



*Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca*

**BRST - ESAME DI STATO DI LICEO SCIENTIFICO**

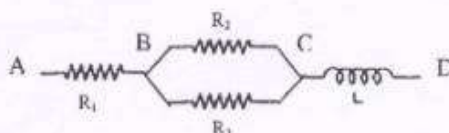
**Indirizzo: SCIENTIFICO - TECNOLOGICO**

**CORSO SPERIMENTALE – Progetto “BROCCA”**

**Tema di: FISICA**

**TEMA 2**

Una parte di un circuito (in figura) è costituita da tre resistori ( $R_1 = 100 \Omega$ ,  $R_2 = 200 \Omega$ ,  $R_3 = 300 \Omega$ ) e da un solenoide posto in aria. Questo è lungo 5 cm, ha una sezione circolare di  $16 \text{ cm}^2$  ed è formato da 1000 spire di resistenza trascurabile.



All'interno del solenoide si trova un piccolo ago magnetico che, quando non vi è passaggio di corrente, è perpendicolare all'asse del solenoide perché risente soltanto del campo magnetico terrestre ( $B_t = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ ).

Il candidato:

- 1) esponga le sue conoscenze riguardo al campo magnetico terrestre e all'uso della bussola magnetica;
- 2) spieghi il concetto di resistenza elettrica, descriva il tipo di collegamento dei tre resistori  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  e ne calcoli la resistenza totale;
- 3) spieghi il concetto d'induttanza e calcoli l'induttanza del solenoide, dopo aver dimostrato come si ricava la formula per il suo calcolo;
- 4) avendo osservato che l'ago magnetico ha subito una deviazione, con un angolo di  $30^\circ$  rispetto alla direzione originale, calcoli, in  $\mu\text{A}$ , l'intensità della corrente che attraversa ognuna delle tre resistenze ed il solenoide;
- 5) nelle stesse condizioni precedenti, calcoli il potenziale elettrico nei punti A, B e C, sapendo che il punto D è collegato a massa;
- 6) sapendo che tra A e D è mantenuta la differenza di potenziale già calcolata, ricavi l'angolo di deviazione dell'ago magnetico che si ottiene eliminando il resistore  $R_2$  e interrompendo, perciò, quel tratto di circuito.

Durata massima della prova: 6 ore.

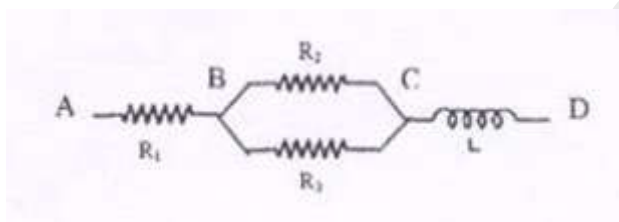
È consentito l'uso di tavole numeriche e della calcolatrice tascabile, non programmabile e grafica.  
Non è consentito lasciare l'Istituto prima che siano trascorse 3 ore dalla dettatura del tema.

ESAME DI STATO DI LICEO SCIENTIFICO  
CORSO SPERIMENTALE – Progetto “Brocca”  
Indirizzi: SCIENTIFICO – SCIENTIFICO TECNOLOGICO

Tema di FISICA

**Secondo tema**

Una parte di un circuito (in figura) è costituita da tre resistori ( $R_1 = 100 \Omega$ ,  $R_2 = 200 \Omega$ ,  $R_3 = 300 \Omega$ ) e da un solenoide posto in aria. Questo è lungo 5 cm, ha una sezione circolare di  $16 \text{ cm}^2$  ed è formato da 1000 spire di resistenza trascurabile



All'interno del solenoide si trova un piccolo ago magnetico che, quando non vi è passaggio di corrente, è perpendicolare all'asse del solenoide perché risente soltanto del campo magnetico terrestre ( $B_t = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ ).

