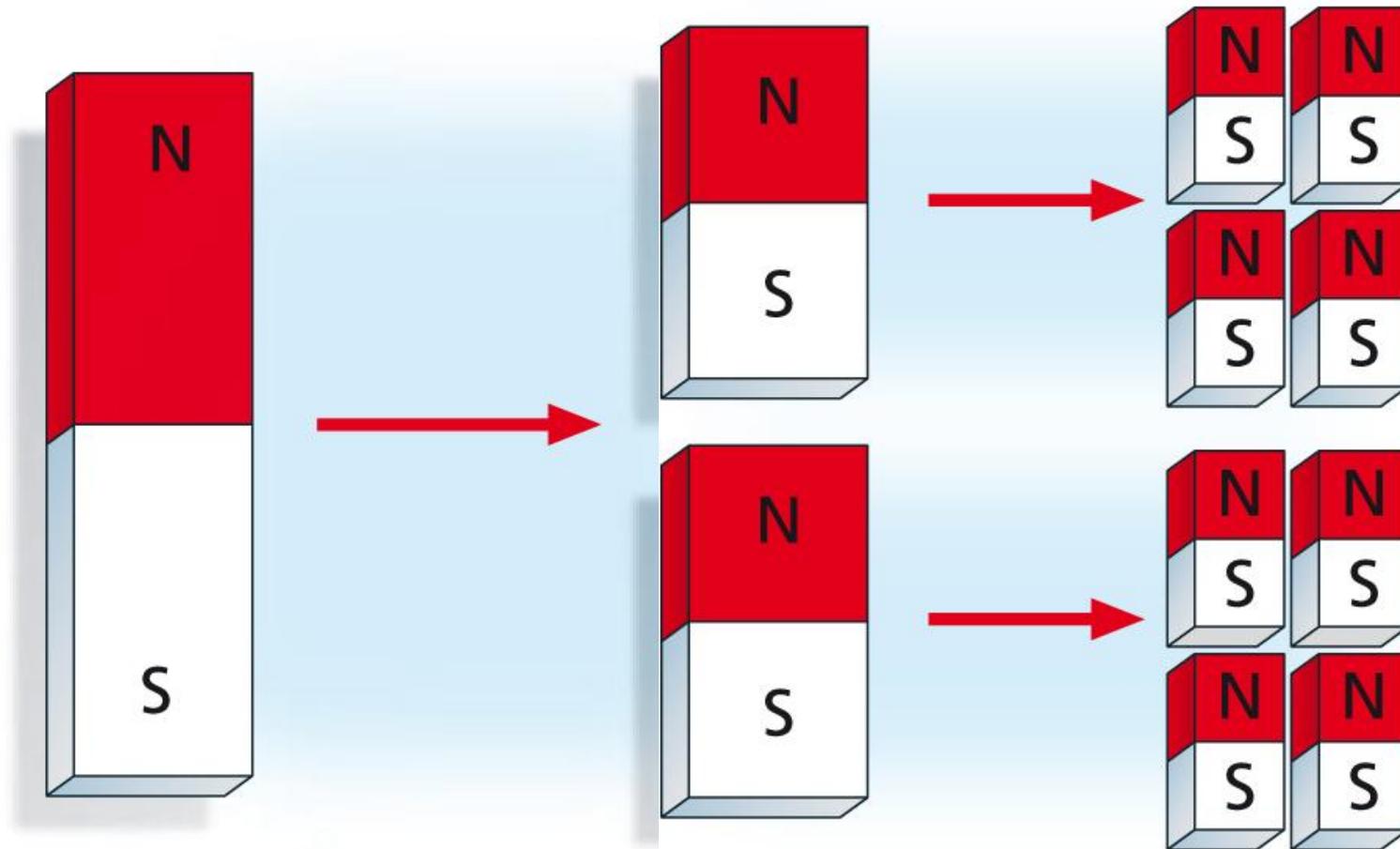


Il campo magnetico

- Le prime osservazioni dei fenomeni magnetici risalgono all'antichità
 - Agli antichi greci era nota la proprietà della magnetite di attirare la limatura di ferro
 - Un ago magnetico libero di ruotare intorno ad un asse verticale si orienta con una delle sue estremità verso il Nord (**polo Nord**) e l'altra verso il Sud (**polo Sud**)
- Le calamite interagiscono tra loro con forze attrattive o repulsive
 - Poli di nome contrario si attraggono, poli dello stesso nome si respingono
- I poli magnetici di nome contrario non possono essere separati: non esiste il **monopolo magnetico**
 - Se si spezza una calamita si ottengono due nuove calamite, entrambe con un polo Nord e un polo Sud

I poli magnetici **isolati** non esistono



Definizione del campo magnetico

- Su una particella di carica q in moto in una regione di campo magnetico agisce una forza (detta **forza di Lorentz**)
