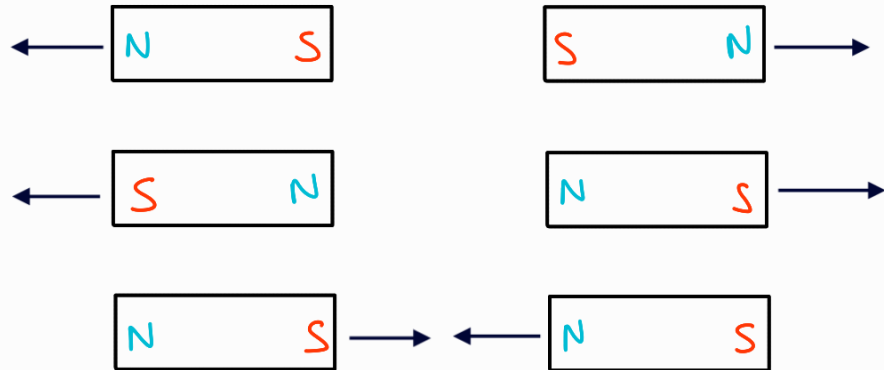
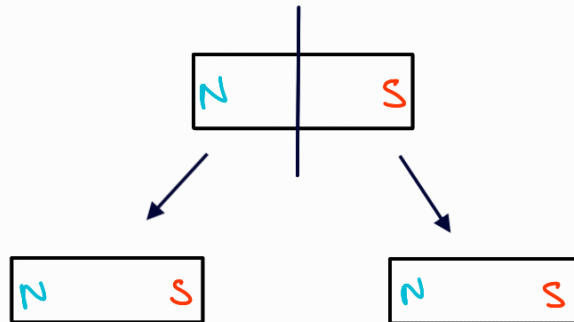


MAGNETISMO

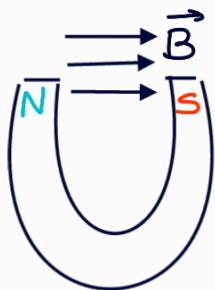
Apparentemente non dipende dalla carica del materiale attratto. Abbiamo dei dipoli NORD e SUD che si comportano come dei dipolo elettrici:



Dividendo un dipolo in due, ogni sua parte formerà ancora un dipolo magnetico.

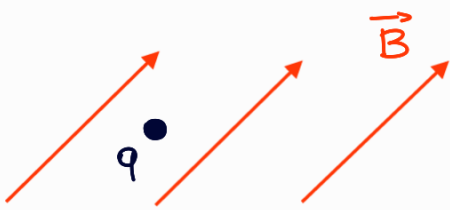


Tra un polo nord e un polo sud si va a creare un campo magnetico:

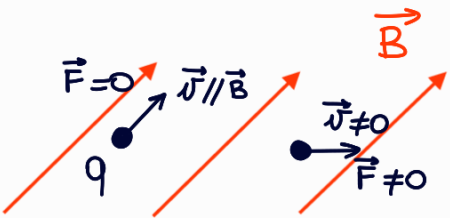


\vec{B} campo magnetico

- \otimes uscente
- \odot entrante

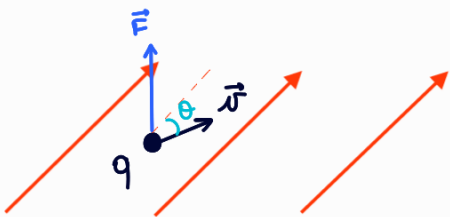


- Se q FERMA \rightarrow non risente della forza ($\vec{v}=0$)



- Se q è in moto:

$\vec{F} \propto$
 proporzionale a q
 proporzionale alla componente di \vec{v} perpendicolare a \vec{B}



$$F = q \cdot \underbrace{v \sin \theta}_{v_{\perp B}} \cdot B$$

\vec{F} diretta perpendicolarmente al piano definito da \vec{B} e \vec{v}

Direzione e verso di \vec{B} : regola della mano destra

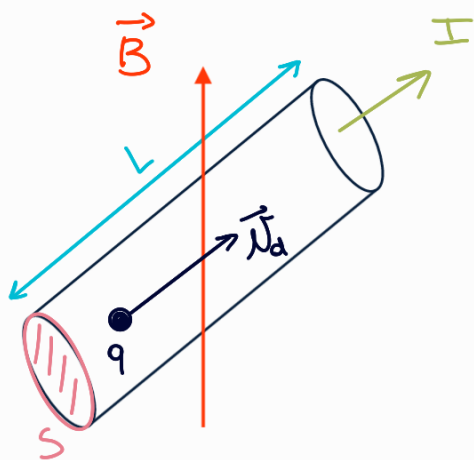
\vec{v} sul pollice
 \vec{B} sull'indice
 \vec{F} sul medio

