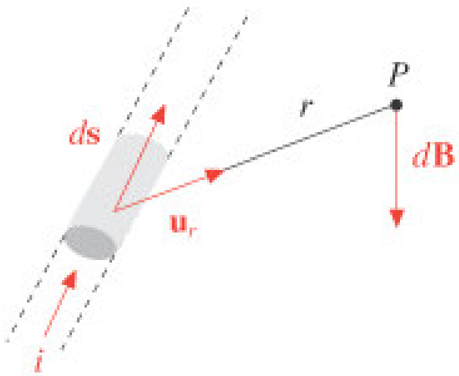
Prima legge di Laplace

$$d\vec{B} = k_m i \frac{d\vec{s} \times \vec{u}_r}{r^2}$$



$$k_m = 10^{-7}\frac{Tm}{A} = 10^{-7}\frac{H}{m} = \frac{\mu_0}{4\pi}$$

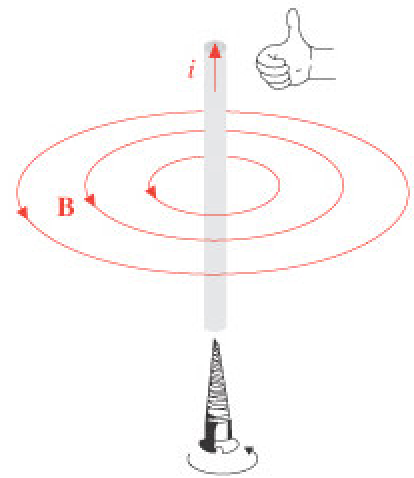
$$\mu_0 \approx 1.26 \cdot 10^{-6}\frac{H}{m}$$

Prima legge di Laplace

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{d\vec{s} \times \vec{u}_r}{r^2}$$

Legge di Ampere-Laplace

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} i \oint \frac{d\vec{s} \times \vec{u}_r}{r^2}$$



Campo magnetico di una carica in moto

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{d\vec{s} \times \vec{u}_r}{r^2} \xrightarrow{\vec{j}=nq\vec{v} \;\; i=j\Sigma} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{u}_r}{r^2} n d\tau$$

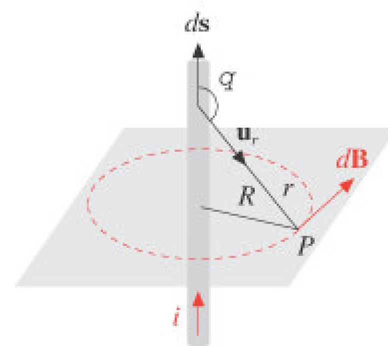
Il campo magnetico prodotto da una singola carica

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{u}_r}{r^2}$$

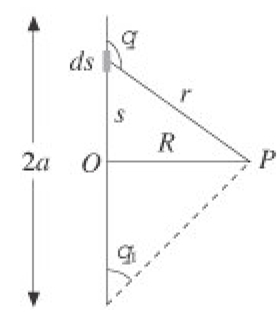
Legge di Biot-Savart

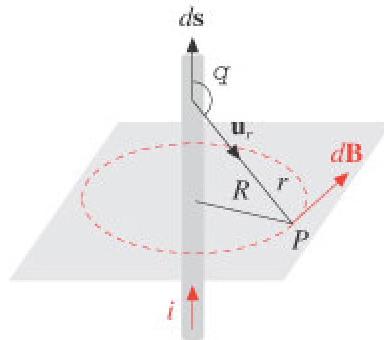
Filo conduttore rettilineo di lunghezza 2a, corrente i

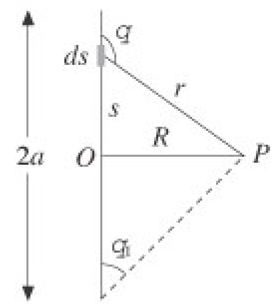
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{d\vec{s} \times \vec{u}_r}{r^2}$$



