

CONCORSO DI AMMISSIONE AL DOTTORATO DI RICERCA IN FISICA - 33° CICLO

(prova 2)

Il candidato svolga uno dei tre temi seguenti avendo cura di non superare le tre facciate di un foglio protocollo.

- 1) Motivazioni sperimentali e teoriche che hanno condotto alla formulazione della Meccanica Quantistica.
- 2) Le leggi di conservazione in fisica. Il candidato discuta uno o più esempi rilevanti.
- 3) I fenomeni oscillatori sono rilevanti in diversi ambiti della fisica. Il candidato illustri un caso specifico.

Il candidato risolva un massimo di tre esercizi tra quelli di seguito proposti.

Es. 1) Un'asta di lunghezza $L=50$ cm e massa $M=2$ kg può ruotare liberamente attorno ad un asse passante per una delle due estremità (punto A). L'asta è inizialmente ferma nella sua posizione di equilibrio stabile. Un proiettile di massa $m=10$ g e velocità $v=300$ m·s⁻¹ colpisce l'asta a distanza $a=40$ cm da A restando conficcato in essa.



- (a) Trovare la velocità angolare con la quale l'asta inizia a spostarsi.
- (b) Trovare l'angolo massimo che questa forma con la direzione verticale dopo l'urto.

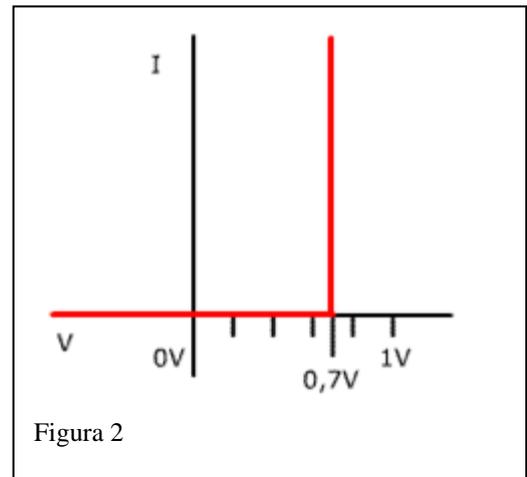
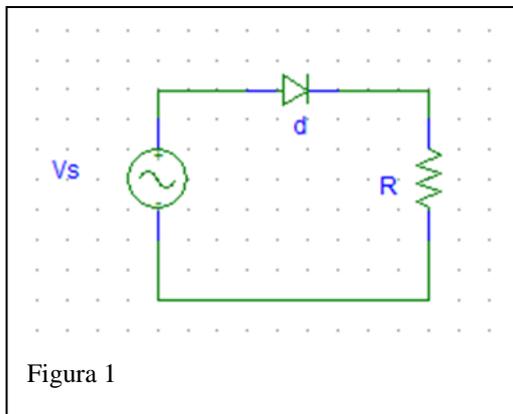
Es. 2) Un conduttore sferico cavo di raggio interno $R_2=2$ cm e raggio esterno $R_3=3$ cm possiede una carica pari a $Q_0=3 \times 10^{-4}$ C. All'interno viene posto un altro conduttore sferico, di raggio $R_1=1$ cm, concentrico al primo, con un'ulteriore carica pari anch'essa a Q_0 . Ad una distanza $L=3$ m dal centro dei conduttori è posta una piccola carica puntiforme $q_0= - 2 \times 10^{-7}$ C.

- a) Calcolare la forza esercitata sulla carica q_0 .
- b) La carica q_0 viene portata all'infinito, qual è il lavoro compiuto dalle forze elettrostatiche?
- c) In seguito i due conduttori vengono connessi con un filo metallico. Quali sono le cariche Q_1 e Q_2 che si misurano alla fine sulle sfere?
- d) Qual è l'energia dissipata nel processo?

Es. 3) Il pione neutro π^0 (massa $m=135$ MeV/c², vita media $\tau=8.5 \times 10^{-17}$ s) di momento $p=200$ MeV/c decade in due fotoni.

- a) Determinare lo spazio mediamente percorso dalla particella prima di decadere.
- b) Determinare l'energia dei fotoni nel sistema di riposo del π^0 .
- c) Determinare l'intervallo di energia dei fotoni $[E_{\min}, E_{\max}]$ che si osserva.
- d) Supponiamo che la misura dell'energia di uno dei fotoni sia $E=100$ MeV. Qual è l'angolo che la direzione del fotone forma con la direzione di volo del π^0 ?

Es. 4) Il circuito riportato in Fig. 1 viene alimentato in ingresso con un segnale sinusoidale V_S di ampiezza V_0 e periodo T . Si assuma che la caratteristica del diodo a semiconduttore sia del tipo semi-ideale (Fig. 2) e che gli altri componenti attivi e passivi del circuito siano ideali.



1. Riportare in grafico V_S , V_D e V_R in funzione di t con origine dei tempi in comune e per almeno 2 periodi, indicando i valori caratteristici delle funzioni disegnate (ad es. V_{\min} , V_{\max} , ...)
2. Aggiungere un condensatore in parallelo al resistore. Disegnare V_C trascurando la tensione di soglia del diodo e supponendo $RC \gg T$.
3. Con le stesse condizioni calcolare il “ripple”, definito come $\Delta V = V_0 - V_{C,\min}$ dove $V_{C,\min}$ è approssimabile con la funzione che descrive la scarica del condensatore calcolata dopo un tempo t , pari al periodo T (la condizione $RC \gg T$ consente di approssimare $V_C(t)$ con il suo sviluppo al primo ordine).

Es. 5) Un sistema quantistico assimilabile a un corpo rigido con momento d’inerzia I_z ruota liberamente nel piano x - y . Sia φ l’angolo azimutale.

- a) Trovare gli autovalori dell’energia e le autofunzioni corrispondenti.
- b) All’istante $t=0$ lo stato del rotatore è descritto dalla funzione d’onda

$$\psi(\varphi, 0) = A \sin^2 \varphi$$

Determinare $\psi(\varphi, t)$ per $t > 0$.

- c) Determinare il valor medio dell’energia a un certo istante t .

[Suggerimento. Si ricordi che l’hamiltoniana classica del sistema è data da $H = \frac{p_\varphi^2}{2I_z}$ dove p_φ è la componente azimutale dell’impulso.]