

MAGNETISMO

• In natura esistono minerali, ad esempio la magnetite, che possono attirare oggetti di ferro.

↓
con questi materiali possiamo ottenere delle calamite, ovvero dei magneti naturali permanenti.

↓
se mettiamo in contatto oggetti in ferro possono diventare anche loro magnetici.

↓
magneti artificiali permanenti

••) Due fili percorsi da corrente elettrica esercitano delle forze l'uno sull'altro.

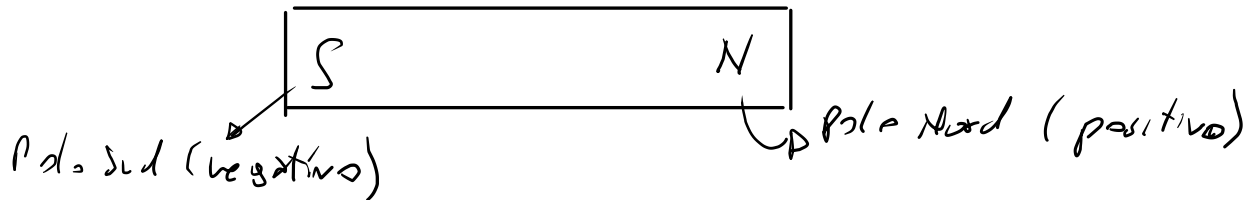
2 fenomeni apparentemente diversi, entrambi dovuti alla presenza di un campo magnetico

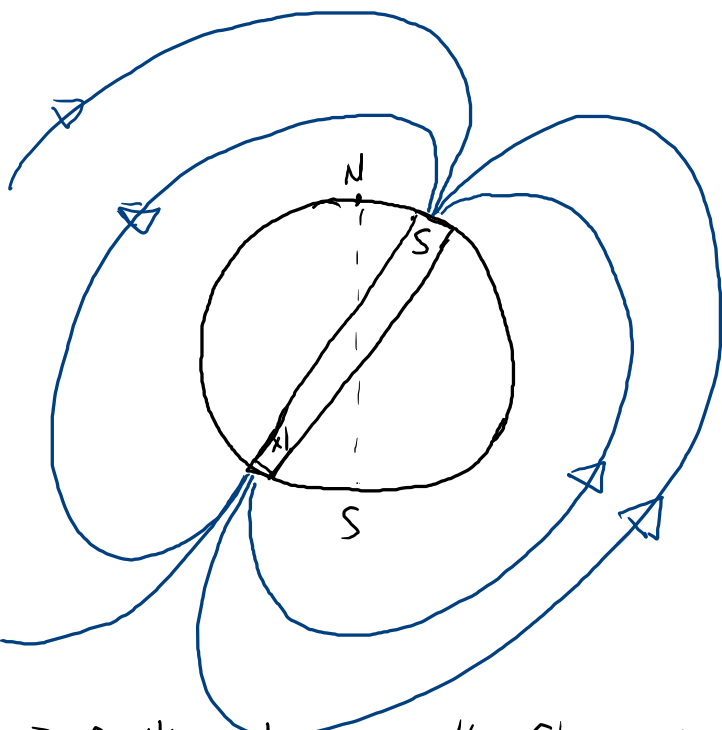
• A cosa è dovuto un campo magnetico?

1) Correnti elettriche

2) Momento magnetico di spin delle particelle elementari (ad esempio l'elettrone)

Fenomenologicamente, si discute spesso il campo magnetico in termini di poli magnetici