$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{ds\ sen\theta}{r^2}$$







$$r\,sen(\pi-\theta)=r\,sen\theta=R\Rightarrow\frac{1}{r^2}=\frac{sen^2\theta}{R^2}$$

$$s\;tg(\pi-\theta)=-s\;tg\theta=R\Rightarrow ds=\frac{R\,d\theta}{sen^2\theta}$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{ds\ sen\theta}{r^2} =$$

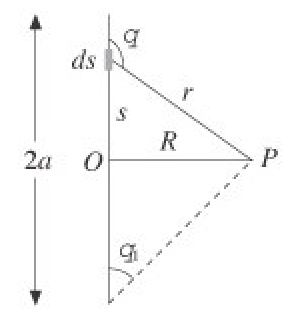
$$= \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{sen\theta\, d\theta}{R} =$$

$$= -\frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{d(\cos\theta)}{R}$$

Tratto di filo di lunghezza *a* produce il campo di modulo:

$$B_a = -\frac{\mu_0 i}{4\pi R}\int_{\cos\theta_1}^{\cos\frac{\pi}{2}} d(\cos\theta) = \frac{\mu_0 i \cos\theta_1}{4\pi R}$$

$$B = 2B_a = \frac{\mu_0 i a}{2\pi R\sqrt{R^2 + a^2}}$$



$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i a}{2\pi R\sqrt{R^2 + a^2}}\vec{u}_\phi$$

Legge di Biot-Savart

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i a}{2\pi R\sqrt{R^2 + a^2}}\vec{u}_\phi \xrightarrow{a\to\infty} = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}\vec{u}_\phi$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}\vec{u}_\phi$$

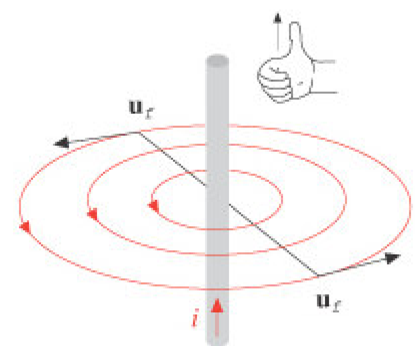
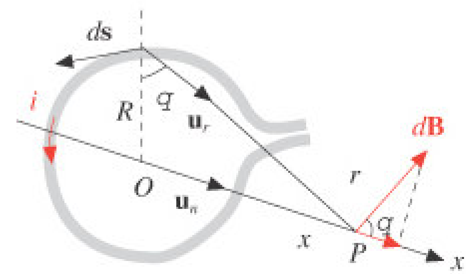


Figura 7.4

Spira circolare

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{ds\ sen\theta}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{ds}{r^2}$$



$$dB_x = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{ds\ \cos\theta}{r^2}$$

$$\vec{B} = \oint \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{\cos\theta}{r^2} ds\ \vec{u}_n = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{\cos\theta}{r^2} 2\pi R \vec{u}_n$$

posto

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

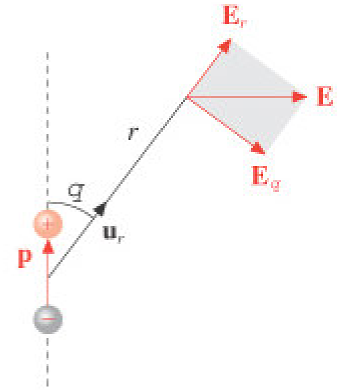
$$\cos\theta = R/r$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i R^2}{2\left(x^2 + R^2\right)^{3/2}} \vec{u}_n$$

