Recap Formule

Magnetismo

2ª Formula Laplace

Filo in un campo magnetico subisce una Forza

$\underline{B}$ induz. mag. unif.

$$\underline{F} = I\,\underline{L} \times \underline{B}$$

$$d\underline{F} = I\,d\underline{l} \times \underline{B}$$

$$\underline{F} = \int_0^L I\,d\underline{l} \times \underline{B}$$

$\underline{L}$ orientato come la corrente

$I = \frac{dq}{dt}$ $\qquad$ $\frac{d\underline{l}}{dt} = \underline{v}$

FORZA LORENZ

Una carica q, in un campo $\underline{B}(\underline{r})$ riceve una forza con velocità $\underline{v}$

$$\underline{F}(\underline{r}) = q\,\underline{v}(\underline{r}) \times \underline{B}(\underline{r})$$

carica in movimento sottoposta ad un campo di induz. magnetica

Forza ortog. allo spostam. NON COMPIE LAVORO.
NON NE CAMBIA VELOCITÀ, solo direz

su cui scorre corrente
• Spira di corrente, come ago magnetico, genera campo induz. magnetica
entrambi si orientano verso $\underline{B}$

SPIRA DI SUP. S, MOM. MAGNETICO

$$\underline{m} = I S \hat{n}$$

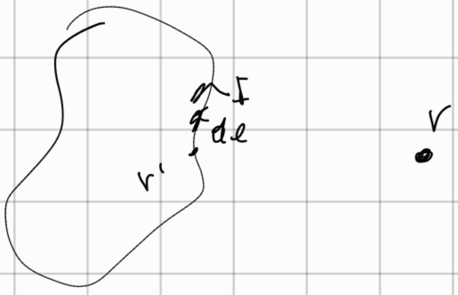
$\hat{n}$ da cui vede la corrente ruotare in senso antiorari

• la spira, sottoposta ad un campo di induz. $\underline{B}$, riceve un MOM. MECCANICO che la orienta $\underline{m}$ come $\underline{B}$

$\underline{B}$ uniforme

$$\underline{M} = \underline{m} \times \underline{B}$$

campo induz. magnetica generato da una spira su cui scorre corrente.

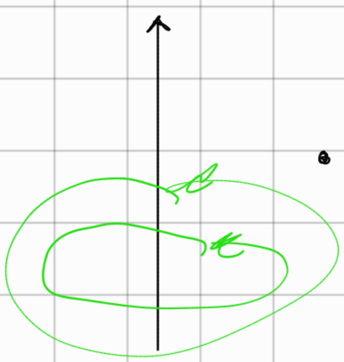


$$d\underline{B}(r) = k_m \frac{I\, d\underline{l}'(r') \times (\underline{r} - \underline{r}')}{|r - r'|^3}$$

$$\Rightarrow \underline{B}(\underline{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint_C \frac{I\, d\underline{l}'(r') \times (\underline{r} - \underline{r}')}{|\underline{r} - \underline{r}'|^3}$$

BIOT SAVART

campo induz. magnetico generato da un filo infinito



$$\underline{B}(\underline{r}) = \frac{\mu_0 I}{2\pi \rho} \hat{U}_I \times \hat{R} \quad \left[\frac{Wb}{m^2}\right]$$