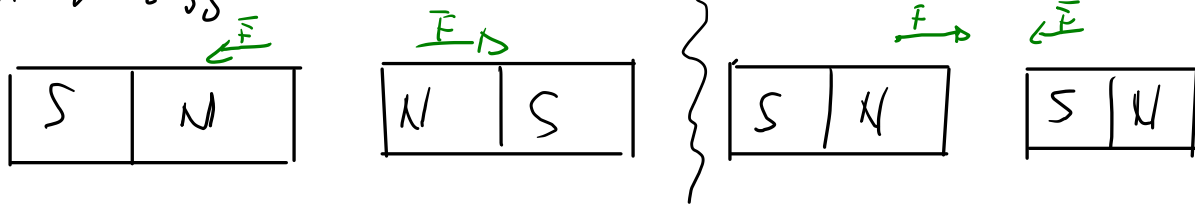




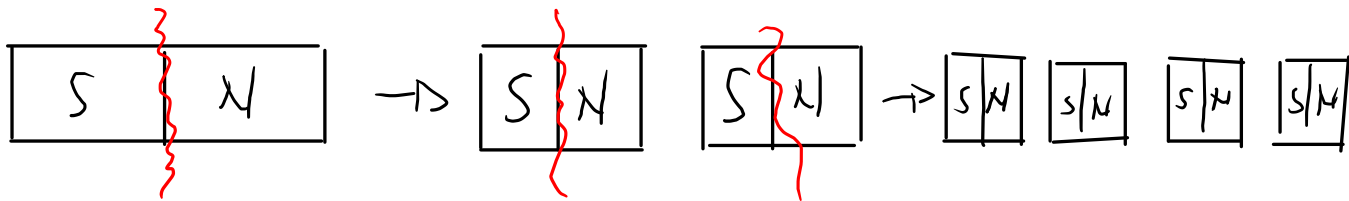
La terra ha un campo magnetico prodotto da un dipolo

Una bussola è composta da un magnete che tende ad allinearsi lungo le linee di campo del campo magnetico terrestre

Infatti poli uguali si respingono, mentre poli diversi si attraggono.



A cosa è dovuto il campo magnetico terrestre? Al ferro fuso nel core della terra che ruota attorno all'asse terrestre.

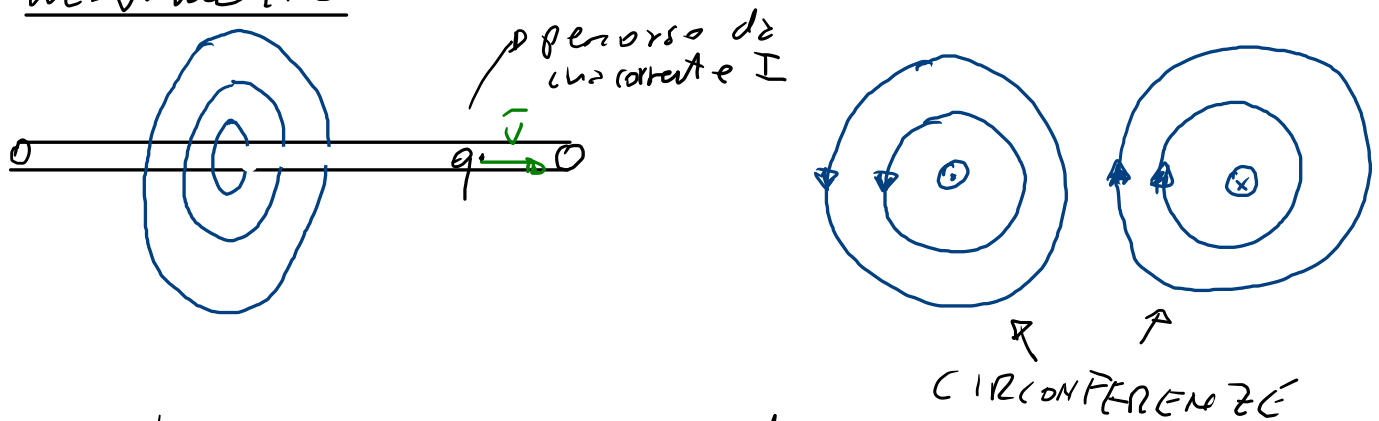


Diversamente dalle cariche elettriche, i poli magnetici non si possono isolare, ma esistono solo dipoli magnetici.

Il campo magnetico si indica con \vec{B} , detto campo di induzione magnetica.

