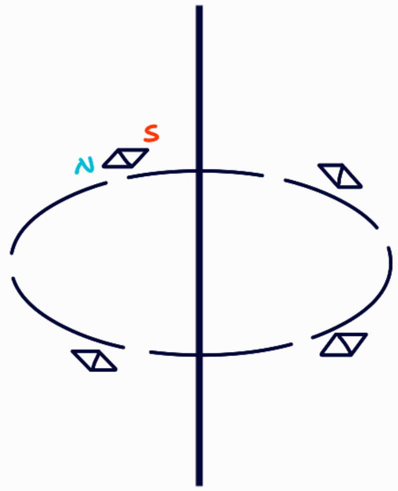
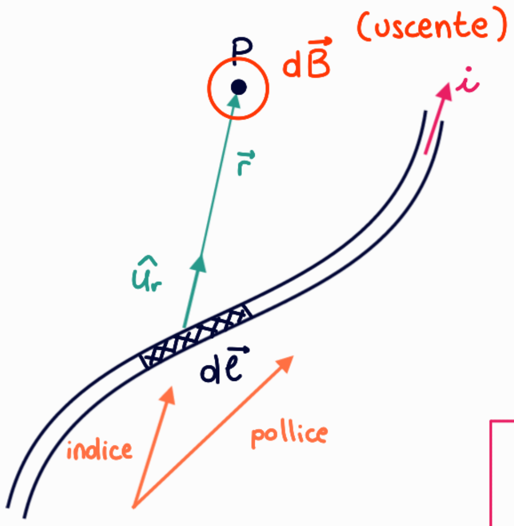
MAGNETISMO: sorgenti del campo elettrico

Esperienza di Oersted



L'esperienza consiste nellallineare un filo conduttore sopra un ago magnetico. Quando si ha passaggio di corrente, l'ago si orienta perpendicolarmente al filo e in direzione tangente alle linee di campo (concentriche rispetto al filo).
Dimostra per la prima volta che la corrente elettrica esercita forze sui corpi magnetizzati, stabilendo una correlazione tra fenomeni elettrici e magnetici.

Legge di Biot-Savat

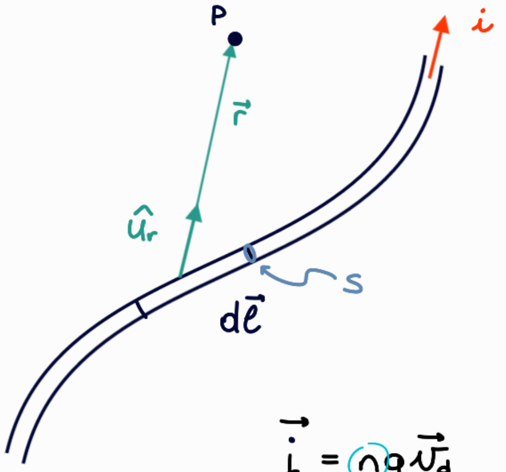


$\hat{u}_r = \frac{\vec{r}}{r}$ versore dal tratto di corrente $i\,d\vec{\ell}$ al punto P

$$d\vec{B} = K_m \frac{i\,d\vec{\ell} \times \hat{u}_r}{r^2} \qquad K_m = 10^{-7} \frac{T}{A} m$$

$$\boxed{\vec{B} = K_m \int \frac{i\,d\vec{\ell} \times \hat{u}_r}{r^2}}$$

Campo magnetico prodotto da una carica in moto



$$\hat{u}_r = \frac{\vec{r}}{r}$$

$$d\vec{B} = K_m \frac{i\, d\vec{l} \times \hat{u}_r}{r^2}$$

$$\vec{j} = nq\vec{v}_d \quad \rightarrow \quad \vec{j} = \frac{i}{S}$$

numero portatori per unità di volume

$$\boxed{i\, d\vec{l}} = \underline{i\, dl} \, \frac{1}{v_d} \vec{v}_d$$

$$= \overbrace{Sj\, d\vec{l}}\, \frac{1}{v_d} \vec{v}_d$$

$$= S\, d\vec{l}\, \underbrace{nq\cancel{v_d}}_{=j} \frac{1}{\cancel{v_d}} \vec{v}_d = S\, d\vec{l}\, nq\vec{v}_d$$

$$d\vec{B} = K_m\, i\, \frac{d\vec{l} \times \hat{u}_r}{r^2} =$$

$$= K_m \frac{S\, dl\, nq\vec{v}_d \times \vec{u}_r}{r^2}$$

$$\Rightarrow \quad d\vec{B} = \underbrace{K_m}_{10^{-7} \frac{T}{A} m} \overbrace{S\, dl\, n}^{\text{numero portatori}} \underbrace{q}_{\text{carica di 1 portatore di carica}} \frac{\vec{v}_d \times \vec{u}_r}{r^2}$$

