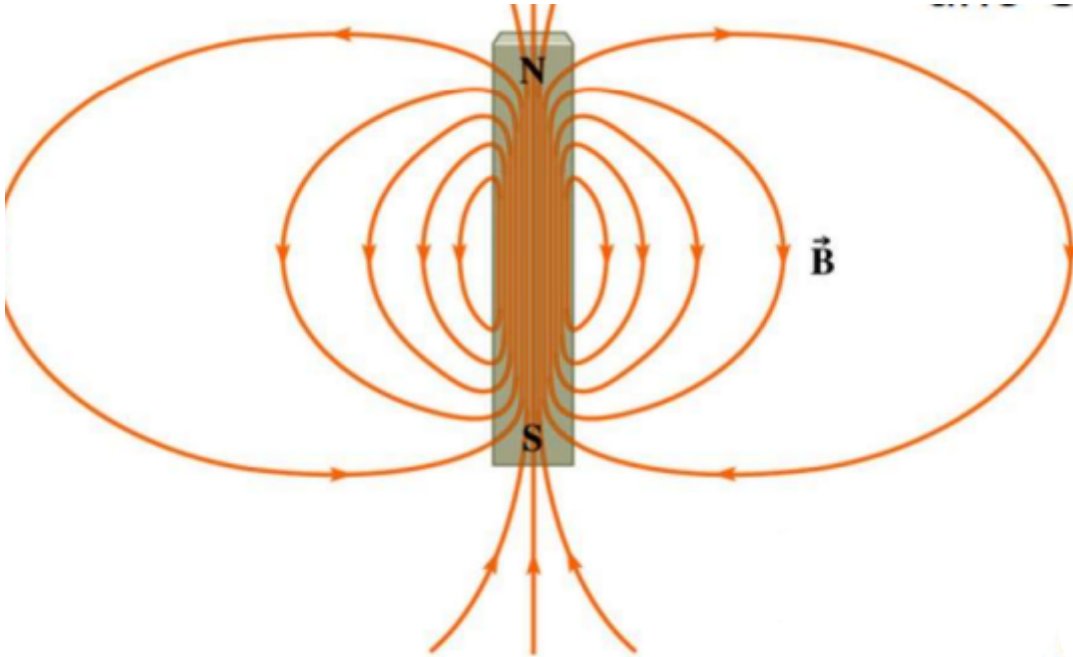


4 - Campi e forze magnetici

Il dipolo magnetico

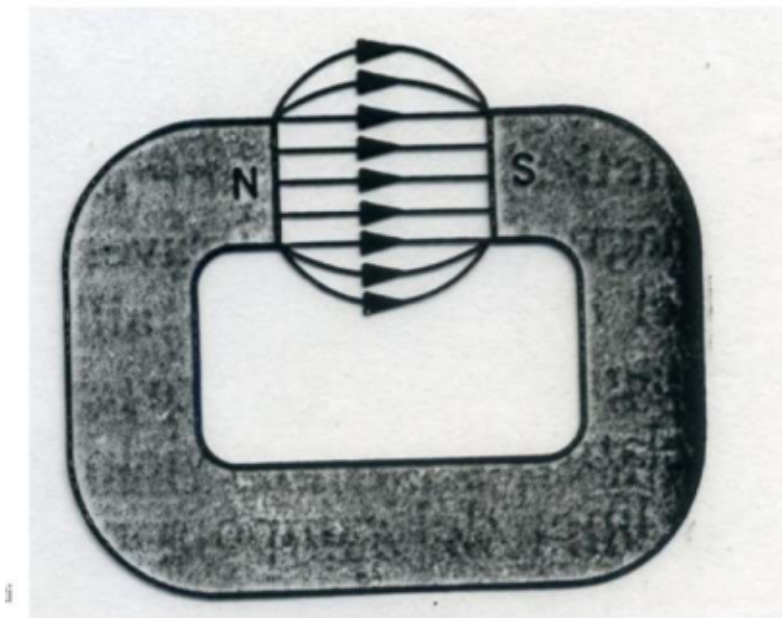
Tutti i magneti hanno almeno un polo sud e un polo nord generando un campo magnetico.

