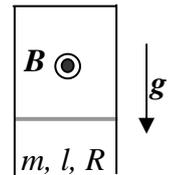


ESERCIZI DI FISICA GENERALE – nr. 33/07

1. Una barretta conduttrice di lunghezza l , massa m e resistenza R può scorrere senza attrito su un piano verticale sotto l'azione della forza di gravità. Essa è collegata elettricamente ad un circuito (di resistenza trascurabile) in modo tale che l'intero sistema si può considerare come una spira dotata di un lato mobile (vedi figura). Un campo magnetico \mathbf{B} omogeneo attraversa la spira (esso esce dal foglio in figura).



a) Quando la barretta viene lasciata cadere liberamente verso il basso, in essa fluisce una corrente I . Determinatene il verso ragionando in termini di “campo impresso” (cioè del campo associato alla forza magnetica sulle cariche libere del conduttore che costituisce la barretta):

Verso di I : le cariche libere positive (quelle che, per convenzione, determinano la corrente) vengono spinte dalla forza magnetica da destra verso sinistra rispetto alla figura; quindi la corrente fluisce in senso orario rispetto alla figura [notate che lo stesso risultato si può ottenere ragionando in termini di legge di Faraday-Lenz]

b) Quanto vale, in funzione di I , in modulo e direzione, la **risultante** F delle forze che agiscono sulla barretta? [Usate un riferimento verticale diretto verso il basso]

$F = \dots\dots\dots mg - B I l$ [la forza che agisce sulla barretta per effetto della corrente che vi fluisce ha direzione e verso che si determinano con la regola della mano destra; il modulo si ottiene integrando la forza infinitesima $Idl \times \mathbf{B}$ che agisce su un elementino infinitesimo della barretta. L'integrazione è immediata, notando che sia la corrente che il campo magnetico sono uniformi e quindi costanti nell'integrazione]

Direzione: la direzione è verticale essendo verticale (verso il basso!) la forza di gravità e verticale (verso l'alto!) la forza di origine magnetica

c) Quanto vale, in funzione della velocità della barretta v (scegliete il verso positivo orientato verso il basso) la corrente I che fluisce nella barretta stessa? [Scrivetene il modulo, il segno lo avete già dedotto prima!]

$I = \dots\dots\dots B l v / R$ [il risultato si ottiene in modo diretto usando la legge di Faraday; in alternativa si può ragionare in termini di “campo impresso”, che vale, in modulo, vB . A questo campo si associa una differenza di potenziale vBl (si ottiene integrando il campo sulla lunghezza della barretta: essendo l'integrazione uniforme, cioè costante nell'integrazione, il risultato è immediato). Poiché gli estremi della barretta sono collegati ad un circuito esterno, essendo R la resistenza complessiva il risultato si ottiene usando la legge di Ohm]

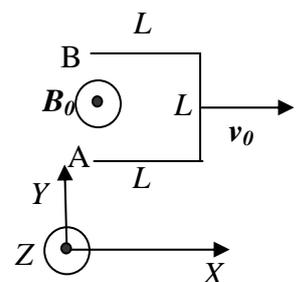
d) Come si scrive l'equazione del moto della barretta? [Riferitevi anche qui ad un asse verticale che punta verso il basso e chiamate a l'accelerazione rispetto a questo asse]

$a = \dots\dots\dots g - B^2 l^2 v / (Rm)$

e) Che tipo di moto compie la barretta? Commentate anche tenendo conto di considerazioni energetiche:

..... simile ad un moto viscoso, con velocità limite che si ottiene ponendo $a = 0$ nell'eq. del moto; l'energia potenziale gravitazionale della barretta viene in parte convertita in energia cinetica ed in parte dissipata dalla resistenza. Si noti che questo processo richiede la presenza di \mathbf{B} ma che il campo magnetico non fa lavoro sulle cariche

2. Un pezzo di filo elettrico **sottile** di materiale conduttore è ripiegato ad “U” come rappresentato in figura; la lunghezza di tutti e tre i suoi lati è $L = 10$ cm. Questo filo viene mosso da un operatore esterno in modo da avere una velocità **costante** di modulo $v_0 = 10$ m/s diretta nel verso positivo dell'asse X del sistema di figura; in tutto lo spazio in cui si muove il filo insiste un campo magnetico **uniforme e costante** di modulo $B_0 = 1.0 \times 10^{-2}$ T diretto nel verso positivo dell'asse Z . Supponete che il movimento del filo abbia avuto inizio molto prima di quando si compiono le osservazioni di questo esercizio, cioè che il conduttore si trovi in condizioni di equilibrio.



a) Quanto vale la differenza di potenziale $\Delta V = V_B - V_A$ tra i capi B ed A del filo (indicati in figura)?

