

Temi e esercizi.

Fare il tema (Max 3 pagine) e risolvere, a scelta, due degli esercizi

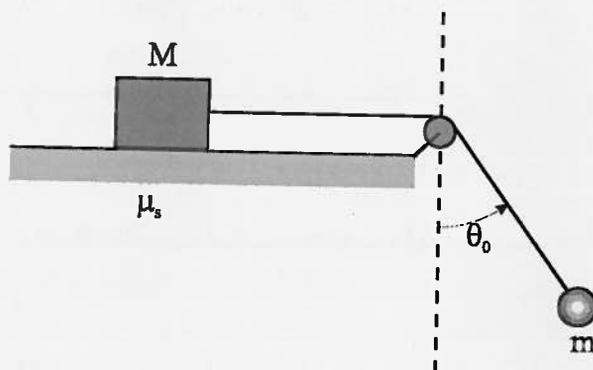
Temi

Illustrate brevemente una scoperta recente o una tecnica innovativa in Fisica, di natura teorica, sperimentale o applicativa, nell'area di ricerca che più vi interessa. Discutete l'importanza e il significato particolare di tale sviluppo nella prospettiva generale dell'avanzamento scientifico-tecnologico, e le implicazioni possibili per il futuro dell'area della ricerca.

Esercizi:

Problema 1

Un corpo di massa M è fermo su un piano orizzontale scabro, con coefficiente di attrito statico μ_s . Ad esso è collegata, mediante una fune inestensibile e di massa trascurabile, una sferetta di massa m . La sferetta viene spostata di un angolo θ_0 rispetto alla verticale e viene fatta oscillare. Si determini il minimo valore di μ_s per cui il corpo di massa M rimane fermo. Si trascuri l'attrito dell'aria.

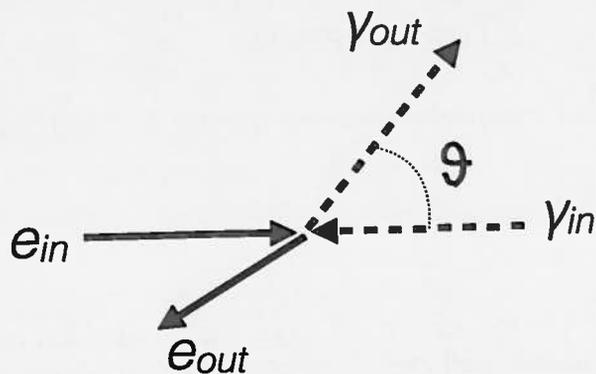


Problema 2

Fotoni di alta energia possono essere generati facendo incidere un fascio laser su degli elettroni ultrarelativistici in un anello di accumulazione. Un fascio laser ($\lambda = 266 \text{ nm}$) viene fatto incidere testa-testa contro degli elettroni con impulso $800 \text{ MeV}/c$. Si assuma che gli elettroni viaggino in direzione $+\hat{x}$ e i fotoni in direzione $-\hat{x}$. Si indichi con ϑ l'angolo fra il fotone diffuso e l'asse delle x (vedi figura).

- (1). Qual'è l'energia (in MeV) dei fotoni diffusi all'indietro ($\vartheta = 0$)?
 - (2). Si scriva un'espressione per l'energia del fotone in funzione di ϑ .
- Potete usare

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} \approx 6.58 \cdot 10^{-22} \text{ MeV s}$$



Problema 3

Per studiare lo spettro emesso da un campione contenente diversi radionuclidi viene usato un rivelatore di silicio. La corrente di buio del rivelatore è $I = 10^{-9} \text{ A}$ e il tempo di integrazione del segnale viene fissato a $\Delta T_{int} = 10^{-6} \text{ s}$. Calcolate la risoluzione energetica attesa per fotoni da 60 keV . Considerate come valore per l'energia per creare una coppia in silicio $E_w = 3.6 \text{ eV}$

Problema 4

Un sistema di due oscillatori armonici indipendenti è descritto dall'Hamiltoniana

$$H_0 = \omega \hbar (a^\dagger a + b^\dagger b + 1), \quad (1)$$

dove

$$[a, a^\dagger] = [b, b^\dagger] = 1; \quad [a, b] = [a, b^\dagger] = 0.$$

- (i) Discutere lo spettro della (1), i.e., i livelli di energia e relative degenerazioni.
- (ii) Dire qual'è il gruppo di simmetria dell'Hamiltoniana, (1), e spiegare la degenerazione dei livelli di cui al punto (i), utilizzando l'argomento di simmetria.