Le linee escono dal polo nord ed entrano nel polo sud



Se si dovesse rompere il magnete in questione, ricreerebbero due nuovi poli del magnete. **Le linee di campo magnetico sono linee chiuse**

Possiamo dire anche che il campo magnetico dipende dalla forma del magnete per esempio:



Intorno alla terra, il campo magnetico è simile a quello di un dipolo magnetico.

La legge di Gauss per il magnetismo

Qui c'è il concetto e spiegazione della [1 - Le forze e i campi magnetici > Legge di Gauss](#). Ma per il magnetismo possiamo dire che il **flusso di B** attraverso qualunque superficie chiusa è sempre nullo.

Prodotto vettoriale tra due vettori

Vediamo il prodotto vettoriale generico:

$$\vec{c} = \vec{a} * \vec{b}$$

e non vale la proprietà!

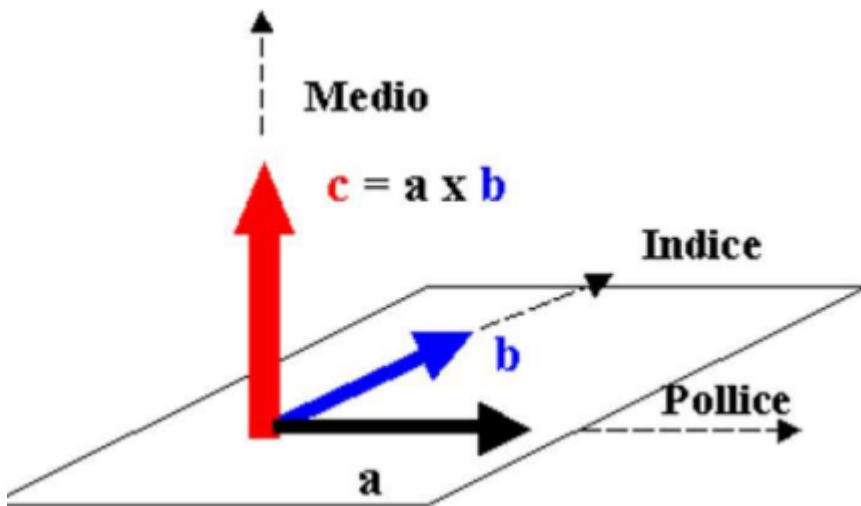
$$\vec{c} = \vec{a} * \vec{b} \neq \vec{b} * \vec{a}$$

Utilizzando invece la **regola della mano destra** abbiamo:

$$|\vec{C}| = |\vec{a}| * |\vec{b}| * \sin(\theta)$$

Cosa intendiamo per la **regola della mano destra**? usando la mano destra, poni le dita in direzione di \vec{a} e chiudile in direzione di \vec{b} . Il pollice punta nella direzione \vec{c} .

Ecco una rappresentazione grafica:



Forza magnetica su una carica puntiforme (Forza di Lorentz)

La forza magnetica su una carica puntiforme è uguale:

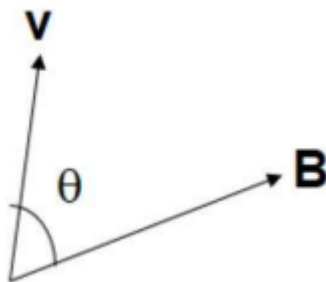
$$F_B = q(v * B)$$

e l'unità di misura del campo magnetico è (B) il **Tesla** (1T = 1N/Am)

Il modulo di F_b è:

$$F_B = qB(v \sin(\theta))$$

Dove $v \sin(\theta)$ è la componente della velocità perpendicolare alla direzione del campo magnetico. θ rappresenta l'angolo tra v e B:

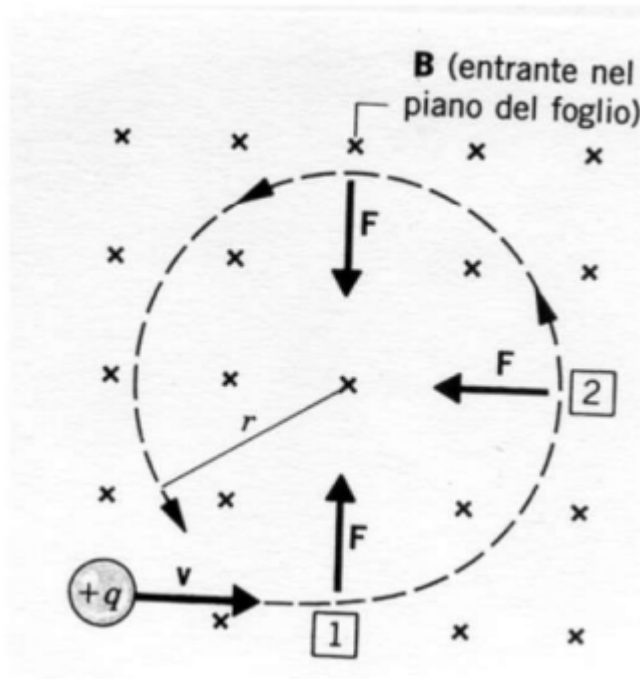


Disegni i vettori coda-coda per determinare θ e la direzione di F_B si trova tramite la regola della mano destra

Esercizi per capire la forza magnetica: [Esercizi d'esempio > Esempio 18 \(Forza di Lorentz p.13\)](#).

Cariche in caso magnetico uniforme

Caso V perpendicolare a B



Una particella carica positivamente ha una velocità \mathbf{v} come in figura. Il campo magnetico è diretto verso l'interno della pagina.

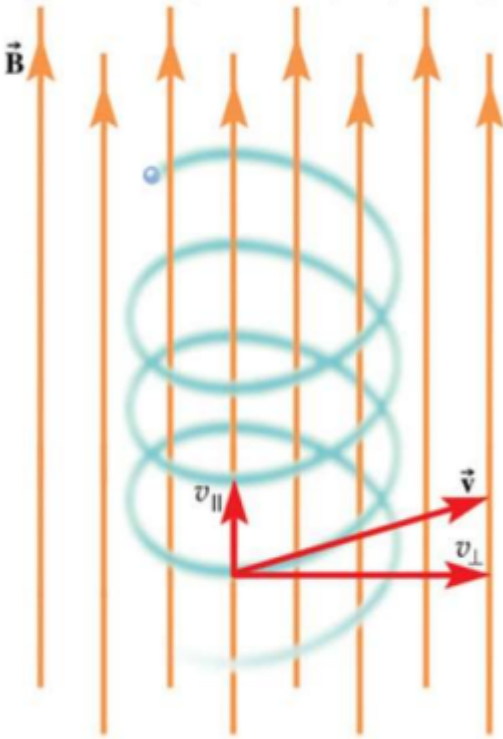
La forza magnetica, in quell'istante, è mostrata in figura. In questa regione di spazio la particella positiva si muoverà in senso antiorario su una traiettoria circolare.

Applicando la seconda legge di Newton alla carica:

$$\sum F = F_B = ma_r$$

$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

Caso V non perpendicolare a B

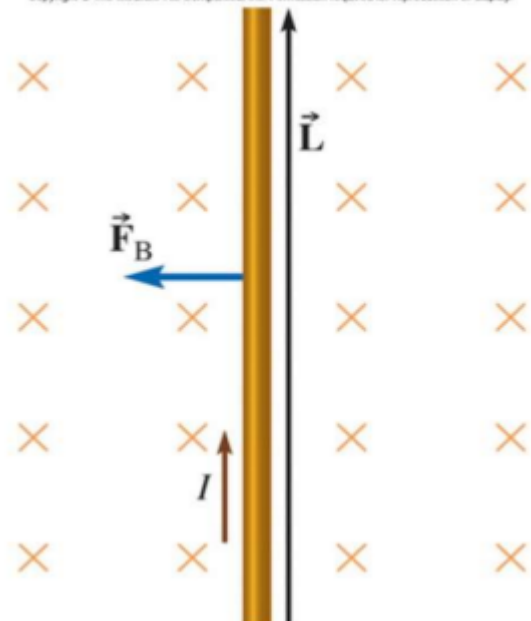


Se una **particella carica** ha una **componente della propria velocità perpendicolare** a \vec{B} , allora la sua traiettoria sarà circolare. Se ha anche una componente di \vec{v} parallela a \vec{B} , si muoverà anche verso l'alto. Il risultato è un **moto elicoidale**.