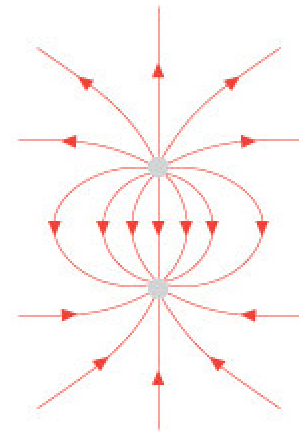
Per x >> R

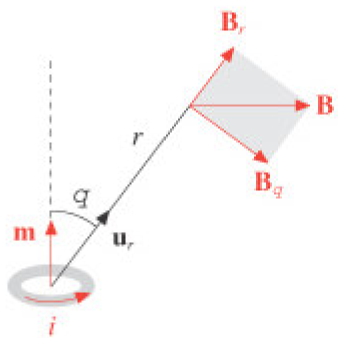
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i R^2}{2\left(x^2 + R^2\right)^{3/2}} \vec{u}_n \rightarrow \frac{\mu_0 i R^2}{2x^3} \vec{u}_n = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\vec{m}}{r^3}$$

$$\vec{m} = i\Sigma \vec{u}_n = i\pi R^2 \vec{u}_n$$

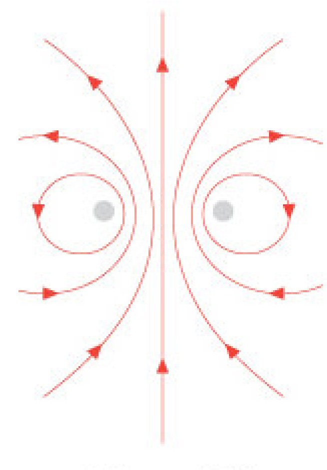


$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2\vec{p}}{r^3}$$





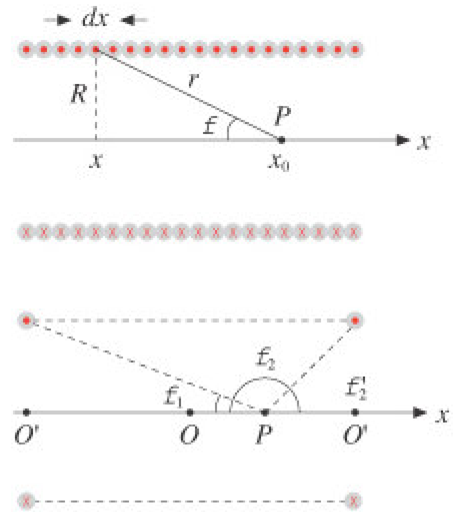
$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\vec{m}}{r^3}$$



$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{m}{r^3}\left(2\cos\theta\,\vec{u}_r + sen\theta\,\vec{u}_\theta\right)$$

Solenoide rettilineo

$$dB = \frac{\mu_0 i R^2 n}{2r^3} dx$$



$$r sen\phi = R$$

$$x - x_0 = -R ctg\phi$$

$$dx = \frac{R d\phi}{sen^2\phi}$$

$$dB = \frac{\mu_0 i n}{2} sen\phi d\phi$$

$$B=\int_{\phi_1}^{\phi_2} dB=\frac{\mu_0 in}{2}\int_{\phi_1}^{\phi_2} sen\phi d\phi=$$

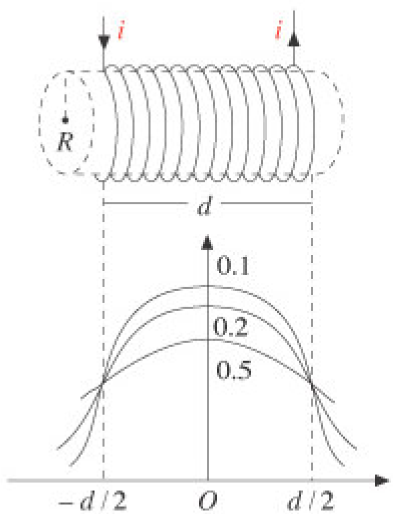
$$=\frac{\mu_0 in}{2}\left(\cos\phi_1+\cos\phi_2^{'}\right)$$