Nel S.I., si misura in Tesla (T)

• Campo magnetico prodotto da cariche in movimento



Un filo percorso da corrente genera un campo magnetico con linee di campo concentriche nel piano perpendicolare al filo e verso dato dalla regola della mano destra.

$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi d}$$

Legge di
Biot-Savart

$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi d} \rightarrow \text{corrente del filo}$$

\rightarrow distanza da filo

μ_0 è la permeabilità magnetica del vuoto

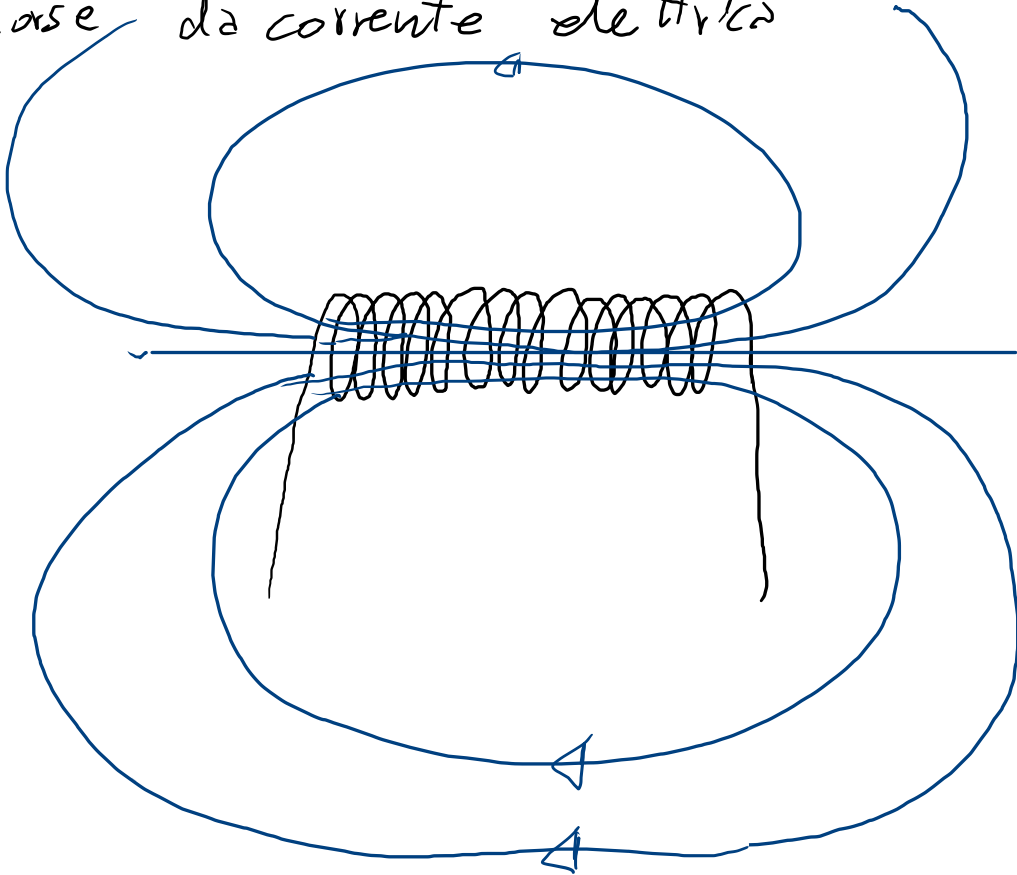
$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-2} \frac{\text{H}}{\text{m}}$$

(dove H (henry) è l'unità di misura dell'induttanza)

$$\text{pari a } \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A}} = \Omega \cdot \text{s} = \frac{\text{m}^2 \text{kg}}{\text{s}^2 \text{A}^2}$$

• Solenoid

Consideriamo una serie di spire uguali e adiacenti
percorse da corrente elettrica



- Assumiamo che la lunghezza del solenoide sia molto più grande delle dimensioni delle spire.
- Lungo l'asse del solenoide il campo magnetico è uniforme e pari a

