

Università degli Studi di Siena, Corso di Laurea in Fisica Prova d'esame di Fisica 2 – 12/07/2021

Nota: la valutazione della prova tiene conto della correttezza dei risultati analitici e numerici (attenzione ai segni, alle cifre significative ed alle unità di misura!) e della chiarezza dell'esposizione della soluzione. Spiegare sinteticamente la strategia di soluzione seguita, giustificare i principali passaggi e definire esplicitamente i simboli usati, anche con l'aiuto di figure (sistemi di riferimento, ecc.)

Esercizio 1

Un condensatore piano è formato da due lastre metalliche parallele quadrate di lato $L = 5.3$ cm separate da una distanza $d_0 = 4.3$ mm poste ad una differenza di potenziale $V_0 = 50$ V. Tra le due lastre, isolate dal generatore, si inseriscono due lastre anch'esse quadrate di lato L , una metallica di spessore $d_1 = 1.1$ mm e una di dielettrico di spessore $d_2 = 1.3$ mm e costante dielettrica $\epsilon_r = 3.7$. Si determini:

- la capacità C_0 del sistema originale e la sua energia U_0 ;
- la capacità C del sistema modificato e la nuova differenza di potenziale V tra le armature;
- la variazione di energia elettrostatica ΔU , specificandone la provenienza o la destinazione.

Svolgimento:

a)

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d_0} = 5.78 \text{ pF}, \quad U_0 = \frac{1}{2} C_0 V_0^2 = 7.23 \text{ nJ};$$

dove $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F/m;

b)

$$C = \frac{\frac{\epsilon_0 S}{d_0 - d_1 - d_2} + \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d_2}}{\frac{\epsilon_0 S}{d_0 - d_1 - d_2} + \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d_2}} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d_2 + \epsilon_r (d_0 - d_1 - d_2)} = 11.0 \text{ pF},$$
$$V = \frac{C_0 V_0}{C} = \frac{d_2 + \epsilon_r (d_0 - d_1 - d_2)}{\epsilon_r d_0} V_0 = 26.2 \text{ V};$$

c)

$$\Delta U = \frac{1}{2} (C_0 V_0)^2 \left(\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} \right) = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 S}{d_0} V_0^2 \frac{d_2 - \epsilon_r (d_1 + d_2)}{\epsilon_r d_0} = -3.44 \text{ nJ},$$

dove l'energia persa corrisponde al lavoro fatto dal campo nell'inserimento delle lastre.

Esercizio 2

Un elettromagnete a C è un circuito magnetico di lunghezza complessiva media $L = 1.4$ m con un traferro di spessore d . Il dispositivo è realizzato con un materiale il cui ciclo di isteresi è schematizzato in figura. Il circuito è alimentato da un avvolgimento di $N = 98$ spire percorse dalla corrente $I = 0.13$ kA.

- Si scriva la legge di Ampère per il circuito in oggetto;
- supponendo di raggiungere il punto di lavoro percorrendo la curva di prima magnetizzazione del materiale, si determini graficamente il campo magnetico B_1 nel traferro supponendo che esso abbia spessore 1.0 cm, e il campo B_2 nel caso in cui il traferro abbia invece spessore 2.0 cm;
- si supponga di aumentare la corrente fino a raggiungere la saturazione del materiale e di portarla successivamente a zero. Si determini di nuovo il campo magnetico B_0 nel traferro nei due casi.