Forza magnetica su un filo percorso da corrente

La forza su un filo percorso da corrente in un campo magnetico esterno è:

$$\vec{F} = I(\vec{L} \times \vec{B})$$

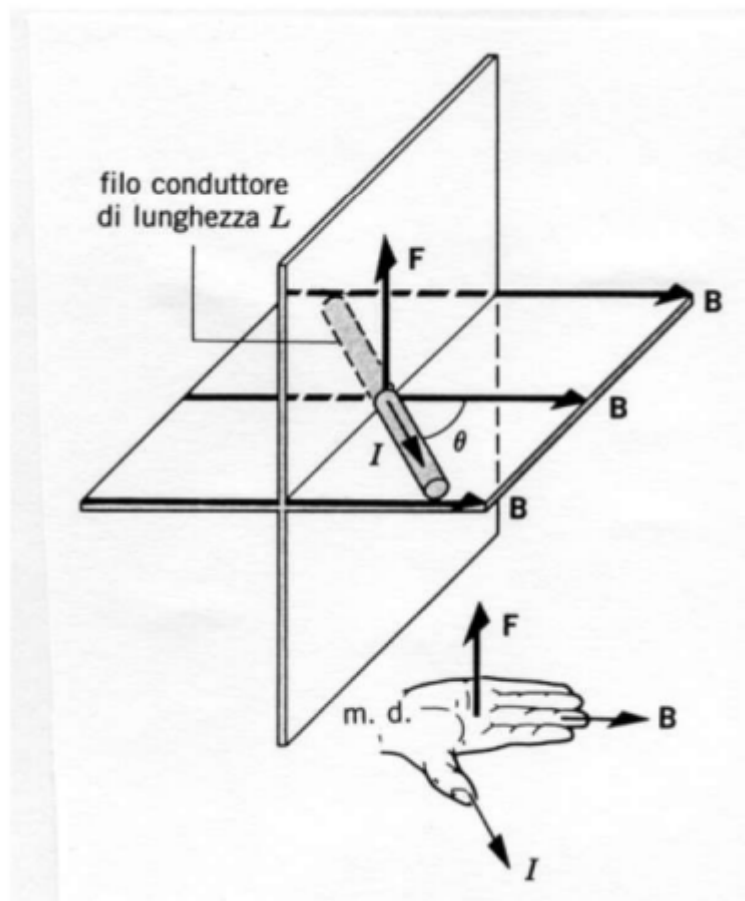


L è un vettore che punta nel verso di scorrimento della corrente. Il suo modulo sarà la lunghezza del filo.

Il modulo di F è:

$$F = ILB\sin\theta$$

E la sua direzione è data dalla regola della mano destra:



Esercizi per capire la forza magnetica in un filo: [Esercizi d'esempio > Esempio 19 \(Forza magnetica su un filo\)](#).

Campo magnetico dovuto a una corrente

Caso del filo rettilineo

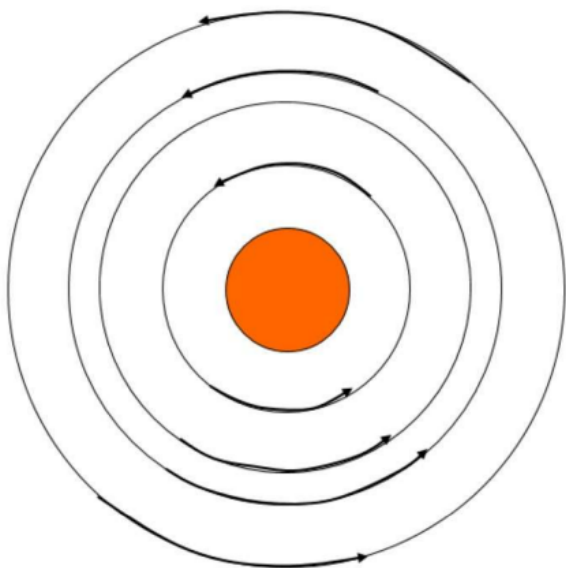
Cariche in movimento (una corrente) creano un campo magnetico.

