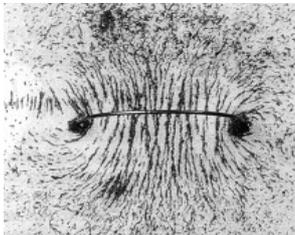
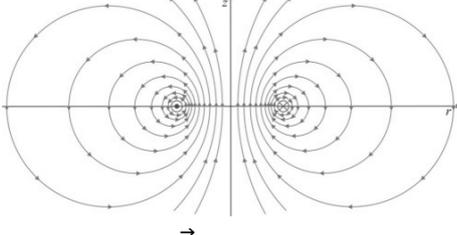


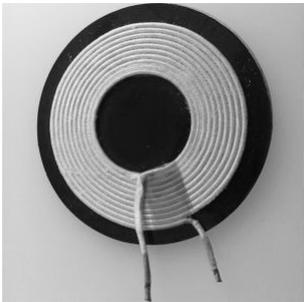
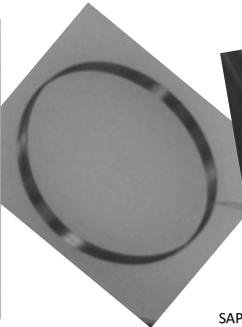
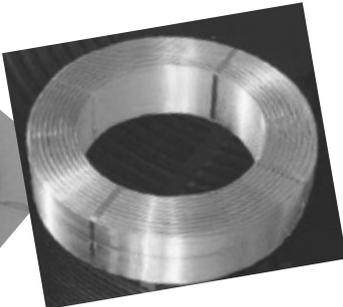
5) MAGNETOSTATICA NEL VUOTO avvolgimenti

una spira



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$


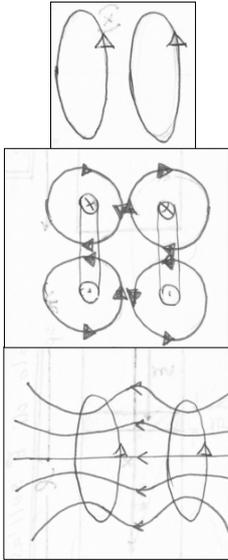
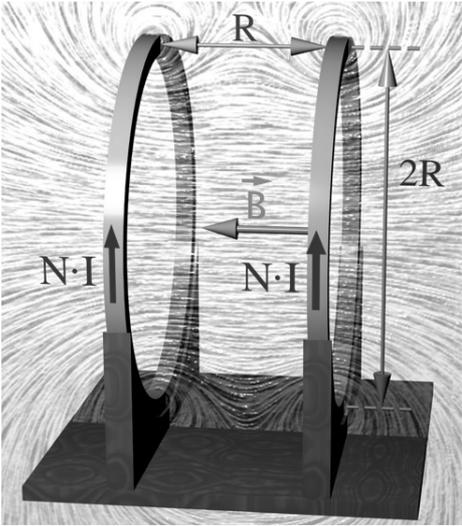
N spire: bobina compatta

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{NId\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$




LEZ 27

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Scuibba 2017-18

5) MAGNETOSTATICA NEL VUOTO bobine di Helmholtz (concordi)

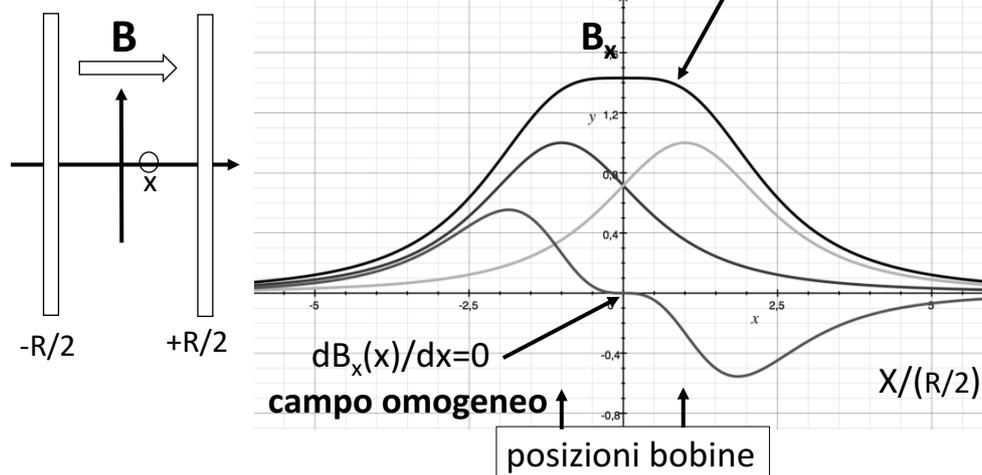



LEZ 27

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Scuibba 2017-18

5) MAGNETOSTATICA NEL VUOTO bobine di Helmholtz (concordi)

$$B_x(x) = \frac{\mu_0 N I R^2}{2} \left(\frac{1}{[(R/2 + x)^2 + R^2]^{3/2}} + \frac{1}{[(R/2 - x)^2 + R^2]^{3/2}} \right)$$

