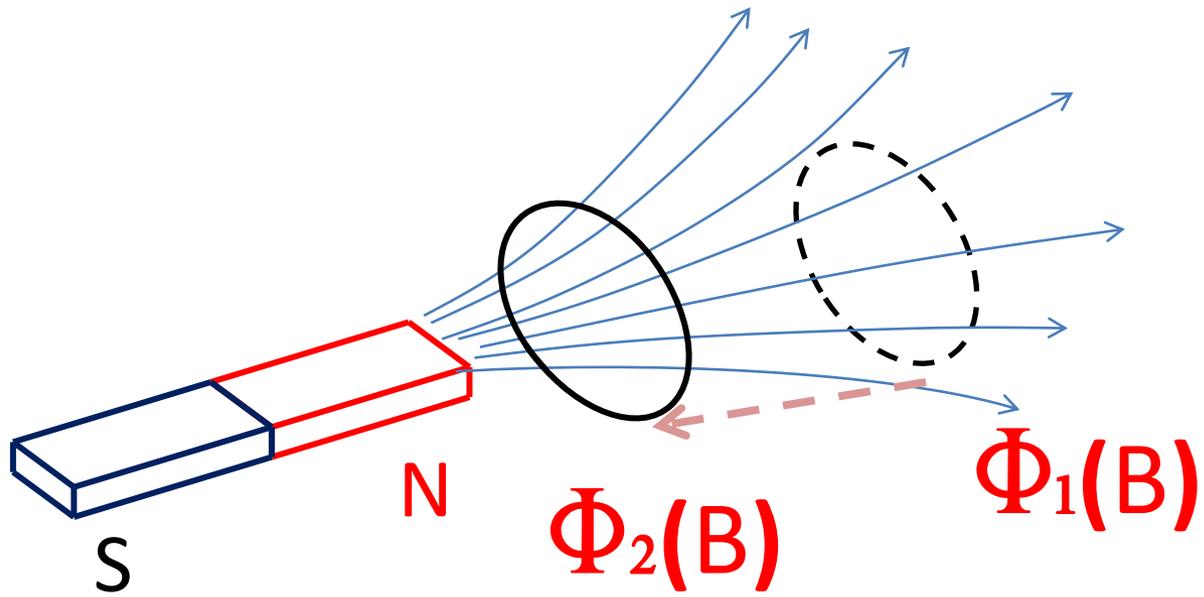
$$f = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad I = \frac{f}{R}$$