Il campo magnetico ad una distanza r da un filo lungo e dritto percorso dalla corrente I è:

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

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

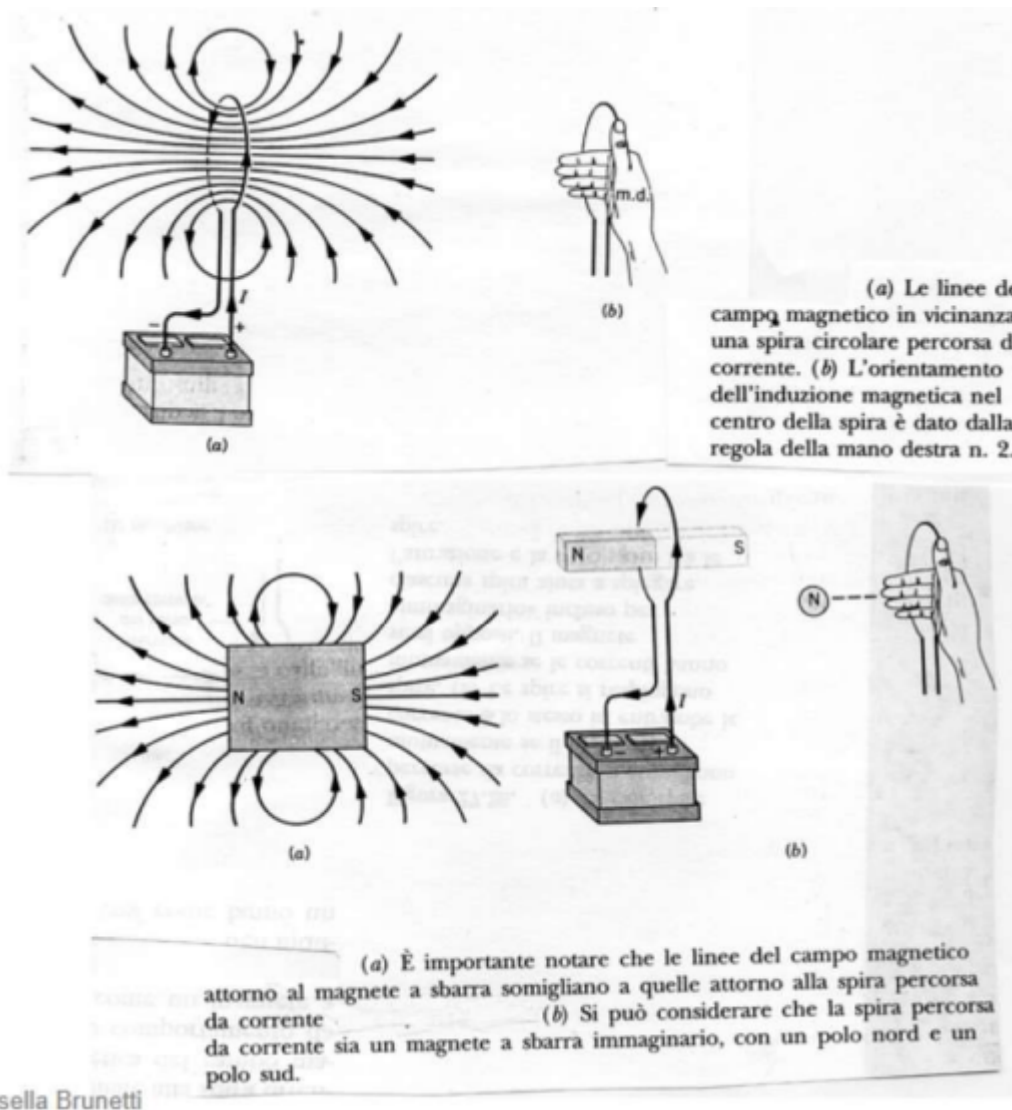
La direzione delle linee di campo B è data dalla regola della mano destra. Il pollice punta nel verso di scorrimento della corrente. Chiudendo la mano le altre dita si chiudono nel verso di percorrenza delle linee di campo.