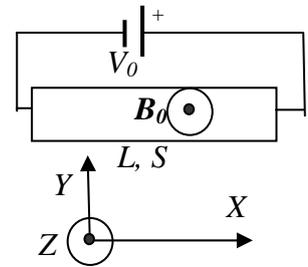
$\Delta V = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots V$. $-v_0 B_0 L = -1.0 \times 10^{-2} V$ [il modulo del campo impresso è $E^* = v_0 B_0$; questo campo è diretto lungo Y ed è uniforme nel tratto verticale del filo; i tratti orizzontali, invece, non contribuiscono dato che in essi non c'è spostamento di carica (la forza è ortogonale al loro asse ed il filo è sottile), da cui la

soluzione; il segno negativo tiene conto della particolare distribuzione delle cariche (quelle positive sono spinte verso il basso, in accordo con la regola della mano destra)]

b) Supponendo che il filo abbia massa **trascurabile** e resistenza elettrica $R = 10 \text{ ohm}$, quanto vale la potenza W che l'operatore esterno deve applicare al filo per muoverlo a velocità v_0 ? [Attenti: considerate una situazione **stazionaria**, cioè di **equilibrio**!]

$W = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ W.0}$ [in condizioni stazionarie le cariche si sono già spostate ai capi del filo e non c'è alcuna corrente; quindi la dissipazione Joule, che sarebbe l'unica forma di perdita di energia, è nulla ed il bilancio energetico porta alla soluzione]

3. Una barretta di sezione $S = 1.0 \text{ cm}^2$ e lunghezza $L = 10 \text{ cm}$, fatta di materiale conduttore di conducibilità $\sigma_C = 1.6 \times 10^8 \text{ (ohm m)}^{-1}$, è collegata come in figura ad un generatore di differenza di potenziale continua $V_0 = 10 \text{ V}$. Un campo magnetico **uniforme e costante** di modulo $B_0 = 1.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ diretto nel verso positivo dell'asse Z di figura, agisce sul sistema. Il sistema è in condizioni stazionarie.



a) Sapendo che la densità degli elettroni che formano la corrente è $n_e = 1.0 \times 10^{27} \text{ elettroni/m}^3$, qual è la velocità v_X con cui gli elettroni si muovono lungo l'asse X di figura? [Fate approssimazioni ragionevoli sull'uniformità del campo elettrico nella barretta; usate il valore $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ per l'unità di carica]

$v_X = \dots\dots\dots \text{ m/s}$ $-j/(n_e e) = -\sigma_C E / (n_e e) = \sigma_C V_0 / (L n_e e) = 1.0 \times 10^2 \text{ m/s}$ [si suppone campo uniforme in direzione X , come atteso in un conduttore omogeneo in condizioni stazionarie e geometria piana; quindi $E = -V_0/L$, dove il segno negativo tiene conto del "segno" della differenza di potenziale]

b) Quanto vale, componente per componente, la forza F che agisce su **uno** degli elettroni che formano la corrente?

$F_X = \dots\dots\dots \text{ N}$ $eV_0/L = 1.6 \times 10^{-17} \text{ N}$ [è la forza elettrica dovuta al campo determinato nella risposta precedente]

$F_Y = \dots\dots\dots \text{ N}$ $ev_X B_0 = 1.6 \times 10^{-19} \text{ N}$ [è la forza di Lorentz, con segno giusto tenendo conto della geometria del sistema e della regola della mano destra]

$F_Z = \dots\dots\dots \text{ N}$ 0 [non ci sono forze lungo Z]

c) Quanto vale la differenza di potenziale V_H tra lato inferiore e superiore della barretta? [Per la risposta numerica, supponete che lo spessore della barretta in direzione Y sia $d = 1.0 \text{ cm}$]

$V_H = \dots\dots\dots \text{ V}$ $v_X B_0 d = 1.0 \times 10^{-2} \text{ V}$ [il campo impresso lungo la direzione Y vale $F_Y/e = v_X B_0$. A questo campo si associa una differenza di potenziale che si può ottenere integrando il campo stesso lungo la direzione Y . Potendo il campo essere considerato uniforme e costante, si ottiene immediatamente il risultato. Questo esercizio ripete le modalità degli esperimenti che sfruttano l'effetto Hall, ad esempio per misurare il valore di campi elettrici statici.]