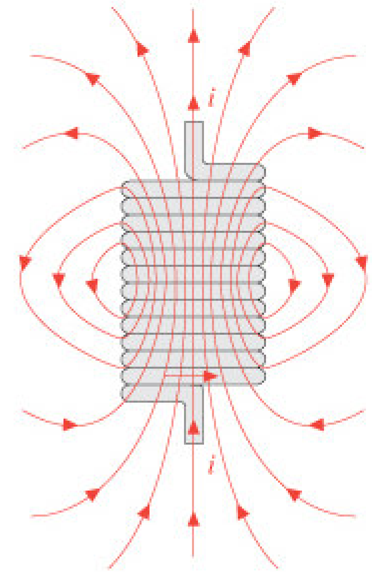
Misurando rispetto al centro del solenoide (x=0)

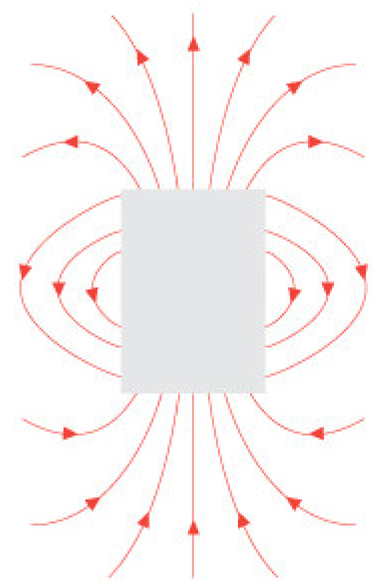
$$B=\frac{\mu_0 in}{2}\left(\frac{d+2x}{\sqrt{(d+2x)^2+4R^2}}+\frac{d-2x}{\sqrt{(d-2x)^2+4R^2}}\right)$$

Per d >> R

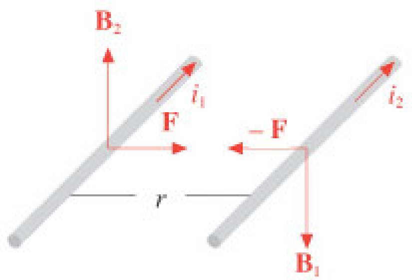
$$B_\infty = \mu_0 i n$$

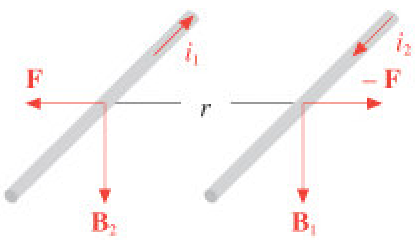






Definizione di Ampère





$$d\vec{F}_{12} = i_2 d\vec{s} \times \vec{B}_1 = i_2 ds\ \vec{u}_2 \times \vec{B}_1$$

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi r}\vec{u}_\phi$$

$$\frac{dF_{12}}{ds} = F_{12} = F_{21} = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi r}$$

Definizione di Ampère

Ha l'intensità di 1A quella corrente che circolando in due fili rettilinei paralleli distanti r = 1 m dà luogo ad una forza F = $\mu/2\pi = 2\cdot10^{-7}$ N per metro di ciascun conduttore.

Relazione circuitazionale di Ampère

Le proprietà fondamentali di un campo vettoriale consistono nell'essere o no solenoidale, nell'essere o no conservativo.

Relazione circuitazionale di Ampère

Si dice che un campo vettoriale è solenoidale quando il flusso di quel vettore uscente da una qualunque superficie chiusa è nullo

Relazione circuitazionale di Ampère

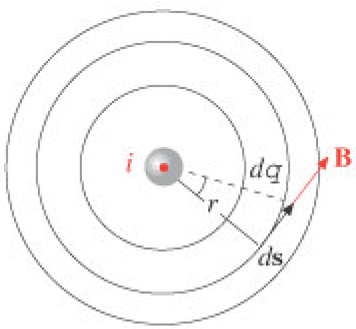
Si dice che un campo vettoriale è conservativo quando la circuitazione di quel vettore lungo una qualunque linea chiusa è nulla

Relazione circuitazionale di Ampère

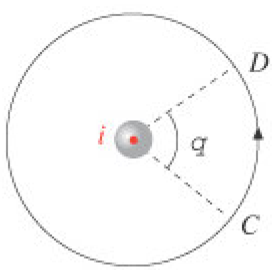
Il vettore B è o non è conservativo???