Il candidato:

1. esponga le sue conoscenze riguardo al campo magnetico terrestre e all'uso della bussola magnetica;
2. spieghi il concetto di resistenza elettrica, descriva il tipo di collegamento dei tre resistori  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  e ne calcoli la resistenza totale;
3. spieghi il concetto d'induttanza e calcoli l'induttanza del solenoide, dopo aver dimostrato come si ricava la formula per il suo calcolo;
4. avendo osservato che l'ago magnetico ha subito una deviazione, con un angolo di  $30^\circ$  rispetto alla direzione originale, calcoli, in  $\mu\text{A}$ , l'intensità della corrente che attraversa ognuna delle tre resistenze ed il solenoide;
5. nelle stesse condizioni precedenti, calcoli il potenziale elettrico nei punti A, B e C, sapendo che il punto D è collegato a massa;
6. sapendo che tra A e D è mantenuta la differenza di potenziale già calcolata, ricavi l'angolo di deviazione dell'ago magnetico che si ottiene eliminando il resistore  $R_z$  e interrompendo, perciò, quel tratto di circuito.
- 7.

8. 1) Il campo magnetico terrestre è grossolanamente assimilabile al campo di un magnete a sbarra, con il polo Nord magnetico posto in prossimità del polo Sud geografico e viceversa; l'asse del campo forma un angolo di circa  $11.5^\circ$  con l'asse di rotazione terrestre; poiché le bussole puntano verso il Sud geografico, le carte topografiche più precise riportano, per ogni punto della terra, il valore della declinazione magnetica, ovvero il fattore correttivo da applicare alla lettura della bussola per individuare la direzione Nord.

Liceo Galilei Verona

Il campo magnetico terrestre, come confermato da misure dell'orientamento dei dipoli in rocce ferromagnetiche solidificatesi in diverse epoche, non si mantiene costante nel tempo ma è soggetto a periodiche inversioni di polarità, l'ultima delle quali avvenuta circa 800.000 anni fa.

La presenza di campo magnetico, ancorché non ancora spiegata con certezza, lascia pensare alla presenza di materiali ferromagnetici fluidi all'interno del nucleo terrestre.

- 2) La *resistenza elettrica* misura l'opposizione di un conduttore a lasciarsi attraversare da una corrente; la resistenza è definita come il rapporto tra la differenza di potenziale applicata agli estremi di un conduttore e la corrente che lo attraversa, ovvero  $R = \frac{\Delta V}{i}$ ; per un'ampia classe di materiali (*conduttori ohmici*) tale rapporto si mantiene sostanzialmente costante in un ampio intervallo di d.d.p. e la relazione precedente, che esprime la proporzionalità diretta tra d.d.p. applicata e corrente, è nota come I legge di Ohm; la resistenza di un conduttore può esprimersi mediante la II legge di Ohm:  $R = \rho \frac{l}{S}$ , dove  $\rho$  è una caratteristica del materiale di cui è costituito il conduttore (*resistività*),  $l$  e  $S$  ne indicano rispettivamente lunghezza e sezione; la resistività dipende, seppur debolmente, dalla temperatura:  $\rho(\theta) = \rho_0(1 + \alpha\theta)$ , dove  $\theta$  indica la temperatura Celsius,  $\rho_0$  la *resistività* alla temperatura di 0 °C e  $\alpha$  è una costante del materiale. Da un punto di vista microscopico, la resistenza è l'effetto degli urti degli elettroni di conduzione contro gli ioni del reticolo cristallino: per effetto di tali urti il moto degli elettroni è irregolare, approssimabile come tratti di moto uniformemente accelerato (per effetto della d.d.p. presente agli estremi del conduttore), intervallati da urti casuali contro gli ioni; il valore medio della velocità, noto come velocità di deriva assume, per un filo di rame di dimensioni ordinarie, valori dell'ordine di  $10^{-2}$  cm/s.

L'unità di misura della resistenza, è l'*ohm*: un conduttore ha resistenza pari a 1  $\Omega$  se, applicata ai suoi estremi la d.d.p. di 1 V, viene attraversato dalla corrente di 1 A:  $1 \Omega = \frac{1 V}{1 A}$ .

I conduttori  $R_2$  e  $R_3$  sono in parallelo (i loro estremi B e C sono sottoposti alla stessa d.d.p.), in serie con  $R_1$  (la corrente che attraversa  $R_1$  attraversa il parallelo di  $R_2$  e  $R_3$ ).

La resistenza totale vale

$$R = R_1 + \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)^{-1} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 220 \Omega$$

- 3) L'induttanza o *autoinduzione* di un circuito esprime la relazione tra la corrente che attraversa un elemento circuitale e il flusso di campo magnetico, attraverso di esso, prodotto dalla corrente stessa. Si parla invece di *mutua induttanza* allorché si esprime la relazione tra la corrente che attraversa un elemento circuitale e il flusso del campo prodotto da tale corrente attraverso un altro elemento (caso tipico, le due bobine di un trasformatore).