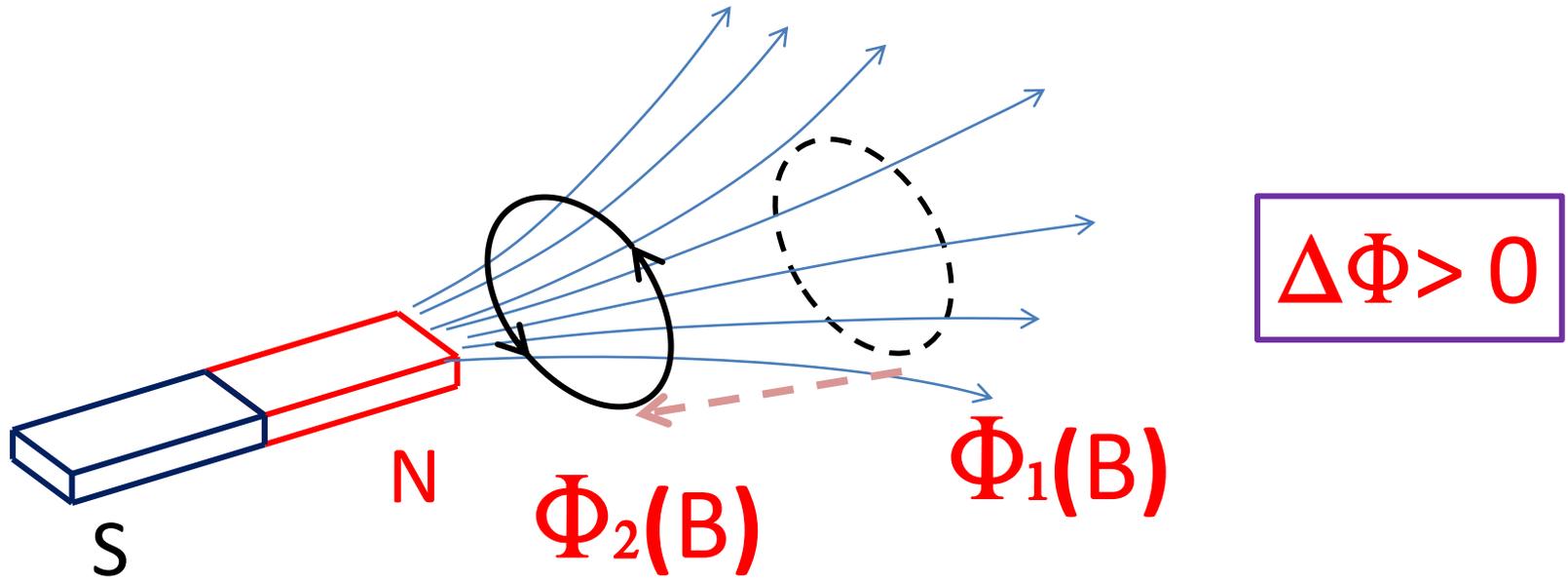
R : resistenza elettrica del circuito

Muoviamo la spira nel campo magnetico della calamita.
Avviciniamo la spira.







