

Esame di Ammissione al Dottorato di Ricerca in Fisica
XXIX Ciclo – 3 febbraio 2014
Prova n. 2

Il candidato svolga uno dei tre temi e risolva due dei quattro esercizi proposti. Contenere il tema entro 3 facciate di foglio protocollo.

TEMI

1. I principi di conservazione in fisica: il candidato discuta una o più leggi di conservazione illustrando in maniera dettagliata uno o più esempi di processi fisici e/o applicazioni ad essi collegati.
2. Il candidato descriva il ruolo svolto dal calcolo e/o dalle simulazioni numeriche in un ambito a sua scelta, discutendo in dettaglio come queste nuove tecnologie computazionali hanno permesso significativi progressi nello studio di un problema o condotto a nuove scoperte.
3. La formula di Larmor dà la potenza irradiata da una carica accelerata. Descrivere le implicazioni di questo effetto sul modello planetario dell'atomo di idrogeno e come quest'ultimo modello sia stato necessariamente superato in meccanica quantistica.

ESERCIZI

ESERCIZIO N° 1

Una sbarra, di lunghezza $l = 117.7$ cm e densità di massa uniforme, può ruotare liberamente intorno a un asse passante per uno dei suoi estremi. La sbarra è inizialmente tenuta in posizione orizzontale e, a un certo istante, viene lasciata libera di cadere. Quando la sbarra raggiunge la posizione verticale si rompe nel suo punto di mezzo senza che la rottura generi forze impulsive. Calcolare:

1. la velocità angolare della sbarra nell'istante in cui si rompe;
2. l'angolo ϑ massimo di oscillazione del pezzo di sbarra superiore;
3. la velocità del centro di massa del frammento inferiore subito dopo la rottura della sbarra. Si descriva il moto del frammento inferiore da questo istante in poi.

ESERCIZIO N° 2

Un recipiente cilindrico di raggio r poggia su un piano ed è chiuso da un pistone di massa trascurabile legato alla base da un filo flessibile e inestensibile di lunghezza $L = 80$ cm. La pressione esterna è quella atmosferica. Inizialmente il pistone è a un'altezza $L/2$ dalla base e il recipiente contiene 0.2 moli di gas perfetto a $T = 300$ K. Si fa passare corrente lungo il filo e al gas viene ceduto calore molto lentamente. La tensione massima che il filo può sopportare è $F = 200$ N. A un certo punto il filo si spezza e il gas evolve verso uno stato di equilibrio

con il pistone a un'altezza $h = 88$ cm. Recipiente e pistone sono adiabatici. Trascurando la capacità termica del recipiente e del pistone e il lavoro di rottura del filo, calcolare la temperatura del gas all'istante di rottura del filo e all'istante finale. [$R = 8.314$ J/mole K]

ESERCIZIO N° 3

Due fili conduttori rettilinei e paralleli giacenti in un piano orizzontale e distanti d sono connessi attraverso una resistenza R . È presente un campo di induzione magnetica \vec{B} uniforme e verticale. Una sbarretta conduttrice di massa m è appoggiata sui due fili e può muoversi senza attrito scorrendo ortogonalmente a essi. Nel suo punto medio la sbarretta è legata a un peso di massa m_0 con un filo inestensibile e di massa trascurabile che passa su una puleggia di momento di inerzia trascurabile. La sbarretta, inizialmente tenuta ferma, a un certo istante viene lasciata libera di muoversi. Calcolare:

1. l'accelerazione della sbarretta e la tensione del filo in funzione della velocità;
2. la velocità massima raggiunta dalla sbarretta e la corrispondente l'intensità della corrente elettrica che fluisce nella resistenza, nell'ipotesi che i fili siano sufficientemente lunghi.

ESERCIZIO N° 4

Il deutone, costituito da un neutrone e un protone, rappresenta il sistema nucleare più semplice. Dato il corto raggio d'interazione delle forze nucleari, il potenziale fra le due particelle può essere schematizzato con una buca di potenziale:

$$V(r) = -D \quad 0 \leq r < b \quad (1)$$

$$V(r) = 0 \quad r > b \quad (2)$$

dove r è la distanza fra le due particelle e $b \simeq 2 \times 10^{-15}$ m.

- Ricordando che il Laplaciano in coordinate polari è $\nabla^2 = \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} (r^2 \frac{d}{dr}) - \frac{1}{r^2} l^2$, scrivere l'equazione di Schrödinger dello stato fondamentale (momento angolare orbitale $l = 0$) e verificare che la parte radiale

$$\psi(r) = \frac{u(r)}{r} \quad (3)$$

con

$$u(r) = A \sin kr \quad 0 \leq r < b \quad (4)$$

$$u(r) = B \exp(-ar) \quad r > b \quad (5)$$

rappresenta la funzione d'onda dello stato fondamentale del deutone, determinando le costanti k e a in funzione dell'energia E . Trovare inoltre la relazione che lega k e a .

- Calcolare il valore minimo di D affinché lo stato fondamentale del deutone sia uno stato legato. [$\hbar c = 197.32 \times 10^{-15}$ MeV m]
- Sapendo che $D = 35$ MeV, $E = -2.2$ MeV e che $m_1 \simeq m_2 \simeq 10^3$ MeV/c², calcolare la probabilità che il deutone si trovi fuori dalla buca di potenziale. Usare le relazioni $A = [2\pi(b + 1/a)]^{-1/2}$ e $B = A \sin(kb)/\exp(-ba)$.