Relazione circuitazionale di Ampère

$$\vec{B} \bullet d\vec{s} = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} ds = \frac{\mu_0 i}{2\pi} d\theta$$

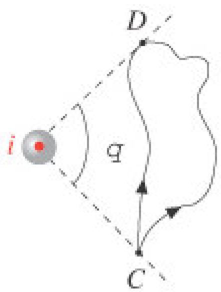


$$\int_C^D \vec{B} \bullet d\vec{s} = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \int_C^D d\theta = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \theta$$

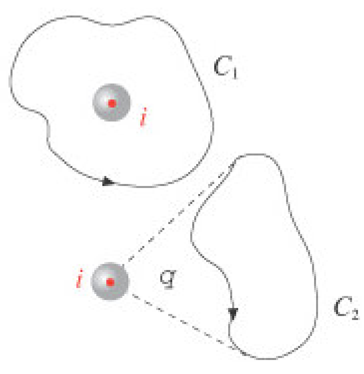


$$\int_D^C \vec{B} \bullet d\vec{s} = -\frac{\mu_0 i}{2\pi} \theta$$

Relazione circuitazionale di Ampère



$$\oint \vec{B} \bullet d\vec{s} = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \oint d\theta$$



$$\oint \vec{B} \bullet d\vec{s} = \frac{\mu_0 i}{2\pi} 2\pi = \mu_0 i$$

$$\oint \vec{B} \bullet d\vec{s} = 0$$

Relazione circuitazionale di Ampère

o

Legge di Ampère

La circuitazione di **B** lungo una linea chiusa qualunque è uguale alla somma delle correnti concatenate, moltiplica per μ_0

$$\oint \vec{B} \bullet d\vec{s} = \mu_0 i$$

Per il teorema di Stokes

$$\oint \vec{B} \bullet d\vec{s} = \int_{\Sigma} \vec{\nabla} \times \vec{B} \bullet \vec{u}_n d\Sigma$$

$$\oint \vec{B} \bullet d\vec{s} = \mu_0 i =$$

$$= \mu_0 \int_{\Sigma} \vec{j} \bullet \vec{u}_n d\Sigma = \int_{\Sigma} \vec{\nabla} \times \vec{B} \bullet \vec{u}_n d\Sigma$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$$

Legge di Ampère

globale

$$\oint \vec{B} \bullet d\vec{s} = \mu_0 i$$

locale

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$$

Forma globale

Forma locale

$$\oint_{\Sigma} \vec{E} \bullet \vec{u}_n d\Sigma = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

$$\vec{\nabla} \bullet \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} \rho$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = 0$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$$

$$\oint \vec{B} \bullet d\vec{s} = \mu_0 i$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$$

Legge di Gauss

$$\oint_{\Sigma} \vec{B} \bullet \vec{u}_n d\Sigma = 0$$

$$\vec{\nabla} \bullet \vec{B} = 0$$

B è solenoidale

Forma globale	Forma locale
$\oint_{\Sigma} \vec{E} \bullet \vec{u}_n d\Sigma = \frac{q}{\varepsilon_0}$	$\vec{\nabla} \bullet \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} \rho$
$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = 0$	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$
$\oint \vec{B} \bullet d\vec{s} = \mu_0 i$	$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$
$\oint_{\Sigma} \vec{B} \bullet \vec{u}_n d\Sigma = 0$	$\vec{\nabla} \bullet \vec{B} = 0$

Equazioni di Maxwell

$$\oint \vec{E} \bullet \vec{u}_n d\Sigma = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

$$\oint \vec{B} \bullet \vec{u}_n d\Sigma = 0$$

$$\oint \vec{E} \bullet d\vec{s} = -\frac{d\Phi\left(\vec{B}\right)}{dt}$$

$$\oint \vec{B} \bullet d\vec{s} = \mu_0 \left(i + \varepsilon_0 \frac{d\Phi\left(\vec{E}\right)}{dt} \right)$$