$\hat{U}_I$: versore corrente

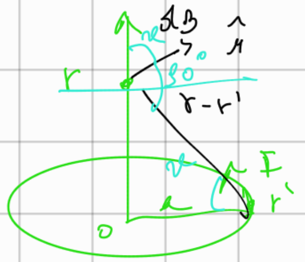
$\hat{R}$: versore $r - r'$

$\rho = |r - r'|$

$$= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \hat{\varphi}$$

$\hat{\varphi}$ versore tangente al cilindro

• campo el generato da una spira su $\hat{z}$

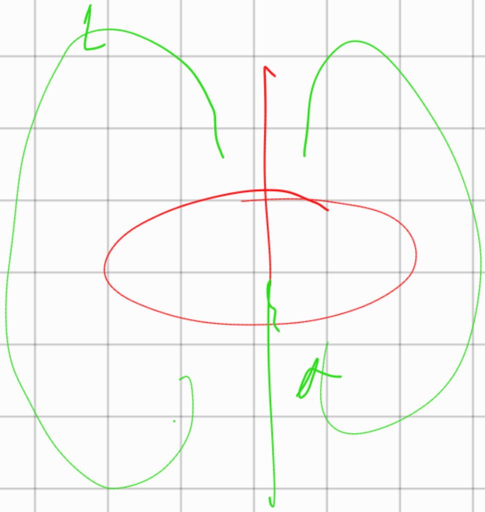


$\underline{r} = z\hat{z}$ $\quad \underline{r}' = a\cos\varphi'\,\hat{x} + a\sin\varphi'\,\hat{y}$

$d\underline{l} = a\,d\varphi\,\hat{\varphi}$

$$d\underline{B}(z) = \frac{\frac{\mu_0}{4\pi} I a\, d\varphi}{|r - r'|^2} \qquad \hat{\mu} \text{ verso } \underline{B}$$

sovrapp. effetti, simmetria cilindrica



$$B = \frac{\frac{\mu_0}{4\pi} I \rho \int_0^{2\pi} d\varphi \cos\vartheta}{\sqrt{a^2 + z^2}}$$

$$\sqrt{a^2+z^2}\cos\vartheta = a$$

$$\cos\vartheta = \frac{a}{\sqrt{a^2+z^2}}$$

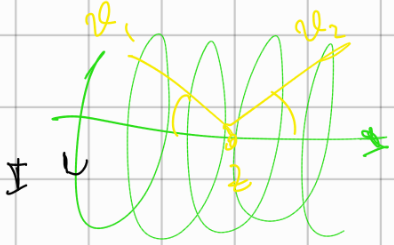
$$\boxed{\underline{B}(z) = \frac{\frac{\mu_0}{2} I a^2}{(a^2+z^2)^{3/2}}\,\hat{z}}$$

a = raggio spira

$z = 0 \quad \underline{B}(0) = \frac{\mu_0}{2}\frac{I}{a}$

$\underline{B}(z \gg a) \quad \frac{\mu_0}{2}\frac{I a^2}{z^3}$

va con z^3



Solenoide con N spire

$N = \frac{n}{l}$ spire per unità di lunghezza

• Campo indiz. magnetica costante all'interno e diretto come $\hat{z}$

$$\underline{B}(z) = \mu_0 I N \hat{z} \quad \text{cost.}$$

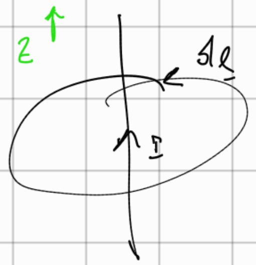
con circuitaz. ampere

se ho infinite di spire, in un punto z

$$\underline{B}(z) = \frac{\mu_0}{2} I N (\cos\vartheta_1 - \cos\vartheta_2)$$

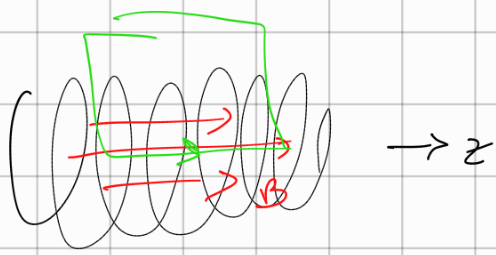
Legge circuitaz. Ampere

$$\oint_C \underline{B}(\underline{r})\cdot d\underline{l} = \begin{cases} \pm \sum \mu_0 I_i & \text{se concatena corrente, segno regola mano destra} \\ 0 & \text{non concat. corrente} \end{cases}$$



es. Filo infinito $B(\rho)\,2\pi\rho = \mu_0 I \Rightarrow \underline{B}(\rho) = \frac{\mu_0 I}{2\pi\rho}\hat{\varphi}$