 - La forza di Lorentz è diretta perpendicolarmente alla velocità della particella
 - Esiste una particolare direzione della velocità in corrispondenza della quale la forza di Lorentz è nulla
 - Il modulo della forza di Lorentz è proporzionale a $v \sin \phi$, dove ϕ è l'angolo formato dal vettore velocità con la direzione per cui la forza è nulla
- Si può quindi definire il campo magnetico come un vettore B diretto parallelamente alla direzione di v per cui la forza è nulla
- Il modulo di B si calcola come:


$$B = \frac{F_B}{|q| \cdot v}$$

dove F_B è l'intensità massima della forza di Lorentz (quando la velocità è diretta perpendicolarmente al campo magnetico)

Forza di Lorentz

I risultati precedenti possono riassumersi con l'equazione:

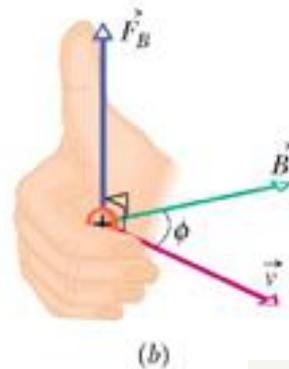
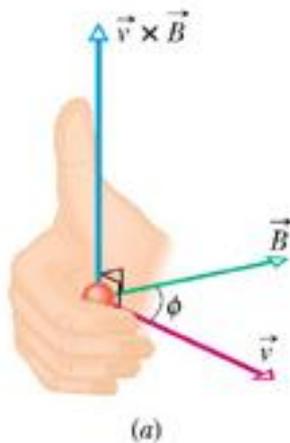
$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$$

➤ Il modulo della forza di Lorentz è dato da:

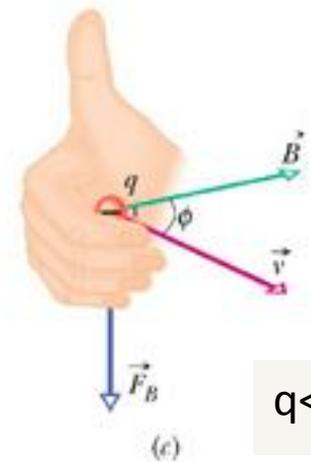
$$F_B = |q|vB\sin\varphi$$

dove φ è l'angolo tra i vettori velocità e campo magnetico

➤ La direzione di F_B si calcola con la regola della mano destra



$q > 0$

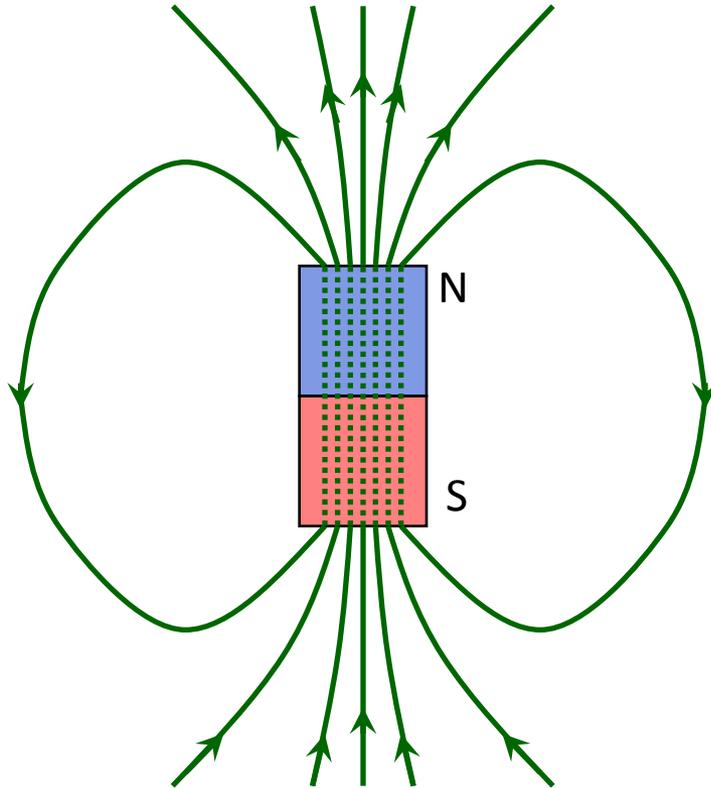


$q < 0$

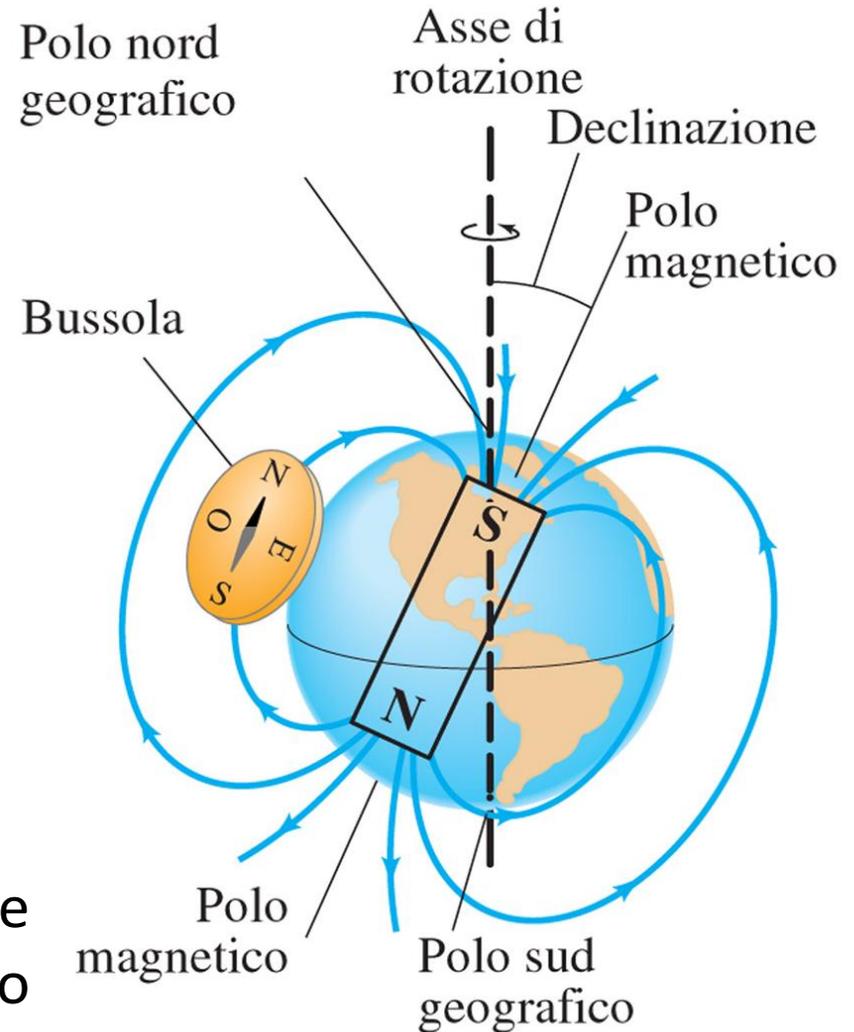
Linee di campo magnetico

- Come nel caso del campo elettrico, si può rappresentare il campo magnetico tramite le **linee di campo**
 - Le linee del campo magnetico sono in ogni punto tangenti al vettore campo magnetico
 - Il numero di linee di campo che attraversano una superficie ad esse perpendicolare è proporzionale all'intensità del campo magnetico
- Nel caso del campo magnetico le linee di campo non coincidono con le linee di forza perchè la forza di Lorentz è perpendicolare al campo magnetico
- Poichè non esistono monopoli magnetici, le linee del campo magnetico sono sempre **chiuse**
 - In un magnete permanente le linee di campo escono dal polo Nord e rientrano nel polo Sud, richiudendosi su se stesse all'interno del magnete
 - Il flusso del campo magnetico attraverso una superficie chiusa è sempre nullo (**teorema di Gauss magnetico**)