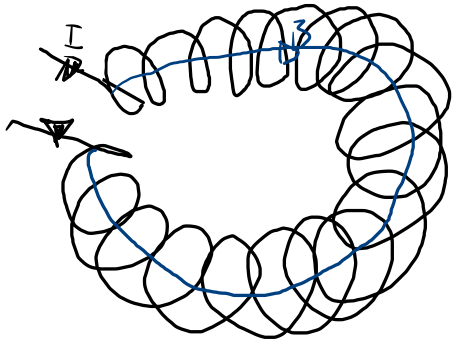
$$B = \mu_0 \frac{NI}{L} \quad \underline{I} = \mu_0 n I$$

numero
di spire

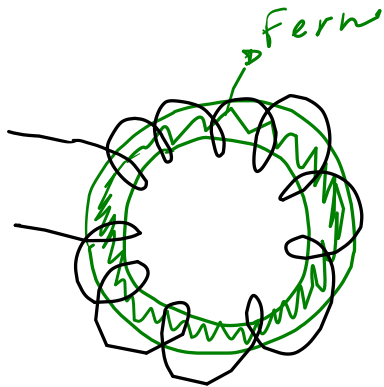
lunghezza
del solenoide

numero di
spire per
unità di
lunghezza

Posiamo avvinde il solenoide e creare
un solenoidale toroidale



Se al posto del vuoto
ci inseriamo un materiale
ferroso, il campo magnetico
 B aumenta, di $\mu_r \mu_0$

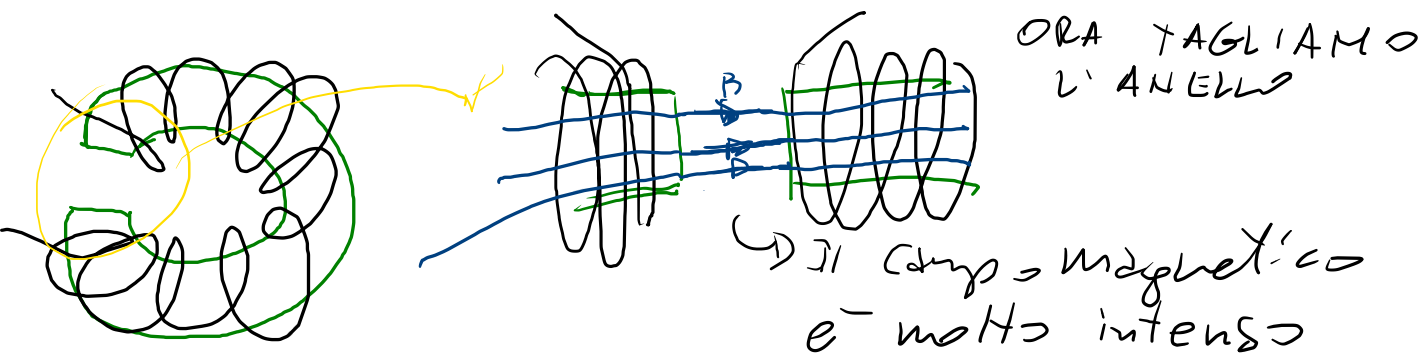


$$B = \mu_r \mu_0 n I$$

coefficiente di permeabilità magnetica
relativa

$\mu = \mu_r \mu_0 \rightarrow$ coefficiente di permeabilità
magnetica $\approx 5000 \mu_0$

Ma il Ferro $\mu_r = 5000$



ELETTRO MAGNETE

$\mu_r < 1 \Rightarrow$ materiali diamagnetici

$\mu_r > 1 \Rightarrow$ materiali paramagnetici

$\mu_r \gg 1 \Rightarrow$ materiali ferromagnetici.