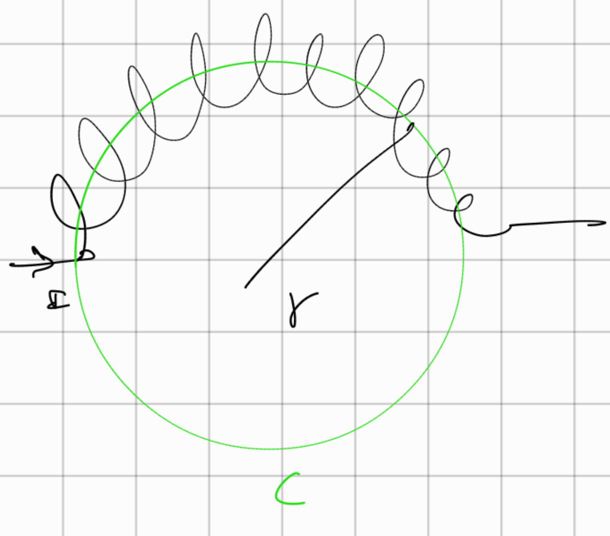
es. solenoide



$$B l = \mu_0 N l I$$

$$\underline{B} = \mu_0 N I \hat{z} \quad \text{cost}$$

Toroide "in aria"



$$B\, 2\pi r = \mu_0 \overbrace{N l}^{n \text{ spire}} I$$

$$B = \frac{\mu_0 n I}{2\pi r} \quad \left[\frac{Wb}{m^2}\right]$$

CAMPO MAGNETICO MAGNETIZZAZ. MATERIALI

$$\underline{M}' = \frac{\sum_{i=1}^{N} \underline{m}_i}{V} \quad A/m \qquad \underline{m}_i = I S \hat{m}$$

Legge Gauss

$$\nabla \cdot \underline{B}(\underline{r}) = 0 \iff \oiint_S \underline{B}(\underline{r}) \cdot \hat{m}\, ds = 0$$

Flusso sup chiusa nullo in presenza di mat magnetizz

LEGGE AMPERE

$$\nabla \times \underline{H}(\underline{r}) = \underline{J}(\underline{r}) \iff \oint_C \underline{H}(\underline{r}) \cdot d\underline{l} = \iint_S \underline{J}(\underline{r}) \cdot \hat{m}\, ds$$

$$\nabla \times \underline{B}(\underline{r}) = \mu_0 \underline{J}(\underline{r}) \qquad \cdot \oint_C \underline{B} \cdot d\underline{l} = \mu_0 I$$

RELAZ COSTITUTIVA

$$\underline{B}(\underline{r}) = \mu_0 \left[\underline{H}(\underline{r}) + \underline{M}(\underline{r}) \right]$$

CONDIZ. al CONTORNO

$$B_{1n} = B_{2n} \qquad H_{1t} - H_{2t} = \begin{cases} 0 \\ J_s \end{cases}$$

intensità corr superficiale $\left[\frac{A}{m}\right]$

suscettività magnetica

poiché $\underline{M}(\underline{r}) = \chi_r \underline{H}(\underline{r})$

Materiali ideali isotropi

$$\mu_r = (1 + \chi_r)$$

$$\underline{B}(\underline{r}) = \underbrace{\mu_0 \mu_r}_{\mu} \underline{H}(\underline{r})$$

permeabilità magnetica

S.I. sec

$\mu_r = 1$ nel vuoto, no magnetizzaz.

$\mu_r < 1$ mat. diamagnetico ma di poco

I MEZZI ad alta permeabilità sono MEZZI IN CUI SI CONCENTRANO LE LINEE di FORZA DEL CAMPO INDUZ. MAGNETICA

$$\mu_{r_2} >> \mu_{r_1}$$