Il sistema è ora modificato con un accoppiamento tra i due oscillatori,

$$H_1 = \lambda \hbar (a^\dagger b + b^\dagger a).$$

- (iii) Determinare lo spettro del sistema $H_0 + H_1$ esattamente, e discutere come esso dipenda dal valore di λ . (*Suggerimento:*) Considerare due combinazioni lineari appropriate (A, B) degli operatori (a, b) ;
- (iv) Per $|\lambda| \ll \omega$, dimostrare che i livelli di energia trovata al punto (iii) siano consistenti con la teoria delle perturbazioni, limitandosi ai primi due livelli di energia.

Tema e esercizi

Fare il tema (Max 3 pagine) e risolvere, a scelta, due degli esercizi

Temi

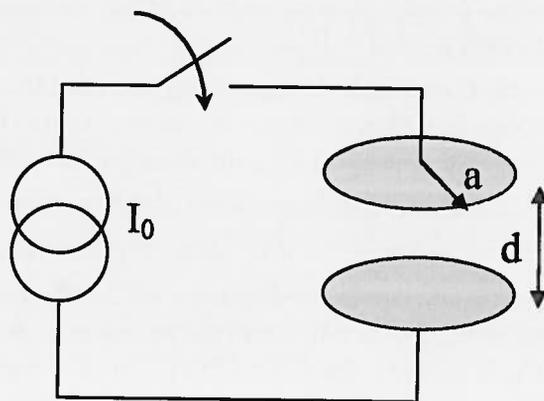
Illustrate brevemente una scoperta recente o una tecnica innovativa in Fisica, di natura teorica, sperimentale o applicativa, nell'area di ricerca che più vi interessa. Discutete l'importanza e il significato particolare di tale sviluppo nella prospettiva generale dell'avanzamento scientifico-tecnologico, e le implicazioni possibili per il futuro dell'area della ricerca.

Esercizi:

Problema 1:

Un condensatore piano, costituito da due armature circolari di raggio a poste alla distanza d , è collegato tramite un interruttore ad un generatore di corrente costante I_0 . All'istante $t = 0$ l'interruttore viene chiuso. Si determinino:

- la tensione $V(t)$ ai capi del condensatore;
- il campo magnetico $B(r,t)$ tra le armature del condensatore.



Problema 2:

Nel nostro universo, anti-neutrini di altissima energia possono scontrarsi con neutrini, detti relici, che riempiono l'universo stesso (temperatura dei neutrini relici ~ 1.95 K, densità numerica $\sim 113/cm^3$). La sezione d'urto è particolarmente grande ad un'energia del centro di massa pari alla massa della particella Z^0 ($M \simeq 91$ GeV/c²) $\sigma_{annichilazione} \simeq 42$ nanobarn.

(i) Per quale energia degli anti-neutrini il processo di annichilazione diventa possibile? Si discuta sia il caso in cui i neutrini abbiano massa nulla, sia il caso in cui i neutrini abbiano massa piccola ma non trascurabile (10^{-2} - 10^{-3} eV/c²).

(ii) Qual'è il cammino libero medio di questi anti-neutrini nel nostro universo?

Problema 3:

Per calibrare un apparato sperimentale di rivelazione vengono fatte delle acquisizioni della durata di 1 secondo usando una sorgente γ -emittente. Sapendo che il tempo di dimezzamento della sorgente usata è di $T_{1/2} = 6\text{h}$ e che l'efficienza di rivelazione totale dell'apparato sperimentale è pari al 3%, calcolate il valore iniziale dell'attività della sorgente se si vuole poter misurare dopo 48h l'attività della sorgente stessa con la precisione dell'1%.

Problema 4:

Una particella di spin $\frac{1}{2}$, con la carica $e (> 0)$ e la massa m , si muove in tre dimensioni. Essa è descritta dalla funzione d'onda,

$$\Psi = C e^{-r^2/a} \begin{pmatrix} 2z \\ x \end{pmatrix}, \quad (1)$$

dove $C, a (> 0)$ sono costanti.