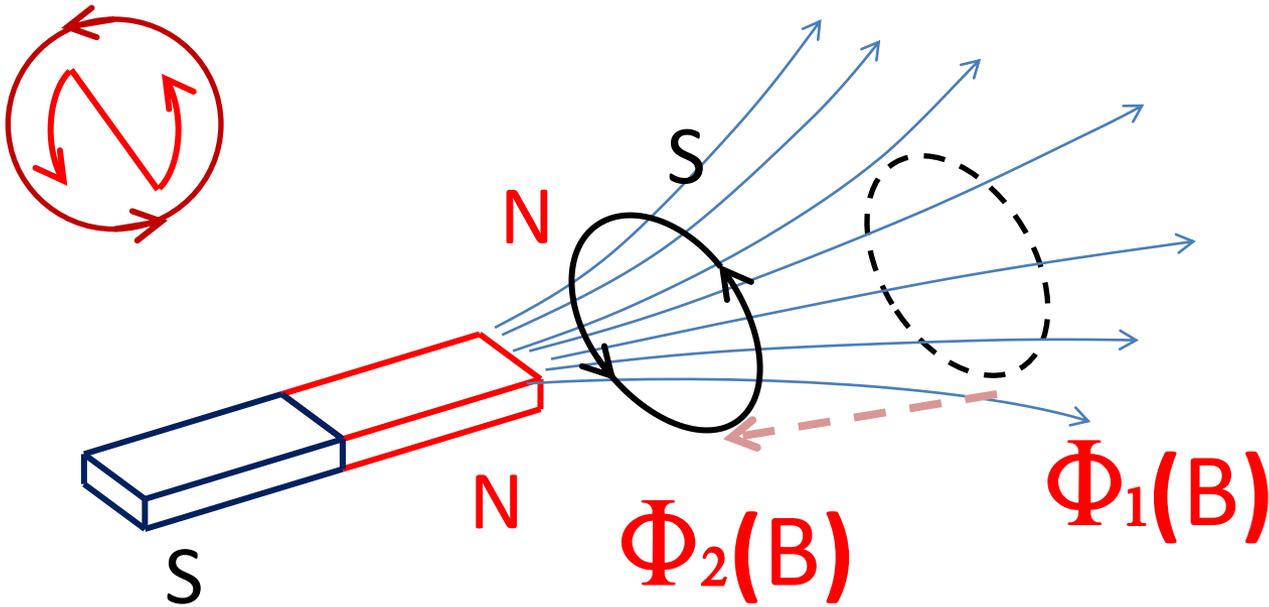


Il flusso di B nella spira aumenta

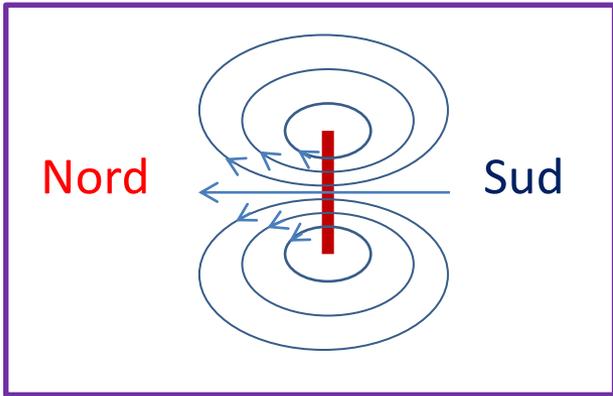
$$f = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad I = \frac{f}{R}$$

↑

- Nella spira viene indotta una corrente.



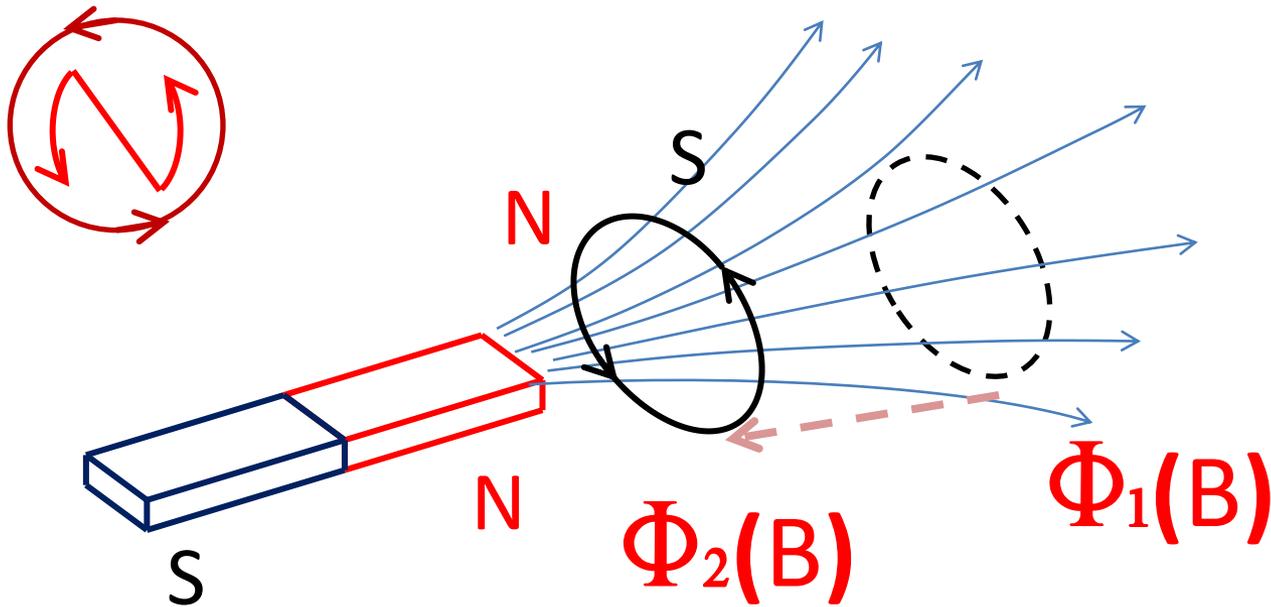
$$\Delta\Phi > 0$$



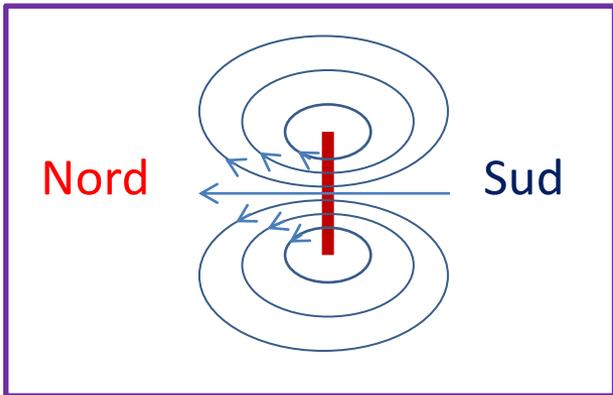
$$f = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$I = \frac{f}{R}$$