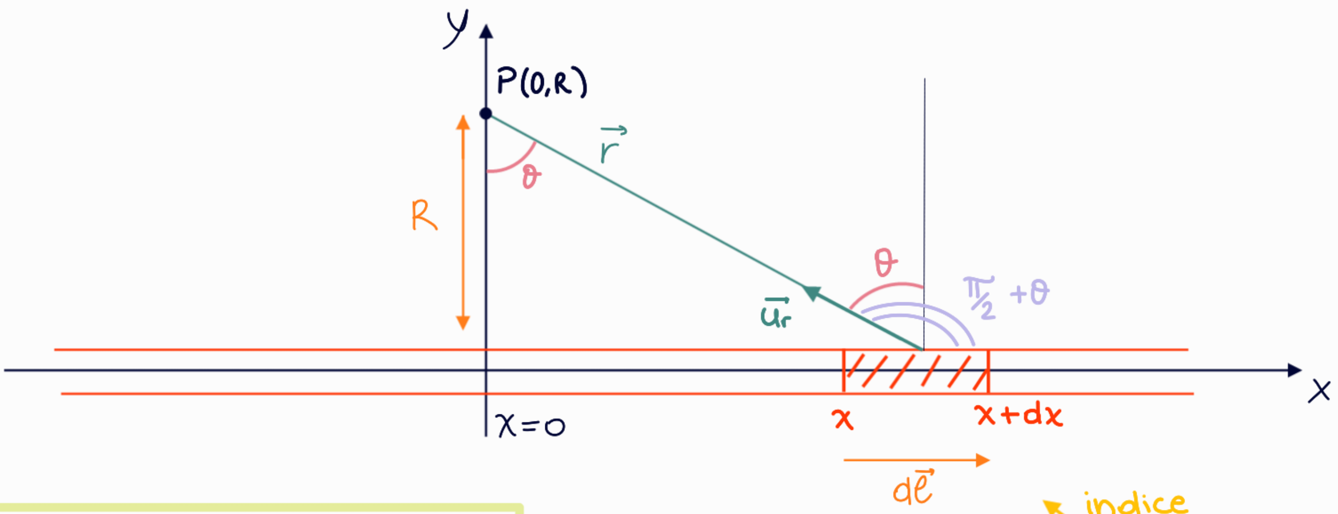
$$\Rightarrow \quad \vec{B} = K_m\, q\, \frac{\vec{v}_d \times \vec{u}_r}{r^2}$$

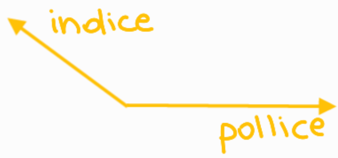
campo prodotto da un portatore di carica

$$\boxed{\vec{B} = K_m\, q\, \frac{\vec{v} \times \vec{u}_r}{r^2}}$$

Campo magnetico prodotto da una carica q in moto con velocità $\vec{v}$

Campo magnetico prodotto da un filo rettilineo percorso da corrente





$$\boxed{\vec{B} = k_m \int i \, \frac{d\vec{\ell} \times \vec{u}_r}{r^2}}$$

Biot-Savat

$$|d\vec{\ell} \times \vec{u}_r| = dx \, \text{sen}\left(\pi/2 + \theta\right) = dx \cos\theta$$

$$|\vec{B}| = k_m \int_{-\infty}^{+\infty} i \, \frac{dx \cos\theta}{r^2}$$

$r^2 = x^2 + R^2$

$R = r\cos\theta$

$\frac{x}{R} = tg\theta$

$$x = R \, tg\theta \implies dx = R \, \frac{d\theta}{\cos^2\theta}$$

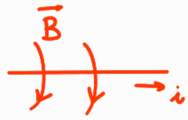
- per $x \rightarrow -\infty$: $\theta = -\frac{\pi}{2}$
- per $x \rightarrow +\infty$: $\theta = +\frac{\pi}{2}$

$$|\vec{B}| = k_m \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} i \, \frac{R}{\underbrace{\cos^2\theta \quad\quad\quad r^2}_{=R^2}} \cos\theta \, d\theta =$$

$$= k_m \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} i \, \frac{\cancel{R}}{R^{\cancel{2}}} \cos\theta \, d\theta =$$