Il flusso di un campo magnetico attraverso una superficie è proporzionale al campo stesso; il campo magnetico è a sua volta, in conseguenza del teorema di Ampère, proporzionale alla corrente che lo genera, per cui si ha:

$$\Phi(\mathbf{B}) \propto B \propto i \Rightarrow \Phi(\mathbf{B}) \propto i \Rightarrow \Phi(\mathbf{B}) = Li$$

dove il fattore di proporzionalità  $L$  è definito come *coefficiente di autoinduzione* o *induttanza* di un circuito; la sua unità di misura è l'*henry* (H), definito da  $1 H = \frac{1 \text{ Wb}}{1 A}$ : un circuito presenta

induttanza di  $1 H$  se, percorso da una corrente di  $1 A$  è attraversato da un flusso di campo magnetico pari a  $1 \text{ Wb}$ .

L'induttanza di un solenoide si calcola facilmente nel caso in cui il campo al suo interno sia approssimabile con un campo uniforme, ovvero allorché le spire siano fitte e le sue dimensioni longitudinali sono molto maggiori delle dimensioni trasversali ( $l^2 \gg S$ , con  $l$  e  $S$  rispettivamente lunghezza e sezione del solenoide) ha modulo  $B = \mu_0 \frac{N}{l} i$ , dove  $i$  è la corrente che attraversa il solenoide e  $N$  è numero delle sue spire; si ha:

$$\Phi(\mathbf{B}) = N S B = \mu_0 \frac{N^2 S}{l} i = Li \quad \text{con } L = \mu_0 \frac{N^2 S}{l}$$

utilizzando i dati del testo si ottiene  $L = 40 \text{ mH}$ ; si sottolinea tuttavia che le dimensioni del solenoide non soddisfano i requisiti imposti per la validità del calcolo precedente, per cui la sua applicazione è, a rigore, indebita.

- 4) L'angolo magnetico risente di un campo magnetico dato dalla sovrapposizione tra il campo terrestre  $\mathbf{B}_t$ , perpendicolare all'asse del solenoide, e il campo  $\mathbf{B}_s$  generato dal solenoide stesso, parallelo al suo asse; l'angolo si orienta nella direzione del campo risultante  $\mathbf{B} = \mathbf{B}_s + \mathbf{B}_t$ , da cui si ottiene

$$\frac{B_s}{B_t} = \tan 30^\circ \Rightarrow B_s = B_t \tan 30^\circ = 1.15 \cdot 10^{-5} T$$

La corrente che attraversa il solenoide è data da  $i = \frac{Bl}{\mu_0 N} = 4.58 \cdot 10^{-4} A = 458 \mu A$ .

La corrente in  $R_1$  è uguale ad  $i$ , perché i due elementi sono in serie.

Indicate con  $i_2$  e  $i_3$  le correnti rispettivamente in  $R_2$  e  $R_3$  si ha:

$$\begin{cases} R_2 i_2 = R_3 i_3 \\ i_2 + i_3 = i \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i_2 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} i = 275 \mu A \\ i_3 = \frac{R_2}{R_2 + R_3} i = 183 \mu A \end{cases}$$

5)  $V_C = V_D = 0$  (perché il solenoide ha resistenza trascurabile)

$$V_B = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} i = 0.055 V$$

$$V_A = V_B + R_1 i = 0.10 V$$

6) Il circuito è ora costituito dalla serie dei resistori  $R_1$ ,  $R_3$  e del solenoide; la nuova resistenza  $R'$  vale  $R' = R_1 + R_3 = 400 \Omega$

La corrente che attraversa il circuito è data da:

$$i' = \frac{V_A}{R'}$$

e il campo magnetico  $B'$  generato dal solenoide è  $B_s' = \mu_0 \frac{N}{l} i' = \mu_0 \frac{N}{l} \frac{V_A}{R_1 + R_3}$ ;

L'angolo magnetico devia pertanto di un angolo  $\theta' = \arctg \frac{B_s'}{B_t} = \arctg \frac{\mu_0 N V_A}{l (R_1 + R_3) B_t} = 17.4^\circ$

(l'angolo diminuisce perché eliminando una delle due resistenze in parallelo aumenta la resistenza totale del circuito e conseguentemente diminuiscono la corrente che lo attraversa e il campo magnetico da essa generato).