- La corrente trasforma la spira in un magnete.
- Il magnete e la spira si respingono!!!!



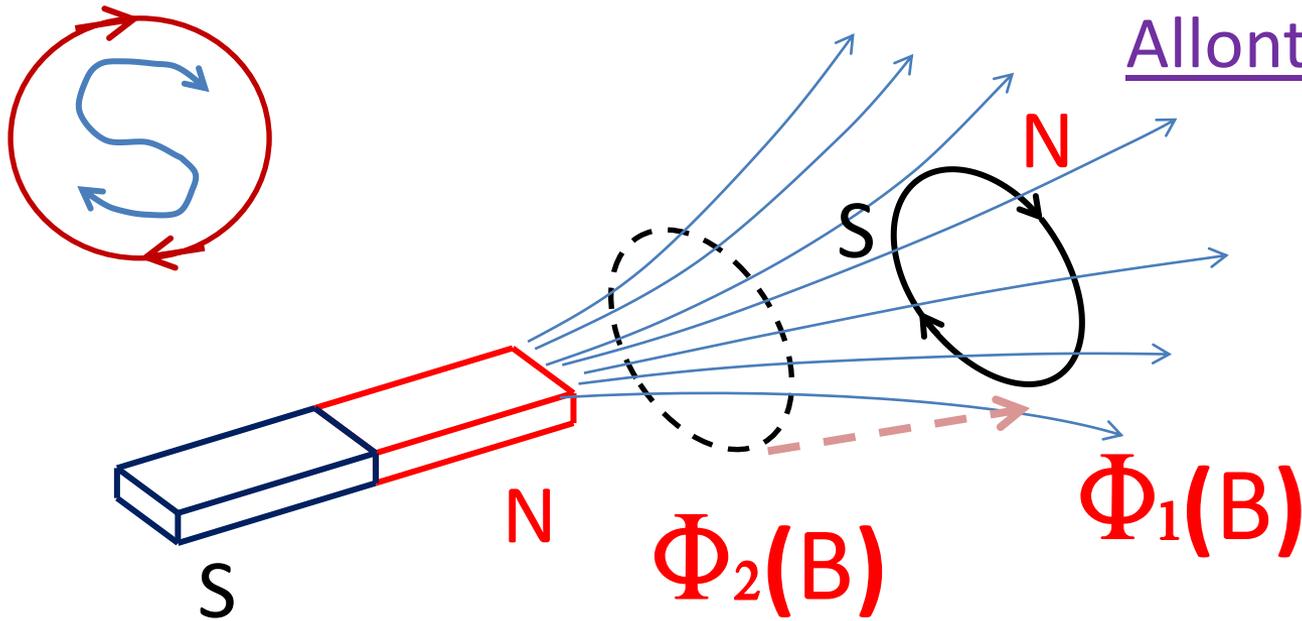
$$\Delta\Phi > 0$$



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

$$I = \frac{f}{R}$$

➤ Il campo **B** generato all'interno della spira dalla corrente si sottrae a quello del magnete e cerca di conservare il campo più piccolo che era presente inizialmente al centro della spira!!!!