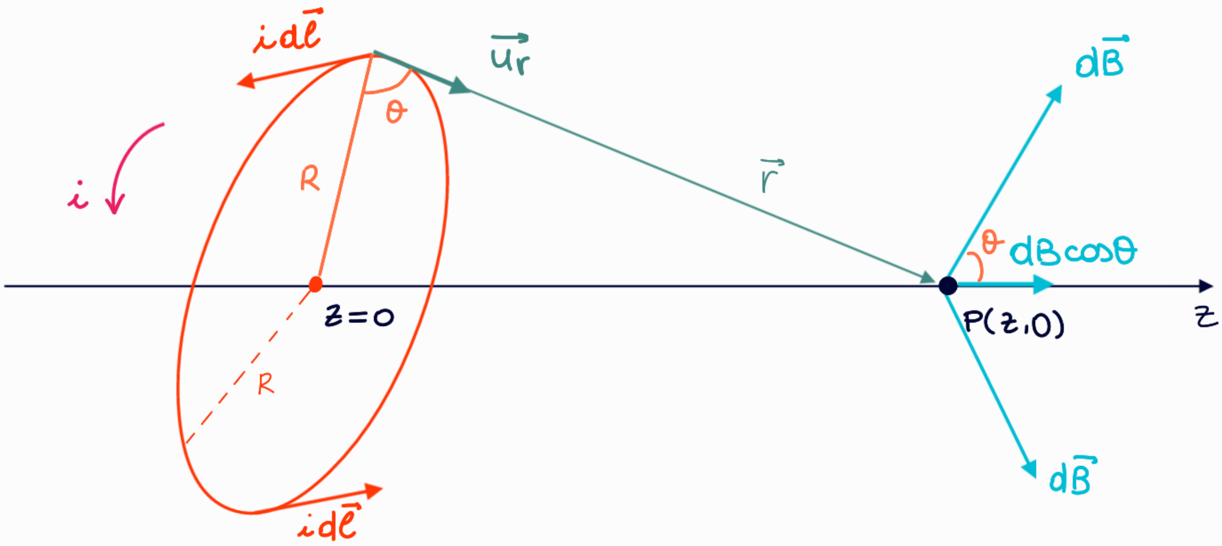
$$k_m \, \frac{i}{R} \underbrace{\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos\theta \, d\theta}_{=2} = k_m \, \frac{2i}{R}$$

Per un filo rettilineo percorso da corrente i : $B = k_m \frac{2i}{R}$



Per una distribuzione lineare uniforme di carica elettrica λ : $E = k_e \frac{2i}{R}$

Campo magnetico prodotto da una spira circolare percorsa da corrente



$$\boxed{\vec{B} = k_m \int i \, \frac{d\vec{\ell} \times \vec{u}_r}{r^2}}$$

Biot-Savat

$$dB = k_m \, i \, \frac{|d\vec{\ell} \times \vec{u}_r|}{r^2} = k_m \, i \, \frac{1}{r^2} \, d\ell \, \underbrace{\sin\frac{\pi}{2}}$$

perché l'angolo compreso tra $d\vec{\ell}$ e $\vec{u}_r$ è $\pi/2$

$$= k_m \, i \, \frac{1}{r^2} \, d\ell$$

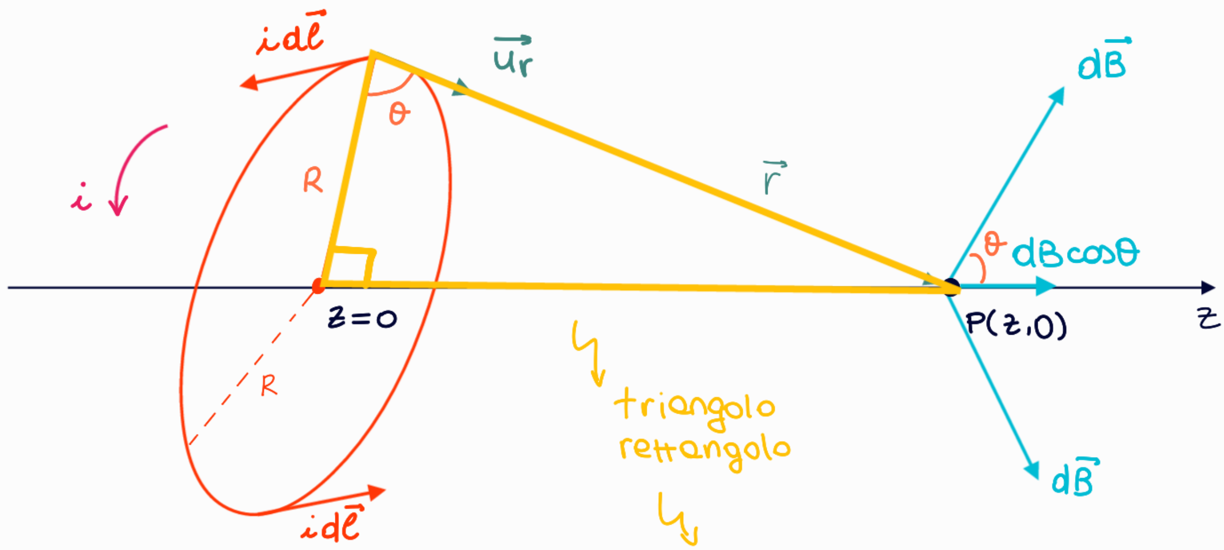
$$dB \cos\theta = k_m \, i \, \frac{d\ell}{r^2} \cos\theta$$

