

**FISICA GENERALE 1 per INGEGNERIA ELETTRONICA e
TELECOMUNICAZIONI**

Seconda prova scritta parziale – 28 maggio 2012

COGNOME _____ **NOME** _____

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

Esercizio 2 Nel piano $x = 0$ di un sistema di coordinate $Oxyz$ sono distribuiti uniformemente con una densità superficiale $n_s = 10^9 / cm^2$ dei protoni che sono vincolati a muoversi nella direzione dell'asse z positivo con velocità $V_z = 10^8 m/s$. Nel piano $x = d = 5cm$ sono distribuiti uniformemente degli elettroni con la stessa densità superficiale dei protoni, ma che si muovono con velocità uguale ed opposta.

- 2.1** Dimostrare che il campo elettrico $\vec{E} = (E_x, E_y, E_z)$ ha solo una componente non identicamente nulla e calcolare tale componente in funzione di x .
- 2.2** Dimostrare che il campo magnetico $\vec{B} = (B_x, B_y, B_z)$ ha solo una componente non identicamente nulla e calcolare tale componente in funzione di x .
- 2.3** Calcolare la forza totale $\vec{f} = (f_x, f_y, f_z)$ che è esercitata su un singolo protone da tutti gli altri protoni ed elettroni.
- 2.4** Un nucleo di Elio (${}^4He^{++}$) si trova fermo nel punto $A = (d/2, 0, 0)$. Si ipotizzi che i protoni ed elettroni continuino a muoversi di moto rettilineo uniforme come descritto nelle premesse e che il nucleo di Elio possa eventualmente attraversare i piani che contengono i protoni o gli elettroni senza essere soggetto a ulteriori forze se non quelle dovute ai campi elettrico e magnetico calcolati precedentemente. Calcolare la traiettoria e disegnarla nel piano xz fino all'istante in cui il nucleo di Elio si ferma per la prima volta.

**FISICA GENERALE 1 per INGEGNERIA ELETTRONICA e
TELECOMUNICAZIONI
PROVA SCRITTA del 28 maggio 2012
RISPOSTE**

Esercizio 1

- 1.1** Il campo elettrico è quello generato da due piani che contengono cariche di segno opposto con una densità superficiale $\sigma = \pm en_s = \pm 160 \text{ pC/cm}^2 = \pm 1.6 \mu\text{C/m}^2$, dove $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ è la carica elementare. Il segno positivo si riferisce al piano contenente i protoni ed il segno negativo al piano contenente gli elettroni. Di conseguenza l'unica componente non nulla del campo elettrico è la

componente x e si ha:
$$E_x = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ \frac{en_s}{\epsilon_o} = 181 \frac{\text{kV}}{\text{m}} & \text{se } 0 < x < d \\ 0 & d < x \end{cases}$$

- 1.2** Il campo magnetico è quello generato da due piani nei quali scorre, nello stesso verso (concorde all'asse z) una corrente elettrica che, per ogni unità di lunghezza, è pari a $en_s V_z = 160 \text{ A/m}$. Di conseguenza l'unica componente non nulla del campo magnetico è la componente y e applicando la legge di Ampère ed il principio di sovrapposizione si trova:

$$B_y = \begin{cases} -\mu_o en_s V_z = -2.01 \text{ G} & x < 0 \\ 0 & \text{se } 0 < x < d \\ \mu_o en_s V_z & d < x \end{cases}$$

- 1.3** La forza esercitata da tutti gli altri protoni è nulla per simmetria. Notando che i campi elettrico e magnetico generati da tutti gli elettroni sono la metà di quanto calcolato nei punti precedenti si ha $\vec{f}_m = e(\vec{E} + \vec{V} \wedge \vec{B}) = (f_x, 0, 0)$ con

$$f_x = e \left(\frac{en_s}{2\epsilon_o} + \frac{\mu_o en_s V_z^2}{2} \right) = \frac{e^2 n_s}{2\epsilon_o} \left(1 + \frac{V_z^2}{c^2} \right) = 1.61 \times 10^{-14} \text{ N}.$$

- 1.4** Si faccia riferimento alla figura e si ricordi che la carica elettrica del nucleo di

Elio è $2e$, mentre la sua massa vale $M = \frac{4g}{6.02 \times 10^{23}} = 6.64 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

Il moto è uniformemente accelerato dal campo elettrico lungo l'asse x dal punto A fino al punto B , dove il nucleo di He attraversa lo strato di elettroni con

velocità $\vec{V}_B = \left(\sqrt{\frac{2n_s e^2 d}{M\epsilon_o}}, 0, 0 \right) = (657 \text{ km/s}, 0, 0)$ al tempo

$$t_B = \sqrt{\frac{Md\epsilon_o}{2n_s e^2}} = 75 \text{ ns}.$$

Successivamente è un moto circolare uniforme di raggio $R = \frac{M|\vec{V}_B|}{2e|B_y|} = 57.1m$

in quanto la forza è solo magnetica. Questo percorso fino al punto C, in cui lo strato di elettroni viene riattraversato al tempo

$$t_C = t_B + \frac{\pi R}{|\vec{V}_B|} = 75ns + 273.304\mu s \approx 273.38\mu s .$$

Infine nel tratto CD il moto è uniformemente accelerato, con lo stesso vettore accelerazione del tratto AB, ma con una velocità in C che è opposta alla accelerazione. Quindi il nucleo rallenta e si ferma nel punto D al tempo

$$t_D = t_C + t_B \approx 273.45\mu s .$$