Allontaniamo la spira.

$$\Delta\Phi < 0$$

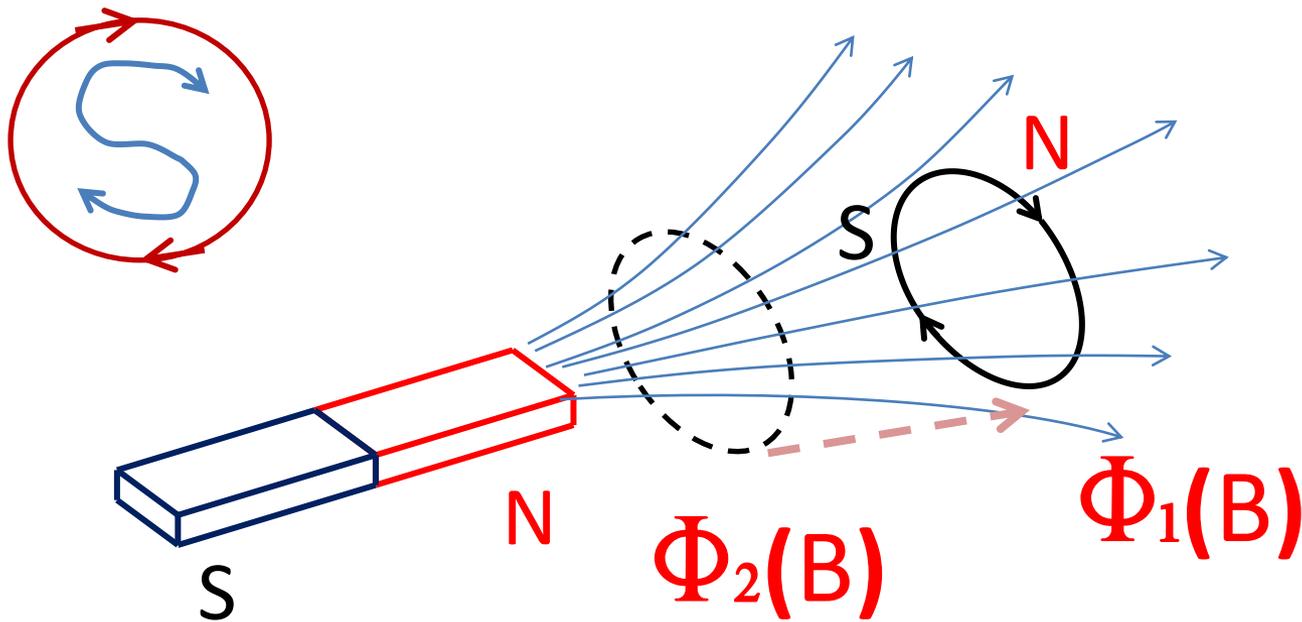
Il flusso di B nella spira diminuisce.

La corrente va in verso opposto.

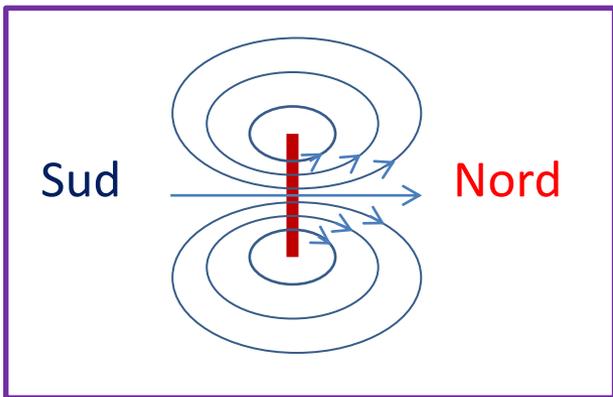
$$f = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$I = \frac{f}{R}$$

- La corrente trasforma la spira in un magnete.
- Il magnete e la spira ora si attraggono!!!!