conta solo la componente lungo l'asse z

$$B = \int k_m \, i \, \frac{d\ell}{r^2} \cos\theta = k_m \, i \, \frac{1}{r^2} \cos\theta \underbrace{\int d\ell}_{2\pi R}$$

lungo tutta la spira

$$\Longrightarrow \quad B = K_m \, i \, 2\pi R \, \frac{\cos\theta}{r^2}$$



triangolo rettangolo

$$r^2 = R^2 + z^2$$

$$\cos\theta = \frac{R}{r} = \frac{R}{(R^2+z^2)^{1/2}}$$

$$B = K_m \, i \, 2\pi R \, \frac{R}{(R^2+z^2)^{3/2}} = 2\, K_m \, i \, \frac{\pi R^2}{(R^2+z^2)^{3/2}}$$

Punti particolari:

- $z = 0$: $\quad B = 2\, K_m \, i \, \frac{\pi R^2}{R^3} = 2\, K_m \, i \, \frac{\pi}{R}$
- $z \gg R$: $\quad B = 2\, K_m \, i \, \frac{\pi R^2}{z^3}$

Dipolo elettrico:

Campo $\vec{E}$ in un punto P

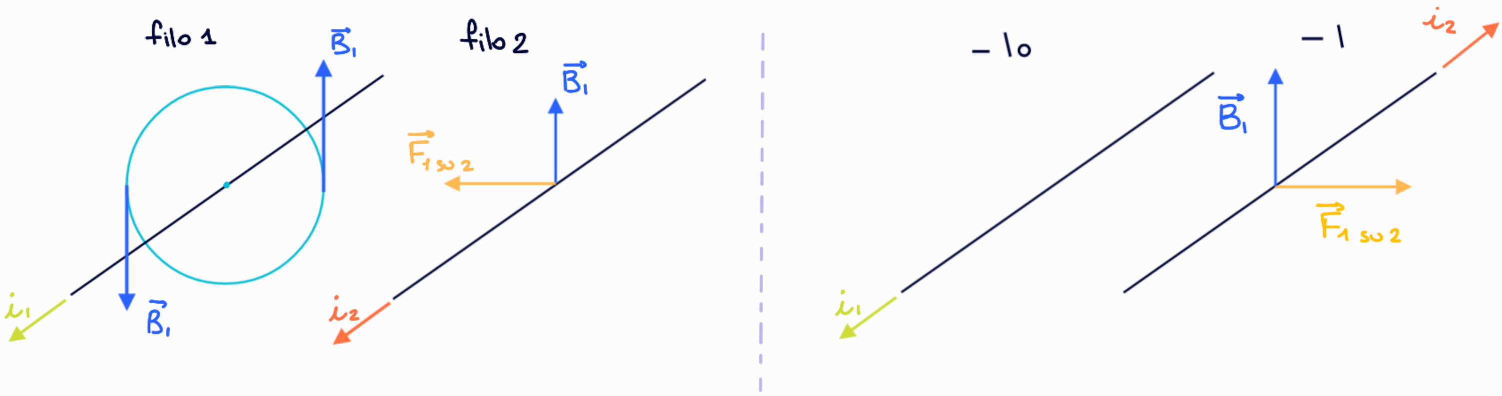
- lungo l'asse del dipolo
- molto lontano dal dipolo $(z \gg d)$