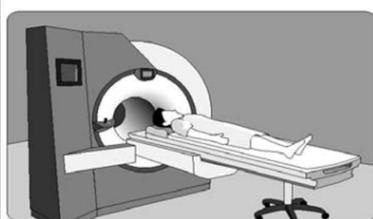


LEZ 27

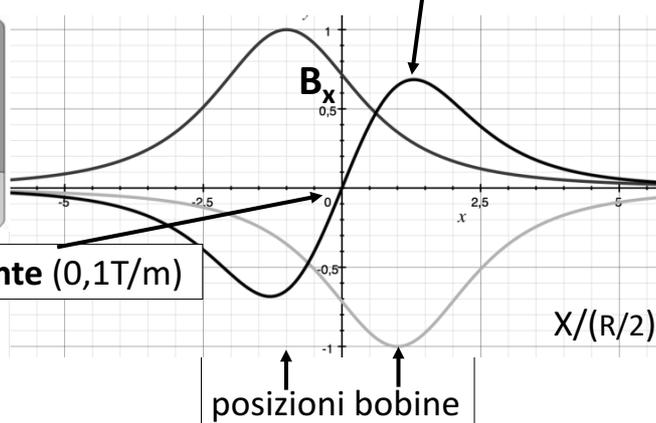
SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

5) MAGNETOSTATICA NEL VUOTO bobine antiHelmholtz (discordi)

$$B_x(x) = \frac{\mu_0 N I R^2}{2} \left(\frac{1}{[(R/2 + x)^2 + R^2]^{3/2}} - \frac{1}{[(R/2 - x)^2 + R^2]^{3/2}} \right)$$



$\frac{dB_x(x)}{dx} \rightarrow$ gradiente (0,1T/m)

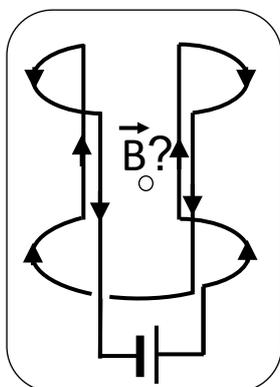


correnti diverse nelle due bobine permettono di selezionare la regione spaziale da cui ricevere il segnale

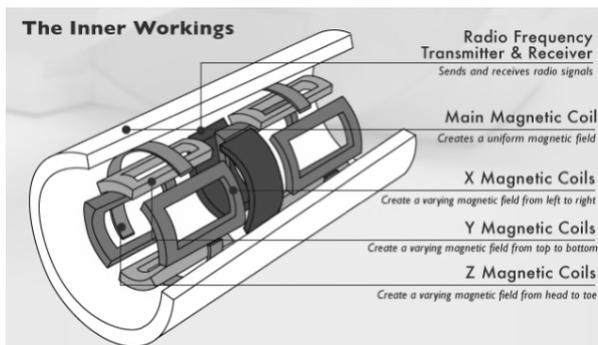
LEZ 27

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

5) MAGNETOSTATICA NEL VUOTO



uno dei tanti campi magnetici (che studierete) all'interno di una macchina per RM

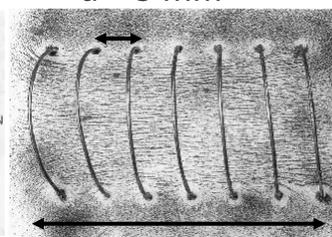
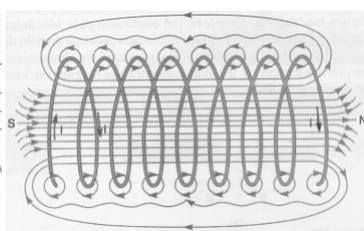
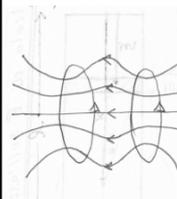