$$\Delta\Phi < 0$$



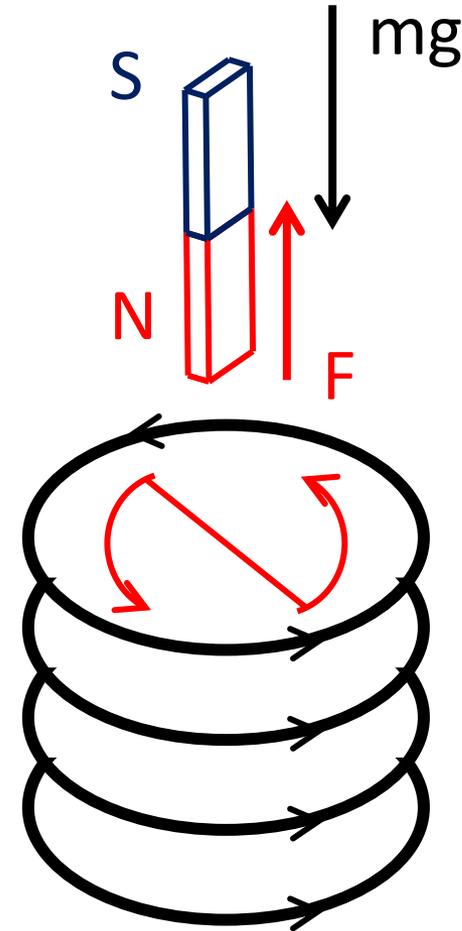
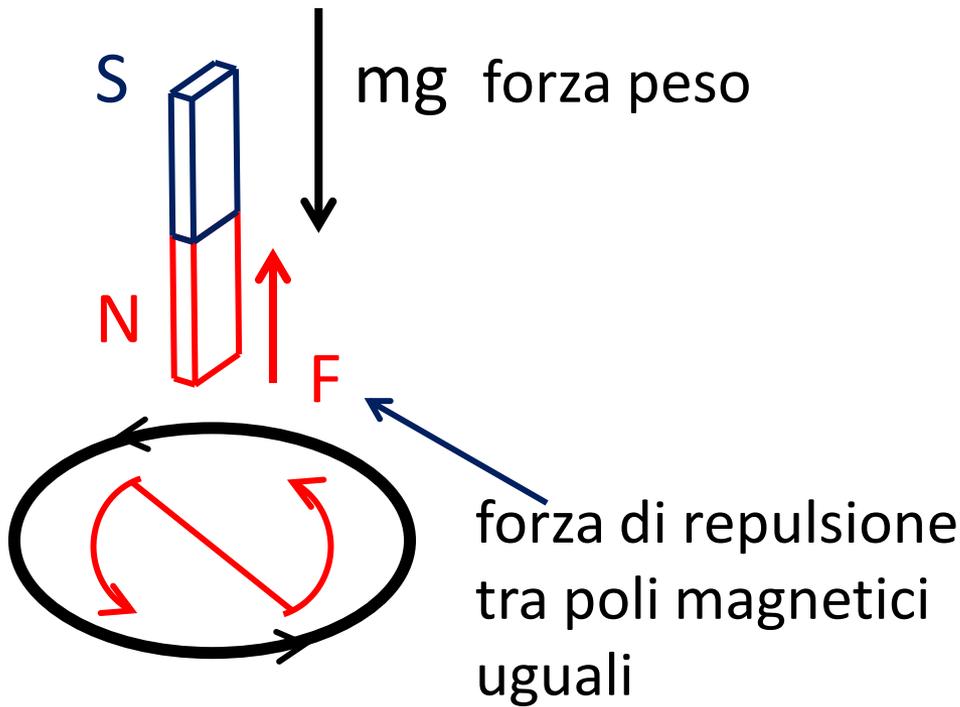
$$f = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad I = \frac{f}{R}$$

➤ Il campo **B** indotto dalla corrente all'interno della spira si somma a quello del magnete e cerca di conservare il campo più grande che era presente nella spira prima dello spostamento!!!!