Un filo è percorso da una corrente I nel verso uscente dalla pagina.

Le linee di campo B sono percorse in senso antiorario, il campo (B) è tangente alle linee di campo.

Caso della spira



Il campo magnetico di un solenoide

Un solenoide è un avvolgimento di spire fatto a forma di cilindro

Il campo dentro al solenoide è quasi uniforme (lontano dalle terminazioni) e ha intensità:

$$B = \mu_0 n I$$

dove $n = N/L$ è il numero di avvolgimenti (N) per unità di lunghezza (L) e I è la corrente nel filo

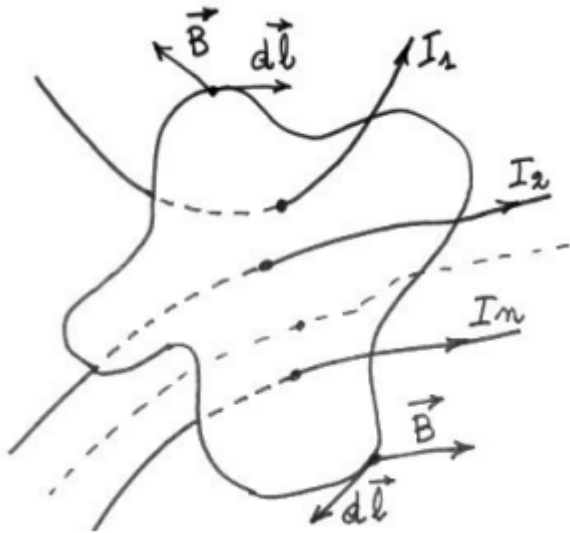
La legge di Ampère

La legge di Ampère per la magnetostatica gioca un ruolo simile a quello che la legge di Gauss rappresenta in elettrostatica.

1 - Le forze e i campi magnetici > Legge di Gauss è una relazione matematica tra il campo elettrico e le sue sorgenti: le cariche elettriche

La legge di Ampère è una relazione matematica che lega il campo magnetico alle sue sorgenti: **le cariche elettriche**

Circuitazione di un campo vettoriale lungo una linea chiusa



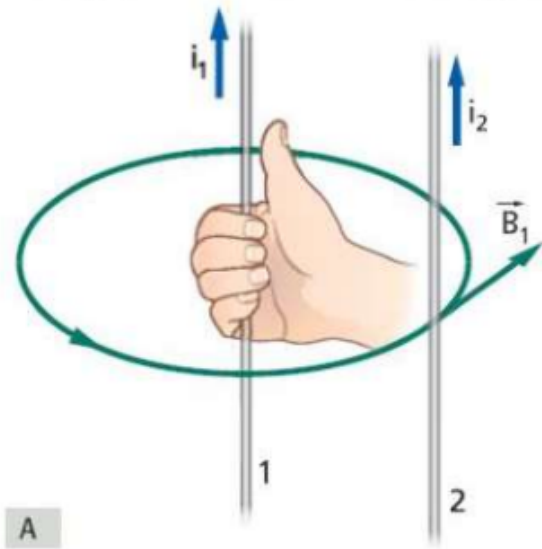
Consideriamo una linea chiusa I in ogni punto della quale è definito un campo vettoriale \mathbf{B} .

Fissato un orientamento sulla linea, si definiscono **Circuitazione di \mathbf{B}** lungo la linea I la quantità
$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \lim_{n \rightarrow +\infty} \sum_{i=1}^n \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}_i$$
 Dove $\mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}$ rappresenta il prodotto scalare tra il vettore \mathbf{B} e il vettore $d\mathbf{l}$ che ha come modulo dl , l'elemento infinitesimo di lunghezza dl , orientato secondo la tangente alla linea I nel punto considerato (vedi figura).