LEZ 27

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

5) MAGNETOSTATICA NEL VUOTO

solenoido

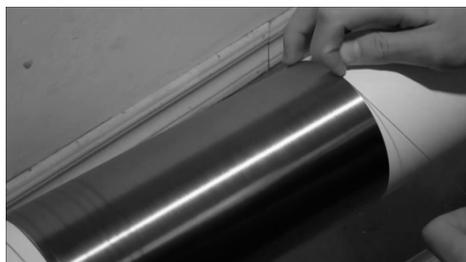


$R = 1 \text{ cm}$
 $N = 7$

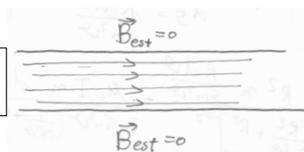
$L = 3 \text{ cm}$

$$n = N/L = 233 \text{ spire/m}$$

solenoido compatto



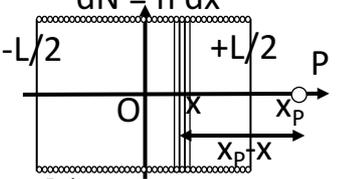
$d \rightarrow 0$
 $L \rightarrow \infty$



LEZ 27

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

5) MAGNETOSTATICA NEL VUOTO campo sull'asse di un solenoide



$$B_x = \int_{-L/2}^{L/2} \frac{\mu_0 dN I}{2} \frac{R^2}{[(x_p - x)^2 + R^2]^{3/2}}$$

$$= \int_{-L/2}^{L/2} \frac{\mu_0 n dx I}{2} \frac{R^2}{[(x_p - x)^2 + R^2]^{3/2}} = \int_{x_p+L/2}^{x_p-L/2} \frac{\mu_0 n I}{2} \frac{-R^2 dy}{[y^2 + R^2]^{3/2}}$$

$$= \frac{\mu_0 n I}{2} \left[\frac{x_p + L/2}{[(x_p + L/2)^2 + R^2]^{1/2}} - \frac{x_p - L/2}{[(x_p - L/2)^2 + R^2]^{1/2}} \right]$$

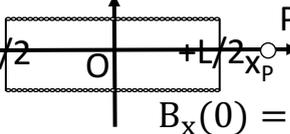
$\lim_{L \rightarrow \infty} B_x(x_p) = \frac{\mu_0 n I}{2} [1 - (-1)] = \boxed{\mu_0 n I}$ solenoide "lungo"

$\lim_{R \rightarrow 0} B_x(x_p) = \frac{\mu_0 n I}{2} \left[\frac{x_p + L/2}{|x_p + L/2|} - \frac{x_p - L/2}{|x_p - L/2|} \right] = \boxed{\mu_0 n I}$
 solenoide "sottile" se $|x_p| < L/2$ (all'interno)

LEZ 27

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

5) MAGNETOSTATICA NEL VUOTO campo sull'asse di un solenoide



$$B_x = \frac{\mu_0 n I}{2} \left[\frac{x_p + L/2}{[(x_p + L/2)^2 + R^2]^{1/2}} - \frac{x_p - L/2}{[(x_p - L/2)^2 + R^2]^{1/2}} \right]$$

$$B_x(0) = \frac{\mu_0 n I}{2} \left[\frac{L/2}{[(L/2)^2 + R^2]^{1/2}} - \frac{-L/2}{[(-L/2)^2 + R^2]^{1/2}} \right]$$

$$= \frac{\mu_0 n I}{2} \left[\frac{L/2 + L/2}{[(L/2)^2 + R^2]^{1/2}} \right] = \frac{\mu_0 n I}{2} \left[\frac{L}{[(L/2)^2 + R^2]^{1/2}} \right] = \boxed{\mu_0 n I}$$

se sottile

$$B_x(+L/2) = \frac{\mu_0 n I}{2} \left[\frac{L}{[(+L)^2 + R^2]^{1/2}} - 0 \right] = \frac{\mu_0 n I}{2} \left[\frac{L}{[L^2 + R^2]^{1/2}} \right]$$

$$B_x(-L/2) = \frac{\mu_0 n I}{2} \left[0 - \frac{-L}{[(-L)^2 + R^2]^{1/2}} \right] = \frac{\mu_0 n I}{2} \left[\frac{L}{[L^2 + R^2]^{1/2}} \right]$$