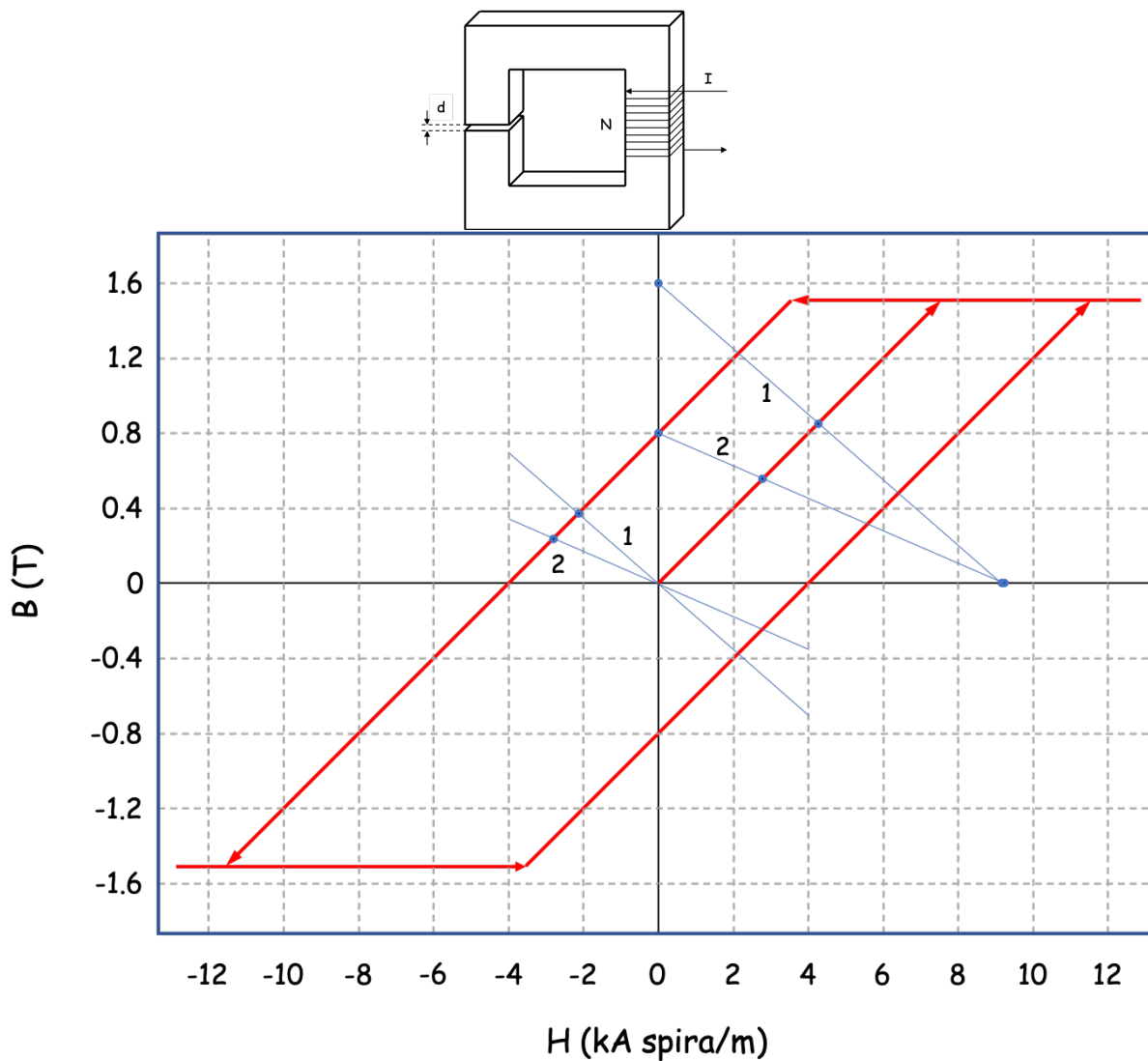
Svolgimento:

a)

$$H(L - d) + H_0 d = H(L - d) + \frac{B}{\mu_0} d = NI \quad \longrightarrow \quad B = -\mu_0 \frac{L - d}{d} H + \mu_0 \frac{NI}{d}$$

dove $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m, H il campo nel materiale e H_0 il campo nel traferro.

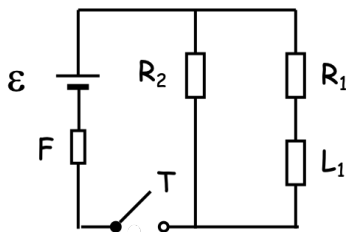
- all'ultima equazione corrispondono le rette in figura dalle quali si ricava $B_1 \approx 0.85$ T e $B_2 \approx 0.57$ T;
- per $I = 0$ le rette passano per l'origine con le stesse pendenze; i campi magnetici risultano nei due casi $B_0 \approx 0.37$ T e $B_0 \approx 0.24$ T.



Esercizio 3

Nel circuito in figura $\mathcal{E} = 48 \text{ V}$, $R_1 = 30 \Omega$, $L_1 = 0.20 \text{ H}$, $R_2 = 60 \Omega$. Il tasto T si chiude a $t = 0$ e il fusibile F è tarato per una corrente $I_0 = 2.0 \text{ A}$. Si calcoli:

- la costante di tempo τ del circuito;
- l'istante t_0 nel quale il fusibile si brucia;
- l'energia U_2 dissipata sulla resistenza R_2 dopo l'istante t_0 .



Svolgimento:

- L'equazione della corrente nel ramo 1 del circuito si scrive

$$\mathcal{E} = L_1 \frac{dI_1}{dt} + R_1 I_1 \quad \rightarrow \quad -\frac{dt}{\tau} = \frac{dI_1}{I_1 - \mathcal{E}/R_1}$$

dove $\tau = L_1/R_1 = 6.67$ ms;

b) la corrente che attraversa il fusibile è

$$I(t) = I_1(t) + I_2(t) = \frac{\mathcal{E}}{R_1} (1 - e^{-t/\tau}) + \frac{\mathcal{E}}{R_2} \quad \longrightarrow \quad t_0 = -\tau \ln \left[1 - R_1 \left(\frac{I_0}{\mathcal{E}} - \frac{1}{R_2} \right) \right] = 9.24 \text{ ms};$$

c)

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{1}{2} L_1 \left(I_0 - \frac{\mathcal{E}}{R_2} \right)^2 = 96.0 \text{ mJ}.$$