Forza di Lorentz

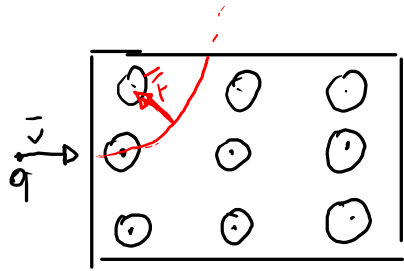
Consideriamo una particella di carica q che si muove in un campo magnetico uniforme \vec{B} , la forza agente è pari

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B} \quad \text{Forza di Lorentz}$$

$\vec{F} \perp \vec{v}$ e $\vec{F} \perp \vec{B}$, verso dato dalla regola della mano destra

• La forza è sempre perpendicolare alla traiettoria, quindi la velocità è costante in modulo.

••) se $\vec{v} \perp \vec{B}$ la traiettoria è circolare



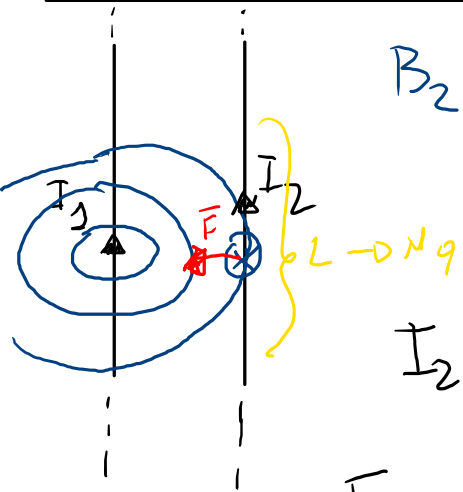
$$F = qvB = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{qB}$$

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB} \rightarrow \text{indipendente dalla velocità}$$

Quindi in generale una carica elettrica in presenza di un campo magnetico e di un campo elettrico è sottoposta ad una forza.

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

Forza tra 2 fili percorsi da corrente dettando



$$B_2 = \mu_0 \frac{I_1}{2\pi d}$$

$$F = NqV \cdot B_2$$

$$= NqV \left(\frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} \right)$$

$$I_2 = \frac{N}{L} qV = nqV$$

$$F = I_2 \cdot L \left(\frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} \right) \Rightarrow \frac{F}{L} = \mu_0 \left(\frac{I_1 I_2}{2\pi d} \right)$$

$$\left(\frac{F}{L} = I \cdot B \right)$$

INDUZIONE ELETTRICA E MAGNETICA

Data una superficie S con versore \hat{n}
(per definizione ortogonale alla superficie)
attraversata da un campo magnetico uniforme \vec{B} ,
si definisce flusso:

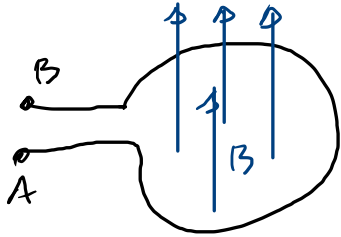
$$\Phi = S \vec{B} \cdot \hat{n} = B S \cos \alpha$$

Se il campo è perpendicolare alla superficie allora

$$\Phi = B \cdot S$$

Nel S.I. \downarrow si misura in Weber (Wb) $= 1 \text{ Tm}^2$

Consideriamo ora un circuito che viene attraversato da un campo magnetico

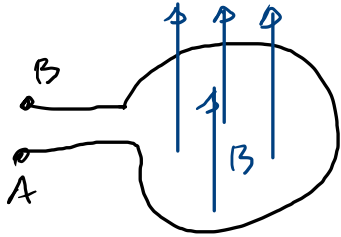


Se il circuito è aperto si osserva che variando nel tempo il flusso si crea una differenza di potenziale tra A e B, pari:

$$V = - \frac{d\Phi}{dt} \rightarrow - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \text{Legge di Faraday}$$

Legge di Lenz: la corrente indotta produce un campo magnetico con verso tale da opporsi alla variazione di flusso che l'ha generata.

