

FISICA GENERALE 1 per INGEGNERIA ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI
PROVA SCRITTA del 15 gennaio 2013

COGNOME _____ NOME _____

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

Esercizio 1.

Un fucile, la cui canna ha una lunghezza $L = 70\text{cm}$, esplosione un proiettile di massa $m = 30\text{g}$ con una velocità di uscita $V_o=210\text{m/s}$. Il fuciliere deve colpire un bersaglio, posto alla stessa quota del fucile, ad una distanza $D=300\text{m}$.

- 1.1 Calcolare la forza media che il fuciliere deve applicare per tenere fermo il fucile durante l'esplosione del colpo. [Nota: si approssimi il moto del proiettile all'interno della canna con un moto uniformemente accelerato]
- 1.2 Calcolare l'angolo rispetto alla direzione orizzontale con cui si deve inclinare il fucile per colpire il bersaglio, nell'ipotesi in cui l'attrito dell'aria sia trascurabile.
- 1.3 Per verificare l'ipotesi della domanda precedente sull'importanza dell'attrito dell'aria, uno studente lascia cadere verticalmente un proiettile identico a quello sparato e misura una velocità limite $V_L=280\text{km/h}$ [nota: attenzione alle unità di misura]. La forza di attrito dell'aria è parametrizzabile con un attrito viscoso $\vec{F} = -\beta\vec{V}$: calcolare la costante β .
- 1.4 Calcolare la distanza dal bersaglio a cui passerà il proiettile, se viene sparato con l'inclinazione calcolata nelle domanda 1.2 e con l'attrito dell'aria come descritto in 1.3. [Nota: poichè la componente verticale delle velocità risulterà piccola rispetto alla velocità limite, si può approssimare la sola componente verticale del moto con un moto uniformemente accelerato]

Esercizio 2 Due solenoidi coassiali di altezza infinita, centrati sull'asse z di un sistema di coordinate polari cilindriche, hanno entrambi n spire per unità di lunghezza ed in entrambi scorre una corrente continua I . Il primo ha raggio b ed in esso la corrente ruota in verso antiorario rispetto all'asse z , mentre il secondo ha raggio a ($a < b$) e la corrente ruota in verso orario.

- 2.1 Dire quale componente del campo magnetico è l'unica non nulla e calcolarla in ogni regione dello spazio.
- 2.2 Calcolare la forza magnetica per unità di lunghezza sulle spire del solenoide interno e successivamente su quelle del solenoide esterno, indicando chiaramente le direzioni ed i versi.
- 2.3 Scegliere ed indicare chiaramente una linea chiusa orientata sulla quale la circuitazione del campo magnetico valga $+2\mu_0 I$.
- 2.4 Un elettrone con velocità di modulo V incide perpendicolarmente sul solenoide esterno: calcolare il valore minimo di V per cui l'elettrone riesce a raggiungere il solenoide interno.

FISICA GENERALE 1 per INGEGNERIA ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI
PROVA SCRITTA del del 15 gennaio 2013
RISPOSTE

Esercizio 1.

1.1) L'accelerazione ha modulo $a = \frac{V_o^2}{2L} = 31500 \text{ m/s}^2 \Rightarrow F = ma = 945 \text{ N}$. Nota: sul

proiettile agiscono anche la forza di gravità ($m|\vec{g}| \approx 0.3 \text{ N}$), che non solo è trascurabile, ma anche compensata dalla forza del vincolo liscio della canna del fucile, e la forza di attrito dell'aria che si può valutare essere trascurabile utilizzando il risultato della risposta 1.3:

$$|\vec{F}_{AV}| \leq \beta V_o \approx 0.8 \text{ N}.$$

1.2) Definiamo un sistema di coordinate Oxy in cui l'origine è sulla bocca del fucile, l'asse x è orizzontale e diretto dal fucile al bersaglio, mentre l'asse y è verticale e diretto verso l'alto. La

posizione del proiettile è:
$$\begin{cases} x = V_o t \cos \alpha \\ y = V_o t \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$
, esso colpirà il bersaglio, posto in $(D, 0)$,

se $\sin 2\alpha = \frac{gD}{V_o^2} = 0.067 \Rightarrow \alpha = 33.4 \text{ mrad} = 1.9^\circ$.

1.3) $\beta = \frac{mg}{V_L} = 3.78 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$.

1.4) Il moto verticale è, per le ipotesi suggerite nella domanda, invariato rispetto alla domanda 1.2. Sull'asse orizzontale l'equazione del moto è invece: $m\dot{V}_x - \beta V_x = 0$, da cui

$V_x = V_o e^{-t/\tau} \cos \alpha$ con $\tau = \frac{m}{\beta} = \frac{V_L}{g} = 7.92 \text{ s}$. La posizione orizzontale è quindi

$x = \int_0^t V_x dt = \tau V_o (1 - e^{-t/\tau}) \cos \alpha$, ed il tempo in cui si raggiunge il piano $x=D$ è

$t = -\tau \ln \left(1 - \frac{D}{\tau V_o \cos \alpha} \right) = 1.58 \text{ s}$. In questo istante di tempo la posizione verticale del

proiettile è $y = V_o t \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2 = -1.29 \text{ m}$, che è la distanza di cui viene mancato il bersaglio.

Si può notare che l'approssimazione è buona perchè la velocità verticale, $V_y = V_o \sin \alpha - gt$, variando fra i valori di $+7.01 \text{ m/s}$ (per $t=0$) e -8.49 m/s (per $t=1.58 \text{ s}$) è sempre decisamente minore della velocità limite (circa 78 m/s).

