

**FISICA 2 per ELETTRONICA e TELECOMUNICAZIONI - A.A. 2017-18**  
**PROVA SCRITTA del 5 novembre 2018**

COGNOME \_\_\_\_\_ NOME \_\_\_\_\_

**NOTA: questo foglio deve essere restituito** **NOTA: è obbligatorio giustificare brevemente ma in modo esauriente e comprensibile le risposte.**

**Esercizio 1** *Nota: sono importanti le valutazioni numeriche.*

Un solenoide, con  $N = 10^3$  spire, altezza  $h = 50 \text{ cm}$  e raggio  $b = 5 \text{ cm}$ , è percorso da una corrente continua  $i_o = 10 \text{ A}$ . Si utilizzi un sistema di coordinate cilindriche  $rz\phi$ , in cui l'asse  $z$  coincide con l'asse del solenoide. Nella regione  $a = 4 \text{ cm} < r < b$  si trova un materiale magnetizzabile lineare ed omogeneo con permeabilità  $\mu_r = 2$ .

- 1.1 Si dica quale e' l'unica componente non nulla del campo magnetico ( $\vec{H}$ ) e del campo di induzione magnetica ( $\vec{B}$ ). Si calcolino queste componenti nel sistema di coordinate dato in ogni punto dello spazio e se ne costruiscano i grafici in funzione di  $r$ , riportando le coordinate dei punti significativi.
- 1.2 Si calcoli la densità di energia magnetica in ogni punto del solenoide e l'energia magnetica totale ivi immagazzinata.
- 1.3 Si calcoli l'autoinduttanza del solenoide.
- 1.4 Se al tempo  $t=0$  il solenoide (che per  $t < 0$  e' sempre percorso dalla corrente  $i_o$ ) viene chiuso su una resistenza  $R = 30 \Omega$ , si calcoli la corrente che scorre nel solenoide per  $t > 0$ .

**Esercizio 2** *Nota: sono importanti le valutazioni numeriche*

In un sistema di coordinate  $Oxyz$ , il campo elettrico di un'onda elettromagnetica piana

monocromatica di frequenza  $f = 100 \text{ MHz}$  vale  $\vec{E} = \left( E_o \cos(kz - \omega t), 0, 0 \right)$ , con  $E_o = 300 \text{ V/m}$ .

- 2.1 Si scriva l'espressione delle tre componenti del vettore d'onda.
- 2.2 Si scriva l'espressione delle tre componenti del campo magnetico in ogni punto dello spazio in funzione di  $x, y, z, t$ .
- 2.3 Si calcolino il valore *medio* della forza elettromagnetica che l'onda esercita su una superficie quadrata, di lato pari ad una lunghezza d'onda, perfettamente assorbente, disposta nel piano  $xy$  con i lati paralleli agli assi.
- 2.4 Si calcoli la forza elettromagnetica *istantanea* che l'onda eserciterebbe su una superficie nella stessa posizione e delle stesse dimensioni della precedente, se tale superficie fosse composta da un materiale sottile, perfettamente isolante, con una carica fissa (rigorosamente non spostabile) di  $1 \text{ pC/m}^2$ . In queste ipotesi il materiale sarebbe: *a)* assorbente; *b)* riflettente; *c)* trasparente ?

**FISICA 2 per ELETTRONICA e TELECOMUNICAZIONI - A.A. 2017-18**  
**PROVA SCRITTA del 5 novembre 2018**  
**RISPOSTE**

**Esercizio 1**

**1.1** L'unica componente non nulla è quella assiale:

$$H_r = H_\phi = 0, H_z = \begin{cases} \frac{Ni_o}{h} = 2 \times 10^4 \text{ A/m} & \text{per } 0 < r < b \\ 0 & \text{per } r > b \end{cases}; B_r = B_\phi = 0, B_z = \begin{cases} \frac{\mu_o Ni_o}{h} \cong 250 \text{ G} & \text{per } 0 < r < a \\ \mu_r \frac{\mu_o Ni_o}{h} \cong 500 \text{ G} & \text{per } a < r < b \\ 0 & \text{per } r > b \end{cases}.$$

**1.2** La densità di energia magnetica è  $\frac{\vec{B} \cdot \vec{H}}{2}$  e vale  $U_{magn} = \begin{cases} \frac{\mu_o \left(\frac{Ni_o}{h}\right)^2}{2} & \text{per } 0 < r < a \\ \frac{\mu_r \mu_o \left(\frac{Ni_o}{h}\right)^2}{2} & \text{per } a < r < b \end{cases}$ . L'energia

magnetica totale si calcola integrando sul volume

$$U_{magn} = \frac{\mu_o \left(\frac{Ni_o}{h}\right)^2}{2} \pi a^2 h + \frac{\mu_r \mu_o \left(\frac{Ni_o}{h}\right)^2}{2} \pi (b^2 - a^2) h = \mu_o \frac{\pi N^2 i_o^2}{2h} (a^2 + \mu_r (b^2 - a^2)) = 1.38 \text{ J}.$$

**1.3**  $U_{magn} = \frac{1}{2} Li_o^2$ , per cui  $L = \frac{2U_{magn}}{i_o^2} = \mu_o \frac{\pi N^2}{h} (a^2 + \mu_r (b^2 - a^2)) = 27 \text{ mH}$ .

**1.4** L'equazione del circuito è  $\begin{cases} L \frac{di}{dt} + Ri = 0 \\ i(0) = i_o \end{cases}$ , da cui  $i = i_o e^{-t/\tau}$  con  $\tau = 0.9 \text{ ms}$

**Esercizio 2**

**2.1**  $\vec{k} = (0, 0, k)$  con  $k = \frac{2\pi f}{c} = 2.09 \text{ m}^{-1}$ . Si noti che la lunghezza d'onda vale  $\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{c}{f} = 3 \text{ m}$ .

**2.2**  $\vec{B} = (0, B_o \cos(kz - \omega t), 0)$  con  $B_o = \frac{E_o}{c} = 10^{-6} \text{ T}$ .

**2.3** La forza elettromagnetica *media* che l'onda esercita sulla superficie è  $\langle \vec{F} \rangle = (0, 0, \langle F_z \rangle)$ ,

$$\text{con } \langle F_z \rangle = \frac{\langle S_z \rangle}{c} \lambda^2 = \langle u \rangle \lambda^2 = \frac{\epsilon_o E_o^2}{2} \lambda^2 = 3.6 \times 10^{-6} \text{ N}$$

**2.4** La forza elettromagnetica *istantanea* che l'onda eserciterebbe sulla superficie è

$$\vec{F} = (F_x, 0, 0), \text{ con } F_x = \sigma_c \lambda^2 E_o \cos(\omega t) = F_o \cos(\omega t) \text{ e } F_o = \sigma_c \lambda^2 E_o = 27 \times 10^{-10} \text{ N}.$$

In queste ipotesi il materiale sarebbe (c) trasparente.