Campo magnetico di un dipolo



Anche la Terra può essere schematizzata come un dipolo magnetico



Moto in campo magnetico

Calcoliamo il lavoro compiuto dalla forza di Lorentz su una carica che si muove in campo magnetico da A a B:

$$L = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_A^B q\vec{v} \times \vec{B} \cdot d\vec{s} = \int_A^B q\vec{v} \times \vec{B} \cdot \vec{v} dt = 0$$

Poichè la forza di Lorentz è perpendicolare alla velocità, essa **non compie lavoro**

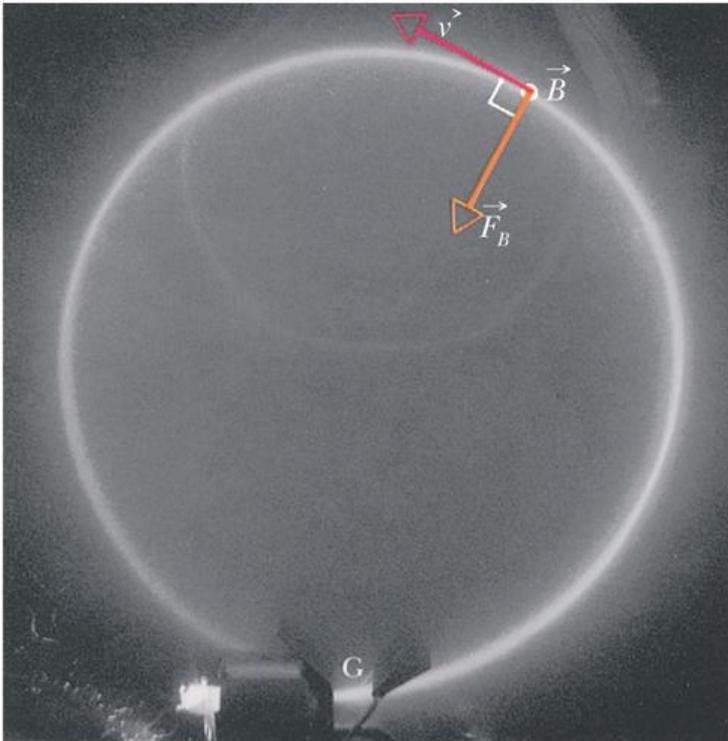
Teorema dell'energia cinetica:

$$L = \Delta K \Rightarrow \Delta K = 0 \Rightarrow K_A = K_B \Rightarrow v_A = v_B$$

- Il modulo della velocità di una particella carica che si muove in un campo magnetico è costante
- La forza di Lorentz cambia la direzione della carica, ma non il modulo della sua velocità

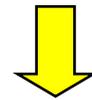
Moto circolare in campo magnetico

- Consideriamo una particella carica che entra in un campo magnetico con velocità perpendicolare al campo magnetico
- Poichè la forza di Lorentz (e quindi l'accelerazione) è perpendicolare alla velocità, il moto è **circolare uniforme**