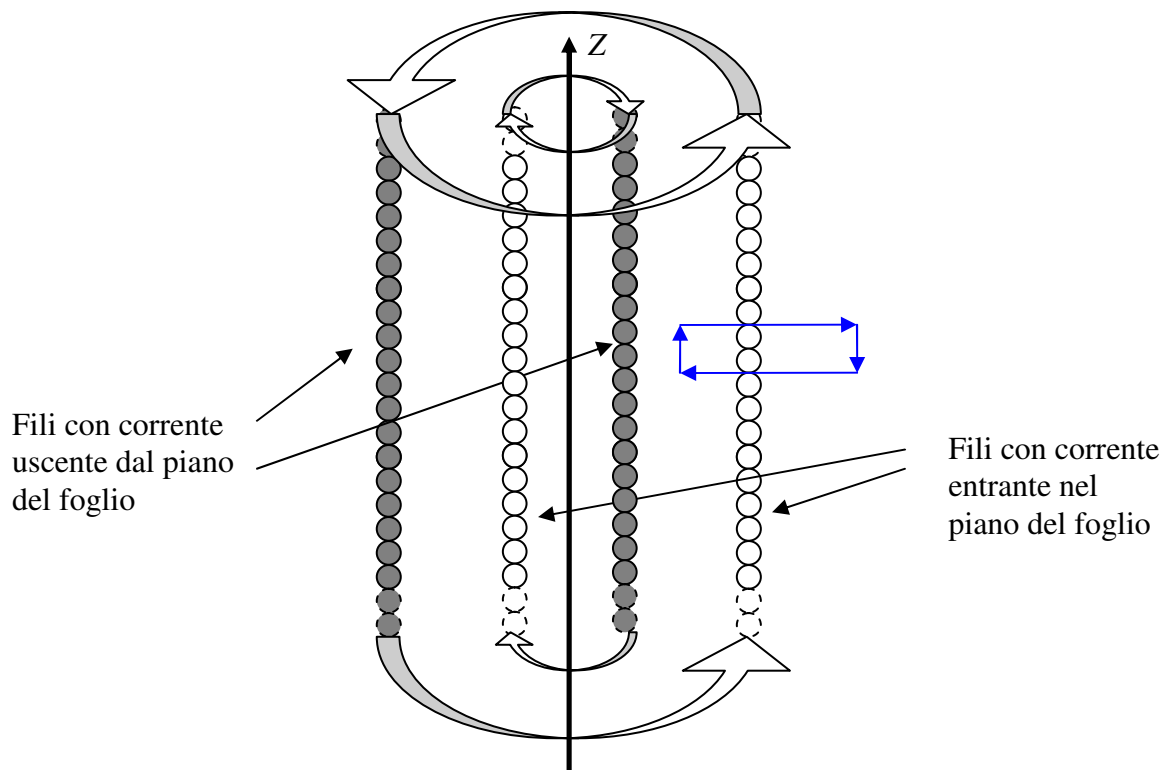
Esercizio 2.

2.1) L'unica componente non nulla del campo magnetico è assiale e si ottiene applicando la legge di

$$\text{ampere: } B_z = \begin{cases} 0 & (r < a) \\ \mu_0 n I & (a < r < b) \\ 0 & (b < r) \end{cases}$$

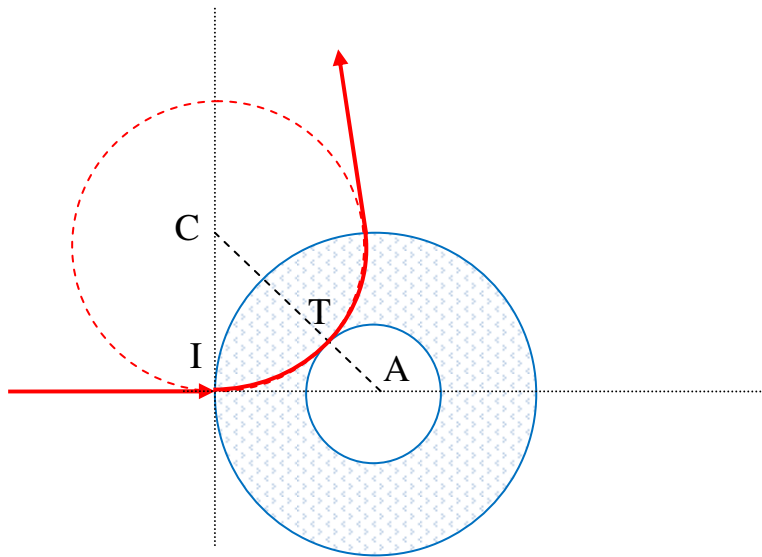
2.2) La forza ha solo componente radiale: $\frac{dF_r}{d\ell} = \pm I B_z$ dove il segno + vale sul solenoide esterno, ed il segno - su quello interno. Come valore del campo, poichè esso ha una discontinuità, occorre effettuare una media, da cui: $\frac{dF_r}{d\ell} = \pm \frac{\mu_0 n I^2}{2}$.

2.3) Esistono infinite soluzioni: una possibile linea e' quella indicata in blu in figura, in cui ogni cerchietto rappresenta l'intersezione di una spira con il piano del foglio.



2.4) La traiettoria dell'elettrone (in rosso nella figura seguente) è un arco di circonferenza di raggio $R = \frac{m_e V}{e B_z} = \frac{m_e V}{e \mu_0 n I}$ finchè non raggiunge il solenoide interno oppure finchè non riesce dal solenoide esterno. La circonferenza, tangente in T al solenoide interno, è quella che corrisponde

alla velocità limite richiesta.



Si ha $IA^2 + IC^2 = (AT + TC)^2$ da cui $b^2 + R^2 = (a + R)^2$ e $R = \frac{b^2 - a^2}{2a}$.

Quindi la velocità minima è: $V = \frac{b^2 - a^2}{2a} \frac{e\mu_0 n I}{m_e}$.