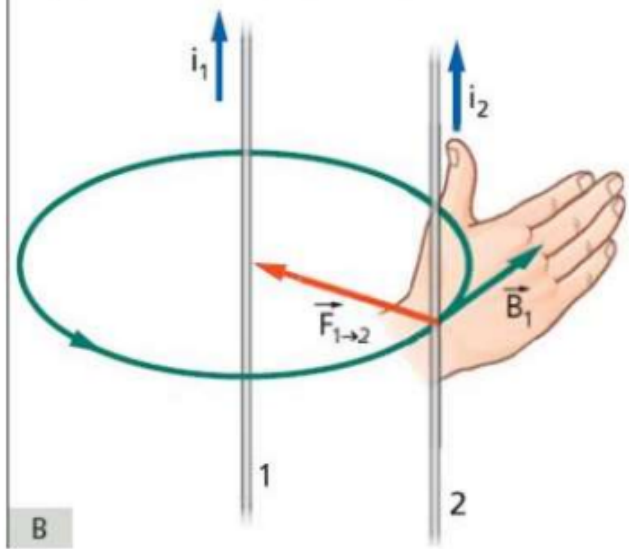
La circuitazione di \mathbf{B} è lungo un qualsiasi percorso chiuso è uguale a $\mu_0 I$, dove I è la corrente stazionaria totale che attraversa una qualunque superficie delimitata dal percorso chiuso di integrazione.

Spiegazione della legge di Ampère:

► Nella zona in cui si trova il filo 2, il campo magnetico \vec{B}_1 generato dal filo 1, tangente alla linea di campo, è rivolto come nella figura.



► Con la corrente i_2 e il campo \vec{B}_1 come nella figura, la forza magnetica $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$, esercitata dal filo 1 sul filo 2, è rivolta verso il filo 1.



Calcoliamo l'intensità della forza

Due fili paralleli che giacciono su un piano orizzontale trasportano le correnti I_1 e I_2 verso destra. I fili sono lunghi entrambi e sono separate da una distanza d .



- Scriviamo il modulo e la direzione del campo B generato dal filo 1 nella posizione del filo:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$

verso l'interno della pagina

- Ora scriviamo il modulo della forza magnetica sul filo 2 dovuti al filo:

$$F_{12} = I_2 L B_1 \sin\theta = I_2 L B_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi d}$$

F_{12} è verso l'alto (verso il filo 1)

- Reciprocamente, scriviamo il modulo e verso del campo B generato dal filo 2 nella posizione del filo:

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d}$$

fuori dalla pagina

- Infine il modulo della forza magnetica sul filo 1 dovuta al 2 è:

$$F_{21} = I_1 L B_2 \sin\theta = I_1 L B_2 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi d}$$

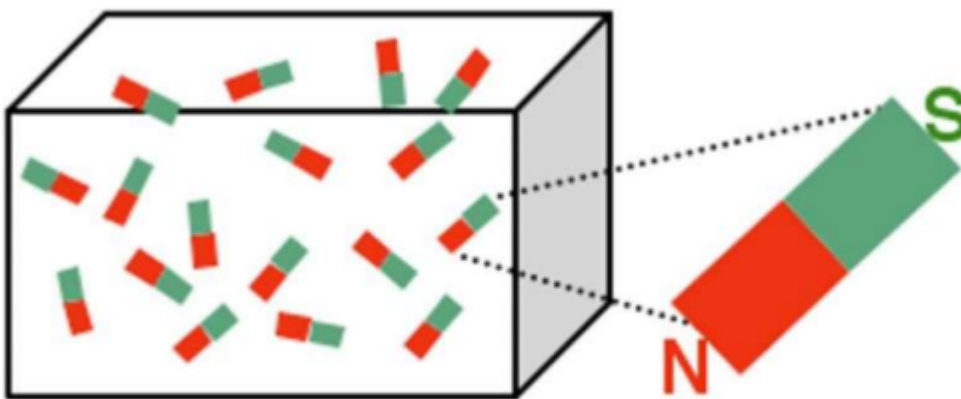
Dunque: Correnti parallele attraggono e correnti antiparallele respingono

Esercizi per capire la legge di Ampère: [Esercizi d'esempio > Esempio 20 \(Legge di Ampère p. 47\)](#).