$$E = 2 k_e \frac{qd}{z^3}$$

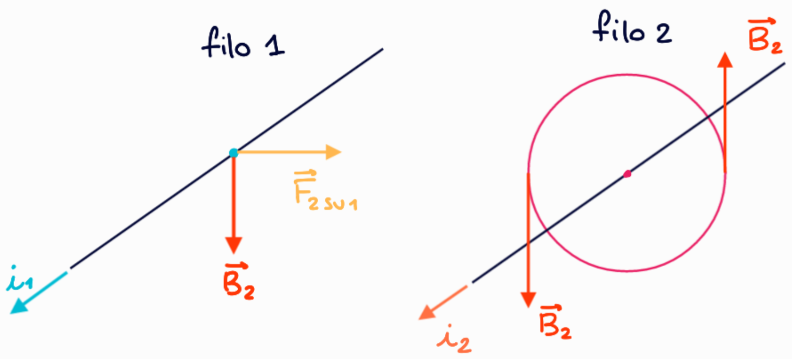
Da confrontare con : $B = 2 k_m i \frac{\pi R^2}{z^3}$

S : area della spira

Forza tra correnti rettilinee



$$F/L = i \vec{u} \times \vec{B}$$



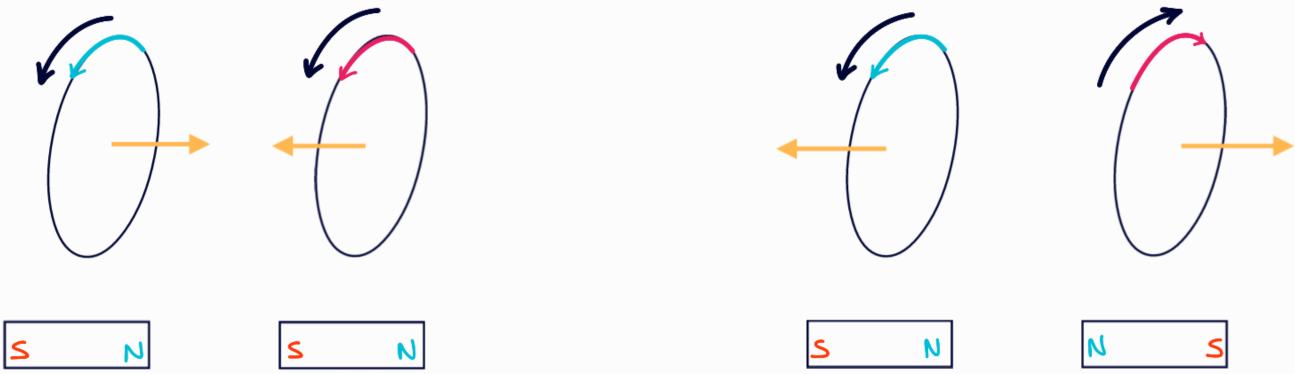
stesso verso $\Rightarrow \vec{F}$ attrattiva

verso opposto $\Rightarrow \vec{F}$ repulsiva

SPIRE AMPERIANE

Spira percorsa da corrente $\qquad B = 2k_m \frac{i\pi R^2}{x^3}$

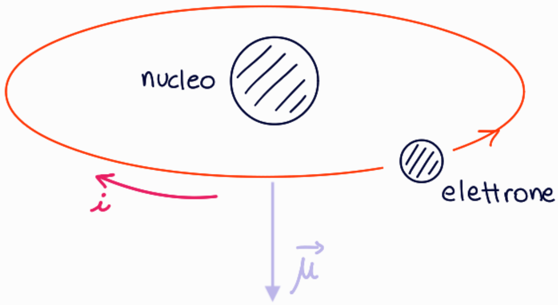
Dipolo elettrico $\qquad E = 2k_e \frac{qd}{x^3}$



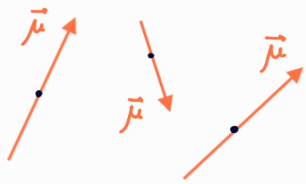
PROPRIETÀ MAGNETICHE DEI MATERIALI

Momento di dipolo magnetico

$$\mu = iS$$

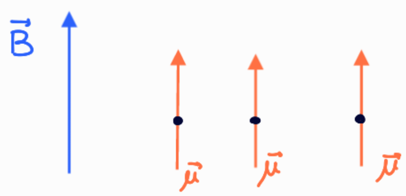


- Diamagnetici: atomi che non hanno $\vec{\mu}$ proprio
- Paramagnetici: atomi che hanno $\vec{\mu} \neq 0$ proprio



Caso $\vec{B} = 0$

$$\sum_k \vec{\mu}_k = 0$$



Caso $\vec{B} \neq 0$

$\vec{\mu}$ sono allineati

- Ferromagnetici: atomi che hanno $\vec{\mu} \neq 0$ proprio organizzati in "domini" $(\sim 1 mm^3)$

$\vec{B} = 0$