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

Unità di misura: Tesla $\rightarrow T = \frac{N}{C \cdot \frac{m}{s}} = \frac{N}{A \cdot m}$

$$|\vec{B}_{Terra}| \cong 0,5 \cdot 10^{-4} T$$

FORZA SU UN TRATTO DI FILO (percorso da corrente)



Per ipotesi: $q > 0$
 \vec{u}_d ha stesso verso di I

Sul singolo portatore di carica: $q \vec{u}_d \times \vec{B}$
 μ : densità di carica

μSL : numero di portatori di carica
 all'interno del tratto di filo

$$\vec{F} = \mu SL \cdot q \vec{u}_d \times \vec{B}$$

$$\vec{u} = \mu q \vec{u}_d$$

$$j = I/S$$

$$\vec{F} = \mu SL q \vec{u}_d \times \vec{B} = L I \vec{u} \times \vec{B}$$

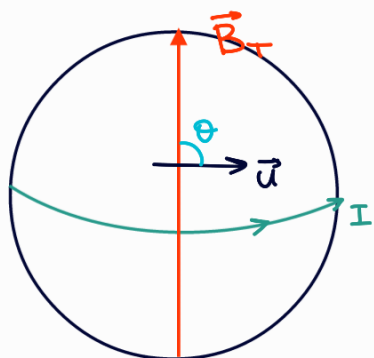
direzione della corrente
 rispetto a \vec{B}

$$\vec{F} = L I \vec{u} \times \vec{B}$$

$$\frac{\vec{F}}{L} = I \vec{u} \times \vec{B}$$

forza per unità di lunghezza

Esempio: forza per unità di lunghezza su un cavo parallelo
 all'equatore percorso da una corrente di 500 A (elettrodotto)



$$\frac{\vec{F}}{L} = I \vec{u} \times \vec{B}$$

$$B \sin \theta = B_r \sin \frac{\pi}{2} = B_r$$

$$I = 500 \text{ A}$$

$$B_r \approx 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

$$\frac{F}{L} = I B_r \approx 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}$$

\vec{F} diretta verso l'alto

Moto di una carica elettrica in un campo magnetico uniforme

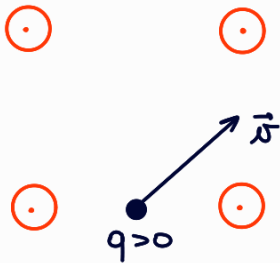
Caso 1: moto nel piano perpendicolare a \vec{B}

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

$\vec{B} \perp$ foglio

particella : carica q
massa m
velocità \vec{v}

\vec{B} (entrante)



se $\vec{F} \neq 0$:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \rightarrow \vec{a} \neq 0$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt} \neq 0$$

se c'è una forza
il vettore \vec{v} cambia

$\vec{F} \cdot d\vec{s}$ ← lavoro fatto da \vec{B} su q in moto

$$L = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 \quad \text{se } L=0 \Rightarrow E_k=0 \Rightarrow v=0$$

$$\underbrace{q \vec{v} \times \vec{B}}_{\vec{F}} \cdot \underbrace{d\vec{s}}_{\vec{v} dt} = \underbrace{q \vec{v} \times \vec{B} \cdot \vec{v}}_{\substack{\perp \vec{v} \\ (\cos 90^\circ = 0)}} dt = 0$$

$$\Rightarrow v_i^2 = v_f^2$$

varia la direzione di \vec{v}
ma non il momento
(effetto di \vec{B})

⇒ Traiettoria curvilinea

Se il campo magnetico è uniforme la traiettoria è una circonferenza

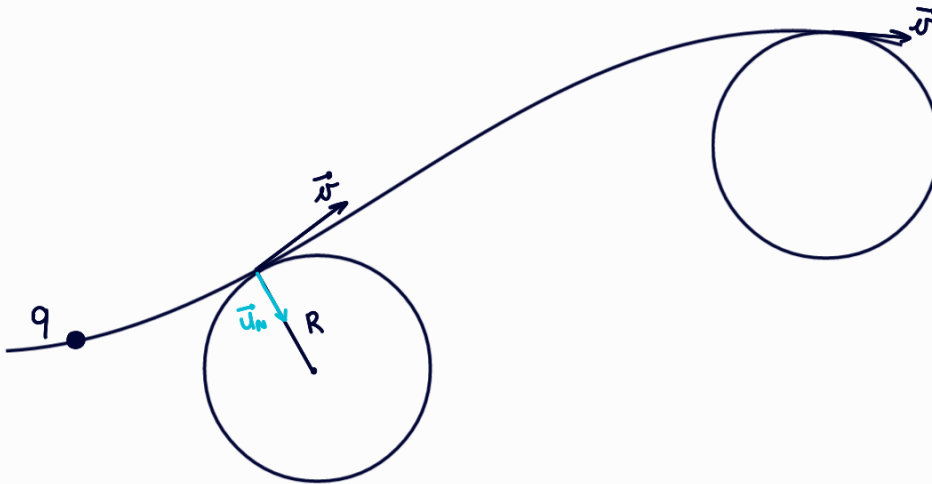
$$\vec{F} = m\vec{a} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$\vec{a} = \vec{a}_c = \frac{v^2}{R} \vec{u}_n$$