Forza centripeta:

$$|q|vB = m \frac{v^2}{R}$$



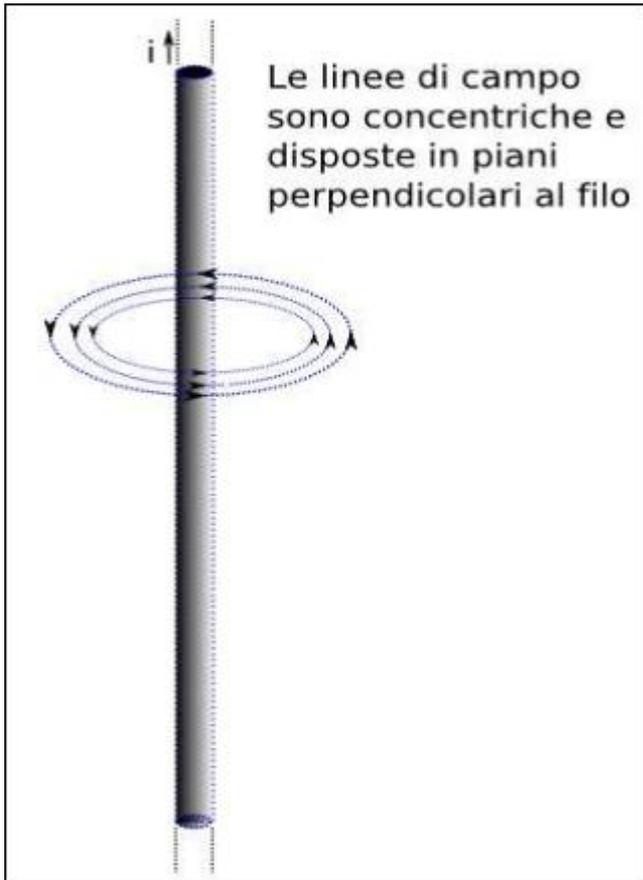
Raggio di curvatura:

$$R = \frac{mv}{|q|B}$$

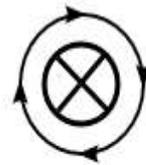
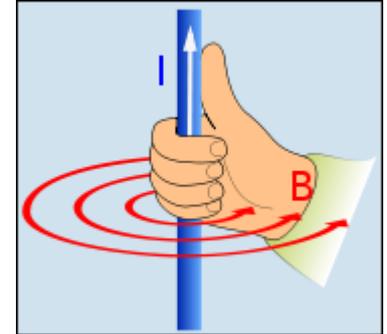
Periodo:

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{|q|B}$$

Campo magnetico generato da un filo percorso da corrente



Utilizzando la "regola della mano destra" è molto facile identificare la direzione delle linee di campo:



**Corrente entrante nel piano
verso orario**



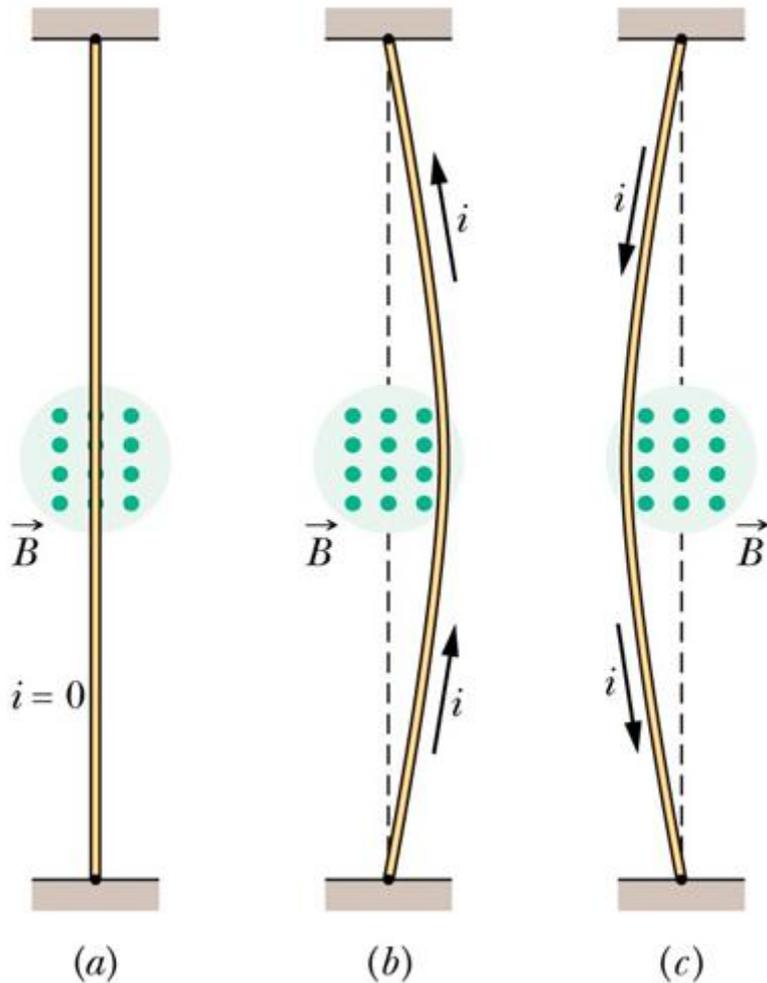
**Corrente uscente dal piano
Verso antiorario**

Il modulo del campo magnetico è: $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{d}$

dove $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{Tm/A}$ è la permeabilità magnetica del vuoto

Forza magnetica su una corrente

Consideriamo un conduttore filiforme flessibile di lunghezza L disposto perpendicolarmente al campo magnetico



Forza media su un elettrone:

$$F = ev_d B$$

Forza complessiva sul filo:

$$F = qv_d B$$

Corrente nel filo:

$$i = \frac{q}{t} = q \left(\frac{v_d}{L} \right) \rightarrow F = iLB$$

Nel caso generale, la forza su un tratto di filo dL è data da:

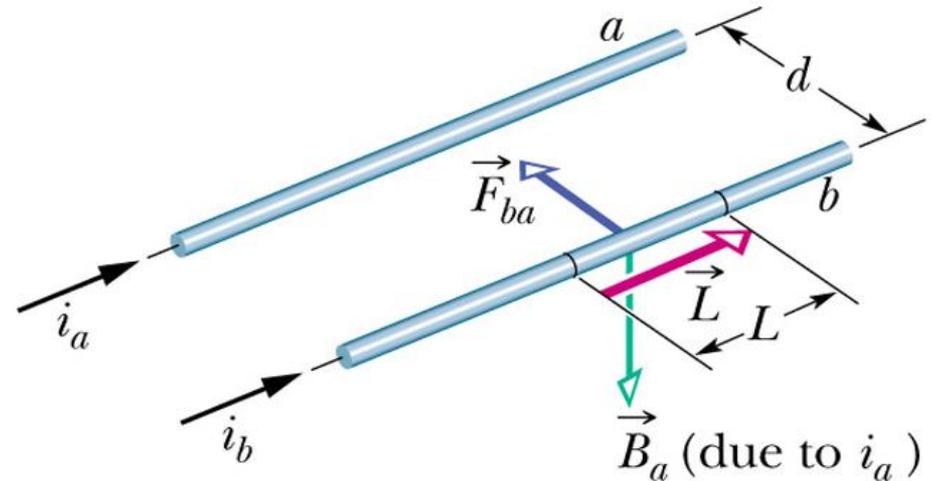
$$d\vec{F} = id\vec{L} \times \vec{B}$$

Forza tra due correnti parallele

Tra due conduttori paralleli percorsi da correnti si esercitano delle forze che sono attrattive se le correnti hanno lo stesso verso o repulsive se le correnti hanno versi opposti