Consideriamo ora un circuito che viene attraversato da un campo magnetico



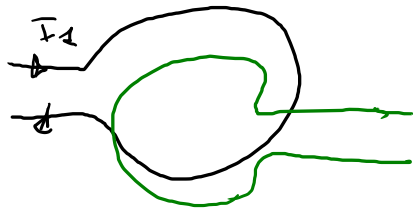
Se il circuito è aperto si osserva che variando nel tempo il flusso si crea una differenza di potenziale tra A e B, pari:

$$V = - \frac{d\Phi}{dt} \rightarrow - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \text{Legge di Faraday}$$

Legge di Lenz: la corrente indotta produce un campo magnetico con verso tale da opporsi alla variazione di flusso che l'ha generata.

MUTUA INDUZIONE

Consideriamo 2 circuiti isolati elettricamente



Il circuito primario è percorso da una corrente I_1 , generando un campo magnetico e quindi un flusso magnetico

$$\Phi_{1 \rightarrow 2} = M I_1$$

costante di proporzionalità
caratteristica dei due circuiti

Coefficiente di mutua induzione dei 2 circuiti

anche "induttanza mutua"

Nel S.I. si misura in Henry (H)

Se varia la corrente nel circuito primario,
si genera una forza elettromotrice nel
circuito secondario

$$\text{f.e.m.} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

Applicazioni: stimolatori cardiaci artificiali



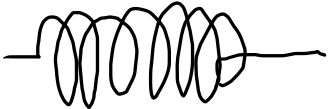
La batteria non è dentro il corpo, ma c'è una
bobina sul torace che induce corrente in
una bobina secondaria nel torace, collegata
al cuore.

AUTO INDUZIONE

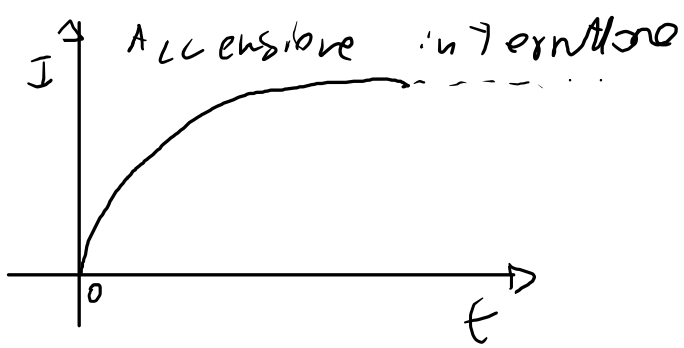
La variazione di flusso genera una f.e.m. anche sul circuito stesso \rightarrow autoinduzione

$$\Phi = L I$$

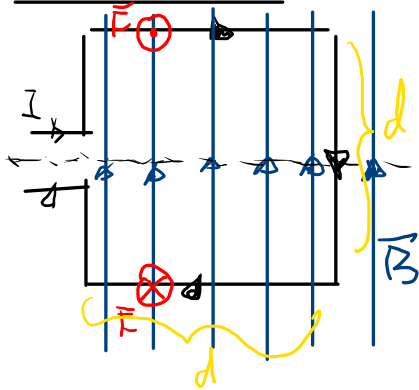
\hookrightarrow coeff. ante di autoinduzione
o induttanza (sempre in Henry)

Si rappresenta con una bobina 

$$f.e.m. = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$



ESERCIZIO:

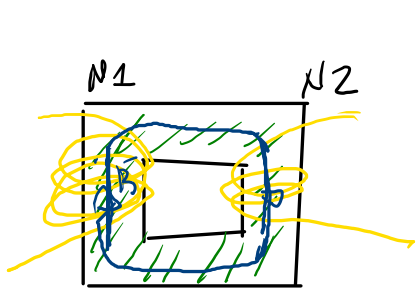


Calcolare la forza agente sul circuito ed il momento torcente.

$$F = d I B$$

$$M = d I B \cdot \frac{d}{2} + d I B \cdot \frac{d}{2} = d^2 I B$$

ESERCIZIO: trasformatore



$$f.e.m. = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} N_{spire}$$

$$V_1 = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} N_1$$

$$V_2 = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} N_2$$

Bobina 1 fatta N_1 spire

Bobina 2 fatta N_2 spire

$$\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2}$$

$$\Downarrow$$
$$V_2 = \frac{N_2}{N_1} V_1$$