$$m \cdot \vec{a}_c = m \frac{v^2}{R} \vec{u}_n = q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$\rightarrow m \frac{v^2}{R} = qvB$$

$$\rightarrow R = \frac{mv}{qB}$$



Ma se m , q e B non cambiano, R è costante e il moto è su una circonferenza

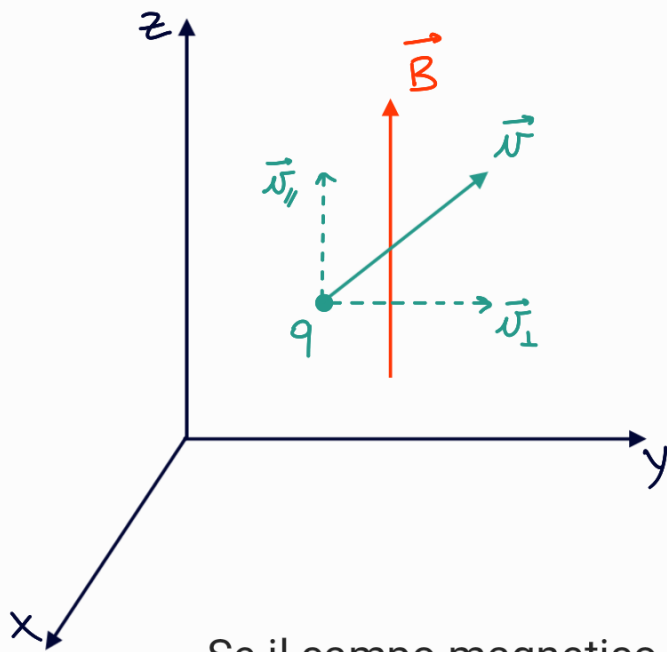
$$\Rightarrow \text{Moto circolare uniforme: } v = \frac{2\pi R}{T}$$

$$R = \frac{m}{qB} \cdot \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow$$

$$T = 2\pi \frac{m}{qB}$$

$$\frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m} \leftarrow \text{frequenza di ciclotrone}$$

Caso 2: moto lungo un'elica



$$\vec{v} = \vec{v}_{\perp} + \vec{v}_{\parallel}$$

$$\begin{aligned}\vec{F} &= q \vec{v} \times \vec{B} = q(\vec{v}_{\perp} + \vec{v}_{\parallel}) \times \vec{B} \\ &= q \vec{v}_{\perp} \times \vec{B} + \underbrace{q \vec{v}_{\parallel} \times \vec{B}}_{=0 \text{ perchè } \vec{v}_{\parallel} \parallel \vec{B}}\end{aligned}$$

Se il campo magnetico è uniforme e costante, allora il moto è lungo un'elica.

Effetto combinato di \vec{E} e \vec{B}

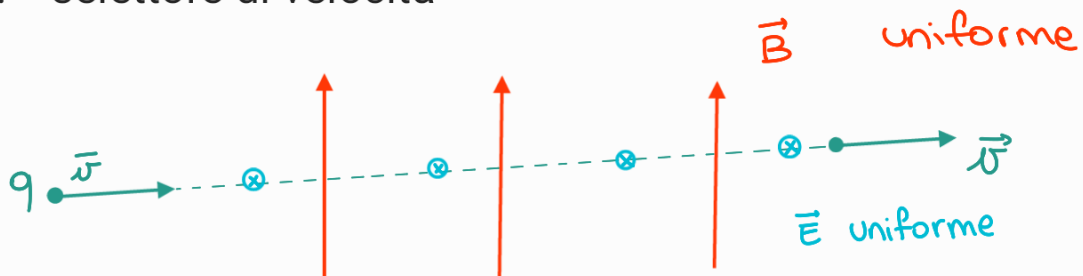
$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B} + q \vec{E}$$

Risultante delle due forze

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

Forza di Lorentz

Esempio: selettore di velocità



hp: $q > 0$

$$\vec{F}_{el} = q \cdot \vec{E} \quad \text{entrante}$$

$$\vec{F}_{mag} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B} \quad \text{uscente}$$

$$\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{el} + \vec{F}_{mag} = 0$$