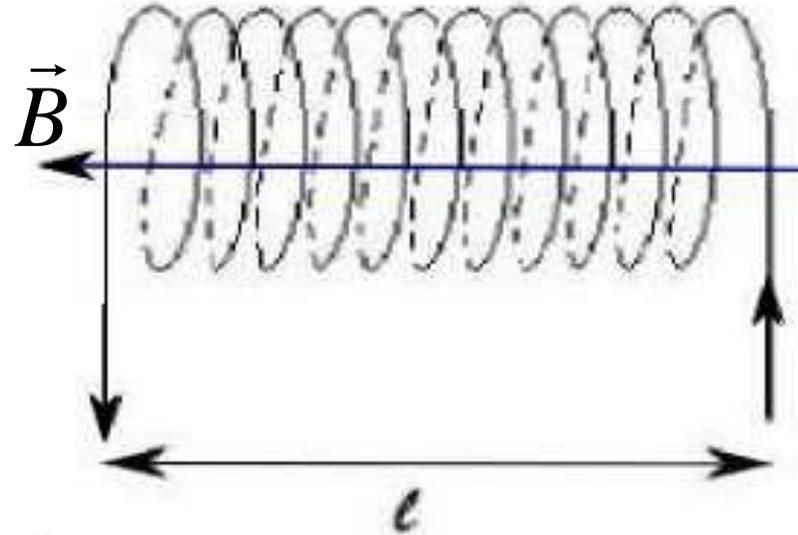
Modulo della forza:
$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_a i_b}{d} \cdot L$$

La corrente i_a risente del campo magnetico generato dalla corrente i_b e viceversa: ogni corrente genera un campo magnetico



Campo magnetico generato da un solenoide percorso da corrente

Consideriamo ora un solenoide, una bobina cioè attorno alla quale viene avvolto un filo percorso da corrente elettrica. Di fatto è come avere una spira che si ripete più volte. Nell'immagine è disegnato il verso del campo magnetico rispetto al verso di percorrenza della corrente i .

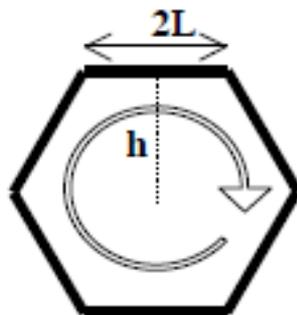


Il modulo di questo campo magnetico è uguale a: $B = \mu_0 \frac{N}{l} \cdot i$

dove N è il numero totale di spire presenti nel solenoide.

Una spira conduttrice, a forma di esagono regolare di lato $2L=20$ cm, è percorsa da una corrente $i=12$ A. Determinare:

Il campo magnetico B generato al centro della spira.



Soluzione:

E' noto il campo magnetico generato da un elemento di filo rettilineo, a distanza h dal centro del filo. I sei lati della spira producono al centro un campo magnetico (entrante nel foglio) che è la somma delle 6 componenti:

$$B = 6 \frac{\mu_0 i L}{2\pi h \sqrt{h^2 + L^2}} = \frac{\mu_0 6iL}{2\pi L \sqrt{3} \sqrt{3L^2 + L^2}} = \frac{\mu_0 6iL}{4\pi L^2 \sqrt{3}}$$
$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \sqrt{3} i}{2\pi L} = \frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot \sqrt{3} i}{2L} = 4.16 \cdot 10^{-5} T$$

Due spire S_1 e S_2 sono disposte nel medesimo piano, con i loro centri coincidenti. La prima ha raggio 20 cm ed è percorsa da corrente i_1 in verso orario. La seconda ha raggio 30 cm ed è percorsa da una corrente i_2 in senso antiorario. Determinare il valore del rapporto $\frac{i_1}{i_2}$ che genera un campo B nullo nel centro delle spire.

Affinchè il campo sia nullo deve essere:

$$B_1 = B_2$$

E quindi:

$$\frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i_1}{20\text{cm}} = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i_2}{30\text{cm}}$$

Da cui otteniamo

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{2}{3}$$