Materiali Magnetici

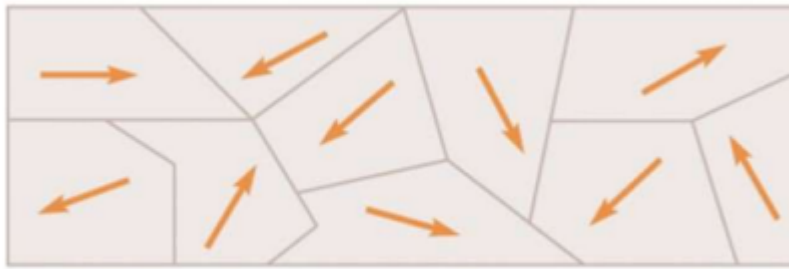
Nella materia esistono delle cariche che ruotano su orbite chiuse (es: gli elettroni atomi anche lo spin)

Queste microspire percorse da corrente sono normalmente orientate in tutte le direzioni e i corrispondenti campi magnetici annullano i loro effetti: il campo magnetico netto è quindi nullo (materiali non ferromagnetici)



I materiali ferromagnetici sono formati da domini, regioni in cui i campi magnetici "atomici" sono allineati, fornendo localmente un campo magnetico più forte.

No net magnetization



(a)

Net magnetization →



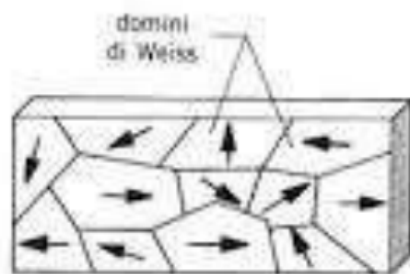
(b)

MORE

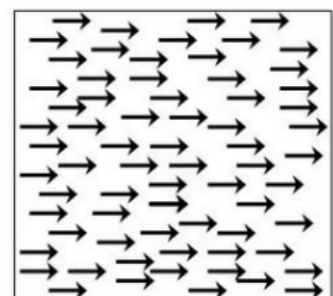
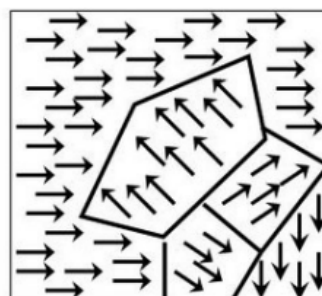
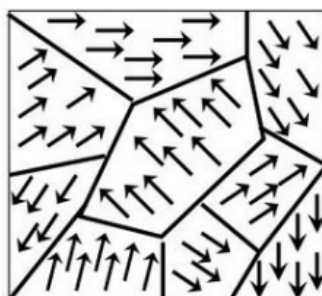
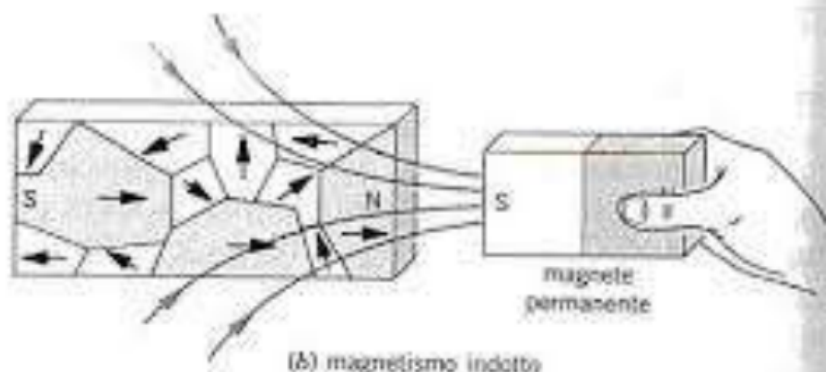
Rossella Bruni

Quando i campi magnetici dei domini sono orientati in modo casuale (a), non c'è una magnetizzazione netta sull'oggetto.

Quando i domini sono allineati, per esempio da un campo magnetico esterno, il materiale avrà una magnetizzazione netta.



(a) ferro non-magnetizzato



Sommario

- I campi magnetici sono generati da correnti elettriche
- Un campo magnetico produce una forza su una corrente elettrica
- Il magnetismo naturale è prodotto da una speciale proprietà di correlazione dei campi magnetici microscopici generati dalle correnti atomiche