Tubo di Lenz

Facciamo cadere un magnete nella spira

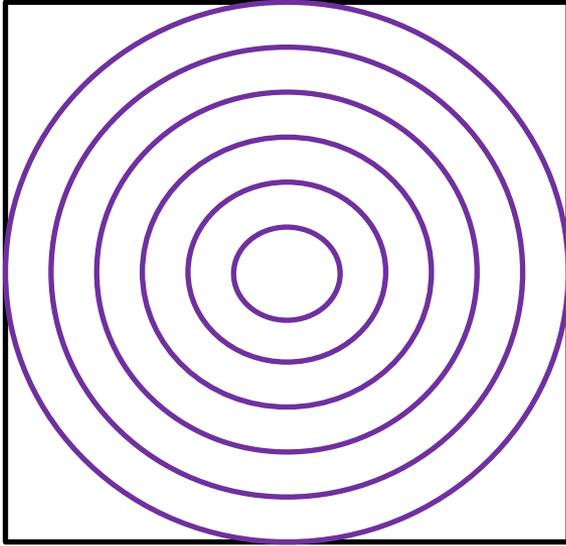
Tubo di Lenz



Con tante spire facciamo un tubo.
All'avvicinarsi del magnete le spire sono percorse da corrente e si trasformano in tanti magneti che cercano di respingere il magnete

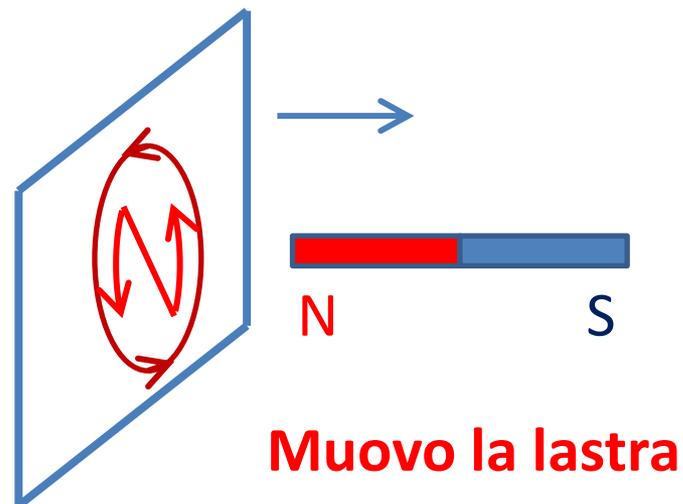
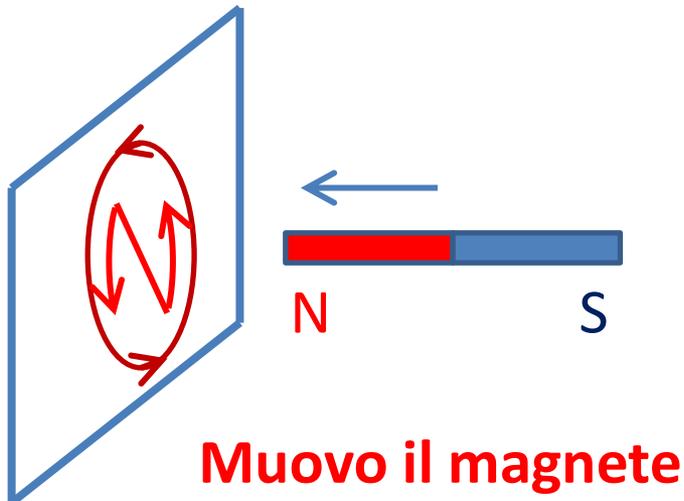
(E' solo metà di sotto del gioco, c'è anche quella di sopra.)

Prendiamo una lastra conduttrice e pensiamo di dividerla in tante corone circolari che possiamo considerare spire circolari.