- (i) Si misura la componente s_z dello spin della particella nello stato (1), con un apparato à la Stern-Gerlach, posto nella direzione di (θ, φ) . Trovare la probabilità P_{\pm} che tale misura dia $s_z = \pm \frac{1}{2}$, per generico valore di (θ, φ) , e in particolare, per $(\theta, \varphi) = (\frac{\pi}{3}, 0)$.
- (ii) Quali sono i valori possibili del momento angolare totale?
- (iii) Trovare una possibile Hamiltoniana di cui lo stato (1) è un autostato.
- (iv) Il sistema è ora sottoposto ad un campo magnetico esterno uniforme debole, $\vec{B} = (0, 0, B)$. Si assuma che la particella abbia un momento magnetico, $\vec{\mu} = g \mu_0 \vec{s}$, dove $\mu_0 = \frac{e \hbar}{2mc}$. g è il fattore giromagnetico. Dire se lo stato (1) è ancora un autostato dell'Hamiltoniana totale, che include gli effetti delle interazioni tra la particella con il campo magnetico. Se non lo è, qual è la probabilità che il sistema descritto dalla (1) si trovi nello stato fondamentale della Hamiltoniana totale.

Tema e esercizi

Fare il tema (Max 3 pagine) e risolvere, a scelta, due degli esercizi

Tema

Illustrate brevemente una scoperta recente o una tecnica innovativa in Fisica, di natura teorica, sperimentale o applicativa, nell'area di ricerca che più vi interessa. Discutete l'importanza e il significato particolare di tale sviluppo nella prospettiva generale dell'avanzamento scientifico-tecnologico, e le implicazioni possibili per il futuro dell'area della ricerca.

Esercizi:

Problema 1:

Una macchina termica funziona tra le temperature $t_1 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ e $t_2 = 80\text{ }^\circ\text{C}$ con un rendimento pari a $2/3$ di quello di una macchina di Carnot operante tra le stesse temperature e compiendo due cicli al secondo. La sorgente a temperatura inferiore è costituita da una miscela di acqua e ghiaccio e in ogni secondo si scioglie la quantità $m = 7\text{ g}$ di ghiaccio. Determinare il calore Q_2 che la macchina assorbe dalla sorgente a temperatura maggiore in ogni ciclo.

[Calore latente di fusione del ghiaccio: $\lambda_f = 3.3 \times 10^5\text{ J/kg}$].

Problema 2:

Nell'esperimento di Pound e Rebka, si cerca il red-shift su fotoni indotto dalla gravità terrestre. I fotoni prodotti da una sorgente alla base di una torre alta 22.5 m vengono rivelati in una postazione situata sulla cima della torre stessa.

(i) Usando l'equivalenza massa/energia stimare la variazione relativa di energia attesa per questi fotoni.

(ii) Supponendo che i fotoni siano emessi da una sorgente di ^{57}Fe ($E = 14.4\text{ keV}$) si dica qual è la minima vita media del radioisotopo per cui l'incertezza in energia è pari al red-shift calcolato in (i).

(iii) A che velocità si deve muovere il nucleo di ^{57}Fe alla base della torre in modo da compensare lo spostamento in frequenza osservato in cima alla stessa?

Problema 3:

Per calibrare un apparato sperimentale di rivelazione vengono fatte delle acquisizioni della durata di 1 secondo usando una sorgente γ -emittente. Sapendo che il tempo di dimezzamento della sorgente usata è di $T_{1/2} = 6h$ e che l'efficienza di rivelazione totale dell'apparato sperimentale è pari al 3%, calcolate il valore iniziale dell'attività della sorgente se si vuole poter misurare dopo 48h l'attività della sorgente stessa con la precisione dell'1%.

Problema 4:

Una particella con carica $e (> 0)$ e massa m , è legata ad un centro di forza armonica,

$$H_0 = \frac{1}{2m} \vec{p}^2 + \frac{m\omega^2}{2} \vec{r}^2 \quad . \quad (1)$$

Il sistema è posto sotto un campo elettrico esterno costante e uniforme, $\vec{E} = (0, 0, \mathcal{E})$.

- (i) Si determini il potenziale aggiuntivo dovuto al campo elettrico, V .
- (ii) Si calcoli il momento di dipolo elettrico indotto.
- (iii) Il teorema di Feynman-Hellman afferma che

$$\frac{\partial E}{\partial \mathcal{E}} = \langle \psi | \frac{\partial V}{\partial \mathcal{E}} | \psi \rangle, \quad (2)$$

dove ψ è uno stato stazionario di $H = H_0 + V$, E l'autovalore relativo. Dimostrare (2).

- (iv) Si verifichi che il risultato del punto (ii) sia consistente con il teorema di Feynman-Hellman.