

**Dottorato di Ricerca in Fisica dell'Università di Catania**  
**Prova scritta del concorso di ammissione al Ciclo XXXVIII**

Nota per gli studenti: lasciare indicati tutti i passaggi effettuati

**Problema 1**

Nel vuoto una spira quadrata di lato  $a$  si trova a distanza  $L$  da un filo rettilineo indefinito percorso da una corrente  $i$  e parallelo ad uno dei lati della spira. La spira, complanare rispetto al filo, è percorsa da una corrente  $I$ . Il verso della corrente nel lato più vicino della spira è concorde al verso della corrente nel filo indefinito. Qual è la forza esercitata sulla spira dal filo?

[Dati numerici:  $a = 15$  cm;  $L = 10$  cm;  $i = 120$  mA;  $I = 250$  mA;  $\mu_0 = 1.257 \cdot 10^{-6}$  H/m]

**Problema 2**

Un elettrone di massa  $m_e$  si trova in un potenziale di oscillatore armonico di pulsazione  $\omega$ . All'istante  $t=0$  l'elettrone si trova nello stato  $|\Psi_0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}[|0\rangle + |1\rangle]$  con  $|0\rangle$  e  $|1\rangle$  rispettivamente stato fondamentale e primo stato eccitato dell'oscillatore armonico.

- a) Calcolare il valore medio dell'energia e il valore di aspettazione dell'operatore di posizione  $\langle X \rangle$  all'istante  $t=0$ .
- b) Calcolare l'ampiezza di probabilità di trovare l'elettrone nello stato  $|\Psi_0\rangle$  a un generico istante  $t$ .

Siano:  $m_e = 0.5$  MeV;  $\omega = 3 \cdot 10^{15}$  s $^{-1}$

*Suggerimento: si ricordi che  $\hat{X} = \sqrt{\frac{\hbar}{2m_e\omega}} (\hat{a} + \hat{a}^+)$  con  $\hat{a}$  e  $\hat{a}^+$  operatori di creazione e distruzione.*

**Problema 3**

Un corpo di massa  $m_1 = 5.00$  kg è inizialmente in quiete nell'origine dell'asse  $x$ . A partire dall'istante  $t=0$ , sul corpo prende ad agire una forza diretta lungo l'asse  $x$  il cui modulo varia in funzione del tempo secondo la legge

$$F(t) = F_0 \left( 2 - \frac{t}{t_0} \right) \frac{t}{t_0}$$

dove  $F_0 = 10.0$  N e  $t_0 = 2.00$  s. Ai valori di  $F$  positivi (negativi) corrisponde verso della forza concorde (discorde) all'asse  $x$ . La forza agisce nell'intervallo di tempo  $(0, 3t_0)$  ed è l'unica forza agente sul corpo.

Determinare:

- a) il modulo dell'impulso totale che la forza conferisce al corpo;

b) il lavoro complessivo della forza nell'intero intervallo.

#### Problema 4

Una macchina di lusso di massa 1800 kg, ferma a un semaforo, viene tamponata da un'utilitaria di massa 900 kg. Se l'utilitaria viaggiava a 20 m/s prima dell'urto, qual è la velocità delle due auto incastrate dopo l'urto, nell'ipotesi che tutti i moti siano collineari?

#### Problema 5

La figura mostra due sfere cave conduttrici, aventi raggio  $R_1 = 1\text{ cm}$  ed  $R_2 = 3\text{ cm}$ , poste ad una distanza relativa  $L = 2\text{ m}$ . Le due sfere sono positivamente ed egualmente cariche  $Q_0 = 2 \cdot 10^{-3}\text{ C}$ . Si consideri una carica puntiforme  $q_0 = -2 \cdot 10^{-6}\text{ C}$  posta a distanza  $2L$  dalla sfera più voluminosa.

- Si calcoli la forza esercitata dalle due sfere sulla carica  $q_0$
- Si determini il lavoro compiuto dalle forze elettrostatiche se la carica  $q_0$  venisse portata all'infinito
- Ripetere i calcoli ai punti a. e b. precedenti qualora la carica  $q_0$  fosse inizialmente posta nella posizione P, ad una distanza  $R_2/2$  dal centro della sfera più voluminosa  
Le due sfere vengono successivamente collegate fra loro con un filo conduttore.
- Cosa si osserverebbe misurando le due cariche  $Q_1$  e  $Q_2$ ?  
Si trascurino fenomeni di induzione elettrostatica fra le sfere e quella eventualmente indotta dalla carica puntiforme.