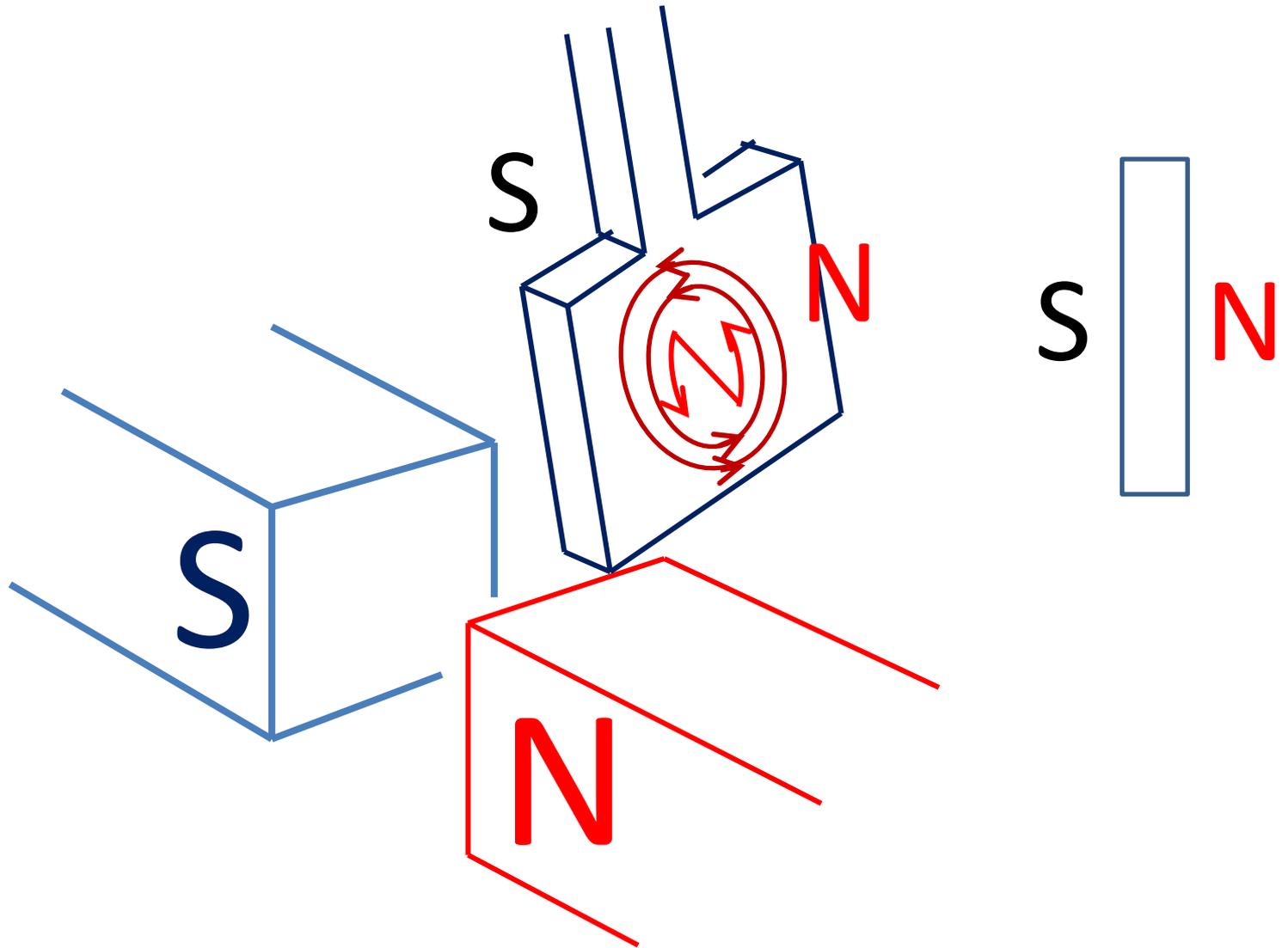
Se ci avviciniamo con un magnete per la legge di Faraday-Neumann -Lenz in ogni spira è indotta una corrente e la spira diventa un magnete che cerca di respingere il magnete che stiamo avvicinando.

Se spostiamo la lastra verso il magnete si ha lo stesso fenomeno.



Pendolo di Waltenhofen

Pendolo di Waltenhofen



La legge di Faraday – Neumann – Lenz

Spiega molti più fenomeni di quanti abbiamo potuto vedere.

E' una legge fondamentale della Natura:

III legge dell'Elettromagnetismo

- > generatori di voltaggio (dinamo)
- > trasformatori
- > onde elettromagnetiche