se sottile $B_x(\pm L/2) = \frac{\mu_0 n I}{2} = \frac{1}{2} B_x(0)$

LEZ 27

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

5) MAGNETOSTATICA NEL VUOTO applicazioni del solenoide

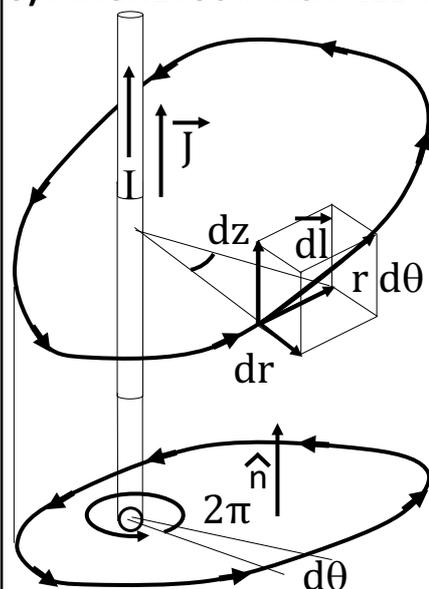
elettromeccanica:

- elettrocalamita
- attuatori di movimento (traslazioni, rotazioni)
- sensori di posizione e movimento

LEZ 27

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

5) MAGNETOSTATICA NEL VUOTO teorema circuitazione Ampère



filo interno alla linea di circuitazione
(corrente concatenata a γ)

$$\vec{B} \cdot d\vec{l} = B r d\theta > 0 \text{ se } n \text{ e } J \text{ concordi}$$

$$< 0 \text{ se } n \text{ e } J \text{ discordi}$$

$$\oint_{\gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint \frac{\mu_0 I}{2\pi r} r d\theta = \oint \frac{\mu_0 I}{2\pi} d\theta$$

$$= \mu_0 I$$

proiezione sul piano

LEZ 27

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Sciubba 2017-18

5) MAGNETOSTATICA NEL VUOTO teorema circuitazione Ampère

filo esterno alla linea di circuitazione
(corrente non concatenata a γ)

$$\vec{B} \cdot d\vec{l} = B r d\theta$$

$$\oint_{\gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint \frac{\mu_0 I}{2\pi r} r d\theta = \oint \frac{\mu_0 I}{2\pi} d\theta =$$

$$= \int_{\theta_0}^{\theta_1} \frac{\mu_0 I}{2\pi} d\theta + \int_{\theta_1}^{\theta_0} \frac{\mu_0 I}{2\pi} d\theta = 0$$

LEZ 27 SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Scubba 2017-18

5) MAGNETOSTATICA NEL VUOTO teorema circuitazione Ampère

$$\oint_{\gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{conc}} \quad \text{valida anche per correnti non rettilinee}$$

I_{conc} = somma algebrica delle correnti concatenate a γ

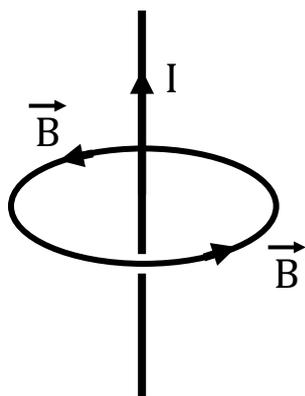
$$\oint_{\gamma_A} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 (-I_1 + I_2) \quad \oint_{\gamma_B} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_2 \quad \oint_{\gamma_C} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 (I_1 + I_2)$$

LEZ 27 SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Scubba 2017-18

5) MAGNETOSTATICA NEL VUOTO

Biot-Savart

dato che abbiamo ancora 10 minuti...



$$\oint_{\gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = 2\pi R B = \mu_0 I \rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

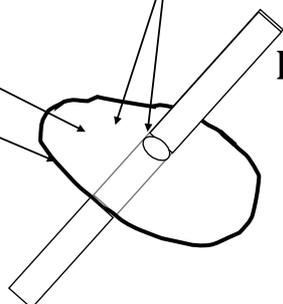
LEZ 27

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Scubba 2017-18

5) MAGNETOSTATICA NEL VUOTO IV Maxwell vuoto stazionario

dato che abbiamo ancora 5 minuti...

$$\oint_{\gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int_S \overrightarrow{\text{rot}}(\vec{B}) \cdot \hat{n} dS = \mu_0 I = \mu_0 \int_S \vec{J} \cdot \hat{n} dS \rightarrow \overrightarrow{\text{rot}}(\vec{B}) = \mu_0 \vec{J}$$



LEZ 27

SAPIENZA - Ingegneria Clinica - FISICA II - A. Scubba 2017-18